

CARACTERIZAÇÃO DA FAUNA EDÁFICA EM ÁREAS COM DIFERENTES USOS DO SOLO

CHARACTERIZATION OF EDADIC FAUNA IN SITES WITH DIFFERENT SOIL USE

Daniela Cristina ROMÃO¹; Nidia Mara MARCHIORI²

RESUMO

O solo é o habitat natural para uma grande variedade de organismos, os quais detêm grande importância ecológica, atuando inclusive como bioindicadores da qualidade e das alterações ambientais. O objetivo do presente trabalho foi avaliar a macrofauna edáfica em três ambientes com diferentes usos do solo a fim de verificar a variação da diversidade e abundância de espécies de acordo com os níveis de perturbação. Foram instaladas 9 armadilhas do tipo *pitfall trap* em uma área de floresta secundária aberta (Área 1- Floresta), terreno baldio na zona urbana (Área 2 – Urbana-Gramíneas) e aterro sanitário (Área 3 – Urbana - Aterro) no verão e inverno. Os invertebrados amostrados foram classificados em nível de ordem e morfotipo, sendo posteriormente aplicados testes de diversidade. A partir da comparação entre as três áreas de estudo, foi possível verificar que as áreas diferem entre si quanto ao número de indivíduos, contudo apresentaram basicamente as mesmas espécies. Não houve variação significativa do número de indivíduos entre inverno (229) e verão (327). Os resultados sugeriram ordens indicadoras para os diferentes usos do solo, sendo demonstrado indicadoras de qualidade ambiental na Floresta (Orthoptera, Opiliones e Ixodidae), indicadora de ambiente urbano na área Urbana-Gramíneas (Blattoidea) e decompositores na área Urbana-Aterro (Isopoda e Scolopendromorpha). Em ambas as estações a ordem Hymenoptera dominou em número de indivíduos representado apenas pela família Formicidae.

Palavras-chave: Invertebrados, Diversidade, *Pitfall traps*, Monitoramento.

ABSTRACT

Soil is the natural habitat for a wide variety of organisms, which are of great ecological importance, also acting as bioindicators of quality and environmental changes. The aim of this study was to evaluate the edaphic macrofauna in three environments with different soil uses in order to verify the variation of the diversity and abundance of species according to the levels of disturbance. Nine pitfall traps were installed in an area of open secondary forest (Area 1- Forest), wasteland in the urban area (Area 2 - Urban-Wasteland) and sanitary landfill (Area 3 - Urban - Landfill) in the summer and winter. Sampling invertebrates were classified in order and morphotype level, and diversity tests were applied later. It was possible to verify that the areas differ in relation to the number of individuals, however, they presented basically the same species. There was no significant variation in the number of individuals between winter (229) and summer (327). The results suggested indicative orders for the different soil uses, we noticed indicators of environmental quality in the Forest (Orthoptera, Opiliones and Ixodidae), orders typically from urban environment in the Urban-wasteland area (Blattoidea) and decomposers in the Urbana-Landfill area (Isopoda and Scolopendromorpha). In both seasons the order Hymenoptera dominated in number of individuals represented only by the Formicidae family.

Keywords: Invertebrates, Diversity, Pitfall traps, Monitoring.

¹ Bacharel em Engenharia Ambiental, Faculdade Municipal Professor Franco Montoro - FMPFM, Mogi Guaçu - São Paulo, Brasil. Contato: daniela.romao@hotmail.com.br

² Mestre em Biologia Vegetal, Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Biologia – IB / UNICAMP. Docente do curso de Graduação em Engenharia Ambiental na Faculdade Municipal Professor Franco Montoro – FMPFM. Contato: nidiamarchiori@yahoo.com.br.

Introdução

O solo está entre os mais complexos sistemas biológicos da Terra e é o habitat natural para uma grande variedade de organismos, tanto microrganismos, quanto animais invertebrados, que ocupam todos os horizontes do solo e se organizam de acordo com o tamanho corporal, funcionalidade, metabolismo e demanda por umidade (DORAN; ZEISS, 2000). Este sistema garante um lugar para a vida, uma vez que permite o enraizamento das plantas e oferece uma variedade de habitats (PODGAISKI et al., 2007).

A porção abiótica do solo depende fortemente do componente biológico, sendo os seres vivos responsáveis por inúmeras funções e processos de transformação que ocorrem principalmente relacionados à matéria orgânica e a regulação de comunidades microbianas (SILVEIRA; FREITAS, 2007). Somado a isso, variações mínimas na temperatura, na precipitação, incidência solar, poluição atmosférica ou acidez e alterações do uso do solo são fatores determinantes para estabilidades dos organismos e quaisquer modificações nas condições naturais usuais podem acarretar mudanças fisiológicas, morfológicas, adaptativas ou até mesmo extinguir espécies sensíveis (WINK et al., 2005). Assim, estudos que envolvem levantamento da diversidade e abundância de invertebrados de solo podem prover uma rica base de informações sobre o grau de integridade

dos ambientes em que se encontram, auxiliando na conservação da biodiversidade (LIJTEROFF et al., 2008).

Segundo Biachi et al. (2010) bioindicadores são organismos que podem ter uma estreita relação com o ambiente em que vivem, e em condições de alterações ambientais podem apresentar reações comportamentais e funcionais que refletem essa nova condição. Contudo, para serem usadas como bioindicadores, as espécies devem ter sua taxonomia, ciclo e biologia bem conhecidas (THOMANZINI; THOMANZINI 2000). A expansão da área urbana sobre ecossistemas naturais tem causado a destruição de micro habitats de várias espécies. Estudos enfocando em bioindicadores, por exemplo, destacaram que apesar da fauna urbana ser baixa, contendo poucas espécies dominantes, ela pode atingir uma biomassa maior do que as em ambiente natural (ISERHARD et al., 2010). Dessa forma, é possível obter respostas das espécies às ações antrópicas, como redução da diversidade e número de indivíduos com o aumento a perturbação (BEGON et al., 2007 THOMAZINI; THOMAZINI, 2000).

