

Moscas varejeiras (Diptera: calliphoridae) como bioindicadores e acumuladores de metais potencialmente tóxicos em áreas antropizadas na região Oeste do Maranhão, Nordeste do Brasil

O presente trabalho teve o objetivo de avaliar a potencialidade de moscas como bioindicadores de metais potencialmente tóxicos - MPT em ambientes antropizados (destinados como lixões) nos municípios de Imperatriz-MA e Senador La Rocque-MA ambos localizados no Oeste do Maranhão. Os solos da área investigada também foram avaliados para assim fazer uma correlação entre os teores de metais potencialmente tóxicos nos solos e nas moscas uma vez que, as moscas têm seu estágio larval no solo. As identificações das moscas, extrações e análises dos solos foram feitas em laboratório para posterior determinação dos metais estudados por espectrometria de absorção atômica com chama FAAS. A partir dos resultados observou-se que as concentrações dos metais potencialmente tóxicos nos solos foram maiores no município de Imperatriz. A variação das concentrações de metais potencialmente tóxicos entre as espécies de moscas indica que família Calliphoridae absorve do solo os metais potencialmente tóxicos estudados que se acumulam na superfície do solo. Além disso algumas espécies se mostraram melhores indicadoras de MTP do que outras.

Palavras-chave: Ambiente; Insetos; Solos Contaminados.

Blowflies (Diptera: calliphoridae) as bioindicators and accumulators of potentially toxic metals in anthropic areas in the western region of Maranhão, Northeast Brazil

The present work had the objective of evaluating the potential of flies as bioindicators of potentially toxic metals - MPT in anthropized environments (destined as dumps) in the municipalities of Imperatriz-MA and Senador La Rocque-MA both located in the West of Maranhão. The soils of the investigated area were also evaluated in order to make a correlation between the levels of potentially toxic metals in soils and flies since, the flies have their larval stage in the soil. The identification of flies, extractions and soil analysis were carried out in the laboratory for later determination of the metals studied by FAAS flame atomic absorption spectrometry. From the results it was observed that the concentrations of potentially toxic metals in the soils were higher in the municipality of Imperatriz. The variation in the concentrations of potentially toxic metals among the species of flies indicates that the Calliphoridae family absorbs the studied potentially toxic metals from the soil that accumulate on the soil surface. In addition, some species proved to be better indicators of MTP than others.

Keywords: Environment; Insects; Contaminated Soils.

Topic: **Desenvolvimento, Sustentabilidade e Meio Ambiente**

Received: **04/08/2021**

Approved: **27/08/2021**

Reviewed anonymously in the process of blind peer.

Célio Pereira Conceição da Silva 

Universidade Estadual do Maranhão, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/3076040475365185>
<http://orcid.org/0000-0002-3911-4027>
celiobiologo@hotmail.com

Nildo Duarte Cruz 

Universidade Estadual do Maranhão, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/2090341333142126>
<http://orcid.org/0000-0002-5326-7679>
nildo.duarte_10@hotmail.com

Eudócio Gomes dos Santos Junior 

Universidade Estadual do Maranhão, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/4685088081257615>
<http://orcid.org/0000-0003-0238-6288>
eudoxio.biologo@gmail.com

Vinicius Rocha da Silva 

Universidade Estadual do Maranhão, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/6421973193162262>
<http://orcid.org/0000-0003-2113-502X>
viniciusbiologo10@hotmail.com

José Roberto Pereira de Sousa 

Universidade Estadual do Maranhão, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/4715196905783353>
<http://orcid.org/0000-0002-9212-1103>
jrszoo@hotmail.com

Jorge Diniz de Oliveira 

Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão
<http://lattes.cnpq.br/5362473302100013>
<http://orcid.org/0000-0001-9421-0524>
izinid@hotmail.com



DOI: 10.6008/CBPC2179-6858.2021.008.0037

Referencing this:

SILVA, C. P. C.; CRUZ, N. D.; SANTOS JUNIOR, E. G.; SILVA, V. R.; SOUSA, J. R. P.; OLIVEIRA, J. D.. Moscas varejeiras (Diptera: calliphoridae) como bioindicadores e acumuladores de metais potencialmente tóxicos em áreas antropizadas na região Oeste do Maranhão, Nordeste do Brasil. *Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais*, v.12, n.8, p.446-458, 2021. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2021.008.0037>

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 (MARCO et al., 2015). O problema do descarte dos Resíduos Sólidos Urbanos está diretamente relacionado ao aumento crescente de sua produção, o gerenciamento inadequado e a falta de locais adequados para a sua disposição.

A composição dos RSU pode conter elevadas concentrações de Metais Potencialmente Tóxicos (MPTs) como Cádmio (Cd), Chumbo (Pb), Cobre (Cu) e Ferro (Fe) que estão presentes em: pilhas, baterias, jornais, resto de tintas, tecidos, têxteis, enlatados, produtos farmacêuticos e inclusive em alimentos (CAVALLET et al., 2013; VIEIRA NETO et al., 2014). Estes metais tendem à solubilização, 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 (CAVALLET et al., 2013). As lixiviações dos Metais Potencialmente Tóxicos no solo podem contaminar os lençóis freáticos existentes nas proximidades da área de disposição destes.

Os MPTs presentes no lixiviado dos RSU podem ser incorporados na superfície do solo, principalmente por adsorção e precipitação, e conseqüentemente, aumentando a possibilidade da inclusão dos mesmos na cadeia alimentar e, como consequência a contaminação dos integrantes biótico. Estudos sobre metais potencialmente tóxicos em locais de disposição de resíduos sólidos em aterro sanitário e lixões tem se limitado a matriz solo superficiais e em diferentes profundidades (ALCÂNTARA et al., 2011; PINTO FILHO et al., 2012; KEMERICH et al., 2014; BARBOSA et al., 2015; MAMEDES, 2017).

Nas áreas de disposição de RSU, devido ao grande acúmulo de matéria orgânica em decomposição exposta no solo, ocorre a proliferação e presença de muitos animais sinantrópicos, dentre eles os insetos. Ressalta-se que os insetos presentes em área de lixões apresentam potencial para serem utilizados como bioindicadores de contaminação por MPTs, em virtude da presença de quitina e proteína em seu exoesqueleto, o necônio e DNA, confere ao exoesqueleto a possibilidade de bioacumulação desses metais, e além disso, são organismos taxonomicamente bem definidos, sendo abundantes e de fácil coleta.

