



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

MARIE LUISE CAROLINA BARTZ

**OCORRÊNCIA E TAXONOMIA DE MINHOCAS EM
AGROECOSSISTEMAS NO PARANÁ, BRASIL**

Londrina
2011

MARIE LUISE CAROLINA BARTZ

**OCORRÊNCIA E TAXONOMIA DE MINHOCAS EM
AGROECOSSISTEMAS NO PARANÁ, BRASIL**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Amarildo Pasini
Co- Orientador: Prof. Dr. George Gardner
Brown

Londrina
2011

Catálogo elaborado pela Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central da Universidade Estadual de Londrina.

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

B294o Bartz, Marie Luise Carolina.

Ocorrência e taxonomia de minhocas em agroecossistemas no Paraná, Brasil / Marie Luise Carolina Bartz. – Londrina, 2011.
174 f. : il.

Orientador: Amarildo Pasini.

Co-orientador: George Gardner Brown.

Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2011.

Inclui bibliografia.

1. Minhoca – Paraná – Teses. 2. Minhoca – Indicadores (Biologia) – Solos – Teses. 3. Minhoca – Ecossistemas agrícolas – Teses. 4. Solos – Manejo – Teses. 5. Oligoqueta – Teses. I. Pasini, Amarildo. II. Brown, George Gardner. III. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. IV. Título.

CDU 595.142

MARIE LUISE CAROLINA BARTZ

**OCORRÊNCIA E TAXONOMIA DE MINHOCAS EM
AGROECOSSISTEMAS NO PARANÁ, BRASIL**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Agronomia.

BANCA EXAMINADORA

Dr. George Gardner Brown
EMBRAPA – Florestas

Prof. Dr. Ricardo Ralisch
UEL – Londrina – PR

Prof. Dr. Maurício Ursi Ventura
UEL – Londrina – PR

Prof. Dr. Dilmar Barette
UDESC – SC

Dra. Daiane Heloisa Nunes

Prof. Dr. Amarildo Pasini
UEL – Londrina – PR

Londrina, 18 de fevereiro de 2011.

Dedico...

*...ao meu filho Lucas,
aos meus pais Herbert e Luiza
e aos meus avós Arthur e Erna.*



AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador Amarildo Pasini, pela valiosa oportunidade em realizar este estudo e por acreditar, incentivar e sempre estar disponível aos meus questionamentos. Mas principalmente por, em sua simplicidade, me ensinar a grandeza de reagir sempre de forma positiva e de bom coração às situações.

Ao meu co-orientador George G. Brown, pelos ensinamentos, oportunidades e grande amizade, a quem devo minha carreira no magnífico mundo das minhocas.

Ao meu co-orientador no exterior Samuel W. James pela tranquilidade e paciência sempre transmitidas e pela destreza nos ensinamentos taxonômicos. Em especial pela parceria e companhia nos meses que estivemos na França.

À coordenadora Carmen S. V. J. Neves (gestão 2006/2010) e à secretária Weda A. Westin do curso de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Estadual de Londrina pelo apoio.

À professora Maria de Fátima Guimarães (hoje coordenadora do curso de Pós-graduação – gestão 2010/2012) por sempre me acolher e instruir, em especial pela amizade.

Ao biólogo Davi C. Tramontina, técnico responsável pelo laboratório de Entomologia, pela ajuda nas coletas no norte do estado e pela alegria sempre transmita.

Aos funcionários do Orquidário e da Fazenda Escola da UEL pela ajuda nas saídas de campo no norte do Paraná.

Aos estagiários da sala de Ecologia do Solo do laboratório de Entomologia pela ajuda nos trabalhos, em especial Camila R. Basso pela pronta disponibilidade, auxílio no trabalho e pela amizade.

Ao agricultor Sr. Octavio Giocondo (proprietário da Fazenda São José), seu gerente Zezinho, e ao Sr. Adrian von Treuenfels, gerente da Agropecuária Solana (proprietários da Fazenda Rhenânia) pela oportunidade em realizar parte deste estudo em respectivas propriedades.

À professora Inês C. de B. Fonseca e ao professor e amigo Dilmar Baretta pela pronta disposição e auxílio nas análises estatísticas.

Ao pesquisador Wilian da S. Ricce (IAPAR) pela ajuda com os dados climáticos.

Aos professores Ricardo Ralisch e João Tavares Filho pelo apoio, conselhos e incentivos.

À CAPES pela concessão da bolsa de estudos tanto para o doutorado no Brasil como para o estágio de doutorado no exterior (Programa PDEE).

À Fundação Agrisus pela auxílio financeiro em participações de eventos para divulgação dos resultados deste trabalho.

À ITIAPU Binacional e à Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha pela oportunidade e auxílio financeiro através do “Programa de Estímulo da Qualidade do Sistema Plantio Direto na Palha na Bacia do Paraná 3” (PEQSPDP).

Ao coordenador pela FEBRAPDP do PEQSPDP, o engenheiro agrônomo e agricultor Ivo Mello, pela oportunidade e incentivo e por incondicionalmente acreditar em nosso trabalho.

Aos “meninos” Jeankleber Bortoluzzi, Tiago Tamiozzo e Osivan P. Pilecco, nossos técnicos no PEQSPDP pela ajuda e disponibilidade nos trabalhos.

A Ramiro A. T. Lutz pela parceria e incentivo na execução de nossos trabalhos no PEQSPDP.

Aos agricultores proprietários das 34 áreas nas seis microbacias da Bacia do Paraná 3 por consentirem a realização das amostragens de minhocas em suas áreas.

Ao Dr. Thibaud Decäens e família (Betzy e crianças), por terem me acolhido em Rouen na França, e por ter me fornecido condições para realizar os trabalhos no Laboratório ECODIV na Universidade de Rouen, França.

À Srta. Ana Ferreira, secretária do laboratório ECODIV - UR, por toda ajuda que demandou durante minha estadia na França, mas principalmente pela intensa amizade e companherismo.

À Maria Inês L. de Oliveira, minha amiga e irmã, pela amizade e pela parceria em nossas andanças, aventuras, desamores e alegrias.

Aos meus amigos minhoqueiros: Catarina Praxedes, Gerusa e Ricardo Steffen e Ana Claudia R. Lima pelo companherismo, incentivo e acima de tudo pela amizade.

Ao amigo e irmão Adonai P. U. Cintra por toda ajuda demandada quando precisei e pela amizade.

Aos amigos e colegas Luiz Rafael Ferrari Pesce e Adriano Thibes Hoshino pelo companherismo e ajuda.

À amigas de todos os momentos: Giuliani C. Marques, Lucieni C. Marques, Sheila Dasmaceno, Flávia Gomes, Priscila T. M. Azevedo, pelo apoio e amizade.

Às famílias Bartz, Unbehaun, Schultz, Kronenberg e Rinschede pelo incansável incentivo e apoio.

Ao meu irmão Johann Bartz, sua esposa Mariana R. Bartz e filho Thomas R. Bartz por sempre estarem ao meu lado, pela ajuda e apoio em todos os momentos.

Em especial, agradeço aos meus pais Luiza F. Bartz e Herbert A. Bartz, por não deixarem de demandar qualquer esforço para que meus objetivos fossem alcançados e pelo constante estímulo.

“Whatever your innermost belief,
your innermost voice says,
that is what you will get.”

Morten Harket

BARTZ, Marie Luise Carolina. **Ocorrência e taxonomia de minhocas em agroecossistemas no Paraná, Brasil**. 2011. 174 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2011.

RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar as populações de minhocas em agroecossistemas (abundância, biomassa e diversidade) no norte do estado do Paraná (PR) e em áreas sob plantio direto (abundância e diversidade) no oeste desse estado, bem como a descrição de 10 novas espécies da região norte. Foi utilizada metodologia TSBF (Tropical Soil Biology and Fertility Method) padrão e adaptada, respectivamente em cada região. No norte do PR, as diferenças entre as áreas à uma clara consequência do tipo de manejo do solo, onde a menor perturbação reflete uma maior atividade das comunidades de minhoca (floresta e pastagem), enquanto áreas sob intervenções antrópicas (físicas e químicas) mostram menor atividade das mesmas (plantio direto, plantio direto subsolado e café), apesar de encontrar alta diversidade na área sob plantio direto. No oeste, de modo geral, as áreas sob plantio direto apresentaram maior abundância e diversidade em comparação às áreas de mata nativa, para as condições de clima e solo da região. As espécies nativas são capazes de sobreviver em áreas agrícolas sob o manejo do sistema plantio direto. A classificação proposta para a abundância e número de espécies mostra-se sensível à utilização das minhocas como bioindicadores áreas sob plantio direto nas regiões oeste e norte do estado do PR. No entanto, é necessário aplicar a metodologia em mais áreas para validação da proposta. Foram ainda descritas 10 espécies de minhocas dos gêneros *Glossoscolex* (9) e *Fimoscolex* (1) do norte do estado: *Glossoscolex lutocolous* n. sp., *G. palus* n. sp., *G. itaguajei* n. sp., *G. uliginosus* n. sp., *G. primaensis* n. sp., *G. mariae* n. sp., *G. sanpedroensis* n. sp., *G. giocondoi* n. sp. e *Fimoscolex bartzi* n. sp.

Palavras-chave: Oligochaeta. Novas espécies. Engenheiros do ecossistema. Agroecossistemas. Manejo do Solo. Sustentabilidade.

BARTZ, Marie Luise Carolina. **Occurrence and Taxonomy of Earthworms in Agroecosystems in Paraná, Brasil**. 2011. 174 f. Thesis (Doctorate in Agronomy) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2011.

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the populations of earthworms in agroecosystems (abundance, biomass and diversity) in the North of the Paraná (PR) state and in areas under no-till (abundance and diversity) in the West in this state, and in addition was realized the description of 10 new species of the North region. The methodology used was TSBF (Tropical Soil Biology and Fertility Method), a standard and an adapted respectively in each region. In the Northern PR state, the differences between the sites is a clear consequence of the type of soil management, where a minor disturbance reflects the increased activity of earthworm communities (forest and pasture), while sites with (physical and chemical) show lower activity of earthworms (not-ill, subsoiled no-till and coffee), despite finding high diversity in the area under no-till. In the Western, in general, the areas under no-till had higher abundance and diversity compared to native forests, for the climate and soil conditions of the region. The native species are able to survive in agricultural areas under no-till management. The proposed classification for the abundance and the number of species shows to be sensitive to the use of earthworms as bioindicators in areas under no-till in Western and Northern Parana state. However, it is necessary to apply the methodology in more areas to validate the proposal. Were also described 10 species of earthworms of the genera *Glossoscolex* (9) and *Fimoscolex* (1) of the North region of the state: *Glossoscolex lutocolous* n.sp., *G. Palus* n.sp., *G. itaguajei* n.sp., *G. uliginosus* n.sp., *G. primaensis* n.sp., *G. mariae* n.sp., *G. sanpedroensis* n.sp., *G. giocondoi* n.sp. and *Fimoscolex bartzi* n.sp.

Palavras-chave: Oligochaeta. New species. Ecosystem engenieer. Agroecosystem. Soil management. Sustentability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 –	Classificação da biota do solo quanto ao diâmetro corporal	26
Figura 2.2 –	Locais de coleta de minhocas no Brasil. Áreas em branco (sem pontos) dentro de cada bioma representam, de modo geral, regiões prioritárias de coleta para melhorar o conhecimento da biodiversidade das espécies nativas dentro dos principais biomas do país. Total de pontos de coleta mapeados até março de 2006: aproximadamente 625 locais.	32
Figura 2.3 –	Práticas de manejo agrícola afetando as populações e a diversidade de minhocas tanto positivamente quanto negativamente, dependendo primariamente dos seus efeitos no solo e sua adequação como habitat para as minhocas.	36
Figura 3.1 –	Média histórica (1977 a 2009) mensal de precipitação (mm) da região de Rolândia e oscilação da precipitação (mm) e da temperatura (° C) de setembro de 2007 a março de 2009 na região em estudo.	49
Figura 3.2 –	Desvios de precipitação de março de 2008 a fevereiro de 2009 no estado do Paraná.	52
Figura 3.3 –	Casulos de minhocas nas áreas de floresta (F) e pastagem (P) na diferentes épocas de coleta.....	57
Figura 3.4 –	Análise de redundância (RDA) utilizando a média anual dos dados para as variáveis correlacionadas (teste de permutação de Monte-Carlo, $P < 0.02$) com variáveis ambientais (atributos químicos e físicos do solo) das áreas (F, P, C, PD e PDS).	61
Figura 4.1 –	Localização das microbacias Sanga Mineira, Ajuricaba, Facão Torto, Buriti, Pacurí e Toledo na Bacia do Paraná 3 no oeste do estado do Paraná.	80

Figura 4.2a	– Análise de componentes principais das variáveis biológicas (NºMin e NºSps), utilizando as variáveis ambientais como variáveis suplementares (Argila, Silte, Areia, MO, Al, Al+H, Mg, P, Ca, K e pH). As diferentes cores mostram a distribuição das áreas sob plantio direto, quanto ao número de minhocas encontradas.	94
Figura 4.2b	– Análise de componentes principais das variáveis biológicas (NºMin e NºSps), utilizando as variáveis ambientais como variáveis suplementares (Argila, Silte, Areia, MO, Al, Al+H, Mg, P, Ca, K e pH). As diferentes cores mostram a distribuição das áreas sob plantio direto, quanto ao número de espécies de minhocas encontradas.	95
Figures 5.1a and 5.1b	<i>Glossoscolex lutocolous</i> ; 5.1c and 5.1d <i>Glossoscolex uliginosus</i> , 5.1e and 5.1f <i>Glossoscolex itaguajei</i>	113
Figure 5.2	– Cluster of the neighbor-joining analysis of the COI barcode region from <i>Glossoscolex (P.) lutocolous</i> , <i>G. (P.) uliginosus</i> and <i>G. (G.) palus</i>	114
Figures 5.3a and 5.3b	<i>Glossoscolex palus</i> ; 5.3c and 5.3d <i>Glossoscolex primaensis</i> , 5.3e and 5.3f <i>Glossoscolex mariae</i> . (FM = female pores; MP = male pores).	120
Figures 5.4a and 5.4b	<i>Glossoscolex sanpedroensis</i> ; 5.4c and 5.4d <i>Glossoscolex terraopimus</i> , 5.4e and 5.4f <i>Glossoscolex giocondoi</i> ; 5.4g, 5.4h and 5.4i <i>Fimoscolex bartzi</i> . (Abbreviations: FM = female pores; MP = male pores; TS = test sacs; O = ovaries; OS = ovisac; OF = ovaries funnels; CB = copulatory bulb; VNC = ventral nerve cord, VD = vas deferens)	131