O levantamento de invertebrados pode ser realizado através de técnicas passivas ou ativas. As técnicas passivas são amplamente utilizadas através de amostragem com armadilhas físicas ou biológicas, envolvendo menos tempo e com custos menores. Em contrapartida, as técnicas ativas que envolvem censos completos das áreas, permitem a exploração de habitats específicos a um

custo e tempo muito superior (ARAÚJO, 2007). Diante desse fato, a armadilha escolhida para o estudo foi a do tipo *Pitfall trap*, um tipo de amostragem passiva voltada para amostragem de invertebrados que caminham sobre o solo (GARAY, 1989). Após a identificação e contagem dos indivíduos é possível avaliar similaridades ou diferenças entre as áreas e calcular índices de diversidade (Shannon) e equitabilidade ou uniformidade (Pielou) como uma ferramenta para comparar áreas amostradas e outras literaturas nesse escopo.

Assim, o objetivo do presente trabalho foi estimar a abundância e diversidade de espécies de invertebrados de solo em três áreas com diferentes usos e coberturas vegetais nos municípios de Mogi Mirim e Mogi Guaçu – SP, visando verificar a possível influência das mudanças do uso do solo na diversidade biológica de fauna do solo.

Método

As coletas foram realizadas (área de estudo) nas cidades de Mogi Guaçu e Mogi Mirim – SP, em três áreas com diferentes usos do solo. A Área 1 (22°22'47.10"S; 46°53'53.60"O) está situada às margens do Rio Mogi Guaçu em área de preservação permanente na Faculdade Municipal Franco Montoro e será denominada de Floresta. Apesar de compor a mata ciliar do Rio Mogi Guaçu, a área apresentava-se parcialmente devastada, com cobertura vegetal

composta por Mata Atlântica e fisionomia Floresta Estacional Semidecidual em sucessão secundária e estágio secundário médio de regeneração. Dentre as espécies vegetais presentes é possível apontar representantes da família Fabaceae, Euphorbiaceae, Anacardiaceae e Rubiaceae, além de grande quantidade de capim braquiária (*Brachiaria decumbens*) e capim gordura (*Melinas minutiflora*) decorrente da devastação no passado. A Área 2 (22°27'1.45"S; 46°57'28.89"O) foi escolhida por localizar-se em uma zona urbana e a instalação dos *pitfalls traps* foi em um lote vago coberto majoritariamente por gramíneas na Rod. Senador André Franco Montoro, Mogi Mirim – SP. Essa será denominada Urbana-Gramíneas. A última área avaliada - Área 3 (22°22'1.88"S; 46°54'30.31"O) estava localizada no Aterro Sanitário Municipal de Mogi Guaçu e será denominada de Urbana - Aterro. Nessa área a escolha do local de instalação priorizou uma localização com baixa movimentação e com proximidade tanto do local de deposição quanto de áreas verdes (Figura 1).

Foram realizadas duas campanhas de campo, uma no pico do verão (29 de Março de 2014) e outra no inverno (12 de Agosto de 2014). Em Março de 2014 a média pluviométrica foi 129,6 mm e a temperatura variou entre 17,9 °C a 29,4 °C, enquanto que Agosto/2014 foi bem mais seco, com média pluviométrica de 29,4 mm e temperaturas entre 12,0 °C e 27,2°C (CEPAGRI, 2017). Em Mogi Guaçu, o clima é quente e temperado, classificado

como Cwa, segundo Köppen. A temperatura média anual atinge 20,3 °C e a precipitação 1344 mm anual. A média mensal de Março foi calculada como 164 mm com uma temperatura média de 22,9 °C e em Agosto a precipitação tem média

de 26 mm e 16,6 °C a temperatura (CLIMA-DATA, 2017). Dessa forma, é possível verificar a grande diferença climática entre os meses de coleta, podendo ser refletida na composição de espécies de macroinvertebrados de solo.

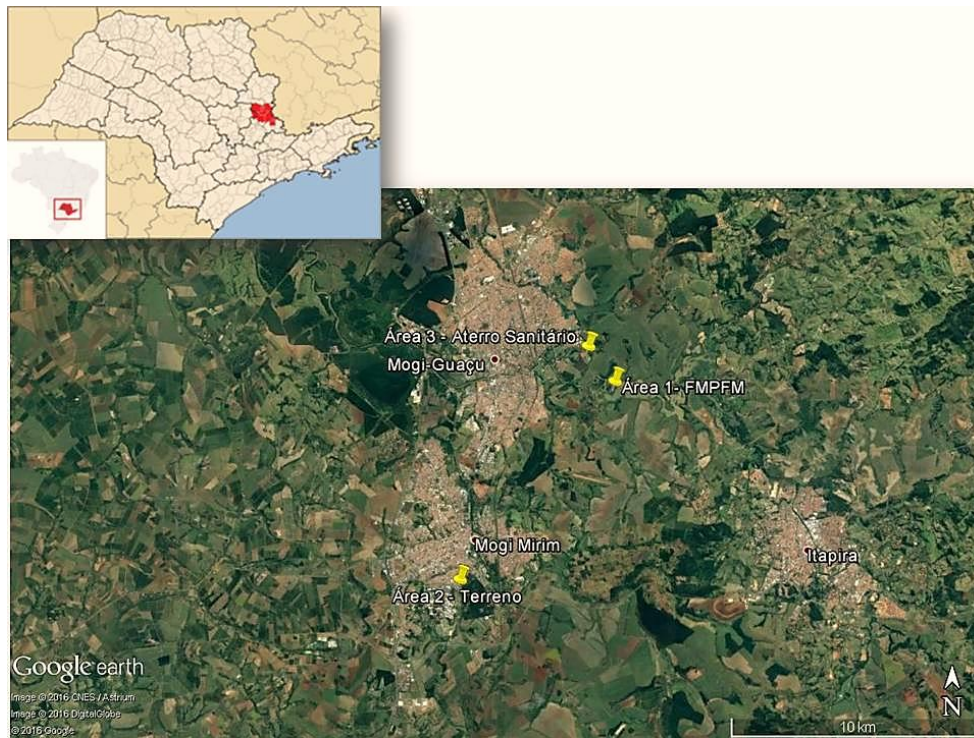


Figura 1. Mapa do estado de São Paulo com destaque para região onde se localiza os municípios de Mogi Guaçu e Mogi Mirim. A imagem do *Google Earth* destaca a localização das áreas amostradas com armadilhas do tipo *pitfall*. Área 1 (Floresta). Faculdade Municipal Franco Montoro – Mogi Guaçu, SP. Área 2 (Urbana-Gramíneas). Rodovia André Franco Montoro – Mogi Mirim, SP e Área 3 (Urbana-Aterro). Aterro Sanitário de Mogi Guaçu - Mogi Guaçu, SP. Fonte: Google Imagens.