No grupo dos insetos, em virtude do alto grau de sinantropia, os dípteros muscóides podem se proliferar em ambientes de condições higiênico-sanitárias precárias (NMORSI et al., 2007), como por exemplo, nos Lixões. Um autor acrescenta que algumas espécies de moscas são escolhidas como possíveis bioindicadores devido ao seu tamanho (que permite fácil captura e manipulação), ao seu ciclo de vida curto (que permite o estudo de muitas gerações em pouco tempo), a sua grande diversidade (que permite o estudo dos efeitos das alterações em várias espécies) e a sua sensibilidade às variações das condições ambientais (que permite avaliar a relação de sua ocorrência com fatores abióticos).

Sendo assim as moscas podem ser utilizadas como bioindicadores biológico de contaminação ambiental por metais potencial tóxicos em áreas de lixões, embora as moscas apresentem adequação como indicadores biológicos de contaminação por essas espécies metálicas, não existem estudos voltados para a

determinação de metais potencialmente tóxicos em moscas. O presente trabalho contribuirá com estudos da utilização de diferentes espécies de moscas como bioindicadores de metais potencialmente tóxicos em ambientes antropizados (destinadas como lixões), bem como, trazer novos conhecimentos acerca dos diferentes bioindicadores biológicos de contaminação por metais potencialmente tóxicos em áreas antropizadas, tendo como perspectiva a efetiva melhoria da disposição final de resíduos sólidos urbanos.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de Estudo

As localidades de estudo situam-se na mesorregião Oeste Maranhense dentro da microrregião de Imperatriz. O clima característico da região segundo Thornthwaite (1948) é do tipo equatorial subúmido (ATLAS DO MARANHÃO, 2002). O estudo foi realizado em quatro áreas, sendo duas delas em Senador La Rocque e duas em Imperatriz, municípios localizados na Mesorregião do Oeste Maranhense, Microrregião de Imperatriz, Estado do Maranhão (Fig. 1), O município de Imperatriz-MA apresenta uma área de 1.367,901 km² e Senador La Rocque, área de 1.263,868 km².

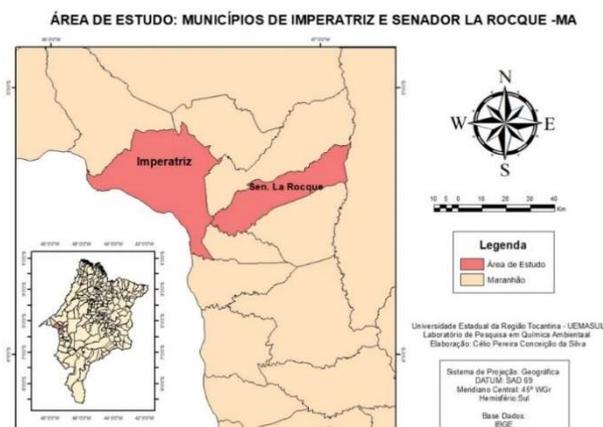


Figura 1: Mapa do estado do Maranhão evidenciando os municípios de Imperatriz-MA e Senador La Rocque-MA.

As moscas e as amostras de solos foram coletadas em duas áreas sendo uma natural (área em bom estado de conservação) e outra antropizada destinada como lixão municipal. No município de Imperatriz-MA a área natural está localizada próxima ao povoado Olho D'água dos Martins, distante aproximadamente 5 km do lixão entre as coordenadas SO 05° 18' 24.0" WO 47° 38' 08.0"). A área antropizada (destinada como lixão municipal), está entre seguintes coordenadas geográficas (SO 05° 25' 38,4" WO 47° 32' 20.6"), distando aproximadamente 4 km do centro da cidade de Imperatriz. No Município de Senador La Rocque na área natural as amostras foram coletadas entre as coordenadas: SO 5° 26' 51" WO 47° 17' 35", área está localizada próxima ao povoado Nova Brasília que fica aproximadamente 18 km do centro da cidade aproximadamente 4 km do lixão. Já a área antropizada as amostras foram coletadas em um local utilizado como lixão municipal, nas coordenadas SO 5° 25' 52. 92" WO 47° 15' 29.57" próximo ao povoado Boca da Mata que fica aproximadamente 6 km do centro da cidade ambas localizadas na zona rural do município.

Coletas das moscas

Foram utilizadas armadilhas específicas para a coleta de dípteros saprófagos (FERREIRA, 1978) e utilizadas por Sousa et al. (2010), 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 (figura 2), 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 40 cm do solo. Em cada área de coleta (duas áreas) foram distribuídas 10 armadilhas. As réplicas foram as 10 armadilhas de cada área, sendo que cada uma delas representou a unidade amostral. Essa unidade básica foi replicada espacialmente a uma distância mínima de 100m umas das outras.

Após 24h nos locais, as armadilhas foram retiradas e as moscas coletadas foram confeccionadas em um frasco com acetato para depois serem identificadas a nível de famílias todos os dípteros encontrados e a nível de espécie as da família Calliphoridae. As moscas coletadas foram identificadas em nível específico no Laboratório de Zoologia da Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), Centro de Estudos Superiores de Imperatriz (CESI). A identificação dos espécimes de califorídeos foi feita utilizando-se as chaves de Carvalho; Ribeiro (2000), Kosmann et al. (2013).

Coleta e preparação dos solos

Todas as amostras de solos foram coletadas próximas das armadilhas, a uma profundidade de 0-20 cm, de onde foram tirados vários pontos de amostragem para formar uma única amostra de solo. As coletas foram realizadas sempre no período da manhã. Após as coletas as amostras foram colocadas em saco plástico após as coletas as mostras foram transportadas para o laboratório de Química Ambiental da UEMASUL. No laboratório, foram transferidas para cápsulas de porcelana e secas em estufa a $60^{\circ} \pm 1$ C, por 24 horas. As amostras, depois de secas, foram descompactadas e trituradas em gral de porcelana; em seguida, foram fracionadas utilizando-se peneiras de 0,35 mm. O material fracionado foi acondicionado em frasco de polietileno de cor escura e submetido à refrigeração até o momento das análises.