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 – Atributos químicos do solo das áreas em estudo em profundidade de 0 – 20 cm.	55
Tabela 3.2 – Atributos físicos do solo das áreas em estudo em profundidade de 0 – 20 cm.	56
Tabela 3.3 – Abundância das espécies de minhocas, abundância total, biomassa total, valores do índice de Shannon e da riqueza de espécies nas diferentes áreas em diferentes datas de amostragem e a média anual.	60
Tabela 4.1 – Número médio e espécies de minhocas encontradas em diversas regiões do Brasil em áreas sob plantio direto.	79
Tabela 4.2 – Atributos químicos e granulometria das áreas amostradas em profundidade de 0 – 20 cm.	83
Tabela 4.3 – Características das áreas (tamanho, idade do PD, número de culturas plantadas nos últimos três anos) e dados sobre minhocas (abundância, número médio de espécies por amostra número total de minhocas por área).	86
Tabela 4.4 – Abundância média das espécies de minhocas (ind. m ⁻²), identificadas nas 34 áreas sob plantio direto (PD) e cinco florestas (F) e um reflorestamento (RF) nas seis microbacias (Sanga Mineira, Ajuricaba, Facão Torto, Buriti, Pacurí e Toledo) da Bacia do Paraná 3 e a total riqueza de espécies.	87
Tabela 4.5 – Classificação para o número médio de minhocas (por amostra e ind m ⁻²) em sistema plantio direto para as regiões norte e oeste do Paraná, Brasil.	91
Tabela 4.6 – Notas dadas pelo VSA para a abundância de minhocas em uma amostra de solo de 20 x 20 x 20 cm (Shepherd et al., 2008).	92

Table 5.1 – Comparison of characters of the new species (in bold) of <i>Glossoscolex (Praedrillus)</i> , <i>Glossoscolex (Glossocolex)</i> and <i>Fimoscolex</i> , the type species for each genus and subgenus and the species compared in the remarks. Genus, subgenus and species in bold are the new species described.	138
Table 5.2 – Soil chemical and textural attributes from some areas where the new species of <i>Glossoscolex</i> and <i>Fimoscolex</i> occur.....	140

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	19
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	21
2.1	HISTÓRICO REGIONAL DAS ÁREAS DE ESTUDO	21
2.2	BIODIVERSIDADE DO SOLO	24
2.3	AS MINHOCAS	29
2.3.1	Biodiversidade das Minhocas	30
2.3.2	O Papel das Minhocas no Solo	32
2.3.3	O Manejo do Solo e as Minhocas	35
2.4	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	37
3	ARTIGO A: DIVERSIDADE, ABUNDÂNCIA E BIOMASSA DE MINHOCAS EM AGROECOSSISTEMAS NO NORTE DO PARANÁ, BRASIL	45
3.1	RESUMO E ABSTRACT	45
3.2	INTRODUÇÃO.....	46
3.3	MATERIAIS E MÉTODOS.....	48
3.3.1	Áreas de Estudo	48
3.3.2	Amostragens de Minhocas e de Solo	53
3.3.3	Análise dos Dados.....	54
3.4	RESULTADOS	55
3.4.1	Atributos Químicos e Físicos do Solo	55
3.4.2	Abundância e Biomassa de Minhocas.....	56
3.4.3	Diversidade de Espécies de Minhocas	57
3.4.4	Análise de Redundância.....	61
3.5	DISCUSSÃO.....	62
3.6	CONCLUSÕES	67
3.7	AGRADECIMENTOS	67
3.8	REFERÊNCIAS	67

4	ARTIGO B: LEVANTAMENTO POPULACIONAL E USO DE MINHOCAS COMO INDICADORAS DE QUALIDADE EM SISTEMA PLANTIO DIRETO NO NORTE E OESTE DO PARANÁ, BRASIL	73
4.1	RESUMO E ABSTRACT	73
4.2	INTRODUÇÃO.....	74
4.3	MATERIAIS E MÉTODOS.....	76
4.3.1	Levantamento de Referências sobre Minhocas (abundância e riqueza de espécies)	76
4.3.2	Áreas de Estudo	77
4.3.3	Amostragens de Minhocas e de Solo	82
4.3.4	Análise dos Dados.....	83
4.4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	84
4.5	CONCLUSÕES	96
4.6	AGRADECIMENTOS	96
4.7	REFERÊNCIAS	96
5	ARTIGO C: NEW SPECIES OF <i>Fimoscolex</i> AND <i>Glossoscolex</i> (CLITELLATA: GLOSSOSCOLECIDAE) FROM NORTHERN PARANÁ, BRASIL	102
5.1	ABSTRACT E RESUMO.....	102
5.2	INTRODUCTION.....	103
5.3	METHODS	103
5.4	DESCRIPTIONS	104
5.4.1	Glossoscolecidae (MICHAELSEN, 1900).....	104
5.4.1.1	Genus <i>Glossoscolex</i> (LEUCKART, 1935)	104
5.4.1.1.1	Subgenus <i>Praedrillus</i> (RIGHI, 1971).....	104
5.4.1.1.1.1	<i>Glossoscolex</i> (<i>Praedrillus</i>) <i>lutocolous</i> n. sp. Bartz and James.....	104
5.4.1.1.1.2	<i>Glossoscolex</i> (<i>Praedrillus</i>) <i>uliginosus</i> n. sp. Bartz and James.....	107
5.4.1.1.1.3	<i>Glossoscolex</i> (<i>Praedrillus</i>) <i>itaguajei</i> n. sp. Bartz and James.....	109
5.4.1.1.2	Subgenus <i>Glossoscolex</i> (RIGHI, 1971).....	111
5.4.1.1.2.1	<i>Glossoscolex</i> (<i>Glossoscolex</i>) <i>palus</i> n. sp. Bartz and James	112
5.4.1.1.2.2	<i>Glossoscolex</i> (<i>Glossoscolex</i>) <i>primaensis</i> n. sp. Bartz and James	116
5.4.1.1.2.3	<i>Glossoscolex</i> (<i>Glossoscolex</i>) <i>mariae</i> n. sp. Bartz and James.....	118
5.4.1.1.2.4	<i>Glossoscolex</i> (<i>Glossoscolex</i>) <i>sanpedroensis</i> n. sp. Bartz and James.....	121

5.4.1.1.2.5	<i>Glossoscolex (Glossoscolex) terraopimus n. sp. Bartz and James</i>	123
5.4.1.1.2.6	<i>Glossoscolex (Glossoscolex) giocondoi n. sp. Bartz and James</i>	125
5.4.1.2	Genus <i>Fimoscolex</i> (MICHAELSEN, 1900)	128
5.4.1.2.1	<i>Fimoscolex bartzi n.sp. Bartz and James</i>	128
5.5	DISCUSSION.....	132
5.5.1	Systematics	132
5.5.2	Ecology	136
5.6	ACKNOWLEDGEMENTS	141
5.7	REFERENCES.....	141
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	144
APÊNDICES	145
APÊNDICE A –	Localização das áreas no norte do estado do Paraná – artigo A (capítulo 3)	146
APÊNDICE B –	Tabela de abundância de espécies, abundância total, biomassa total da amostragem em março de 2008	149
APÊNDICE C –	Tabela de abundância de espécies, abundância total, biomassa total da amostragem em junho de 2008	151
APÊNDICE D –	Tabela de abundância de espécies, abundância total, biomassa total da amostragem em setembro de 2008	153
APÊNDICE E –	Tabela de abundância de espécies, abundância total, biomassa total da amostragem em dezembro de 2008	155
APÊNDICE F –	Tabela de abundância de espécies, abundância total, biomassa total da amostragem em março de 2009	157
APÊNDICE G –	Fotos das novas espécies de minhocas identificadas: <i>Glossoscolex</i> sp. <i>Fimoscolex</i> sp. nas áreas P e PD	159
APÊNDICE H –	Foto da minhoca <i>Amyntas gracilis</i> da área P.....	160
APÊNDICE I –	Localização das áreas de amostragem nas microbacias da Bacia do Paraná no oeste do estado do Paraná – artigo B (capítulo 4)..	161
APÊNDICE J –	Tabela de abundância de espécies e abundância total de minhocas na microbacia Sanga Mineira em Mercedes	165

APÊNDICE K –	Tabela de abundância de espécies e abundância total de minhocas na microbacia Ajuricaba em Marechal Cândido Rondon	166
APÊNDICE L –	Tabela de abundância de espécies e abundância total de minhocas na microbacia Facão Torto em Entre Rios do Oeste	167
APÊNDICE M –	Tabela de abundância de espécies e abundância total de minhocas na microbacia Buriti em Itaipulândia.....	168
APÊNDICE N –	Tabela de abundância de espécies e abundância total de minhocas na microbacia Pacurí em Santa Helena	169
APÊNDICE O –	Tabela de abundância de espécies e abundância total de minhocas NA MICROBACIA TOLEDO EM TOLEDO	170
APÊNDICE P –	Símbolo da Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha	172
APÊNDICE Q –	Localização dos pontos onde foram amostradas as novas espécies de minhocas descritas no norte do Paraná – artigo C (capítulo 5).....	173

1 INTRODUÇÃO

A biota do solo é composta por alta diversidade de organismos, que incluem animais invertebrados (formigas, minhocas, besouros, aranhas, colêmbolos, nematóides, ácaros e outros) e microrganismos (fungos, bactérias, protozoários e outros) (USDA, 2001), podendo ser classificados em microbiota, mesofauna e macrofauna (SWIFT; HEAL; ANDERSON, 1979).

Em um hectare de solo podem viver milhares de organismos, que apresentam uma diversidade que supera a da comunidade de plantas e animais que vivem na superfície. Desta forma é considerado o habitat entre os ecossistemas terrestres, com maior riqueza de espécies (WOLTERS, 2001) e a maior fronteira biótica ainda a ser conhecida e explorada, constituindo um enorme reservatório de biodiversidade (ANDRÉ; NOTI; LEBRUN, 1994; HÅGNAR, 1998).

Neste sentido, “o solo não deve ser considerado somente como um amontoado de resíduos, mas pode ser comparado a um corpo que organiza matérias-primas, semelhante a tecidos. Estes tecidos constituirão a mãe de toda a vida orgânica” (LOGAN, 1995)

Os organismos do solo, em especial as minhocas, possuem ampla importância no ecossistema. Através de sua atividade, diversidade, abundância e biomassa, possuem efeito sobre os processos e as propriedades edáficas, tanto físicos (agregação, porosidade, infiltração, etc.), como químicos (fertilidade, humificação, mineralização, etc) e biológicos (decomposição, produtividade vegetal, etc) (ASSAD, 1997; BROWN et al., 1999; PAOLETTI, 1999; LAVELLE; SPAIN, 2001; ORTIZ-CEBALLOS; FRAGOSO; BROWN, 2007; LAVELLE et al., 2006). Estes efeitos atuam sobre o potencial de resistência e resiliência do ecossistema a perturbações naturais e ao manejo antrópico (atividades agrícolas).

As ações antrópicas promovem profundas modificações no solo, alterando quali e quantitativamente as comunidades de minhocas que nele habitam e suas atividades. Estas alterações, quando identificadas, podem apresentar correlações com a produtividade e fornecer informações importantes sobre o grau de sustentabilidade dos agrossistemas.

O estudo dos efeitos das práticas agrícolas sobre as comunidades de organismos do solo é uma área de crescente atenção, devido ao reconhecimento

da importância da biota do solo para os processos relacionados à produção vegetal, e também, à necessidade da agricultura sustentar-se em processos biológicos de regulação da fertilidade, capazes de resultar em alimentos mais saudáveis, com menos agroquímicos e maior proteção ao ambiente e à biodiversidade.

Portanto, conhecer bem as comunidades de minhocas nos agroecossistemas e os efeitos do manejo sobre suas populações é indispensável para conservar a sua biodiversidade e para preservar suas funções no solo. Este conhecimento é essencial para um ótimo manejo sustentável do solo, que não só conserva a biodiversidade destes organismos, mas também preserva o importante papel que desempenham no ecossistema.

O norte e o oeste do estado do Paraná possuem uma história de colonização recente (a partir do início do século XX). Associado a este processo, estas regiões sofreram rápido desmatamento para estabelecimento dos imigrantes e da agricultura para fortalecimento da economia do estado.

Estudos avaliando as populações de oligoquetas em agroecossistemas na região norte do Paraná são recentes e escassos (BENITO, 2002; BROWN et al. 2003; BROWN, et al. 2004; BENITO, 2005; BROWN et al. 2006; NUNES et al., 2006; BROWN; JAMES, 2007; SAUTTER et al. 2007; BENITO, 2008; BARTZ et al. 2009; FERNANDES, 2009) e para a região oeste ainda não há registros em publicações de artigos científicos avaliando as populações de minhocas.

O objetivo deste trabalho foi avaliar as comunidades de minhocas em agroecossistemas no norte (diversidade, abundância e biomassa) do estado do PR e em áreas sob plantio direto (diversidade e abundância) no oeste do estado do PR. Também visa propor uma classificação para número e espécies de minhocas em sistemas de plantio direto nas referidas regiões, como subsídio à sustentabilidade deste sistema nas referidas localidades.

O Brasil hoje não possui taxonomista ativo para identificação e descrição de novas espécies de minhocas. Desta forma, também realizou-se a descrição de novas espécies de minhocas no norte do estado do Paraná com o intuito de diminuir esta lacuna neste setor da pesquisa brasileira.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 HISTÓRICO REGIONAL DAS ÁREAS DE ESTUDO

Há cerca de 100 anos o estado Paraná era um território inexplorado, com 34 municípios e em torno de 324 mil habitantes. Começou então a abandonar o extrativismo e a descobrir sua característica ligada à agropecuária (CAMPANA, 2004).

A ocupação dessas terras só se completou efetivamente no século XX, com a imigração européia, a extração da madeira, o avanço das plantações de café de São Paulo para o setentrião do Paraná e as correntes de migração interna originárias dos estados limítrofes de Santa Catarina e do Rio Grande do Sul (DIÉGUES JÚNIOR, 1964; WACHONWICZ, 1988).