A coleta de invertebrados do solo foi realizada com auxílio de armadilhas do tipo *pitfall traps* sem iscas. Em cada local foram instalados três conjuntos distantes 8 m entre si com 3 armadilhas do tipo *pitfall traps* que formaram um triângulo equilátero equidistantes 1 metro, totalizando nove armadilhas por área. As armadilhas compostas por copos plásticos de 7 cm de diâmetro e 10 cm de profundidade, foram enterradas no solo

até o nivelamento entre a superfície do solo e a altura na borda superior e contiveram 100 mL de água e três gotas de detergente, necessário para quebrar a tensão superficial da água e impedir que os animais pudessem voltar à superfície. Para evitar que o experimento fosse prejudicado pela chuva foram confeccionadas proteções para as armadilhas constituídas de pedaços de papelão de forma retangular com 15 cm

de comprimento e 13 cm de largura e estacas de madeira com 20 cm.

Nas duas campanhas de campo os *pitfalls* foram instalados e mantidos por 72 h. Após recolhidos, o material da armadilha foi transferido para garrafas plásticas contendo álcool 70% para triagem e identificação. Para auxiliar na identificação, os artrópodes armazenados nos frascos foram vertidos em placas de Petri para visualização em microscópio estereoscópio. O reconhecimento dos grupos taxonômicos foi realizado através de consulta bibliográfica e comparação com caracteres visualizados (LEITE; SÁ, 2010).

As ordens mais representativas tiveram seus representantes separados em morfotipos. A riqueza de organismos foi definida pelo número de ordens e morfotipos identificados. A comparação entre as áreas através da riqueza e dominância foi realizada através de índices de diversidade, dentre eles índice de Shannon – H e equabilidade de Pielou – J. O índice de equabilidade de Pielou varia de 0 a 1, sendo que quanto mais próximo da unidade maior dominância e menor uniformidade de distribuição dos indivíduos pelas espécies.

A normalidade dos dados foi explorada através de gráficos de QQ Plot. Para testar a possível diferença entre as áreas quanto ao número de indivíduos foi realizado uma análise de variância, considerando uma probabilidade de significância (valor-p) de 5%. Além disso, para verificar se havia diferença entre as

estações do ano quanto à abundância de indivíduos foi realizado um Teste t de Student. As análises dos dados foram realizadas no software R (2011).

Resultados

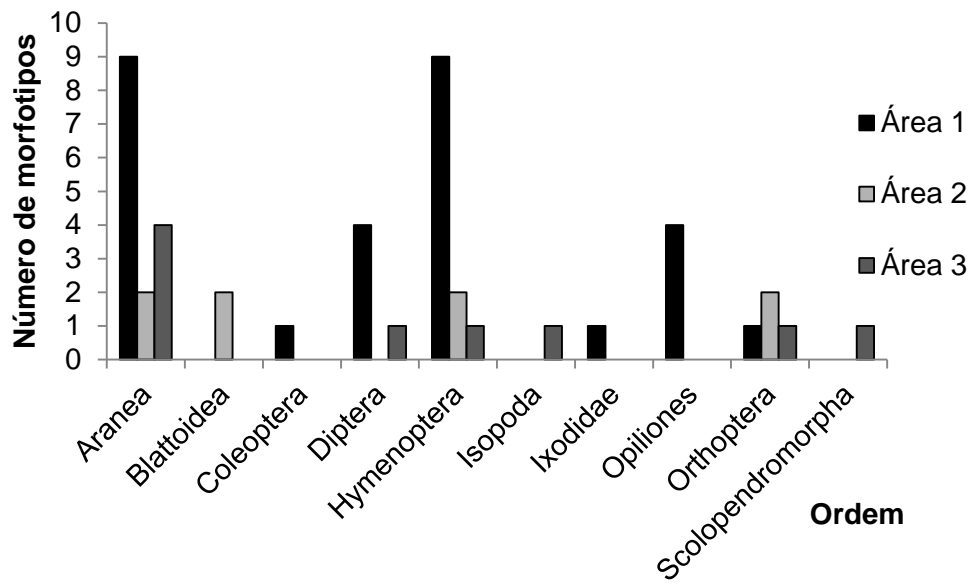
Foram amostrados 67 morfotipos, sendo 39 na Floresta (Área 1), 8 na Urbana-Gramínea (Área 2) e 20 morfotipos na Urbana-Aterro (Área 3). A identificação de seis morfotipos foi até o nível de espécie e os outros permaneceram na classificação em morfotipo e ordem, possibilitando entender a composição e diversidade de cada uma das áreas estudadas.

A partir da comparação entre as três áreas de estudo (Tabela 1), foi possível verificar que as áreas diferem entre si quanto ao número de indivíduos ($p=0,0075$), contudo apresentaram basicamente os mesmos morfotipos, sem diferença estatística significativa ($p=0,07$). Além disso, ao contrário do que se esperava, não houve variação do número de indivíduos entre inverno (Figura 3) e verão (Figura 2) ($p=0,9922$). No verão a abundância total foi de 327 indivíduos distribuídos de maneira variável em 46 espécies (morfotipos) e em 10 ordens taxonômicas. Enquanto que no inverno os valores foram menores, 229 indivíduos distribuídos em 30 espécies e 7 ordens. Em ambas as estações a ordem Hymenoptera dominou em número de indivíduos representado apenas pela família Formicinae (Tabela 1).

Tabela 1. Diversidade e abundância de invertebrados de solo organizados por ordem nas três áreas amostradas no verão e inverno de 2014. Algumas espécies se repetem entre as estações. Spp – Número de morfotipos; Ind – Número de espécies.