Determinação de metais potencialmente tóxicos nos solos

Cerca de 0,5 g dos solos secos a 60° C foi transferido para um Becker com capacidade de 80 mL. Posteriormente nas amostras foram adicionados 15 mL de ácido nítrico concentrado (HNO_3) e 2 mL de peróxido de hidrogênio (H_2O_2). A mistura ficou em repouso durante a noite e decorrido esse tempo, foi realizado a mineralização da mistura ($160^{\circ} \pm 5^{\circ}$ C). Após evaporação de HNO_3 foi adicionado em cada amostra 10 mL de ácido clorídrico concentrado (HCl). Em seguida, as amostras foram novamente submetidas a aquecimento em placa aquecedora ($100 \pm 5^{\circ}$ C). Após quase total evaporação dos reagentes as amostras foram ressuspensas com 10 mL de ácido clorídrico $0,1 \text{ mol L}^{-1}$.

Depois da ressuspensão as amostras foram filtradas por gravidade em papel de filtros Whatman 44.

O filtrado foi recolhido em balão volumétrico e avolumadas com água desionizada a 50 mL. Durante os processos de extração, foi realizado um controle branco das soluções extratoras para cada conjunto de amostra analisada no mesmo dia. As análises foram feitas em triplicata.

Determinação de metais potencialmente tóxicos em moscas

As moscas foram secas ao ar e em seguida em estufa a 50°C por 24 horas. Para as análises foram utilizadas aproximadamente 0,1 g de peso seco. As amostras foram colocadas em Erlenmeyer de 100 mL, diluídas em 10 mL de uma mistura de HNO₃/HClO₄ (3:1) e mantidas sob digestão em placa de aquecimento a 90°C. Após a digestão total (extrato límpido), as amostras foram filtradas em papel de filtro Whatman Nº 1 e colocadas em Becker de 100 mL. Os papéis de filtro foram lavados com 20 mL de água deionizada. Todo o conteúdo do Becker foi transferido para um balão volumétrico de 50 mL, cujo volume máximo (50 mL) foi completado com água deionizada. Durante os processos de extração, foi realizado um controle branco das soluções extratoras para cada conjunto de amostra analisada no mesmo dia. As análises foram feitas em triplicata.

Teores de metais potencialmente tóxicos (MPT) nas amostras de solos e mosca

As concentrações médias dos metais potencialmente tóxico (Cd (II), Cu(II), Pb(II) e Fe (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. Soluções padrão utilizadas para a calibração do instrumento foram preparadas com base em alíquotas de uma solução estoque de 1000 mg L⁻¹.

Análise de Dados

Foi aplicado análise de variância (ANOVA) e teste média (Tukey a 5 %) de probabilidade para os teores das espécies metálicas dos mesmos pontos amostrais e entre as duas áreas investigadas utilizando-se de gráficos do modelo box-plo através do Software R Studio.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Concentração de espécies metálicas nos solos

Na Tabela 1 estão representados os teores médios das concentrações das espécies metálicas Cu(II), Cd(II), Pb(II) e Fe(II) nos solos da área natural e antropizadas (Lixão) para os municípios de Imperatriz-MA e Senador La Rocque-MA. Todos os dados obtidos foram submetidos à análise de variância. Os testes de média foram realizados pelo método de Tukey como forma de detectar diferença significativa ao nível de 5%.

Como podemos observar na Tabela 1, as concentrações da espécies metálicas investigadas na área antropizada(Lixão) no município de Imperatriz-MA apresentaram concentrações mais elevadas que a área natural, evidenciando a contribuição dos resíduos sólidos urbanos(RSU) descartados de maneira inadequada sobre o solo e matéria orgânica degradada pela ação do chorume dissolvendo as espécies sólidas contida no

material depositado, principalmente ferro, aumentando sua concentração e das outras espécies que estejam associadas a ele. Esse comportamento corrobora estudos realizados por Cavallet et al. (2013), Bendito (2017), Mamedes (2017) e Milhome et al. (2018) em área inadequada de disposição de RSU.

Segundo Hypolito et al. (2006), a redução de espécies metálicas em área de lixão ocorre devido a retenção dos íons metálicos na massa de resíduos, a adsorção de metais potencialmente tóxicos, a partículas do solo e a 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 Cd e Cu na área antropizada quando comparada com área natural no município de Senador La Rocque (Tab.1). Podemos verificar na Tabela 1 que não ocorreu diferença significativa para a concentração de Cu ($P < 0,05$) entre as áreas natural e antropizada em Senador La Rocque.

Quando comparados os teores das espécies metálicas dos lixões de Imperatriz-MA e de Senador La Rocque-MA, verificou-se que o lixão de Imperatriz, apresentou valores superiores para todas as espécies metálicas pesquisadas. Certamente, esse padrão é devido aos seguintes fatores: maior quantidade e variedade de resíduo sólidos e, tempo de atividade exercida (15 anos), e estes, associados a contribuição dos resíduos sólidos urbanos e matéria orgânica degradada pela ação do chorume liberando as espécies metálicas presentes nos resíduos sólidos contida no material depositado, principalmente ferro, aumentando sua concentração e das outras espécies que estejam associada a ele.

Tabela 1: Concentração média das espécies metálicas nos solos da área natural e antropizada dos municípios de Imperatriz-MA e Senador La Roque (mg kg^{-1}).

	Imperatriz-MA		Senador La Roque	
	Áreas		Áreas	
	Natural	Antropizada	Natural	Antropizada
Cádmio	15,7 A	36,2 B	30.1 E	12.8 F
Cobre	28,2 A	72,1 B	0,9 E	0,7 E
Chumbo	20,7 A	26,7 B	18,0 E	20.3 F
Ferro	331,3 A	1.144,0 B	471,9 E	800,1 F

Médias seguidas pela mesma letra na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5 % de probabilidade.