A partir de meados da década de 1910 houve uma redução das migrações para o Brasil e a taxa de imigrantes passou a diminuir gradativamente, a ponto de representar apenas 1% do incremento populacional durante a década de 1940. A redução da dinâmica do movimento migratório de estrangeiros foi contrabalançada pelo processo migratório interno em direção às áreas interioranas do país (REOLON, 2007).

Na década de 1920, toda a região centralizada pelas cidades de Tomazina, Siqueira Campos e Jacarezinho já estava povoada e caracterizada como norte velho. Em 1927, uma companhia inglesa (Companhia de Terras Norte do Paraná) iniciou a colonização do norte paranaense. Fundaram-se cidades, entre as quais, Londrina (1931) e Maringá (1948), se destacaram, fazendo parte do então norte novo. Descendentes de imigrantes italianos e alemães do Rio Grande do Sul, a partir da década de 1940, subindo de sul para norte, ultrapassavam o rio Iguaçu, avançando pelo oeste paranaense, ao longo do rio Paraná, encontrando outra fonte de migração interna, os plantadores de café, que descia do norte para o sul do país (DIÉGUES JÚNIOR, 1964; WACHONWICZ, 1987).

O café promoveu enriquecimento do norte do Estado, com o surgimento de cidades, além de quadruplicar a população do Estado em duas décadas. Pela primeira vez a riqueza era produzida pelo trabalho e não pela

predação, pela extração, como nos ciclos anteriores (CAMPANA, 2004). No entanto, em meados do anos 70 vários fatores convergiram para que houvesse uma substituição das lavouras de café por culturas anuais. Entre eles, problemas de mercado (demanda internacional diminuiu), de pragas e doenças na cultura (ferrugem e broca) e clima (constantes geadas), ainda contribui para isso o fato do estabelecimento da CLT (leis trabalhistas) que se estenderam ao meio rural, dificultando arrendatários, meeiros e trabalhadores mantivessem um comum acordo com os proprietários (R. Ralisch, comunicação pessoal). Desta forma, a geada de 1975 é considerada o marco da passagem do ciclo econômico do café manual (COMPANHIA MELHORAMENTOS NORTE DO PARANÁ, 1975) para o da soja mecanizada na região, alimentando o êxodo rural causado pela combinação de diversos fatores climáticos, fitossanitários, mercadológicos e legais.

Atualmente a agricultura norte paranaense é bastante diversificada e se estende desde as culturas anuais (soja, milho, trigo e aveia) até as culturas perenes (café, laranja e cana-de-açúcar), além de existirem também extensas áreas sob pastagem, que atendem à pecuária de corte.

Na região dos rios Iguaçu e Paraná, as matas eram há muito exploradas por empresas que comercializavam madeira e mate. Desde a década de 1920 ocorria ali a ocupação espontânea por colonos gaúchos e catarinenses, em geral descendentes de alemães e italianos. Após a revolução de 1930, anuladas numerosas concessões de terras, passou-se, por iniciativa do governo estadual e de particulares, à ocupação organizada, dirigida para a agricultura variada e a criação de animais de pequeno porte (WACHOWICZ, 1988).

Desta forma, ocupação da mesorregião oeste do Paraná foi fomentada, sobretudo, pelo movimento iniciado durante o governo de Getúlio Vargas, denominado “marcha para o oeste” (GREGORY, 2002). A marcha para o oeste foi um movimento implementado a partir da década de 1930, com o objetivo de fazer os brasileiros, até então muito presentes somente no litoral do país, “circularem para o oeste, a fim de que todos, de uma forma ou de outra, estivessem presentes no grande todo” (WACHOWICZ, 1982). Sendo assim, a marcha para o oeste contribuiu sobremaneira para a ocupação do espaço que, até então, era conhecido como “sertão paranaense”.

Considerando-se os objetivos, primeiramente a extração da madeira e, em seguida, a produção agrícola (GEIGER, 1994), pode-se dizer que a fronteira

ocidental paranaense constituía um local apropriado para o desenvolvimento de tais atividades. Outro possível fator que motivou a ocupação dessa região, apontado por Gregory (2002), foi a necessidade de ampliação da fronteira agrícola do país, já que, com a dificuldade de importação de muitos produtos devido a Segunda Guerra Mundial, o Brasil passou a desenvolver sua indústria de base, motivando a urbanização do país e, com isso, teria ampliado sua demanda por alimentos.

Na década de 1970 na região oeste, posteriormente ao término das obras da rodovia BR-277, foi iniciada a construção da Usina Hidrelétrica de Itaipu, em 1975, fato que contribuiu sobremaneira para a consolidação do eixo de desenvolvimento Cascavel–Foz do Iguaçu. Soma-se à construção da Usina de Itaipu o forte processo de mecanização e automação pelo qual passou o setor agrícola paranaense nesse período (IPARDES, 2003).

A conclusão das obras e o pleno funcionamento da Usina Hidrelétrica de Itaipu contribuíram ainda mais para desenvolvimento do estado. A construção da usina é resultado de um convênio entre os governos do Brasil e do Paraguai (REOLON, 2007).

O estado do Paraná continua em ampla progressão no Brasil. A agropecuária ainda é a base de sua economia. Mas o setor secundário, tradicionalmente ligado ao aproveitamento de produtos florestais e agrícolas, vem-se modificando com a implantação de ramos industriais mais avançados e a absorção de tecnologia moderna (WACHONWICZ, 1988).

Originalmente, 84% da superfície do estado era coberta por matas tropicais e subtropicais naturais. No processo de colonização, a área de matas reduziu-se a 24% em 1965 (MAACK, 1968). Principalmente devido ao crescimento intenso das culturas de soja e trigo, as áreas sob mata nativa reduziram-se ainda mais, chegando a 9% em 1979. Em 1984, a área coberta por matas nativas e reflorestamentos era de apenas 7% (DERPSCH, 1991).

Aproximadamente 35% da área do estado, são utilizadas para agricultura (lavouras) e 27,5% para pastagens (IBGE, 2006). Até meados dos anos 70 e 80, os métodos utilizados associados à agricultura tradicional (copiado do modelo europeu), ou seja, preparo intensivo do solo (emprego de grade pesada e arado de discos, mecanização plena) provocando a exposição da superfície e pulverização dos agregados, causavam danos de erosão progressivamente mais fortes em função da declividade das encostas, da intensidade das chuvas e do

sistema de cultivo (2 culturas com duas seqüências de preparo do solo por ano) freqüentemente empregado na região (DERPSCH, 1991).

A partir de 1972, o agricultor Herbert Bartz, inicia em sua propriedade em Rolândia o chamado plantio direto (BARTZ et al., 2010a). Esta técnica de plantio, sobre os restos vegetais da cultura anterior, trazida do Estados Unidos, com o passar dos anos evoluiu para o então sistema plantio direto na palha (SPDP), e se expandiu por todo estado do Paraná, Brasil e mundo. Sistema este que nasceu com intuito de diminuir a erosão, trouxe inúmeros outros benefícios: menor uso de combustíveis fósseis, menor desgaste dos maquinários, aumento da matéria orgânica no solo e conseqüente reflexos positivos sobre a fertilidade física e química e aumentos consideráveis da biodiversidade no solo e no ecossistema, etc. O SPDP deve atender a três princípios: o da manutenção de cobertura permanente do solo, o do mínimo revolvimento do solo e o da rotação de culturas e adubação verde, que refletem a qualidade e sucesso na adoção do sistema. Seguindo criteriosamente estes princípios faz com que o SPDP se calque no tripé da sustentabilidade: socialmente justo, ambientalmente correto e economicamente viável (BARTZ et al, 2010).

O estado do Paraná possui hoje em torno de 80% de sua área agrícola sob a técnica do plantio direto. Este fato garante ao estado, em parte, as crescentes altas de produtividade no setor agrícola.

2.2 BIODIVERSIDADE DO SOLO

O solo é um dos ambientes mais complexos, biodiversos e desconhecidos do planeta. Esta complexidade foi fruto da adaptação de diversos organismos a um ambiente compacto, com baixa concentração de oxigênio e luminosidade, pouco espaço disponível, baixa disponibilidade e qualidade de alimentos e altas flutuações microclimáticas (LEE, 1985; LAVELLE, 1997). Apesar destas restrições, os componentes da biota do solo variam quanto ao número de indivíduos em suas populações, desde alguns poucos exemplares (por exemplo: aranhas, corós e minhocas) até vários milhões de indivíduos por m² (fungos e

bactérias), de frações de g m^{-2} para até mais de uma tonelada ha^{-1} (LAVELLE, 1997).

O solo é um enorme reservatório de biodiversidade, uma vez que suas comunidades de organismos possuem os maiores índices de riqueza de espécies entre ecossistemas terrestres (GILLER, 1996). Acredita-se que haja duas vezes mais espécies de organismos vivendo no solo do que nos dosséis das florestas tropicais (LAVELLE, 1997). Os organismos do solo realizam uma série de processos que são importantes para a saúde do solo e para a sua fertilidade tanto em ecossistemas naturais como agrícolas. Eles processam e regulam a maior parte das transformações da matéria orgânica, do carbono e dos fluxos de nutrientes nos ecossistemas terrestres (SWIFT; HEAL; ANDERSON, 1979).

A biodiversidade do solo compreende organismos que passam parte ou todo ciclo de vida dentro do solo ou na superfície (incluindo a liteira/palhada e troncos caídos) (RUIZ; LAVELLE; JIMÉNEZ, 2008).

O sistema de classificação dos organismos do solo mais simples e utilizado é o agrupamento em três grupos básicos de tamanho: macrofauna, mesofauna e microbiota (SWIFT; HEAL; ANEDERSON, 1979) (Figura 2.1).

A microbiota compreende os microrganismos e a microfauna. Os microrganismos são os menores dos animais do solo ($< 0,2$ mm de diâmetro), compostos por: algas, bactérias, cianobactérias, fungos, leveduras, mixomicetos e actinomicetos, que são capazes de decompor quase tudo existente de material natural. Os microrganismos transformam a matéria orgânica em nutrientes que são assimilados pelas plantas. Da microfauna fazem parte nematóides, protozoários, entre outros, que em geral vivem na película de água higroscópica do solo e ingerem microrganismos ou metabólitos microbianos, ou ainda, participam nas cadeias micropredadoras, alimentando-se de outros animais, em geral dentro da mesma categoria de tamanho (WARDLE, 1994; INGHAM; THIES, 1996).

Os invertebrados de tamanho médio, a mesofauna (0,2 e 2 mm de diâmetro), inclui: microartrópodes, como pseudoescorpiões, protura, diplura, colêmbolos, ácaros, pequenos miriápodes e os enquitreídeos (“minhoquinhas brancas”). Estes organismos possuem limitada habilidade de escavação e em geral vivem dentro dos poros do solo, se alimentando de materiais orgânicos, da microflora, da microfauna e outros invertebrados.

A macrofauna contém os maiores invertebrados do solo (> 20 mm de diâmetro). Possuem, de modo geral, 90% de seus indivíduos visíveis a olho nu. Estes organismos passam todo ou uma parte importante do seu ciclo de vida dentro do solo ou em sua superfície. Incluem mais de 20 grupos taxonômicos, entre eles: minhoca (Oligochaeta), lacraias (Chilopoda), centopéias (Diplopoda), formigas (Formicidae), besouros (adultos e larvas) (Coleoptera), tatuzinhos de jardim (Isopoda), aranhas (Araneae), lesmas (Gastrópodes), caracóis (Gastrópodes), cupins (Isoptera), tesourinhas (Dermaptera) e larvas de mariposas (Lepidoptera) e moscas (Diptera). Estes organismos podem ser tanto benéficos como pragas nos cultivos agrícolas (LAVELLE et al., 1997).

Os invertebrados do solo promovem uma variedade de serviços aos ecossistemas, sendo capazes de modificar suas características químicas, físicas e biológicas do solo (EDWARDS; BHOLEN, 1996). As funções que a macrofauna desempenha, depende, em grande parte, da eficiência e capacidade de seu sistema digestivo e da ocorrência e abundância das estruturas biogênicas que eles produzem no solo. Por estes dois critérios destacam-se três grandes grupos funcionais: micropredadores, transformadores da liteira e engenheiros do ecossistema (LAVELLE, 1997).

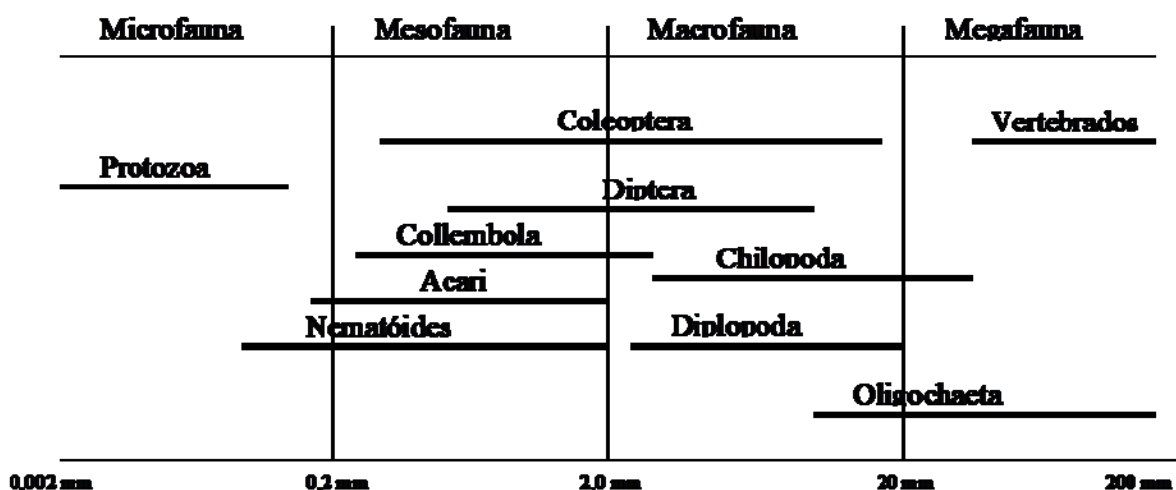


Figura 2.1 – Classificação da biota do solo quanto ao diâmetro corporal.

Fonte: Adaptado de Swift, Heal e Anderson (1979)

Os menores invertebrados, os protozoários e os nematóides fazem parte do grupo dos micropredadores. Estes não produzem estruturas organo-minerais (LAVELLE, 1996; 1997) e seu principal efeito é estimular a mineralização da matéria orgânica do solo (COÛTEAUX et al., 1991; INGHAM et al., 1985).