Ordem	Estação	ÁREA 1		ÁREA 2		ÁREA 3	
		Spp	Ind	Spp	Ind	Spp	Ind
Aranea							
	Verão	9	10	2	6	4	7
	Inverno	7	7	-	-	3	4
Blattoidea							
	Verão	-	-	2	2	-	-
	Inverno	-	-	-	-	-	-
Coleoptera							
	Verão	1	1	-	-	-	-
	Inverno	1	1	-	-	1	1
Diplopoda							
	Verão	-	-	-	-	-	-
	Inverno	-	-	-	-	2	5
Diptera							
	Verão	4	14	-	-	1	1
	Inverno	2	2	-	-	1	1
Homoptera							
	Verão	-	-	-	-	-	-
	Inverno	-	-	-	-	2	2
Hymenoptera							
	Verão	9	147	2	117	1	3
	Inverno	5	121	2	75	3	9
Isopoda							
	Verão	-	-	-	-	1	2
	Inverno	-	-	-	-	-	-
Ixodidae							
	Verão	1	6	-	-	-	-
	Inverno	-	-	-	-	-	-
Opiliones							
	Verão	4	5	-	-	-	-
	Inverno	-	-	-	-	-	-
Orthoptera							
	Verão	1	2	2	2	1	1
	Inverno	1	1	-	-	-	-
Scolopendromorpha							
	Verão	-	-	-	-	1	1
	Inverno	-	-	-	-	-	-

A



B

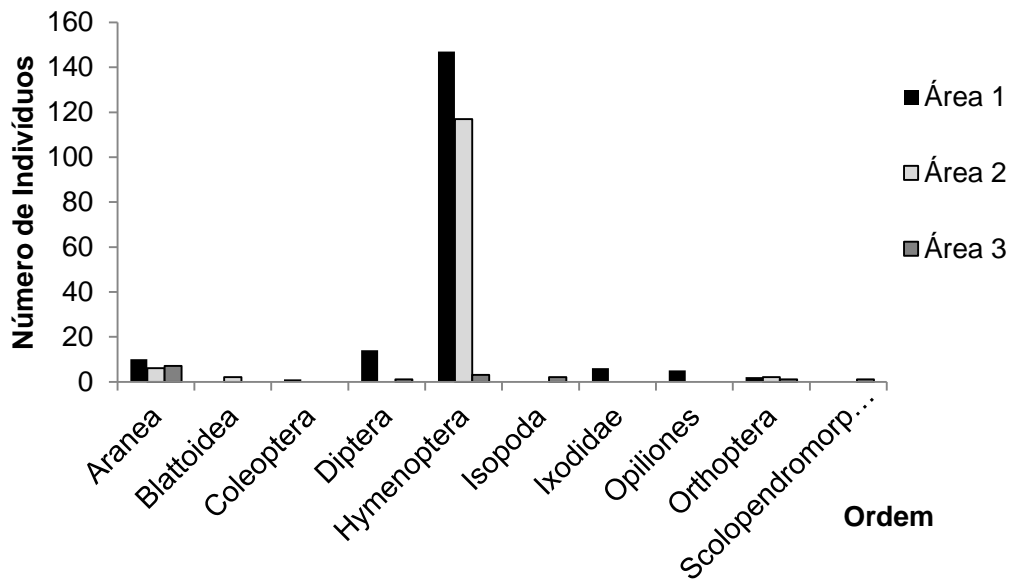


Figura 2. Riqueza e abundância de indivíduos de invertebrados de solo nas três áreas amostradas no verão de 2014. A – Número de espécies (ou morfotipos) por Ordem taxonômica nas três áreas amostradas. B – Número de indivíduos por ordem taxonômica nas três áreas amostradas. Barras pretas representam a área 1 (Floresta), barras cinzas claras representam a área 2 (Urbana-Gramíneas) e barras cinzas escuras representam a área 3 (Urbana-Aterro).