Concentração de espécies metálicas em moscas varejeiras

Os 2.593 exemplares coletados da família Calliphoridae são pertencentes à subfamília Chrysomyinae, e distribuídos em três gêneros e cinco espécies (Tabela 2). Em Imperatriz-MA, as espécies mais abundantes na área antropizada foram *Chrysomya megacephala* (Fabricius, 1794) (678 indivíduos), *Chrysomya albiceps* (Wiedemann,1819) (250 indivíduos), e *Cochliomyia macellaria*, (133 indivíduos). Na área natural foram as espécies *Chrysomya albiceps* (Wiedemann,1819) com 98 indivíduo seguido da *Cochliomyia macellaria*, com 56 indivíduos.

Na cidade de Senador La Rocque-MA, as espécies mais abundantes no ambiente antropizado foram *Chrysomya megacephala* (Fabricius, 1794) (507 indivíduos) seguida de *Chrysomya albiceps* (Wiedemann,1819) (499 indivíduos). Já no ambiente natural as espécies abundantes foram *Chrysomya albiceps* (Wiedemann,1819) (174 indivíduos) seguida de *Chrysomya megacephala* (Fabricius, 1794) (54

indivíduos). Para a abundância dos Califorídeos entre os ambientes, tanto em Imperatriz-MA, quanto em Senador La Rocque o ambiente antropizado (destinado como lixão) apresentou maior abundância em relação ao ambiente natural. Comparando os dois municípios observa-se que Imperatriz foi mais abundante do que em Senador La Rocque-MA. Enfatiza-se que a maior abundância das espécies *Chrysomya megacephala* e *Chrysomya albiceps* no ambiente antropizado, nos dois municípios, indica o alto grau de sinantropia dessas espécies.

Tabela 2: Abundância das espécies da família Calliphoridae coletada nas áreas Antropizadas e Naturais nos municípios de Imperatriz-MA e Senador La Rocque-MA.

Espécies	Imperatriz-Ma						Senador La Rocque-MA					
	A.A			A.N			A.A			A.N		
	F	M	Total	F	M	Total	F	M	Total	F	M	Total
<i>Chloroprocta idiodea</i>	40	28	68	3	2	5	*	*	0	3	8	11
<i>Chrysomya megacephala</i>	431	245	678	*	*	0	326	181	507	30	24	54
<i>Chrysomya albiceps</i>	180	70	250	83	15	98	398	101	499	141	33	174
<i>Chrysomya putoria</i>	2	2	4	*	*	0	*	*	0	*	*	0
<i>Cochliomyia macellaria</i>	65	68	133	30	26	56	16	8	24	24	13	37
Abundância	1131			159			1030			273		
Abundância %	43.6			6.13			39.7			10.53		

* não foram registradas

Foi aplicado análise de gráfico blox plot como ferramenta de auxílio na avaliação de distribuição dos MPT nas cinco espécies de moscas investigadas e nas áreas. A Figura 1 mostra as concentrações médias das espécies metálicas extraídas das moscas nas áreas naturais e antrópicas nos municípios de Imperatriz-MA e senador La Roque-MA. No município de Imperatriz-MA pode-se observar que exceto para o chumbo as concentrações das espécies metálica foram maiores nas áreas antrópicas, no município de Senador La Roque as concentrações de todas as espécies metálica foram maiores na área natural

Os Levando em consideração o fator município, de uma maneira geral Imperatriz-MA, diferiu estatisticamente de Senador La Rocque ($p = 8.43 \times 10^{-12}$) com exceção do chumbo que não houve diferença quando comparadas os dois municípios. Esses resultados podem ser atribuídos a maior quantidade de resíduos sólidos produzidos no município de imperatriz que além disso possui industrias. Na espécie metálica chumbo houve uma maior variação em relação a distância entre os quartis da análise no ambiente natural do município de Imperatriz_MA ou seja, uma dispersão dos valores maior em relação à média.

De acordo com a Figura 2 percebe-se a seguinte ordem decrescente da concentração de metais potencialmente tóxicos por acumulação nas moscas em ambas as áreas investigadas no município de Imperatriz-MA, $Fe > Pb > Cu > Cd$. A maior concentração de ferro na área antropizada se justifica pela alta quantidade desse metal presente no lixão. A espécie *Chrysomya megacephala* foi a única espécie que não ocorreu no ambiente natural do município de Imperatriz. Isso se justifica pelo alto grau de sinantropia conferido a esta espécie.

Verifica-se na Figura 2 que a *Chrysomya albiceps* foi a espécie que mais acumulou cádmio e chumbo, tanto na área natural quanto na área antropizada correspondendo a 82 mg kg^{-1} de cádmio na área natural e 99 mg kg^{-1} na área antropizada e 90 mg kg^{-1} de chumbo na área natural e 180 mg kg^{-1} na área antropizada. Verificou-se que, tanto na área natural, quanto na área antropizada, as fêmeas foram as que mais

acumularam chumbo. Em relação ao cádmio, o mesmo não apresentou esse padrão de acumulação, sendo que na área natural foi o macho e na antropizada foi a fêmea.

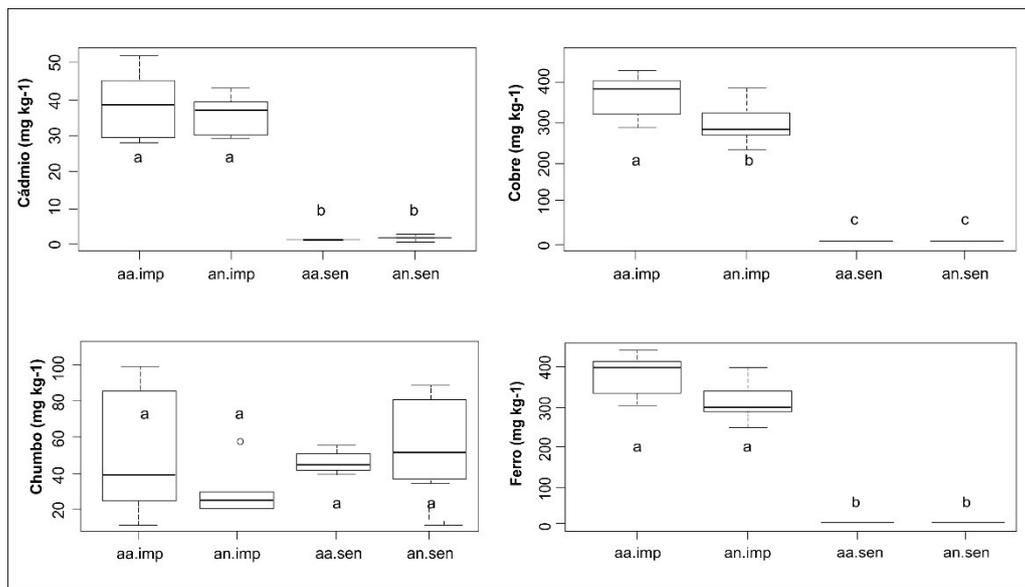


Figura 1: Dispersão dos valores de Metais Potencialmente Tóxicos para os municípios de Imperatriz e Senador La Rocque-MA. (aa – Área Antropizada; an – Área Natural; imp – Imperatriz; sen – Senador La Rocque) Letras iguais na mesma linha não diferem estatisticamente pelo teste tukey (5%).