No grupo dos transformadores da liteira, a mesofauna e alguns organismos da macrofauna estão envolvidos na fragmentação e decomposição da mesma (LAVELLE, 1996). Quando estes invertebrados reingerem seus excrementos, os quais servem como incubadores de bactérias (SWIFT; HEAL; ANDERSON, 1979), eles assimilam metabólitos liberados por ações microbianas.

Os engenheiros do ecossistema (STORK; EGGLETON, 1992; JONES; LAWTON; SHACHAK, 1994) são aqueles organismos que produzem estruturas físicas através das quais eles podem modificar a disponibilidade ou acessibilidade de recursos para outros organismos (JONES; LAWTON; SHACHAK, 1994; ABRAHAMSEN, 1972; LAVELLE, 1997). Entre as diversas formas de vida que habitam o solo, apenas um pequeno grupo de macroinvertebrados destaca-se (minhocas, cupins, formigas e corós) pela sua capacidade de escavar o solo e produzir uma grande variedade de estruturas organo-minerais, como excrementos, ninhos, montes de terra, galerias, câmaras e macroporos. Estas estruturas têm sido descritas como “estruturas biogênicas” (estruturas produzidas por organismos) por Anderson (1995). A atividade e a produção das mesmas por este grupo pode modificar a abundância ou estrutura de suas comunidades (JONES et al., 1994; 1997). O papel funcional delas é considerado importante, pois eles representam sítios onde certos processos pedológicos ocorrem: estimulação da atividade microbiológica, formação da estrutura do solo, dinâmica da matéria orgânica do solo e trocas de água e gases (LAVELLE, 1997).

Os organismos do solo contribuem para a regulação de diversas funções críticas do solo (adaptado de RUIZ; LAVELLE, 2008):

- Reciclagem da matéria orgânica do solo e fertilidade, incluindo formação do solo: uma função básica que dá suporte à ciclagem de nutrientes e produção primária a qual contribui para produção de biomassa. Atividade de microrganismos e invertebrados que se alimentam da liteira;
- Estrutura do solo: porosidade e agregação. A atividade de certos organismos afeta a estrutura do solo, especialmente os

engenheiros do ecossistema, como as minhocas e os cupins, através da mistura dos horizontes do solo, da matéria orgânica e do aumento da porosidade.

- Regulação no ciclo da água: infiltração, armazenamento, purificação, prevenção da erosão. Resulta do impacto causado pelos organismos na estrutura do solo que inclui a maioria dos organismos bioturbadores;
- Regulação do fluxo de carbono e controle do clima: através do estoque de carbono. As atividades de certos grupos de organismos determinam o ciclo do carbono (as taxas de seqüestro de carbono e gases do efeito estufa);
- Descontaminação e biorremediação: neutralização química e física de contaminantes;
- Controle de pragas: controle biológico de pragas e patógenos de plantas, animais e humanos;
- Saúde humana: inclui ambos serviços direto, por exemplo: fornecimento de moléculas farmacêuticas, e indiretos, por exemplo: evitando impactos ligados ao não provimento da seqüência serviços mencionados acima.

Stork e Eggleton (1992) discutem a importância dos invertebrados edáficos como indicadores de qualidade do solo, propondo critérios práticos de avaliação, como: determinação da diversidade taxonômica ao nível de ordem, classe ou espécies chaves dos grupos mais importantes da fauna do solo. Estudos mostram que certos grupos de macroinvertebrados do solo são considerados muito sensíveis às modificações ambientais (PAOLETTI, 1999; LAVALLE et al., 2006). Assim sendo, a macrofauna apresenta um grande potencial para ser utilizada como bioindicadora da qualidade do solo (EDWARDS; BHOLEN, 1996; BROWN et al., 1999; PAOLETTI, 1999; LAVALLE; SPAIN, 2001; LAVALLE et al., 2006).

2.3 AS MINHOCAS

Oligochaeta (vermes de poucas cerdas) é um grupo de extrema importância taxonômica em ecossistemas aquáticos e terrestres. A classe Oligochaeta (filo Annelida) é tradicionalmente separada em Microdrilos (pequenas oligoquetas vivem no mar e de água doce e em solo úmido) e Megadrilos (oligoquetas em geral grandes, que vivem principalmente no solo terrestre, porém alguns são semi-aquáticas ou aquáticas).

Para o leigo o grupo oligoquetas (Oligochaeta) mais conhecidos são as minhocas, que foram um dos primeiros grupos de animais a colonizar solos húmicos no final do Paleozóico (250 milhões de anos). Aristóteles, a cerca de 330 a.C., em seu “*Historia Animalium*” descreveu as minhocas como “os intestinos do solo”. No entanto, há mais de 200 anos, que os estudos sobre as minhocas têm se destacado. A primeira minhoca *Lumbricus terrestris* conhecida como “Common earthworm” e “Nightcrawler” na Europa e EUA, foi descrita por Linnaeus (1758) e os primeiros estudos ecológicos com estes organismos foram realizados por Darwin (1881). Darwin inegavelmente contribuiu para a fama destes animais com seu famoso livro “*The Formation of Vegetable Mould through the Action of Worms with Observations on their Habits*” (1881) que veio a ser um best-seller em seu tempo. Desde os estudos de Darwin (1881) até a atualidade, muitos autores compilaram, ilustraram e ampliaram o conhecimento em taxonomia, biologia e ecologia das minhocas (MICHAELSEN, 1900; STEPHENSON, 1930; BRINKHURST; JAMIESON, 1971; LEE, 1985; EDWARDS; BOHLEN, 1996; LAVELLE et al., 1999; BROWN; FRAGOSO, 2007).

Apesar da importância das minhocas, existem atualmente algumas sérias deficiências no conhecimento sobre sua taxonomia, distribuição, biologia e ecologia, em comparação com os mamíferos, aves, lagartos e outros grupos de organismos.

2.3.1 Biodiversidade das Minhocas

O tamanho das minhocas pode variar de alguns poucos centímetros até mais de 2 m. A maioria das espécies é hermafrodita, mas a fertilização cruzada é predominante, sendo a partenogênese freqüente em espécies peregrinas (EDWARDS; BOHLEN, 1996).

As minhocas estão presentes nos solos de quase todos os ecossistemas terrestres, com exceção dos glaciais, desertos, solos muito ácidos ou salgados. Estes organismos representam um dos componentes mais abundantes da fauna edáfica, em termos de biomassa (LEE, 1985).

O número de espécies de minhocas conhecidas no mundo está em torno de 8.300, no entanto 5.700 são espécies válidas, distribuídas em 38 famílias e 811 gêneros (REYNOLDS; WETZEL, 2009). Aproximadamente 50% destes (cerca de 4.000) são Megadrilos (REYNOLDS, 1994), embora muitas outras espécies ainda possam ser encontradas (FRAGOSO et al., 2003). James e Brown (2006) estimaram que mais de 3.000 espécies podem ocorrer na região neotropical, embora apenas 960 são conhecidas atualmente (BROWN; FRAGOSO, 2007).

O Brasil é um país considerado megadiverso, devido aos biomas floresta Amazônica, Mata Atlântica, Cerrados e Pantanal, cujas regiões são de alta biodiversidade e endemismo (BROWN; JAMES, 2007). Para as minhocas, essa regra provavelmente também se aplique e estima-se que existam, no país, mais de 1400 espécies de minhocas (JAMES; BROWN, 2006). Entre os grandes países, o Brasil é o único com território quase inteiramente habitável pelas minhocas, com exceção, possivelmente de algumas regiões da caatinga nordestina.

Atualmente são conhecidas 305 espécies/subespécies de minhocas (Megadrilos) (muito menor do que o estimado), em 65 gêneros, dos quais 259 são nativas (85%) e 46 exóticas (15%). Deste total, 40 são novas espécies a serem descritas. As famílias mais diversificadas são: a Glossoscolecidae, com 201 espécies/subespécies (todas nativas do Brasil) em 24 gêneros; a Ocnerodrilidae, com 46 espécies (39 nativas) em 15 gêneros; e a Acanthodrilidae, com 24 espécies (50% nativas) em 7 gêneros (JAMES; BROWN, 2006; BROWN; JAMES, 2007).

O conhecimento atual das espécies de minhocas no país é devido principalmente aos esforços de taxonomistas do século passado, especialmente

Johann Wilhelm Michaelsen e Gilberto Righi (FRAGOSO et al., 2003). Esses dois taxonomistas descreveram aproximadamente 60% das minhocas conhecidas no país, mas considerando somente as espécies nativas e as já descritas, essa proporção alcança 80%.

O estado do Paraná está entre os estados com maior número de amostragens no país (Figura 2.2), bem como entre os com maior diversidade de espécies conhecidas (BROWN; JAMES, 2007). Até 1997, eram conhecidas apenas 10 espécies. Porém, coletas realizadas no norte e leste do estado, principalmente, em apenas 11% dos municípios, revelaram 55 espécies, das quais mais de 25 eram novas (SAUTTER et al., 2006; 2007), sendo algumas delas descritas no presente trabalho. Deste total, 20 são exóticas e 35 nativas. Em cada lugar amostrado, encontrou-se, normalmente, pelo menos uma nova espécie ou um novo registro para o estado. Portanto, é provável que novas coletas, especialmente aquelas realizadas em locais ainda não amostrados, possibilitarão aumento no número de espécies conhecidas para o estado e conseqüentemente para o país (BROWN; JAMES, 2007).

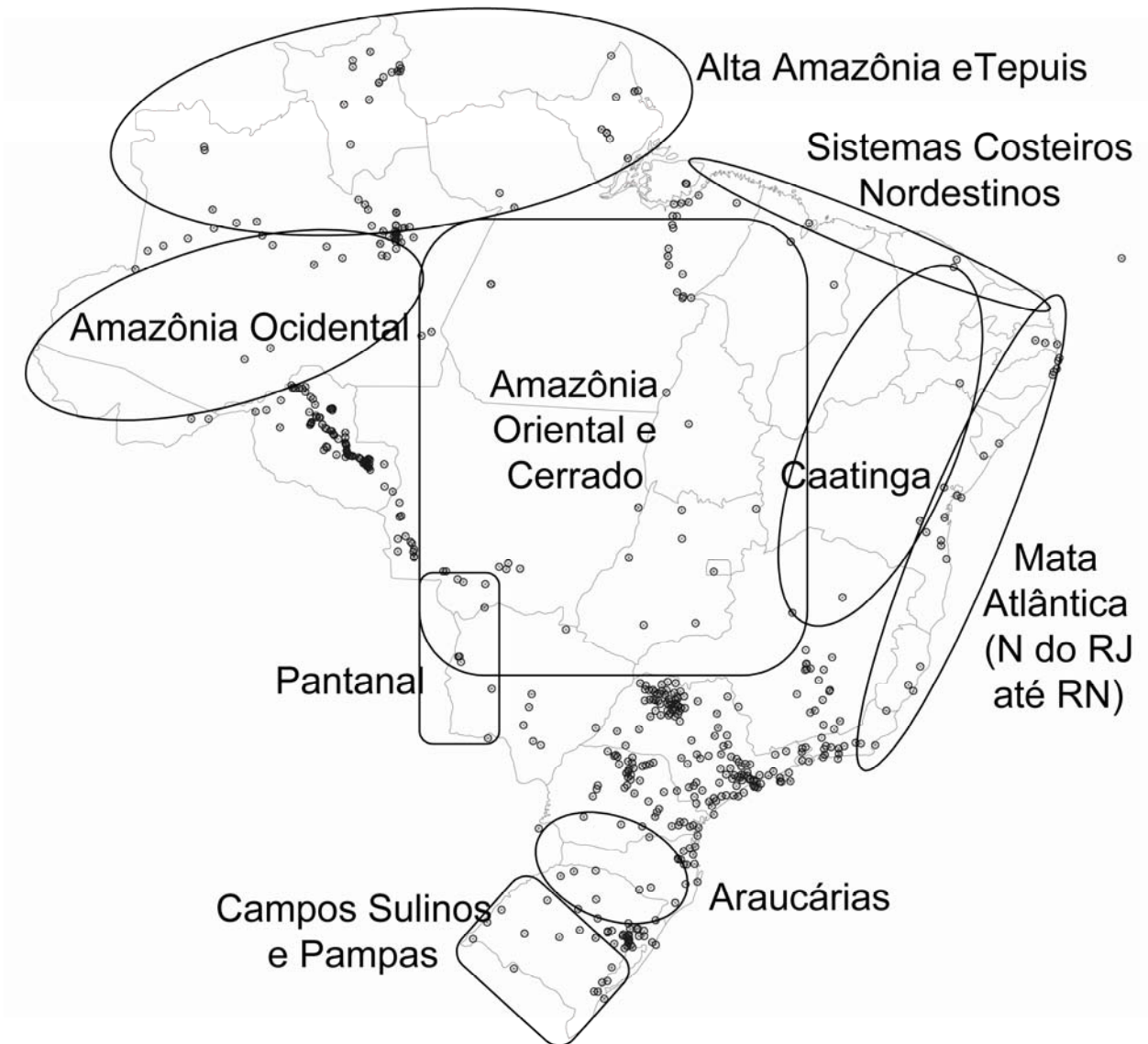


Figura 2.2 – Locais de coleta de minhocas no Brasil. Áreas em branco (sem pontos) dentro de cada bioma representam, de modo geral, regiões prioritárias de coleta para melhorar o conhecimento da biodiversidade das espécies nativas dentro dos principais biomas do país. Total de pontos de coleta mapeados até março de 2006: aproximadamente 625 locais.

Fonte: Brown e James (2007)

2.3.2 O Papel das Minhocas no Solo

Entre os organismos da macrofauna mais conhecidos pelos agricultores estão as minhocas, as formigas, os cupins e os corós (larvas de besouros) os quais, por sua vez, em função do seu tamanho, apresentam

características morfológicas que favorecem fortemente sua atuação na fragmentação da matéria orgânica e nos atributos físicos do solo.

A capacidade destes organismos de modificar o ambiente-solo fez com que fossem chamados de “engenheiros do ecossistema”, por Lavelle et al. (1997). Eles afetam direta ou indiretamente a disponibilidade de recursos para outros organismos (animais e plantas) mediante a modificação do ambiente físico (JONES et al., 1994; LAVELLE, 1997).