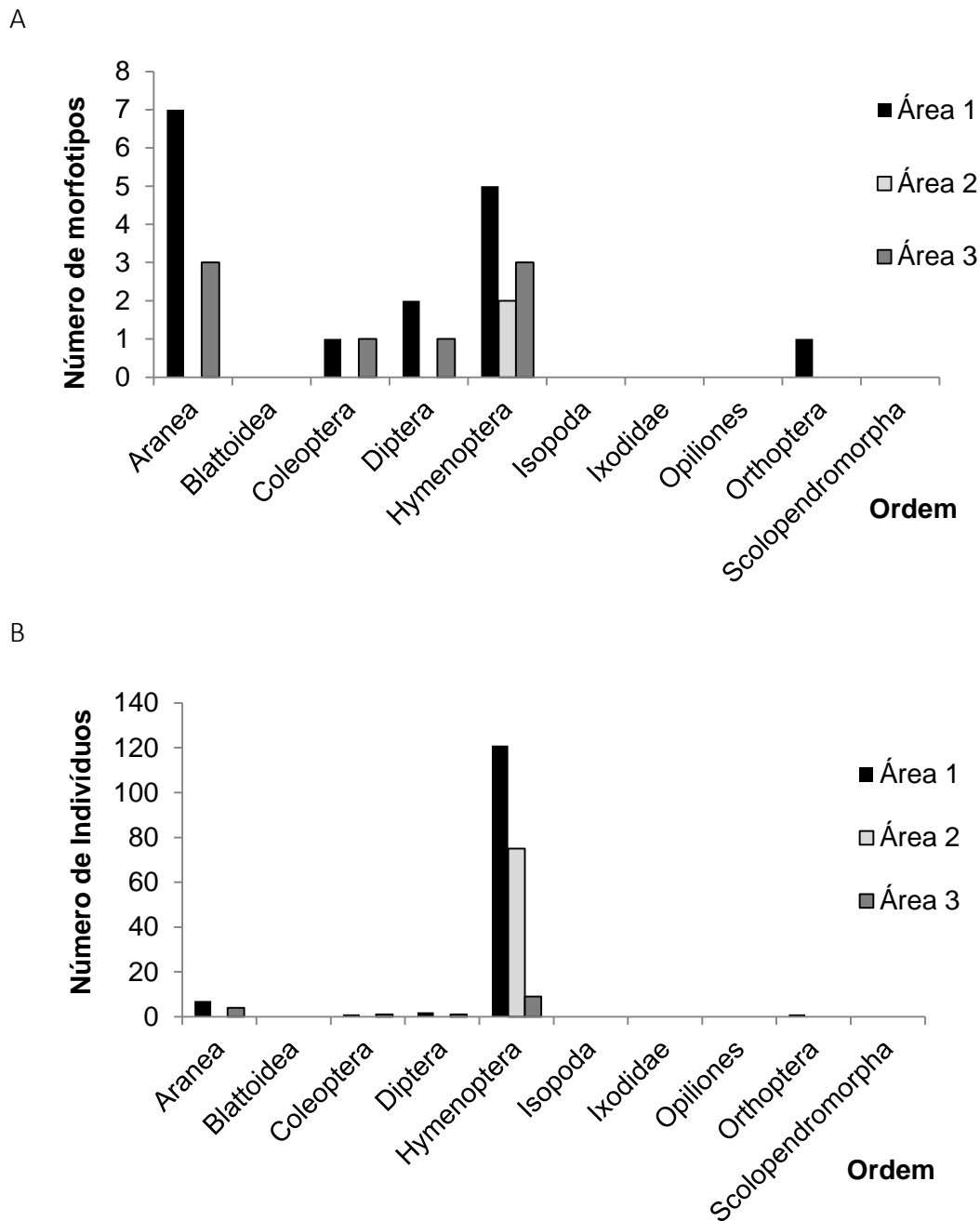


Figura 3. Riqueza e abundância de indivíduos de invertebrados de solo nas três áreas amostradas no inverno de 2014. A – Número de espécies (ou morfortipos) por Ordem taxonômica nas três áreas amostradas. B – Número de indivíduos por ordem taxonômica nas três áreas amostradas. Barras pretas representam a área 1 (Floresta), barras cinzas claras representam a área 2 (Urbana-Gramíneas) e barras cinzas escuras representam a área 3 (Urbana-Aterro).

A área de Floresta, no verão, apresentou uma maior diversidade quando comparado com outras áreas (Tabela 1). Comparando as áreas de

estudo foi possível verificar que na Floresta, com maior cobertura vegetal e preservação de solo, há maior quantidade de indivíduos e espécies, com abundância

de Hymenoptera, Aranae e Diptera (Tabela 1). No verão (Figura 2), foram amostrados para esse ambiente 29 espécies e 185 indivíduos, incluídos em sete ordens. No inverno (Figura 3) houve redução 16 espécies e 132 indivíduos em cinco ordens. As ordens mais diversas foram Aranea e Hymenoptera (família Formicidae), ambas com nove morfotipos no verão. Contudo, quando comparado o número de indivíduos entre elas foi possível verificar uma grande diferença no verão (10 e 147, respectivamente). Em seguida, estão presentes as ordens Diptera e Opiliones com quatro espécies e Orthoptera, Coleoptera e Ixodidae como somente uma espécie. Contudo, quando considerado a abundância de indivíduos, é possível perceber o predomínio de Hymenoptera em relação aos outros táxons com 147 indivíduos. Apesar de Diptera ter sido somente representada por quatro espécies ela supera em número de indivíduos (14) em relação a ordem Aranea com nove espécies (10 indivíduos). Opiliones apresentou sete indivíduos e Ixodidae seis indivíduos. No inverno houve uma inversão de importância na representação da diversidade entre esses dois grupos, sendo que Aranea apresentou sete morfotipos e Hymenoptera cinco morfotipos, entretanto o padrão de

dominância de formigas também se manteve constante nessa estação (7 e 121 indivíduos, respectivamente). A ordem Diptera com duas espécies, Orthoptera e Coleoptera com somente uma espécie cada.

No inverno (Figura 3) houve predomínio de uma formiga denominada de "Formicidae morfotipo 2" com 74 indivíduos e no verão ela apresentou somente três indivíduos, sendo sobrepujada pela espécie *Wasmannia auropunctata* dominante na área nessa estação. Outra informação relevante quando se compara o número de morfotipos entre as estações foi o predomínio pernilongos (ordem Diptera) no verão na Área 1. A ordem Ixodidae, na qual o carrapato *Amblyomma cajennense* faz parte, também somente esteve presente no verão e, assim como os pernilongos, tem nessa fase a complementação do seu ciclo biológico com grande proliferação. Além dessas, a área de Floresta apresentou três outras ordens indicadoras de qualidade ambiental, Orthoptera, Coleoptera e Opiliones, sendo que espécies da ordem Coleoptera são fortemente influenciadas pela fragmentação e perda de habitat, destacando esse grupo como bioindicador (CAMPOS, 2012; LEIVAS; FISHER, 2008).

Tabela 2. Índices de diversidade de Shannon (H) e equabilidade de Pielou (J) na três áreas no inverno e verão.

Local	Fisionomia	Estação	Espécies		Índice de Shannon	Equabilidade de Pielou
			(S)	Indivíduos (N)		
Área 1	FLORESTA - URBANA-	Verão	29	185	2,37	0,71
		Inverno	16	132	1,56	0,56
Área 2	GRAMÍNEAS - URBANA -	Verão	8	127	1,02	0,49
		Inverno	2	75	0,50	0,72
Área 3	ATERRO	Verão	9	15	2,08	0,94
		Inverno	12	22	2,27	0,91

No ambiente urbano e dominado por gramíneas (Área 2), foram registrados oito espécies e 127 indivíduos incluídos em quatro ordens no verão (Figura 2) e uma ordem com duas espécies e 75 indivíduos no inverno (Figura 3). Diferentemente da área de Floresta e de Aterro, a área Urbana dominada por gramíneas apresentou a menor diversidade (Tabela 1). As ordens Aranea, Hymenoptera, Orthoptera e Blattoidea ficaram igualadas com duas espécies diferentes cada. Mas, comparando a abundância de indivíduos, foi possível perceber o predomínio de Hymenoptera em relação aos outros táxons com 141 indivíduos. Apesar de Aranea ter sido representada por somente duas espécies, ela supera em número de indivíduos (seis) a ordem Blattoidea e Orthoptera com duas espécies e dois indivíduos cada um. No inverno também apresentou a menor diversidade, sendo representada somente pela ordem Hymenoptera com duas espécies e 75 indivíduos.

A área 3, localizada no Aterro sanitário apresentou um decréscimo de diversidade e abundância quando

comparado com outras áreas, apresentando seis ordens com nove espécies e somente 15 indivíduos no verão (Figura 2) e seis ordens com 12 espécies e 22 indivíduos no inverno (Figura 3). A grande diferença entre essa área com as outras foi a presença de organismos decompositores presentes nas ordens Isopoda (tatu-bolinha), Scolopendromorpha (lacraia) e Diplopoda (piolho de cobra). A área Urbana-Aterro apresentou uma menor diversidade comparada com a área de Floresta e uma maior diversidade se comparada a área Urbana-Gramíneas (Tabela 1). A ordem Aranea com quatro espécies foi a mais diversa nessa área no verão, enquanto que Hymenoptera, Orthoptera, Diptera, Isopoda e Scolopendromorpha amostrou somente uma espécie cada. O critério abundância de indivíduos destacou Aranea em relação aos outros táxons com sete indivíduos, seguido da ordem Hymenoptera com três indivíduos, ordem Isopoda com dois e as ordens Diptera Orthoptera e Scolopendromorpha com um indivíduo cada. No inverno aumentou o número de espécies com aparecimento

de Diplopoda com 2 espécies e 5 indivíduos, Homoptera com duas espécies e dois indivíduos, e por fim Coleoptera e Diptera com uma espécie e um indivíduo cada.