A concentração mais elevada de cobre na área natural foi encontrada na espécie *Cochliomyia macellaria*, correspondendo a 715 mg kg^{-1} , sendo que os machos apresentaram maior acúmulo (387 mg kg^{-1}) e na área antropizada, *Chrysomya albiceps*, apresentou uma concentração de 845 mg kg^{-1} , sendo o macho, o que mais acumulou, 432 mg kg^{-1} . Quanto a concentração de ferro, *Chrysomya albiceps* foi a espécie com melhor acúmulo na área natural, tendo sido registrada a concentração de $2,505 \text{ mg kg}^{-1}$, assim distribuída: 1575 mg kg^{-1} nas fêmeas e 790 nos machos. Já na área antropizada foi a *Chrysomya megacephala*, a espécie de melhor acumulação, com $3,797 \text{ mg kg}^{-1}$, sendo $1,796 \text{ mg kg}^{-1}$ na fêmea e $2,071 \text{ mg kg}^{-1}$ no macho.

A ordem de concentração de metais potencialmente tóxicos na *Chloroprocta ideodea* (Fig 2) na área natural a antropizada apresentaram respectivamente $\text{Fe} > \text{Cu} > \text{Cd} > \text{Pb}$ e $\text{Fe} > \text{Cu} > \text{Pb} > \text{Cd}$, a diferença na distribuição entre as áreas investigadas é que na área antropizada o terceiro metal potencialmente tóxico passa a ser o Pb. Na *Cochliomyia macellaria* apresentou um padrão semelhante na ordem decrescente de concentração de metais potencialmente tóxicos nas áreas natural e antropizada para ambos os sexos $\text{Fe} > \text{Cu} > \text{Cd} > \text{Pb}$.

Para a *Chrysomya albiceps* fêmeas presentes na área natural a apresentou um padrão diferenciado na ordem crescente de concentração de metais potencialmente tóxicos do macho foram respectivamente $\text{Fe} > \text{Cu} > \text{Pb} > \text{Cd}$ e $\text{Fe} > \text{Cu} > \text{Cd} > \text{Pb}$. O Pb que na área natural é o terceiro metal potencialmente tóxico mais acumulado, na área antropizada passa a ser ocupado pelo Cd. No entanto, na área antropizada verificou-se uma semelhança na distribuição da ordem decrescente concentração para MPT na fêmea e macho $\text{Fe} > \text{Cu} > \text{Pb} > \text{Cd}$. A *Chrysomya megacephala* só foi encontrada na área antropizada e ordem de acumulação dos metais potencialmente tóxicos teve o ferro com maior concentração, assim como as demais espécies apresentando

a seguinte ordem Fe > Cu > Cd > Pb para ambos sexos.

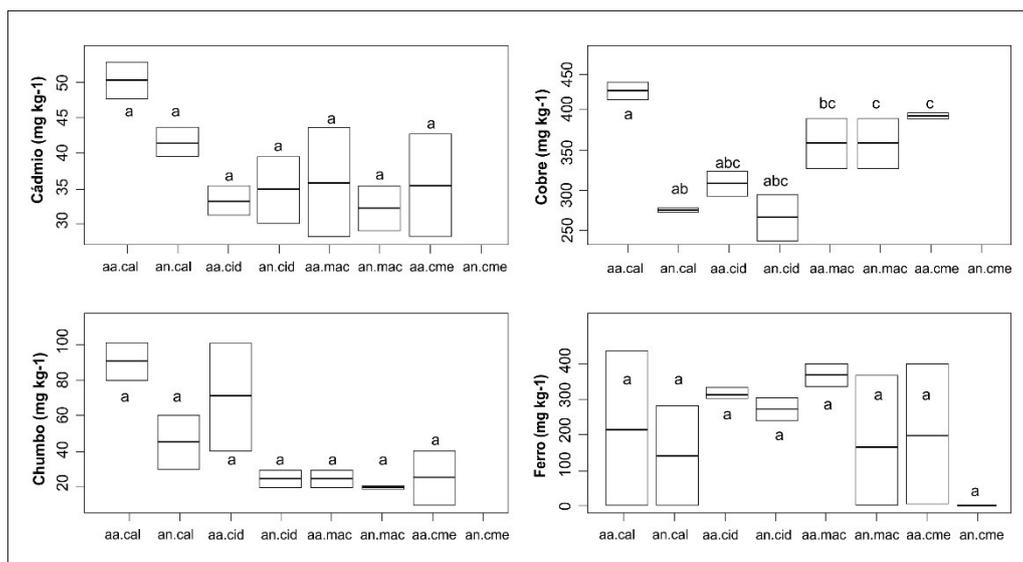


Figura 2: Dispersão dos valores de Metais Potencialmente Tóxicos por espécie e área no município de Imperatriz-MA. **aa** – Área Antropizada; **an** -Natural; **cal** – *Chrysomya albiceps*; **cid** – *Chloroprocta idiodea*; **cma** - *Cochliomyia macellaria*; **cme** – *Chrysomya megacephala*.

Para o cádmio a análise estatística revelou que não houve diferenças significativas entre as espécies tanto no ambiente natural quanto no antropizado ($p = 0.515$). Nos metais cobre e chumbo também não houve variação entre as espécies ($p = 0.545$ e 0.0415 respectivamente). Já para o Cobre houve diferenças significativas entre as espécies ($p = 0.00284$) as concentrações no ambiente antropizado da *Chrysomya albiceps* foi maior quando comparado com o ambiente natural e está diferiu da *Chloroprocta idiodea*.