As minhocas, pelo tamanho corporal, densidade populacional e biomassa, em relação aos outros organismos do solo e a diversidade de funções que desempenham, são consideradas como agentes essenciais ou organismos chave na conservação da estrutura do seu ambiente e no controle da dinâmica dos nutrientes do solo (HERNÁNDEZ-CASTELLANOS; 2000).

Elas intervêm, direta ou indiretamente, sobre os atributos físicos: melhoram a porosidade, a aeração, a condutividade hidráulica e a estabilidade estrutural (formação de macro e microagregados); químicos: modificam o pH, auxiliam na mineralização da matéria orgânica e liberação de elementos, como o fósforo, que podem ser assimilados pelas plantas; e biológicos: variação da atividade microbiana, diversidade, abundância e composição da microflora e crescimento das plantas (BLAIR et al., 1995; FRAGOSO et al., 1997; CHAPUIS-LARDY et al., 1998; BAROIS et al., 1999; CHENG; WONG, 2002; BARTZ et al., 2010b; 2010c).

O conjunto das atividades desempenhadas pelas minhocas afeta a produção da biomassa vegetal, tanto aérea, visível, como a radicular, não visível. A maior parte dos trabalhos realizados até a década de 80 foi em regiões de clima temperado. Porém, experimentos nos trópicos, realizados nas décadas de 80 e 90, mostraram, de modo geral, um ganho médio 57% e 36% no tamanho e biomassa de grãos na agricultura. As minhocas aumentaram também o crescimento das plantas em 75% dos casos, e em 43% dos casos, este acréscimo foi acima de 20% (BROWN et al., 2007). Tal atividade é realizada por três grandes grupos funcionais de minhocas: epigeicas, anécicas e endogeicas (EDWARDS; BOHLEN, 1996).

As epigeicas (BOUCHÉ, 1972) têm sua atividade reduzida à camada da liteira na superfície do solo. Elas fragmentam a matéria orgânica vegetal, modificando suas propriedades físico-químicas e facilitam sua decomposição por

parte da microflora para sua posterior decomposição. Os coprólitos produzidos são ricos em matéria orgânica (LAVELLE, 1996).

As anécicas formam galerias e túneis permanentes e semi-permanentes no solo, os quais se abrem na superfície do solo, onde as minhocas emergem para se alimentarem de folhas mortas e outros materiais orgânicos em decomposição (BOUCHÉ, 1972).

As endogeicas, por sua vez, consomem solo com diferentes teores de matéria orgânica (geralmente mais humificada), selecionando partículas, e retirando das mesmas os nutrientes necessários para sobreviverem. Entretanto, algumas espécies ocasionalmente se alimentam na interface entre a superfície do solo e a liteira (EDWARDS; BOHLEN, 1996). Minhocas geófagas (endogêicas), como *Pontoscolex corethrurus* e anécicas como *Lumbricus terrestris* excretam a maior parte de seus coprólitos no perfil do solo, enquanto minhocas epigêicas excretam somente na sua superfície (CORTEZ; BOUCHÉ, 1998; LEE, 1985).

As minhocas desempenham um papel predominante na formação e manutenção da estrutura do solo (LAVELLE, 1997) e produzem estruturas biogênicas (estruturas produzidas pela atividade biológica de algum organismo) (LAVELLE, 1996), como túneis, galerias e coprólitos. Os atributos físicos e químicos destas estruturas, assim como sua distribuição espacial e temporal definem sua adaptabilidade como microhabitats para outros organismos e definem em grande parte, a boa qualidade da camada arável, facilitando sobremaneira a retenção de nutrientes e a passagem de água pelo perfil. Através das suas ações mecânicas no solo, contribuem para a formação de agregados estáveis, que podem proteger parte da matéria orgânica de uma mineralização rápida, e constituem, também, uma reserva de nutrientes potencialmente disponíveis para as plantas (LAVELLE; SPAIN, 2001).

Elas selecionam partículas orgânicas com diferenças entre suas categorias ecológicas e do conteúdo orgânico do solo ingerido. Em geral, as minhocas endogêicas selecionam pequenos agregados ricos em matéria orgânica e, assim, concentram argilas (BAROIS et al., 1999). A fração leve parece ser preferida e, após sua passagem pelo intestino, pode sofrer decomposição posterior e/ou proteção nos coprólitos, dependendo de seus atributos químicos, físicos, mineralógicos e biológicos (BOSSUYT et al., 2005). O desafio é conseguir otimizar a decomposição e preservação simultânea da matéria orgânica no solo e melhorar a

sincronização entre a exigência da planta e os nutrientes liberados, pela atividade biológica (incluindo as minhocas) (BROWN et al., 2004).

2.3.3 O Manejo do Solo e as Minhocas

A abundância, a distribuição e a atividade dos diferentes grupos de minhocas variam em função das condições climáticas (temperatura e umidade), biológicas (tipos de vegetação e disponibilidade de alimentos) e influências antrópicas (manejo dos solos e agrotóxicos) (BOUCHÉ, 1977). Entre eles, os fatores que possuem impacto mais significativo são a cobertura vegetal (ABBOTT, 1985; ZOU et al., 1997), tipo de solo e alterações naturais e antrópicas induzidas nesta cobertura (WOOD, 1974; ZOU; BASHKIN, 1998), incluindo o manejo do solo e do ecossistema (KANG et al., 1994).

As formas com que o solo é manejado, ou seja, as práticas agrícolas (plantio direto, plantio convencional, subsolagens, adubação verde etc.) são determinantes tanto na qualidade quanto na quantidade de matéria orgânica acumulada, assim como na disponibilidade de outros nutrientes e os atributos físicos do solo (MUZZILI, 1983; SIDIRAS; PAVAN, 1986; CHAN et al., 1992; LAL, 1993; SÁ et al., 2001; CHAN et al., 2002), que por sua vez, determinarão também a diversidade e a biomassa dos organismos, entre eles as minhocas, que habitarão o solo (WINTER et al., 1990; NUUTINEN, 1992; TANCK et al., 2000; CHAN, 2001; BENITO, 2002; BROWN et al., 2003).

Portanto, as minhocas são indicadores sensíveis para fatores de estresse antrópico e têm sido utilizadas com sucesso como bioindicadores para substâncias químicas (agrotóxicos, biocidas, drogas) (EDWARDS; BOHLEN, 1996), contaminações no solo (metais pesados) (HUND-RINKE et al., 2003), fatores físicos (compactação, hidrologia) (LOWE; BUT; 1999) e usos do solo (agricultura, florestas, pomares) (LEE, 1985). Em particular os usos do solo integram um número de fatores de manejo que podem influenciar as comunidades de minhocas em diferentes sentidos: enquanto o uso de químicos e o preparo do solo agem negativamente, enquanto a fertilização com materiais orgânicos ou as rotações de culturas podem beneficiar as minhocas (BROWN et al., 2007) (Figura 2.3).

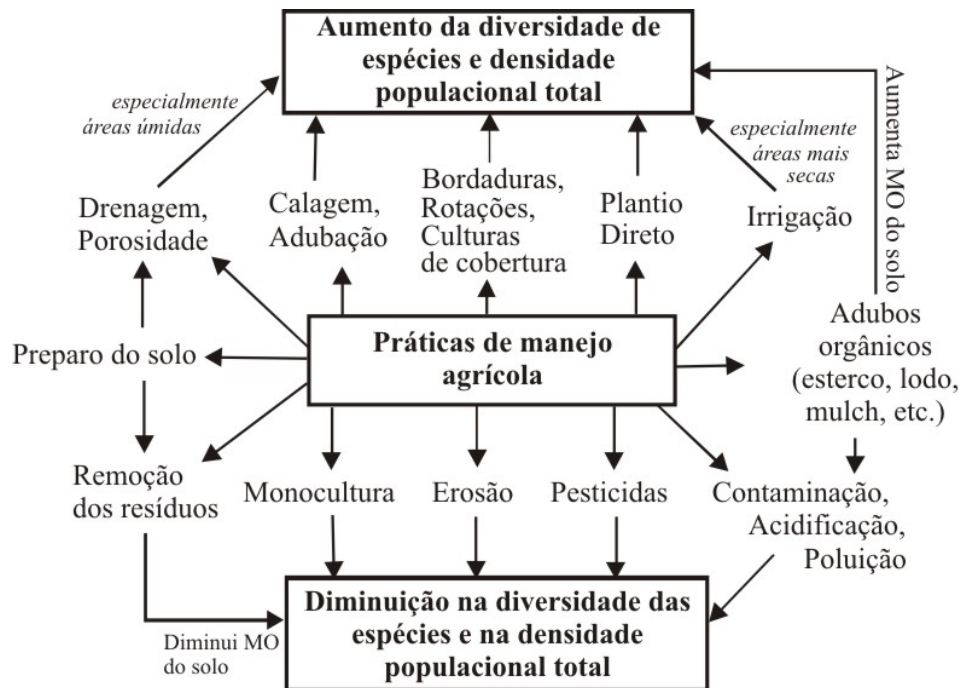


Figura 2.3 – Práticas de manejo agrícola afetando as populações e a diversidade de minhocas tanto positivamente quanto negativamente, dependendo primariamente dos seus efeitos no solo e sua adequação como habitat para as minhocas.

Fonte: Brown et al. (2007) ; modificado de Hendrix e Edwards (2004)

Nos ecossistemas naturais, as comunidades de organismos edáficos mantêm o equilíbrio entre as propriedades do solo através dos seus efeitos reguladores sobre os processos de decomposição, mineralização, agregação e as interações entre diferentes organismos.

O cultivo do solo, através do preparo (aração e gradagem), adubação ou mesmo cobertura vegetal modifica o solo, alterando suas propriedades. Neste caso, alterações profundas nos processos físico-químicos e biológicos do solo podem promover a desestruturação do solo por erosão, diminuição na taxa de decomposição dos resíduos culturais com conseqüente acúmulo de matéria orgânica na superfície do solo ou, ao contrário, decomposição acentuada dos resíduos, com perda de nutrientes e diminuição da camada superficial de palha.

Aquino et al. (2000) sugerem que mudanças na estrutura da comunidade da macrofauna pode indicar possíveis diferenças no funcionamento do solo. Desta forma, o manejo e o cultivo agrícola promovem profundas modificações

no solo alterando qualitativa e quantitativamente a biota e sua atividade, além dos atributos físico-químicos. Estas alterações, se quantificadas, podem fornecer informações importantes sobre o grau de sustentabilidade dos agroecossistemas.

2.4 REFERÊNCIAS

ABBOTT, I. Influence of some environmental factors on indigenous earthworms in the northern jarrah forest of Western Australia. **Australian Journal of Soil Research**, v. 23, p. 271-290, 1985.

ABRAHAMSEN, G. Ecological study of Enchytraeidae (Oligochaeta) in Norwegian coniferous forest soils. **Pedobiologia**, v. 12, p. 26-82, 1972.

ANDERSON, J.M. Soil organisms as engineers: microscale modification of macroscale processes. In: JONES, C.G.; LAWTON, C.C. J.H. (Ed.). **Linking Species and Ecosystems**. New York: Chapman and Hall, 1995. p. 94–106.

ANDRÉ, H.M.; NOTI, M.-I.; LEBRUN, P. The soil fauna: the other last biotic frontier, **Biodiversity and Conservation**, v.3, p. 45-56, 1994.

ASSAD, M.L.L. Fauna do solo. In: VARGAS, M.A.T.; HUNGRIA, M. **Biologia dos solos dos Cerrados**. Planaltina: EMBRAPA, 1997. p.363-443.

AQUINO, A.M., MERLIM, A.O., CORREIA, M.E.F., MERCANTE, F.M. Diversidade da macrofauna do solo como indicadora de sistemas de plantio direto para a região Oeste do Brasil. In: **Fertbio 2000, Biodinâmica do Solo**. Universidade Federal de Santa Maria-RS, Brazil, 2000. CD-ROM.

BAROIS, I.; LAVELLE, P.; BROSSARD, M.; TONDOH, J.; MARTINEZ, M.; ROSSI, J.; SENAPATI, B.; ANGELES, A.; FRAGOSO, C.; JIMENEZ, J.; DECÄENS, T.; LATTAUD, C.; KANONYO, J.; BLANCHART, E.; CHAPUIS, L.; BROWN, G.; MORENO, A. Ecology of earthworms species with large environmental tolerance and or extended distributions. In: LAVELLE, P.; BRUSSAARD, L.; HENDRIX, P. (Ed.) **Earthworms management in tropical agroecosystems**. Wallingford, UK: CABI International, 1999. p.57-85.

BARTZ, M.L.C., BROWN, G.G., PASINI, A., FERNANDES, J. DE O., CURMI, P., DORIOZ, J., RALISCH, R. Earthworm communities in organic and conventional coffee cultivation. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, p. 928-933, 2009.

BARTZ, H.A.; BARTZ, M.L.C.; BARTZ, J. A experiência pioneira de Herbert Bartz no Sistema Plantio Direto na Palha. In: **Anais 12º Encontro Nacional de Plantio Direto na Palha - Tecnologia que mudou a visão do produtor**. Foz do Iguaçu: Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha, 2010a.

BARTZ, M.L.; COSTA, A.C.; TORMENA, C.A.; SOUZA JÚNIOR, I.G.; BROWN, G.G. Sobrevivência, produção e atributos químicos de coprólitos de duas espécies de minhocas (*Pontoscolex corethrurus*: Glossoscolecidae e *Amyntas gracilis*: Megascolecidae) em solos sob diferentes sistemas de manejo. **Acta Zoológica Mexicana**, v. 26, p. 261-280, 2010b.

BARTZ, M.L.; COSTA, A.C.; SOUZA JÚNIOR, I.G.; BROWN, G. G. Micronutrientes e óxidos de ferro em coprólitos de minhocas produzidos em um Latossolo Vermelho distroférico (Acrudox) sob diferentes sistemas de manejo. **Acta Zoológica Mexicana**, v. 26, p. 281-294, 2010c.

BENITO, N. P. **Interferência de sistemas de cultivo sobre as populações da macrofauna invertebrada do solo**. 2002. 71 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2002.

BENITO, N.P. **Diversidade da macrofauna invertebrada do solo em áreas agrícolas de Jaguapitã – PR**. 2005. 89 f. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2005.

BENITO, N. P.; GUIMARÃES, M.DE F.; PASINI, A. Caracterização de sistemas de manejo em Latossolo Vermelho utilizando parâmetros biológicos, físicos e químicos. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 29, p. 473-484, 2008.