O teste t de Student, comparando os índices de diversidade de Shannon entre as estações, mostrou ausência de diferenças estatísticas significativas ($p=0.5914$) (Tabela 2). Na área 1 o índice ($H': 2,38\text{nats/ind}; J': 0,75$) foi ligeiramente superior ao da área 3 ($H': 2,08\text{nats/ind}; J': 0,95$) e ambos superiores ao da Área 2 ($H': 1,02\text{ nats/ind}; J': 0,5$). (Tabela 2). Esses índices mostram que a Área 1 supera em diversidade de espécies, demonstrado pelo maior valor do índice de Shannon, com menor dominância de uma única espécie. O índice de equabilidade de Pielou na área 3 indica que as espécies tiveram praticamente o mesmo número de indivíduos, apresentando uma comunidade equilibrada. Entretanto, essa medida sofre influência do baixo número amostral e provavelmente não é representativa da área como um todo. Esse mesmo índice na Área 2 foi mais próximo de 0, indicando que uma espécie é dominante sobre as outras e, nesse caso, através da análise da Tabela 1 é possível identificar a dominância de Hymenoptera.

Discussão

Dados coletados no presente trabalho demonstrou a presença de diversos organismos indicadores, sendo várias ordens de Hexapoda, incluindo

Coleoptera (LEWINSOHN et al., 2005), Orthoptera e Diplopoda, confirmando o apontando por Oliveira et al. (2014) de que esse grupo é muito importante em estudos de perturbação ambiental, pois são altamente influenciados pela heterogeneidade do habitat. Assim, esse estudo pode indicar espécies potencialmente indicadoras para estudos focados em perturbação ambiental. O predomínio de Hexapoda foi um resultado esperado, sendo comum a alta diversidade desse grupo em estimativas da fauna de serapilheira através de extratores e *pitfall* (PRAXEDES et al. 2003).

A Área 1 – Floresta localizada em área de preservação permanente, tanto no verão como no inverno, mostrou uma maior diversidade de indivíduos por se tratar de um ambiente de floresta secundária, mais preservada. Segundo Ferreira; Marques (1998) e Korasaki et al. (2013) a maior diversidade na floresta nativa já poderia ser esperada, pois se supõe que quanto maior a heterogeneidade e a complexidade estrutural do ambiente, maior é a diversidade de espécies. O ambiente de mata nativa, devido à sua maior heterogeneidade e/ou complexidade de condições ambientais e oferta de recursos, possivelmente apresenta condições diversificadas e suporta uma maior diversidade de espécies (FERREIRA; MARQUES, 1998; ELTON, 1973; PODGAISK et al., 2007).

Segundo Brown (1997), os indivíduos ou espécies das ordens Orthoptera, Hemiptera, Diptera,

Lepidoptera, Hymenoptera e Coleoptera são os mais importantes bioindicadores e foram também encontrados no presente estudo, principalmente caracterizando as áreas. Estes ordens de invertebrados contêm subgrupos importantes adaptados para testar níveis de poluição, redução de predadores, aumento de plantas invasoras, inibição da decomposição.

As formigas foram os organismos dominantes na área de FLORESTA e área URBANA-GRAMÍNEAS, constituindo sempre a população mais abundante, com valores superiores a 81% dos indivíduos coletados e 26% das espécies. Contudo, no Aterro ela foi fracamente representada, principalmente pela falta de recurso para forrageio. Este padrão é comumente verificado em diversos trabalhos e observado quando se compara os insetos de solo entre diferentes ambientes (ASSAD, 1997; MOÇO et al., 2005), pois estes animais podem utilizar o solo para forrageamento, bem como para abrigo e proteção. Além disso, eles desempenham papel importante na ciclagem de nutrientes, dispersão e polinização de plantas (MAESTRI et al., 2013), melhoram a infiltração de água no solo pelo aumento da porosidade e a aeração através das galerias (AQUINO; CORREIA, 2005; CORREIA; OLIVEIRA, 2006). Representantes da família Formicidae (ordem Hymenoptera) são usualmente espécies generalistas quanto à busca por recursos e resistentes a variadas condições ambientais e tipos de habitat.

Nesse sentido, a presença de recursos, seja na forma de gramíneas ou arbóreas, permitiu a ocorrência das formigas em todas as áreas amostradas.

As espécies de formigas resistentes e urbanas estiveram presentes com maior representatividade na área Urbana-Gramíneas, na qual houve total dominância de uma espécie no verão e outra no inverno. Por outro lado, na área 1 foi possível verificar um maior número de espécies decorrentes da disponibilidade de recursos e habitats. Soares et al. (1998) discutem que a fauna de formigas é mais rica em espécies em ambientes mais heterogêneos com maior complexidade estrutural da comunidade vegetal. Assim, segundo Silveira et al. (2002), alterações ambientais que tragam redução da heterogeneidade de habitats pode afetar a diversidade de macrofauna de solo por reduzir a forma de colonização e os nichos ecológicos. Resultados semelhantes foram encontrados por Moço et al. (2005) e Silva et al. (2012), ou seja, nos solos de todas as coberturas, tanto no verão quanto no inverno, houve predomínio do grupo Hymenoptera - Formicidae. No estudo da entomofauna do solo em quadrantes de agroflorestas de Dantas et al. (2012), também encontraram maior número de espécies de formigas na área de sistema agroflorestal dominado por seringueiras, uma espécie nativa, do que em sistema agroflorestal com plantio de eucalipto.

Na área 1 também foi encontrado um representante da ordem Coleoptera, táxon que desempenha papel

fundamental na decomposição de plantas e animais, ciclagem de nutrientes e dispersão de sementes. Em ecossistemas florestais, os besouros com hábito essencialmente detritívoro, atuam promovendo a remoção e reingresso da matéria orgânica no ciclo de nutrientes, aumentando a aeração do solo e prolongando a sua capacidade produtiva. Somado a isso, a ordem Coleoptera geralmente possui alta especificidade de habitat e, por isso, são ótimos indicadores para perturbação ambiental (CAMPOS, 2012). A ordem Orthoptera esteve presente nas três áreas de pesquisa, inclusive com uma espécie em vantagem na área 2. Essa ordem é caracterizada por ampla distribuição de habitats e hábito fitófago, alimenta-se de matéria orgânica de origem animal e de animáculos que vivem no solo, e está mais ligada a ambientes de hortas, jardins e lavouras (SANTOS JUNIOR, 2013).