Conforme a Figura 3 verifica-se a seguinte ordem decrescente da concentração de metais potencialmente tóxicos por acumulação nas moscas em ambas as áreas investigadas no município de Senador La Rocque-MA, $Pb > Fe > Cu > Cd$. As concentrações de Cd e Fe nas moscas foram menores que as concentrações dos solos tanto na área natural quanto na área antropizada tal comportamento pode ser atribuído maior concentração dessas espécies metálicas na subsuperficial da camada do solo.

Verifica-se na Figura 3, que *Chrysomya albiceps* foi a espécie que mais acumulou cádmio na área natural correspondendo a $4,5 \text{ mg kg}^{-1}$, para todas as espécies na área natural foi o macho que mais acumulou cádmio, sendo o macho da *Chrysomya albiceps* com maior concentração $2,7 \text{ mg kg}^{-1}$. Não houve diferenças significativas a nível de 5 %, no acúmulo de cádmio entre as espécies *Chrysomya megacephala* e *Chrysomya albiceps* na área antropizada, correspondendo a $2,2 \text{ mg kg}^{-1}$ e 2.1 mg kg^{-1} pode-se observar na Tabela 4, que a concentração de cádmio entre macho e fêmea para *Chrysomya megacephala* na área antropizada foi a mesma $1,1 \text{ mg kg}^{-1}$.

A concentração mais elevada de chumbo na área natural foi encontrada na *Cochliomyia macellaria* acumulando $149,5 \text{ mg kg}^{-1}$ o macho foi quem mais acumulou $85,3 \text{ mg kg}^{-1}$., no entanto a maior concentração de chumbo foi encontrada no macho da espécie *Chrysomya albiceps* concentração $93,5 \text{ mg kg}^{-1}$ e na área antropizada foi *Chrysomya albiceps* apresentando uma concentração de correspondente a $103,0 \text{ mg kg}^{-1}$, o macho foi quem apresentou maior concentração de chumbo $58,0 \text{ mg kg}^{-1}$.

A espécie *Chrysomya megacephla* foi quem mais acumulou cobre e ferro em ambas as áreas pesquisadas (Fig. 3), para o cobre foi de 14,1 mg kg⁻¹ e 17,7 mg kg⁻¹ para as áreas natural e antropizada respectivamente. Como se pode observar na Tabela 4, a concentração de cobre entre macho e fêmeas é praticamente a mesma dentro das incertezas experimentais, no entanto, na área antropizada foi registrado maior acúmulo no macho com concentração de 9.3 mg kg⁻¹.

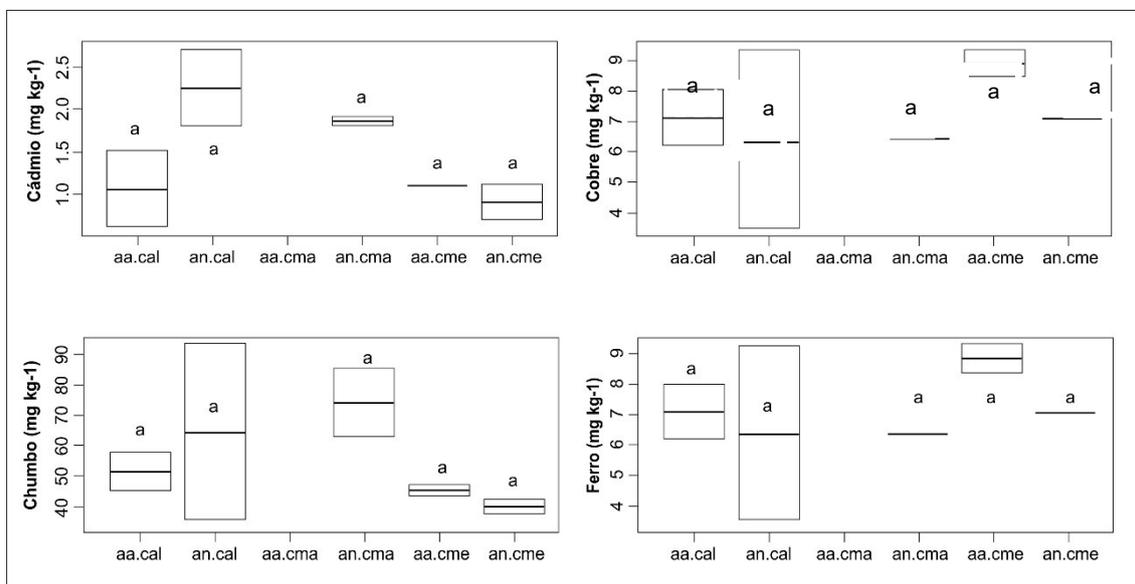


Figura 3: Dispersão dos valores de Metais Potencialmente Tóxicos por espécie e área no município de Senador La Rocque-MA. **aa** – Área Antropizada; **an** – Área Natural; **cal** – *Chrysomya albiceps*; **cid** – *Chroroplocta idiodea*; **cma** – *Cochliomyia macellaria*; **cme** – *Chrysomya megacephala*. Letras iguais não diferem estatisticamente pelo teste tukey (5%).

Pode-se também perceber que a concentração de chumbo na *Cochliomyia macellaria* entre macho e fêmea na área natural fora semelhantes 6,4 mg kg⁻¹. A *Chrysomya megacephla* foi que mais acumulou ferro em ambas as áreas as concentrações foram 60,9 mg kg⁻¹ na área natural e 41, 0 mg kg⁻¹ na área antropizada. Sendo o macho quem mais acumulou em ambas as áreas registrando 36,2 mg kg⁻¹ na área natural e 26,0 mg kg⁻¹ na área antropizada.

A alta concentração das espécies metais investigados nas moscas podem ser atribuídos capacidade a adsorção dos mesmos em seus exoesqueletos, necônio e DNA em sua fase larval, uma vez que, no seu estágio larval a mosca fica no solo até eclodir para mosca adulta e por absorção na fase adulta em sua alimentação devido ao seu aparelho bucal lambedor.