BLAIR, J.M.; PARMELEE, R.W.; LAVELLE, P. Influences of earthworms on biogeochemistry. In: HENDRIX, P.F. (Ed.). **Earthworm Ecology and Biogeography in North America**. Boca Raton: Lewis, 1995. p. 127-158.

BOSSUYT, H.; SIX, J.; HENDRIX, P.F. Protection of soil carbon by microaggregates with earthworm casts. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 37, p. 251-258, 2005.

BOUCHÉ, M.B. **Lombriciens de France**. Paris: Écologie et Systématique, INRA, 1972.

BOUCHÉ, M.B., 1977. Stratégies lombriciens. In: LOHM, U., PERSSON, T. (Ed.) Soil organisms as components of ecosystems. **Ecological Bulletins**, v. 25, p. 122.

BRINKHURST, R. O.; JAMIESON, B. G. M. **Aquatic Oligochaeta of the world**. Edinburgh: Oliver & Boyd, 1971. 860p.

BROWN, G.G.; PASHANASI, B.; GILOT-VILLENAVE, C.; PATRÓN, J.C.; SENAPATI B, K.; GIRI, S.; BAROIS, I.; LAVELLE, P.; BLANCHART, E.; BLAKEMORE, R.J.; SPAIN, A.V.; BOYER, J. Effects of earthworms on plant production. In: LAVELLE, P.; BRUSSAARD, L.; HENDRIX, P. (Ed.). **Earthworms management in tropical agroecosystems**. Wallingford: CABI International, 1999. p. 87–147.

BROWN, G.G.; BENITO, N.P.; PASINI, A.; SAUTTER, K.D.; GUIMARÃES, M.F.; TORRES, E. No-tillage greatly increases earthworm populations in Paraná state, Brazil. **Pedobiologia**, v. 47, p. 764-771, 2003.

BROWN, G.G.; JAMES, S.W.; SAUTTER, K.D.; PASINI, A.; BENITO, N.P.; NUNES, D.H.; KORASAKI, V.; SANTOS, E.F.; MATSUMURA, C.; MARTINS, P.T.; PAVÃO,

A.; SILVA, S. H.; GARBELIN, G.; TORRES, E. Avaliação das populações e de minhocas como bioindicadores ambientais no Norte e Leste do Estado do Paraná. In: SARAIVA, O. F. (Org.). **Resultados de pesquisa da Embrapa Soja - 2003: manejo de solos, plantas daninhas e agricultura de precisão**. Londrina: Embrapa Soja, 2004. p. 33-46. (Embrapa Soja. Documentos, 253)

BROWN, G.G., JAMES, S.W., PASINI, A., NUNES, D.H., BENITO, N.P., MARTINS, P.T., SAUTTER, K.D. Exotic, peregrine and invasive earthworms in Brazil: diversity, distribution and effects on soils and plants. **Caribbean Journal of Science**, v. 42, p. 339-358, 2006.

BROWN, G. G.; JAMES, S. Ecologia, biodiversidade e biogeografia das minhocas no Brasil. In: BROWN, G.G.; FRAGOSO, F. (Org). **Minhocas na América Latina: Biodiversidade e ecologia**. Londrina: Embrapa Soja, 2007. p. 297-381.

BROWN, G.G.; FRAGOSO, F. **Minhocas na América Latina: Biodiversidade e ecologia**. Londrina: Embrapa Soja, 2007.

BROWN, G. G.; SENAPATI, B.K. ; PASHANASI, B.; VILLENAVE, C.; PATRÓN, J.C.; LAVELLE, P.; BAROIS, I.; BLAKEMORE, R.J.. Earthworms stimulate plant production. In: BROWN, G.G.; FRAGOSO, F. (Org). **Minhocas na América Latina: Biodiversidade e ecologia**. Londrina: Embrapa Soja, 2007. p. 509-517.

CAMPANA, F. **Brasil Indiferente**. 2004. Disponível em: <<http://www.cienciaefe.org.br/online/0401/indiferente.htm>>. Acesso em: 15 jan. 2011.

CHAN, K.Y. An overview of some tillage impacts on earthworms population abundance and diversity implications for functioning soils. **Soil and Tillage Research**, v. 57, p. 179-191, 2001.

CHAN, K.Y.; ROBERTS, W.P.; HEEMAN, O.F. Organic carbon and associated soil properties of a red earth after 10 years of rotation under different stubble and tillage practices. **Australian Journal of Soil Research**, v. 30, p. 71-83, 1992.

CHAN, K.Y., HEENAN, D.P.; OATES, A. Soil carbon fractions and relationship to soil quality under different tillage and stubble management. **Soil Tillage Research**, v. 63, p.133–139, 2002.

CHAPUIS-LARDY, L., BROSSARD, M., LAVELLE, P., SCHOULLER, E. Phosphorus transformations in a ferralsol through ingestion by *Pontoscolex corethrurus*, a geophagous earthworm. **European Journal of Soil Biology**, v. 32, p. 61-67, 1998.

CHENG, J.; WONG, H.M. Effects of earthworms on Zn fractionation in soils. **Bioly and Fertility of Soils**, v. 36, p. 72-78, 2002.

COMPANHIA MELHORAMENTOS NORTE DO PARANÁ. **Colonização e desenvolvimento do Norte do Paraná**, p. 32-201, 1975. 295p.

CORTEZ, J.; BOUCHÉ, M. B. Field decomposition of leaf litters: earthworms – microorganism interactions – the the ploughing-in effect. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 30, p. 795-804, 1998.

COÛTEAUX, M.M.; MOUSSEAU, M.; CÉLÉRIER, M.L.; BOTTNER, P. Increased atmospheric CO² and litter quality: decomposition of sweet chestnut leaf litter with animal food web of different complexity. **Oikos**, v. 61, p. 54–64, 1991.

DARWIN, C. **The formation of vegetable mould through the action of worms with observations on their habits**. London: Murray, 1881. 138p.

DERPSCH, R. ROTH, C.H., SIDIRAS, N. E KÖPKE, U. **Controle da erosão no Paraná, Brasil: sistemas de cobertura do solo, plantio direto e preparo conservacionista do solo**. Sonderpublikation der GTZ, No. 245 Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH, Eschborn, TZ-Verlagsgesellschaft mbH, Rossdorf, 1991, 272p.

DIÉGUES JÚNIOR, M. **Imigração, urbanização e industrialização**. Centro Brasileiro de Pesquisas Educacionais, Instituto Nacional de Estudos Pedagógicos, Ministério da Educação e Cultura, 1964. 385p.

EDWARDS, C. A., BOHLEN, P. J.. **Biology and ecology of earthworms**. 3. ed. London: Chapman & Hall, 1996. 440p.

FERNANDES, J.O. **Minhocas como indicadores ambientais em ecossistemas agrícolas**. 2009. 73 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2009.

FRAGOSO, C.; BROWN, G.G.; PATRÓN, J.C.; BLANCHART, E.; LAVELLE, P.; PASHANASI, B.; SENAPATI, B.; KUMAR, T. Agricultural intensification, soil biodiversity and agroecosystem function: the role of earthworms. **Applied Soil Ecology**, v.6, p. 17-35, 1997.

FRAGOSO, C.; BROWN, G.G.; FEIJOO, A. The influence of Gilberto Righi on tropical earthworm taxonomy: the value of a full-time taxonomist. **Pedobiologia**, v. 47, p. 400-404, 2003.

GEIGER, P. Região fronteira no Brasil. **Anuário do Instituto de Geociências**, v.17, p53-64, 1994

GILLER, P.S. The diversity of soil communities, the “poor man’s tropical rainforest”. **Biodiversity and Conservation**, v. 5, p. 135-168, 1996.

GREGORY, V. **Os eurobrasileiros e o espaço colonial: migrações no Oeste do Paraná (1940 – 1970)**. Cascavel: Edunioeste, 2002. Cap. 2. p. 64-103.

HAGVAR, S. The relevance of the Rio-Convention on biodiversity to conserving the biodiversity of soils. **Applied Soil Ecology**, v. 9, p 1-7, 1998.

HERNÁNDEZ-CASTELLANOS, B. **Modificaciones químicas de cuatro suelos de diferentes localidades de Veracruz, por dos especies de lombrices (*Pontoscolex corethrurus* y *Glossoscolecidae* sp.)**. 2000. 67 f. Tese – Universidad Veracruzana, Xalapa de Enríquez, Veracruz, México, 2000.

HUND-RINKE, K.; RÖMBKE, J.; ACHAZI, R.; WARNEKE, D.. Avoidance test with *E. fetida* as indicator for the habitat function of soils – results of a laboratory comparison test. **Journal of Soils and Sediments**, v. 3, p. 7-12, 2003.

IBGE. **Censo Agropecuário 2006**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/estadosat/temas.php?sigla=pr&tema=censoagro>>. Acesso em: 22 jan. 2011.

INGHAM, R. E.; TROFYMOV, J. A.; INGHAM, E. R.; COLEMAN, D. C. Interactions of bacteria, fungi and their nematode grazers: effects on nutrient cycling and plant growth. **Ecological Monographs**, v. 55, p. 119–140, 1985.

INGHAM, E.R.; THIES, W.G. Response of soil foodweb organisms in the first year following clearcutting and application of chloropierin to control laminated root rot. **Applied Soil Ecology**, v. 3, p. 35-47, 1996.

IPARDES. **Leituras regionais: Mesorregião geográfica Oeste Paranaense**. Curitiba, 2003.

JAMES, S.W.; BROWN, G.G. Earthworm ecology and diversity in Brazil. In: MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O.; BRUSSAARD, L. (Ed.). **Soil biodiversity in Amazonian and other Brazilian ecosystems**. Wallingford: CAB International, 2006. 304p.

JONES, C.G.; LAWTON, J.H.; SHACHAK, M. Organisms as ecosystem engineers. **Oikos**, v. 69, p. 373-386, 1994.

JONES, C.G.; LAWTON, J.H.; SHACHAK, M. Positive and negative effect of organisms as physical ecosystem engineers. **Ecology**, v. 78, p. 1046–1057, 1997.

KANG, B. T.; AKINNIFESI, F. K.; PLEYSIER, J. L. Effect of agroforestry woody species on earthworms activity and physicalchemical properties of worms casts. **Biology and Fertility of Soils**, v.18, p. 193-199, 1994.

LAL, R. Tillage effects on soil degradation, soil resilience, soil quality, an sustainability. **Soil and Tillage Research** v. 27, p. 1-8, 1993.

LAVELLE, P. Diversity of soil fauna and ecosystem function. **Biology International**, v. 33, p. 3-16, 1996.

LAVELLE, P. Faunal activities and soil processes: adaptive strategies that determine ecosystem function. **Advances in Ecological Research**, v. 27, p. 93-132, 1997.

LAVELLE, P.; BIGNELL, D.; LEPAGE, M.; WOLTERS, V.; ROGER, P.; INESON, P.; HEAL, O.W.; DHILLION, S. Soil function in a changing world: the role of invertebrate ecosystem engineers. **European Journal of Soil Biology**, v. 33, p. 159-193, 1997.

LAVELLE, P.; BRUSSAARD, L.; HENDRIX, P. **Earthworms management in tropical agroecosystems**. Wallingford, UK: CABI International, 1999. 320p.

LAVELLE, P., SPAIN, A.V. **Soil ecology**. Dordrecht: Kluwer Academic, 2001, 688p.

LAVELLE, P.; DECÄENS, T.; AUBERT, M.; BAROT, S.; BLOUIN, M.; BUREAU, F.; MARGERIE, P.; MORA, P.; ROSSI, J.-P. Soil invertebrates and ecosystem services. **European Journal of Soil Biology**, v. 42, p. S3-S15, 2006.

LEE, K. E. **Earthworms: their ecology and relations with soil and land use**. London: Academic Press, 1985. 411p.

LINNAEUS, C. **Systema Naturae** 10. ed. Salvi: Holmiae, 1758. v.1. 824 p.

LOGAN, W.R. **Dirt: the ecstatic skin of the earth**. New York: Riverhead Books, 1995, 203p.

LOWE, C.N.; BUT, K.R.. Interspecific interactions between earthworms: a laboratory-based investigation. **Pedobiologia**, v. 43, p. 808-817, 1999

MAACK, R. **Geografia física do Estado do Paraná**. Curitiba: CODEPAR, 1968. 450p.

MICHAELSEN, W. Oligochaeta, **Das Tierreich 10: Vermes, Oligochaeta**. Berlin: Friedländer & Sohn., 1900. 575p.

MUZZILI, O. Influência do sistema de plantio direto comparado ao convencional sobre a fertilidade da camada arável do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 7, p. 95-102, 1983.

NUNES, D.H.; PASINI A.; BENITO, N.P.; BROWN, G.G. Earthworms diversity in four land use systems in the region of Jaguapitã, Paraná State, Brazil. **Caribbean Journal of Science**, v. 42, p. 331-338, 2006.

NUUTINEN, V. Earthworm community response to tillage and residue management on different soil types in southern Finland. **Soil and Tillage Research**, v. 23, p. 221-239, 1992.

ORTIZ-CEBALLOS, A.I.; FRAGOSO, C.; BROWN, G.G. Synergistic effect of a tropical earthworm *Balanteodrilus pearsei* and velvetbean *Mucuna pruriens* var. *utilis* on maize growth and crop production. **Applied Soil Ecology**, v. 35, p. 356-362, 2007.

PAOLETTI, M. G. Using bioindicators based on biodiversity to assess landscape sustainability. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 74, p. 1-18, 1999.