Os parâmetros de diversidade e abundância reafirmaram a influência da ação antrópica na comunidade de fauna na área 2, resultante do baixo valor do índice de Shannon que representa diversidade biológica e baixo índice de Pielou que indica dominância por uma espécie ou por um pequeno grupo de espécies. Esses resultados demonstram o efeito que ação antrópica sobre a biodiversidade de solo, já que a amostragem foi instalada em um ambiente localizado na zona urbana de Mogi Mirim, local sujeito aos fluxos de carros e de pessoas. A proximidade com a área urbana favoreceu o aparecimento de

representantes da ordem Blattoidea, mais especificamente a barata urbana *Periplaneta americana*, pois são comuns em ambientes onde há a ação do homem, sendo atraídas pelo cheiro de comida e detendo papel importante na decomposição e reciclagem de nutrientes.

Já na área 3, no Aterro Sanitário de Mogi Guaçu foi possível verificar moderada diversidade com alto índice de equabilidade indicando que os indivíduos estão igualmente distribuídos entre as espécies. Essa área apresenta alta disponibilidade de recursos e decomposição, contudo é insalubre para a vida em decorrência da competição e toxicidade. Foram encontrados diversos organismos decompositores, dentre eles a espécie *Calliphora vomitoria* - mosca varejeira (ordem Diptera), *Scolopendra sp.* - lacraia (ordem Scolopendromorpha) e tatu-bola (ordem Isopoda). De acordo com Sommagio (1999), esses invertebrados do solo desempenham papel significativo na decomposição de matéria orgânica em decorrência da maior disponibilidade de material em decomposição na superfície, além de manter uma maior estabilidade de temperatura e de umidade do solo. A presença de Diplopoda indica que a área apresenta grande quantidade de matéria orgânica e recursos para o desenvolvimento e sobrevivência desses grupos.

O verão é época em que boa parte da fauna de invertebrados de solo aumenta seu deslocamento em busca de territórios e locais para reprodução, por

isso houve uma maior diversidade e abundância nesse período nas armadilhas. Por outro lado, no inverno, as espécies tendem a diminuir suas atividades pelas baixas temperaturas e reduzida carga de recursos nutricionais (MOÇO et al, 2003). A temperatura ótima para o desenvolvimento varia para cada espécie, encontrando-se entre 24 e 28°C para a maioria dos mosquitos tropicais (CONSOLI; OLIVEIRA, 1994). Contudo, o inverno de 2014 foi atípico com altas temperaturas (média de 19,5 °C) quando comparado com anos anteriores (16 °C), esse fato pode ter influenciado na biodiversidade encontrada e explicar a diferença com outros estudos.

Diante dos ambientes explorados podemos determinar relações entre os insetos coletados e os ambientes em que vivem. Entretanto, por mudanças ou interferências promovidas por ações humanas, podem alterar os resultados previstos (ANDRADE, 2000).

Conclusão

O presente estudo demonstrou que as espécies de fauna sofrem influência da alteração ambiental, reduzindo sua diversidade e abundância com mudanças extremas no uso do solo, como para uso em aterro sanitário, por exemplo. Ordens indicadoras de qualidade ambiental foram encontradas nas diferentes áreas amostradas e corroboram os resultados encontrados na literatura. A Área 1-Floresta foi a mais diversa e com maior número de

indivíduos, uma vez que a presença de Mata Estacional Semidecidual em estágio médio de sucessão no entorno incrementa os microhabitats, mantém a umidade e fornece recursos nutricionais para que a fauna mantenha seus processos metabólicos e reduza a competição intra e interespecífica. Por outro lado, a Área 2 – Urbana dominada por gramíneas - apresentou baixa diversidade e alta dominância por uma espécie de Formicidae e, a Área 3, localizada no aterro sanitário, demonstrou predomínio de espécies decompositoras. Quanto à estação do ano, não houve diferença estatística significativa no número de indivíduos, devido ao verão atípico no ano da coleta. Assim, é possível concluir que, apesar de identificações mais profundas serem imprescindíveis para afirmações concretas, o levantamento pode indicar a complexidade ecológica, isto é, a grande diversidade de fauna de acordo com a disponibilidade de habitats e recursos, além de apontar possíveis táxons indicadores.

Referências

- ARAÚJO, J.S. Métodos de amostragem, influência dos fatores ambientais e guia de identificação dos escorpiões (Chelicerata, Scorpiones) da Reserva Ducke, Manaus, Amazonas, Brasil. Dissertação (mestrado) - INPA/UFAM, 2007
- ANDRADE, L.B. Uso da fauna edáfica como bioindicadora de

modificações ambientais em áreas degradadas. Monografia para Bacharel em Ecologia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – Rio de Janeiro, p.50, 2000.

AQUINO, A. M. de; CORREIA, M. E. F. Invertebrados edáficos e o seu papel nos processos do solo. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 52p, 2005.

BEGON, M.; TOWNSEND, C. R.; HARPER, J. L. Ecologia: de indivíduos a ecossistemas. Porto Alegre: Artmed, 4. ed., 2007.

BROWN, K.S. Insetos como rápidos e sensíveis indicadores de uso sustentável de recursos naturais. In: MARTOS, HL. and MAIA, NB. (Eds.). Indicadores Ambientais. Sorocaba: PUC/Shell Brasil. 266 p.

CAMPOS, R.C. Besouros indicadores (Coleoptera, Scarabaeinae) na avaliação de alteração ambiental em fragmentos de Mata Atlântica contíguos a cultivos de milho convencional e transgênico. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, 2012.

CEPAGRI - Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura. Clima dos Municípios Paulistas. Disponível em: http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima_muni_347.html. Acesso em: Outubro/ 2017.

CLIMA-DATA.ORG. Clima Mogi Guaçu. Disponível em: <https://pt.climate-data.org/location/3290/>. Acesso em: Outubro/2017.