Considerando a dispersão dos adultos (machos e fêmeas) ocorre em gradientes decrescente e em agregação, segundo a direção do vento, odores atrativos de alimentos ou resíduos orgânicos em fermentação ou putrefação (SANTOS, 2006), estimou-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. O potencial de acumulação foi avaliado através da razão entre a concentração média do metal nas espécies e a concentração no sexo. A Figura 4, apresenta o potencial de acumulação de metais em relação as espécie e sexos no município de Imperatriz-MA.

De acordo com resultados da Figura 2, o maior percentual de acumulação para Cd e Pb foram

encontrados na *Chrysomya albiceps* 38 % e 50 % na área natural respectivamente, na área antropizada fora respectivamente 35 % e 44 %, a fêmea foi quem apresentou maior potencial de acumulação para o Cd com 20% na área natural, já na área antropizada foi o macho com igual potencial (20 %). Para o Pb a fêmea apresentou maior percentual de acumulação em ambas as áreas, sendo 33 % na área natural e 24 % na área antropizada.

O Cu teve maior potencial de acumulação na *Cochliomyia macellaria* (Fig. 2), com 40 %, na área natural, o maior percentual de acumulação foi verificado no macho (22 %), na área antropizada a espécie que mais acumulou foi a *Chrysomya Albiceps* (29 %), o macho registrou um potencial de acumulação igual de 15 %. No ambiente natural o acúmulo de ferro foi maior na *Cochliomyia macellaria* como percentual de 59 %, constituindo 45 % na fêmea e 14 % no macho, já na área antropizada o maior percentual registrado foi a *Chrysomya megacephla* de 37%, distribuído, 20 % no macho e 17 % na fêmea.

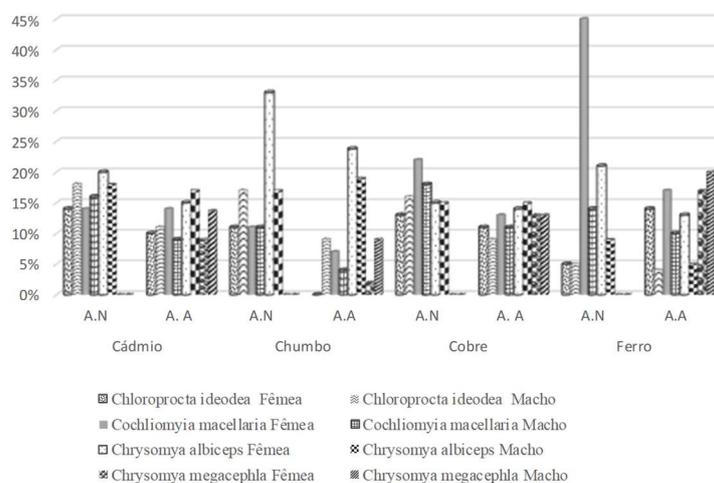


Figura 4: Potencial de acumulação de Cd(II), Pb(II), Cu(II) e Fe(II) nas moscas no município de Imperatriz-MA.

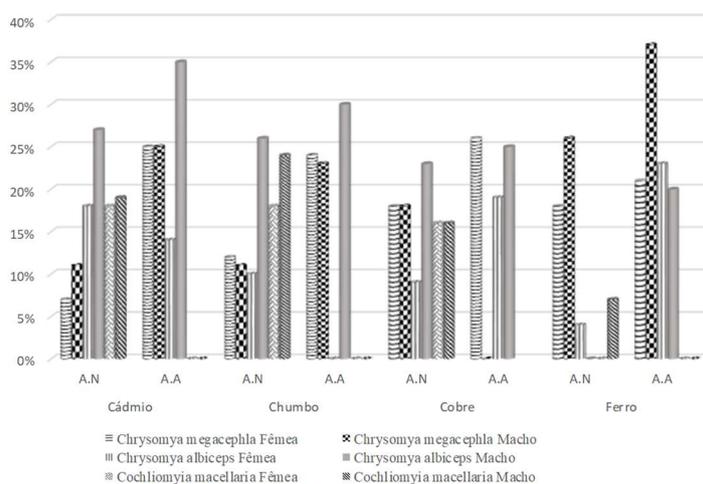


Figura 5: Potencial de acumulação de Cd(II), Pb(II), Cu(II) e Fe(II) nas moscas no município de Imperatriz-MA.

Verifica-se na Figura 5 que *Chrysomya albyceps* foi a espécie que apresentou maior potencial de acumulação de Cd, verificou-se na área natural um percentual de acumulação de 45 %, sendo o macho que presentou maior percentual 27 %, na área antropizada espécie que apresentou maior percentagem de acumulação foi a *Chrysomya megacephla* (50 %), com igual percentagem para macho e fêmea (25 %). Para o

Pb também foi a *Chrysomya albyceps* com maior acúmulo sendo registrado 36 % na área natural e 53 % na área antropizada, o macho foi que apresentou o maior percentual de acumulação em ambas as áreas 26 % na área natural e 30 % na área antropizada.

A *Chrysomya megacephla* exibiu maior percentual de acúmulo de Cu em ambas as áreas, na área natural (36 %) com igual percentagem entre macho e fêmea (18 %), na área antropizada detectou-se um percentual de 55 %, o maior potencial foi encontrado para *Chrysomya megacephla* macho com 29 % e *Chrysomya megacephla* (fêmea) com percentagem de 26 %. As percentagens mais elevadas do Ferro foram encontrados na *Chrysomya megacephla* (44 %), na área natural e 58 % na área antropizada, no ambiente natural a *Chrysomya megacephla* macho registrou 26 % e a fêmea 18 %, já no ambiente antropizado encontrou-se os seguintes percentual 37 % para o macho e 21 % para a fêmea.

De modo geral, tanto nos solos como nas moscas as concentrações das espécies metálicas investigadas são menores no município de Senador La Rocque-MA quando comparada com o município de Imperatriz-MA, tanto na área antropizada como na área natural. Isso se pode ser justifica pelo fato de que a cidade de Imperatriz a população é superior, portanto produzem maior quantidade de resíduos sólidos urbanos em relação a Senador La Rocque-MA.