- REOLON, C.A. Colonização e urbanização da Mesorreigão Oeste do Paraná (1940-2000). **Revista Ra'e Ga – Espaço Geográfico em Análise**, v. 13, p.49-57, 2007
- REYNOLDS, J.W. Earthworms of the world. **Global Biodiversity**, v.4, p.11-16, 1994.
- REYNOLDS, J.W.; WETZEL, M.J. **Nomenclatura oligochaetologica, suplementum quartum**. Champaign: University of Illinois. 2009. Disponível em: <<http://www.inhs.uiuc.edu/~mjwetzelmjw.inhsCAR.html#NOSQ>>. Acesso em: 15 jan. 2011.
- RUIZ, N.; LAVELLE, P.; JIMÉNEZ, J. **Soil Macrofauna Field Manual**. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2008. 101p.
- SÁ, J.C.M.; CERRI, C.C.; DICK, W.A.; LAL, R.; VENSKE FILHO, S.P.; PICCOLO, M.C.; FEIGL, B.E. Organic matter dynamics and carbon sequestration rates for a tillage chronosequence in a Brazilian oxisol. **Soil Science Society of America Journal**, v. 65, p.1486–1499, 2001.
- SAUTTER, K.D., BROWN, G.G., JAMES, S.W., PASINI, A., NUNES, D H. AND BENITO, N.P. Present knowledge on earthworm biodiversity in the State of Paraná, Brazil. **European Journal of Soil Biology**, v. 42, p. 296-300, 2006.
- SAUTTER, K.D.; BROWN, G.G.; PASINI, A.; BENITO, N.P.; NUNES, D.H.; JAMES, S. Ecologia e biodiversidade das minhocas no Estado do Paraná, Brasil. In: BROWN, G.G.; FRAGOSO, F. (Org). **Minhocas na América Latina: biodiversidade e ecologia**. Londrina: Embrapa Soja, 2007. P. 383-396.
- SIDIRAS, N.; PAVAN, M.A. Influência do sistema de manejo do solo no nível de fertilidade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 10, p. 163-166, 1986.
- STEPHENSON, J. **The Oligochaeta**. London, UK: Oxford University Press, 1930. 78p.
- STORK, N.E.; EGGLETON, P. Invertebrates as determinants and indicators of soil quality. **American Journal of Alternative Agriculture**, v. 7, p. 23–32, 1992.
- SWIFT, M.J.; HEAL, O.W.; ANDERSON, J.M. **Decomposition in terrestrial ecosystems**. Oxford : Blackwell, 1979, 372p.
- USDA, Rangeland Soil Quality - Soil Biota. **Soil Quality Information Sheet: Rangeland Sheet 8**. Soil Quality Institute, Grazing Lands Technology Institute, and National Soil Survey Center, Natural Resources Conservation Service, USDA; the Jornada Experimental Range, Agricultural Research Service, USDA; and Bureau of Land Management, USDI, 2001. Disponível em: <<http://soils.usda.gov/sqi>>. Acesso em: 20 jan. 2011.
- TANCK, B.C.B., SANTOS, H.R., DIONÍSIO, J.R. Influência de diferentes sistemas de uso e manejo dos solos sobre a flutuação populacional de Oligochaeta edáfico *Amyntas* spp. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, p. 409-415, 2000.

WACHOWICZ, Ruy. **Obrageros, mensus e colonos**: história do Oeste Paranaense. Curitiba: Gráfica Vicentina, 1982.

WACHOWICZ, Ruy. **História do Paraná**. Curitiba: Gráfica Vicentina, 1988. 185p.

WACHOWICZ, Ruy. **Norte velho, Norte pioneiro**. Curitiba: Gráfica Vicentina, 1987.

WARDLE, D.A. Impacts of disturbance on detritus food web in agro-ecosystems of contrasting tillage and weed management practices. **Advances in Ecological Research**, v. 26, p. 105-185, 1994.

WINTER, J.P.; VORONEY, R.P.; AINSWORTH, D.A. Soil microarthropods in long-term no-tillage and conventional tillage corn production. **Canadian Journal of Soil Science**, v. 70, p. 641–653, 1990

WOLTERS, V. Biodiversity of soil animals and its function, **European Journal of Soil Biology**, v. 37, p. 221–227, 2001.

WOOD, T.G. The distribution of earthworms (Megascolecidae) in relation to soils, vegetation and altitude on the slopes of Mt Kosciusko, Australia. **Journal of Animal Ecology**, v.43, p. 87-106, 1974.

ZOU, X. M.; GONZÁLEZ, G.; EDWARDS, C. A. Changes in earthworms density and community structure during secondary succession in abandoned tropical pastures. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 29, p. 627-629, 1997.

ZOU, X. M.; BASHKIN, M. Soil carbon accretion and earthworms recovery following revegetation in abandoned sugarcane fields. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 30, n. 6, p. 825-830, 1998.

3 ARTIGO A: DIVERSIDADE, ABUNDÂNCIA E BIOMASSA DE MINHOCAS EM AGROECOSSISTEMAS NO NORTE DO PARANÁ, BRASIL

3.1 RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar a abundância, biomassa e riqueza de espécies de minhocas em agroecossistemas no norte do estado do Paraná, Brasil. Cinco áreas foram amostradas: 1) floresta – F; 2) pastagem – P (19 anos); 3) plantação de café – C (> 30 anos); plantio direto – PD (36 anos); plantio direto subsolado – PDS (4 anos, subsolado a cada 3 anos). Nove amostras foram tomadas em cada área, ao longo de um ano (março de 2008 a março de 2009) a cada três meses, utilizando a metodologia TSBF (Biologia e Fertilidade de Solo Tropical) (seleção manual de monolitos de 25 x 25 cm da camada de 0 a 20 cm do solo). A maior riqueza de espécies foi encontrada em P, sete espécies: *Fimoscolex* sp. e *Glossoscolex* sp. (nativas e novas espécies), *Pontoscolex corethrurus*, *Dichogaster gracilis*, *D. affinis*, *D. saliens* (exóticas) e uma espécie não identificada (NIsp.1). Em PD, seis espécies foram encontradas: *P. corethrurus*, *D. affinis*, *D. saliens* (exóticas), *Fimoscolex* sp. and *Belladrilus (Santomesia) emilianii* and *Belladrilus* sp.1 (nativas). Em F, cinco espécies foram encontradas: *P. corethrurus*, *D. affinis* (exóticas), *Urobenus* sp., *Belladrilus* sp.1 and sp.2 (nativas). As menores riquezas de espécies foram encontradas em PDS, três espécies: *D. saliens* (exótica), *B. (S.) emilianii* and *Belladrilus* sp.1 (nativa), e em C, 2 espécies: *D. saliens* (exótica) e *B. (S.) emilianii* (nativa). A abundância média anual foi maior em P (105 ind m⁻²), seguido por F, PD e PDS com 15, 13 and 12 ind m⁻², respectivamente. O menor valor de abundância foi encontrada em C (4 ind m⁻²). A biomassa média anual segue a mesma ordem: P>F>PD>PDS>C, com 6,24, 0,83, 0,21, 0,09 e 0,03 g m⁻² em cada área, respectivamente. Nas cinco datas de amostragem os valores de abundância e de biomassa mais elevados foram observados em setembro de 2008, no fim da estação seca, em P, C, PDS e F. Todas as áreas mostraram um decréscimo na abundância e biomassa das minhocas em dezembro de 2008 e março de 2009, atribuídas às condições climáticas, devido ao déficit hídrico durante o período do estudo. E o histórico de manejo de cada área também foi um fator determinante sobre as populações de minhocas, afetando a sobrevivência destes organismos. No entanto, diversas espécies nativas sobreviveram nos agroecossistemas, mesmo apresentando considerável perturbação. Estas espécies tendem a ser de tamanho pequeno e a diversidade mais elevada está associada a menor perturbação antrópica, permitindo diversidade comparada com a floresta.

Palavras-chave: Oligochaeta. Bioindicador. Floresta. Cultura anual. Cultura perene. Pastagem.

ABSTRACT

The objective of this paper was to evaluate earthworm abundance, biomass and species diversity agroecosystems in Northern Paraná State, Brazil. Five sites were sampled: 1) forest – F; 2) pasture – P (> 19 yr); 3) coffee plantation – C (> 30 yr); 4) no-till – PD (36 yr); and 5) subsoiled no-till – PDS (4 yr, subsoiled every 3 yr). Nine samples were taken in each site over a one-year period (march 2008 to march 2009) every three months, using the TSBF (Tropical Soil Biology and Fertility) methodology (handsorting of 25 × 25 cm monoliths from the 0-20 cm layer of soil). The highest diversity was found in P, seven species: *Fimoscolex* sp. and *Glossoscolex* sp. (native and new species), *Pontoscolex corethrurus*, *Dichogaster gracilis*, *D. affinis*, *D. saliens* (exotics) and a not identified specie (Nlsp.1). In PD, six species were found: *P. corethrurus*, *D. affinis*, *D. saliens* (exotics), *Fimoscolex* sp. and *Belladrilus* (*Santomesia*) *emilianii* and *Belladrilus* sp.1 (natives). In F, 5 species were found: *P. corethrurus*, *D. affinis* (exotics), *Urobenus* sp., *Belladrilus* sp.1 and sp.2 (natives). Lowest diversity was found in PDS, three species: *D. saliens* (exotic), *B. (S.) emilianii* and *Belladrilus* sp.1 (native), and in C, two species: *D. saliens* (exotic) and *B. (S.) emilianii* (native). The annual density average in the year was higher in P (105 ind m⁻²), followed by F, PD and PDS with 15, 13 and 12 ind m⁻², respectively. Lowest annual density average was found in C (4 ind m⁻²). The annual biomass average followed the same order: P>F>NT>SNT>C, with 6.24, 0.83, 0.21, 0.09 and 0.03 g m⁻² in each area, respectively. In the five samples dates the highest densities and biomasses were observed in September 2008, in the end of the dry season, in P, C, PDS and F. All sites showed a decrease in density and biomass in December 2008 and March 2009, that may be attributed to climatic conditions, due the hidric deficit during the period of the study. Also the historical management background of each site influenced the earthworms populations, affectiong the survival of earthworms. However, several native species survive in the agroecosystems, even with considerable disturbance, although these tended to be of small size and higher diversity was associated with low disturbance, allowing comparable diversity with the native forest.

Keywords: Oligochaeta. Bioindicator. Forest. Annual crop. Perene cultur. Pasture.

3.2 INTRODUÇÃO

A região norte do estado do Paraná, no Brasil, é uma região de colonização recente (século XX), que resultou em quase total devastação das florestas para o estabelecimento das famílias de colonos e de áreas agrícolas. Na época, a agricultura comercial era predominada pela cultura do café enquanto as demais produções: milho, arroz, frango e suínos, eram para subsistência (COMPANHIA MELHORAMENTOS NORTE DO PARANÁ, 1975).

De 1968 a 1978, a área de produção de soja e trigo aumentou 10 vezes. Em julho de 1975, a grande geada negra dizimou grande parte das plantações de café, e junto com a crise energética, deu lugar definitivamente para o crescimento da produção em escala comercial das outras culturas, como soja, trigo, milho e também da cana-de-açúcar (DERPSCH et al., 1991). O manejo destas culturas era baseado no modelo europeu de preparo do solo: o plantio convencional (preparo intenso do solo, através de gradagem e aração, para o plantio das culturas).

Atualmente, o setor agrícola na região é bastante diversificado (café, laranja, cana de açúcar, soja, trigo, milho, aveia e criações de gado, frango, suínos, etc.). E, dadas as dificuldades enfrentadas no passado, em relação à degradação do solo, principalmente devido à erosão do solo, causada pelas fortes chuvas sobre o sistema convencional de produção, o sistema de produção agrícola se adaptou buscando formas de manejo do solo que causam menos impacto ao meio ambiente, como por exemplo, a adoção do sistema plantio direto que beneficia a macrofauna do solo, inclusive as minhocas.

As minhocas influenciam, direta ou indiretamente, os atributos físicos: i. porosidade do solo, aeração, condutividade hidráulica e estabilidade estrutural (formação de macro e microagregados); ii. os atributos químicos: alterações no pH, ajudam na mineralização da matéria orgânica e liberação de nutrientes, tais como fósforo, que podem então ser assimilado pelas plantas; iii. as características biológicas: variação da atividade microbiana, diversidade, abundância e composição da microflora e crescimento da planta (BLAIR et al., 1995; FRAGOSO et al. 1997; CHAPUIS-LARDY et al., 1998; BAROIS et al., 1999; CHENG; WONG, 2002).

A capacidade destes organismos em modificar o ambiente do solo levou a serem chamados de "engenheiros do ecossistema" por Lavelle et al. (1997). Eles afetam direta ou indiretamente a disponibilidade de recursos para outros organismos (animais e plantas) por meio da modificação do ambiente físico (JONES et al., 1994; LAVELLE, 1997) e são considerados como agentes primários ou organismos chave na conservação da estrutura do seu ambiente e controle da dinâmica de nutrientes do solo (HERNÁNDEZ-CASTELLANOS, 2000).

Em ecossistemas naturais, essas comunidades mantêm um equilíbrio entre as propriedades do solo através dos seus efeitos regulatórios sobre

os processos de decomposição, mineralização, agregação e interações entre diferentes organismos. Evidências na literatura mostram que as populações de minhocas são sensíveis às formas de manejo adotadas em agroecossistemas (PARMELEE et al., 1990; MELE; CARTER, 1999; CLAPPERTON et al., 1997;. LAVELLE et al., 1999;. CHAN, 2001; BROWN; FRAGOSO, 2007).

A diversidade, densidade e biomassa de minhocas são fortemente influenciadas pelo manejo do solo (LAVELLE; PASHANASI, 1989;. HENDRIX et al., 1992, FRAGOSO, 2001;. HUERTA, 2002) e as populações de minhocas podem ser usadas como indicadores de qualidade em agroecossistemas (PAOLETTI et al., 1998;. PAOLETTI, 1999;. FANG et al., 1999; HUERTA et al., 2009; KALE ; KARMEGAN, 2010).

Diversos estudos e pesquisas foram realizados no estado do Paraná no Brasil, especialmente na região norte do Estado, na tentativa de avaliar as comunidades de minhocas em ambos os agroecossistemas e os ecossistemas naturais (TANCK et al. 2000; BENITO, 2002; BROWN et al. 2003; BROWN et al., 2004; BENITO, 2005; BROWN et al., 2006; NUNES et al., 2006; BROWN; JAMES, 2007; SAUTTER et al., 2007; BENITO et al., 2008;. BARTZ et al., 2009; FERNANDES, 2009) . No entanto, a quantidade de informação disponível ainda é insuficiente e uma melhor compreensão destes organismos e sua dinâmica faz-se necessário, de forma que o ponto crucial é identificar as espécies e associá-las aos ambientes e características edáficas, uma vez que cada uma afeta de modo diferente o solo.

Assim, este estudo teve como objetivo avaliar a abundância, a biomassa e a diversidade de espécies de minhocas em quatro agroecossistemas e em uma área de floresta na região norte do estado do Paraná, Brasil.