CONSOLI, R. A. G. B.; OLIVEIRA, R. L. Principais mosquitos de importância

sanitária no Brasil [online]. Rio de Janeiro: Editora FIOCRUZ, 1994. 228 p. ISBN 85-85676-03-5. Disponível em: SciELO Books <<http://books.scielo.org>>.

CORREIA, M. E. F.; OLIVEIRA, F. C. M. de. Importância da Fauna de Solo para a Ciclagem de Nutrientes. 12:32, 2006. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/recursos/biotacap4ID-QOAsuHeSsM.pdf>

DANTAS, J. O.; SANTOS, M.J.C.; SANTOS, F.R.; PEREIRA, T.P.B; OLIVEIRA, A.V.S.; ARAÚJO, C. C.; PASSOS, C.S.; RITA, M.R. Levantamento da entomofauna associada em sistema agroflorestal. Scientia Plena, v.8, n.44, p.1-8, 2012.

DORAN, J. W.; ZEISS, M. R. Soil health and sustainability: managing the biotic component of soil quality. Applied Soil Ecology, v.15, p. 3-11, 2000.

ELTON, C. S. The structure of invertebrate populations inside neotropical rain forest. Journal of Animal Ecology, v.42, p.55-103, 1973.

FERREIRA, R. L.; MARQUES, M. M. G. S. M. A fauna de artrópodes de serrapilheira de áreas de monocultura com *Eucalyptus sp.* e mata secundária heterogênea. Anais da Sociedade Entomológica do Brasil, v.27, n.3, p.395-403, 1998.

ISERHARD, C. A. et al. Occurrence of butterflies (Lepidoptera: Papilionoidea and Hesperioidea) in different habitats at the Araucaria Moist Forest and the Grasslands in the Basaltic Highlands in Southern Brazil. Biota Neotropica, 2012.

KORASAKI, V.; MORAIS, J. W. de; BRAGA, R. F. Macrofauna. In: MOREIRA, F.

M. S.; CARES, J. E.; ZANETTI, R.; STÜRMER, S. L. (Eds.). O ecossistema solo: componentes, relações ecológicas e efeitos na produção vegetal. Lavras: Editora da UFLA, p. 79-128. 2013.

LEITE, G.L.D; SÁ, V.G.M. Apostila: Taxonomia, Nomenclatura e Identificação de Espécies. Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Ciências Agrárias. p.50, 2010.

LEIVAS, F. W. T.; FISHER, M. L. Avaliação da composição de invertebrados terrestres em uma área rural localizada no município de Campina Grande do Sul, Paraná, Brasil. Biotemas, v.21, n.1, p.65-73, 2008

LEWINSOHN, T.M.; FREITAS, A.V.L.; PRADO, P.I. Conservação de invertebrados terrestres e seus habitats no Brasil, Megadiversidade, v. 1, n. 1, p 62-69, julho 2005.

LIJTEROFF, R., LIMA, L., PRIERI, B. Uso de líquenes como bioindicadores de contaminación atmosférica em la ciudad de San Luis, Argentina. San Luis, Revista internacional de contaminación ambiental, v.3, n.1, p.3-6, 2008.

MAESTRI, R.; LEITE, M. A. S.; SCHMITT, L. Z.; RESTELLO, R. M. Efeito de mata nativa e bosque de eucalipto sobre a riqueza de artrópodes na serapilheira. Perspectiva, Erechim, 37, Edição Especial, p.31-40, 2013.

MOÇO, M.K.S.; GAMA-RODRIGUES, E.F.; GAMA-RODRIGUES, A.C.; CORREIA, M.E.F. Caracterização da fauna edáfica em diferentes coberturas vegetais na região Norte fluminense.

Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v.29, n.4, p.555-564, 2005.

OLIVEIRA, M.A.; GOMES, C.F.F.; PIRES, E.M.; MARINHO, C.G.S.; LUCIA, T.M.C.D. Bioindicadores ambientais: insetos como um instrumento desta avaliação. Revista Ceres v.61, supl., 2014

PRAXEDES, C.; MARTINS, M. B.; FURTADO, I. DA S.; PINTO, M. A. Estimativa da diversidade da fauna de serapilheira em uma floresta densa de terra Firme Caxiuanã – município de Melgaço/PA. Anais do VI Congresso de Ecologia do Brasil, Trabalhos Completos, v. 3, Fortaleza, Brasil, p.614-615, 2003

PODGAISKI, L.R.; OTT, R.; GANADE, G. Ocupação de microhabitats artificiais por invertebrados de solo em um fragmento florestal no sul do Brasil. Neotropical Biology and Conservation, v.2, n.2, p.71-79, 2007

R Development Core Team. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org/>, 2011

SANTOS JÚNIOR, W.A.C. Gafanhotos Gomphocerinae (Orthoptera: acrididae) da área de proteção ambiental do Rio Curiaú, Macapá, Amapá. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Amapá, 2013

SILVA, R.R. Riqueza de formigas (Hymenoptera: Formicidae) nos cerrados e similaridade entre uma localidade no Planalto Central e duas no Sudeste do Brasil. Dissertação de Mestrado,

Universidade Estadual de São Paulo, São Paulo, 1999.

SILVEIRA, A.P.D.; FREITAS, S.S. Microbiota do solo e qualidade ambiental. Campinas: Instituto Agrônômico, 2007. 312 p.: il.

SILVEIRA, S.N.; MONTEIRO, R.C.; ZUCCHI, R.A.; MORAES, R.C.B.de. Uso da análise faunística de insetos na avaliação do impacto ambiental. Science agricultural, v.52, n.1, p.9-15, 1995.

SOARES, S.M., C.G.S.; MARINHO T.M.C. DELLA LUCIA. Diversidade de invertebrados edáficos em áreas de eucalipto e mata secundária. Acta Biologica Leopoldensia, v.19, p.157-164, 1998.

SOMMAGIO, D. SYRPHIDAE. Can they used as environmental bioindicators? Agriculture, Ecosystems and Environment. v.74, n.1-3, p.343- 356, 1999.

THOMAZINI, M.J.; THOMAZINI, A.P.B.W. A fragmentação florestal e a diversidade de insetos nas florestas tropicais úmidas. Rio Branco: Embrapa Acre. 21p. (Embrapa Acre. Documentos, 57), 2000.

WINK, C.; GUEDES, J.V.C.; FAGUNDES, C.K.F.; ROVEDDER, A.P. Insetos edáficos como indicadores da qualidade ambiental. Revista de Ciências Agroveterinárias, Lages, v.4, n.1.