CONCLUSÕES

As variações das concentrações de metais potencialmente tóxicos entre as espécies de moscas indicam que família Calliphoridae absorve dos solos os metais potencialmente tóxicos estudados que se acumulam na superfície do solo. Este comportamento permite a utilização das moscas desta família como bioindicadores metais potencialmente tóxicos em área antropizada (Lixões). No momento da identificação não foram observadas alterações do ponto de vista morfológico nas espécies de moscas identificadas, o que permite inferir que essas espécies estão respondendo bem a presença dos metais, o que as coloca como boas indicadoras das espécies metálicas investigadas.

Os resultados obtidos para o percentual de acumulação no município de Imperatriz-MA indicam a espécie *Chrysomya albyceps* como melhor bioindicadora das espécies metálicas Cd, Pb e Cu nas áreas antropizadas (Lixões) e *Chrysomya megacephla* como bioindicadora de Fe. Já no município de Senador La Rocque a *Chrysomya megacephla* como o melhor bioindicador de Cd, Cu, e Fe e a *Chrysomya albyceps* como bioindicadora de Pb. Uma vez que a potencial de bioacumulação é determinado pelo aumento da concentração de metais potencialmente tóxicos nas moscas com a concentração o aumento da concentração dos metais potencialmente tóxicos no solo em virtude da quantidade e lixiviação das espécies metálicas presentes nos resíduos sólidos estima-se que para ambientes de lixões todas as espécies foram expressivamente bioacumuladoras de Cd, Pb, Cu e Fe.

AGRADECIMENTOS: Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico Do Maranhão pelo apoio concedido no âmbito da bolsa.

REFERÊNCIAS

ALCÂNTARA, A. J. O.; PIERANGELI, M. A. P.; SOUZA, C. A.; SOUZA, J. B.. Teores de As, Cd, Pb, Cr e Ni e atributos de fertilidade de Argissolo Amarelo distrófico usado como lixão no município de Cáceres, estado de Mato Grosso. **Revista Brasileira de Geociências**, v.41, n.3, p.539-548, 2011.

ATLAS DO MARANHÃO. **Gerência de Planejamento e Desenvolvimento Econômico**. Laboratório de Geoprocessamento – UEMA. São Luís: GEPLAN, 2002.

BARBOSA, A. A.; CORRÊA, S. M.. Caracterização química de solo contaminado por resíduos sólidos na estrada Arroio Pavuna em Jacarepaguá Rio de Janeiro. **Engevista**, v.17, n.2, p.266-272, 2015.

BENDITO, B. P. C.; COELHO, C. B.; FERREIRA, C. W. R.; MARTINS, I. C. M.. Quantificação dos teores totais de cádmio, chumbo e mercúrio, em área de disposição inadequada de resíduos sólidos. **Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer**, v.14, n.26, p.1430-144, 2017.

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.

FERREIRA, M. J. M.. Sinantropia de dípteros muscóides de Curitiba, Paraná. I. Calliphoridae. **Revista Brasileira de Biologia**, n.38, p.445-454, 1978.

HYPOLITO, R.; EZAKI, S.. Íons de metais pesados em sistema solo-lixo-chorume-água de terrenos sanitários da região metropolitana de São Paulo-SP. **Águas Subterrâneas**, São Paulo, v.20, n.1, p.99-114, 2006.

KEMERICH, P. D. C.; FLORES, C. E. B.; BORBA, W. F.; GERHARDT, A. E.; FLORES, B. A.; RODRIGUES, A. C.; BARROS, G.. Indicativo de contaminação ambiental por metais pesados em aterro sanitário. **Revista Monografias Ambientais – REMOA**, v.13, n.5, p.3744-3755, 2014.

KOSMANN, C.; MELLO, R. P.; HARTERREITEN-SOUZA, É. 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. **Entomo Brasilis**, n.6, p.74-85, 2013.

MAMEDES, I. M.. Influência da disposição inadequada de resíduos sólidos urbanos sobre o solo: Estudo de caso do lixão de Várzea Grande-MT. **Revista Gestão &**

Sustentabilidade Ambiental, v.5, n.2, p.327-336, 2017.

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.

MILHOME, M. A. L.; HOLANDA, J. W. B.; ARAÚJO NETO, J. R.; NACIMENTO, R. F.. Diagnóstico da contaminação do solo por metais tóxicos provenientes de resíduos sólidos urbanos e a Influência da Matéria Orgânica. **Revista Virtual de Química**, v.10, n.1, 2018.

NMORSIN, O. P. G.; AGBOZELE, G.; UKWANDU, N. C. D.. Some aspects of epidemiology of flies: *musca domestica*, *musca domesticavicina*, *drosiphilia melanogaster* and associated bactéria ptahogens in Ekapoma, Nigeria. **Vector-Borne and Zoonotic Diseases**, v.7, n.2, p.107-117, 2007.

PINTO FILHO, J. L. O.; SOUZA, M. J. J. B.; SANTOS, E. G.; FILGUEIRA, G. Ê. D. R.; FILHO, P. C.. Monitoramento dos teores totais e disponíveis de metais pesados no lixão do município de Apodi-RN. **Revista Verde**, v.7, n.1, p.141-147, 2012.

RIBEIRO, A. C.; PAULINO, A. M.; PROENÇA, B.; LUZ, R. T.; SANTOS, C. S.; AGUIAR, V. M.. Influência de depósito de lixo em califorídeos (Diptera: Calliphoridae) de uma Área de Preservação Ambiental (APA) no município de Rio Bonito, Rio de Janeiro, Brasil. **Entomotropica**, v.30, n.9, p.92-104, 2015.

SANTOS, A. M. M.. **Gerenciamento ambiental para o controle de *Musca domestica* L. (Diptera: Muscidae) e *Chrysomya megacephala* (Fabricius) (Diptera: Calliphoridae) em assentamentos urbanos**. Tese (Doutorado em Parasitologia) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006.

SOUZA, J. R. P.; ESPOSITO, M. C.; CARVALHO FILHO, F. S.. A fauna de califorídeos (Diptera) 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.

VIEIRA NETO, J. M. V.; BEZERRA, E. B. N.; MELO, M. C.; MONTEIRO, V. E. D.. Estudo do comportamento de metais em um lisímetro de resíduos sólidos urbanos. **Revista Ciência e Tecnologia**, v.17, n.31, p.54-66, 2014.