3.3 MATERIAL E MÉTODOS

3.3.1 Áreas de Estudo

O estudo foi realizado nos municípios de Rolândia, Arapongas e Londrina, localizados no norte do estado do Paraná, Brasil. Os solos da região são de origem basáltica, com altos teores de argila, com predominância dos Latossolos

Vermelhos (EMBRAPA, 1999a) [Oxisols (SOIL SURVEY STAFF, 1994)]. O clima é tipicamente subtropical Cfa, segundo a classificação de Koeppen (1931), caracterizado pela ocorrência de típicos verões quentes e úmidos. A precipitação anual é inferior a 1600 mm e temperatura média anual no verão em torno de 20 ° C. As médias históricas mensais de precipitação de 1977 a 2009 no município de Rolândia, a oscilação da temperatura média mensal e a precipitação de setembro de 2007 a março de 2009 na região de estudo são apresentadas na figura 3.1 (Fonte: Solana Agropecuária Ltda. e Agência Nacional de Águas). Enquanto a figura 3.2 apresenta os desvios de precipitação de janeiro de 2008 a março de 2009 no estado do Paraná, com a região de estudo destacada (Fonte: Instituto Agrônomo do Paraná).

Foram realizadas as amostragens nos seguintes sistemas de uso do solo:

Área F: 19,2 ha de floresta primária nativa, situada a 23° 24.778'S e 51° 19.280'W, 699 m de altitude, na Fazenda São José, município de Arapongas, Paraná. Faz parte do bioma da Mata Atlântica, sendo classificada como Floresta Ombrófila Mista, devido à presença de Araucárias.

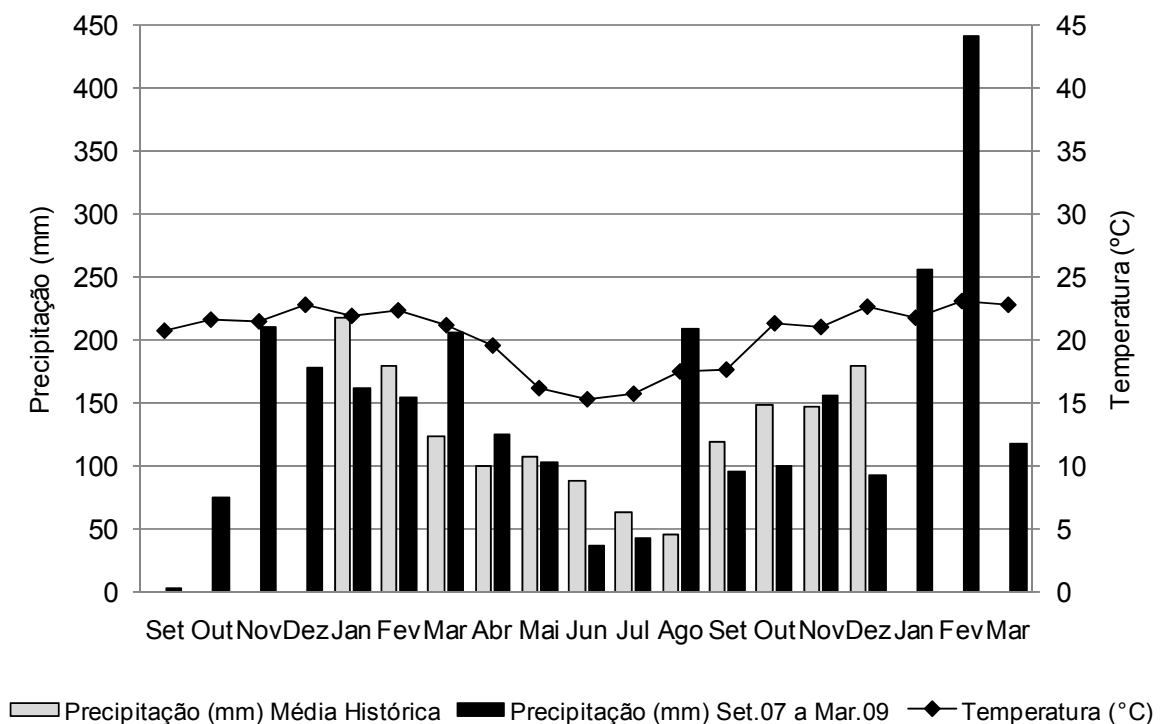


Figura 3.1 – Média histórica (1977 a 2009) mensal de precipitação (mm) da região de Rolândia e oscilação da precipitação (mm) e da temperatura (° C) de setembro de 2007 a março de 2009 na região em estudo.

Fonte: Solana Agropecuária Ltda. e Agência Nacional de Águas.

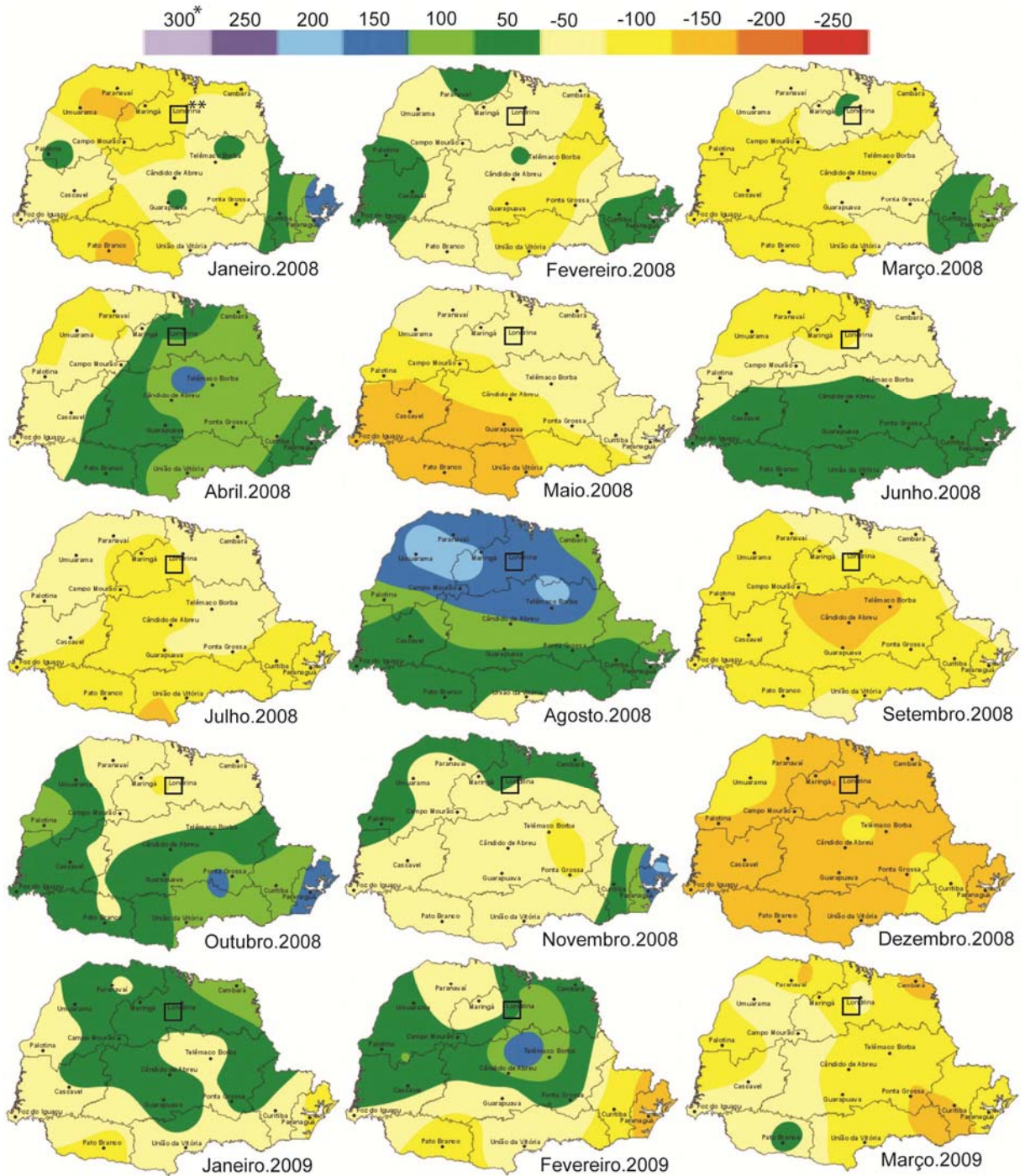
Área P: 28,8 ha de pastagem estabelecida à 16 anos, situada a 23° 24.872'S e 51° 18.847'W, 666 m de altitude, na Fazenda São José, no município de Londrina, Paraná. Em 1991 foi plantada *Brachiaria* sp., sendo antes uma área de cultivo anual com base no sistema convencional de manejo do solo. Em maio de 2008, a área de pastagem foi reduzida à metade e a outra parte convertida em cultura anual. Em novembro de 2008, o que restou da pastagem também foi convertido em cultura anual. O preparo do solo no processo de conversão foi realizado utilizando máquinas pesadas para subsolagem, além de gradagem para destruir uma camada de compactação do solo no horizonte A e foi realizada ainda aplicação de herbicida para eliminar a pastagem. Desde a conversão a área é arrendada, sendo plantadas as seguintes culturas anuais: 2007/2008 - milho (*Zea mays*) no inverno, 2008/2009 - soja (*Glycine max*) no verão e trigo (*Triticum aestivum*) no inverno. Foi realizada a aplicação de herbicidas, inseticidas e fungicidas para o controle de ervas daninhas e pragas.

Área C: 12 ha de plantação de café, estabelecida a 31 anos, situada a 23° 24.751'S e 51° 19.048'W, 688 m de altitude, na Fazenda São José, em Londrina, Paraná. A cultura foi plantada em 1976. Nas duas primeiras décadas foi feito uso de agrotóxicos de alta toxicidade. Desde 2003, o manejo das plantas daninhas entre as fileiras é feito por capina e roçada, no entanto, às vezes, é necessário o uso de herbicidas (Glifosato). Em anos alternados é realizada a poda das árvores de café, sendo a última feita em 2008. Todo ano é realizada a aplicação de nitrato de amônia e duas aplicações de inseticidas à base de Endosulfan.

Área PD: 48 ha de cultura anual sob sistema de plantio direto por 35 anos, situada a 23° 23.075'S, 51° 21.477'W, 675 m de altitude, na Fazenda Rhenânia, em Rolândia, Paraná. As últimas quatro safras tiveram como histórico: 2004/2005 - soja (*G. max*) no verão e milho (*Z. mays*) no inverno; 2005/2006 - soja (*G. max*) no verão e trigo (*T. aestivum*) no inverno; 2007/2008 - soja (*G. max*) no verão e aveia (*Avena strigosa*) no inverno, e 2008/2009 - soja (*G. max*) no verão e trigo (*T. aestivum*) no inverno. Até 2007, a cada ano foram realizadas na área aplicações de herbicida (Glifosato, Nicosulfurom, Atrazina, Metsulfurom Metílico) para manejo de plantas invasoras e fungicidas (Tebuconazol, Piraclostrobina + Epoxiconazol, Tiofanato metílico, Azoxistrobina) para controle de doenças. A utilização de inseticidas (Cipermetrina, Permetrina) na soja era esporádica e em meia dose, apenas quando a infestação de lagartas era muito alta e o controle por

meio de manejo integrado de pragas, através da utilização de inseticida biológico (*Baculovirus anticarsia*) não era eficaz. No milho uma única aplicação de inseticida fisiológico (Novaluron ou Clorfluazuron) junto com Piretróide (Cipermetrina ou Permetrina) alcançava resultados satisfatórios no controle de *Spodoptera frugiperda*. No primeiro semestre de 2008 a área foi reduzida para 2 ha e o uso de agrotóxicos convencionais, à base de Teflubenzuron, Neonicotinóide, Methamidofós, Glifosato e Ácido Diclorofenoxiacético, passou a ser adotada pelos arrendatários.

Área PDS: 8,4 ha de cultura anual sob plantio direto, estabelecido a 4 anos, situada a 23° 24.769'S, 51° 19.472'W, 700 m de altitude, na Fazenda São José, em Arapongas, Paraná. De 1990 a 2003 era realizado o uso de sistema convencional como manejo do solo, sendo iniciada a adoção do plantio direto em 2004. De 1990 a 2007, foi plantado milho em ambas as estações de verão e inverno. Em 2008 a área foi arrendada, sendo plantado na safra 2008/2009 - soja (*G. max*) no verão e trigo (*T. aestivum*) no inverno. Foi realizado o uso de herbicidas, inseticidas e fungicidas para o controle de ervas daninhas e pragas. A cada quatro anos realizam subsolagem na área, sendo uma realizada no ano anterior de início da adoção do plantio direto em 2003 e a última em 2007.



*Diferenças positivas indicam chuvas acima da média histórica e diferenças negativas chuvas abaixo da média.

**O quadrado indica a região das áreas de estudo.

Figura 3.2 – Desvios de precipitação de março de 2008 a fevereiro de 2009 no estado do Paraná.

Fonte: IAPAR (2011)

Os solos nas áreas F, C, PDS e PD são classificados como Latossolo Vermelho (EMBRAPA, 1999a) (Rhodic Hapludox (SOIL SURVEY STAFF,

1994)), enquanto o solo da área P foi considerado uma transição de Latossolo Vermelho para Nitossolo Vermelho (Rhodic Kandiodox).

3.3.2 Amostras de Minhocas e de Solo

As minhocas foram coletadas entre março de 2008 e março de 2009, a cada três meses, totalizando cinco datas de amostragem: março de 2008 (mar.08), junho de 2008 (jun.08), setembro de 2008 (set.08), dezembro de 2008 (dez.08) e março de 2009 (mar.09). Em cada local foram tomadas 9 amostras (monólitos de solo de 25 x 25 cm a 20 cm profundidade), usando um transeito linear, com distância mínima entre as amostras de 10m, para evitar a auto-correlação. A amostragem está baseada no método TSBF (Tropical Soil Biology and Fertility Method) de acordo com Anderson e Ingram (1993). Os monólitos foram ensacados, etiquetados e encaminhados para o Laboratório de Entomologia da Universidade Estadual de Londrina. No laboratório foi realizada a triagem manual das minhocas, que foram fixadas em formol 5%, pelo menos por dois meses e depois foram transferidas e mantidas em solução de álcool 70%. As minhocas foram contadas, pesadas e identificadas em nível de família, gênero e espécie, quando possível. e. Foram utilizadas para identificação chaves de identificação e descrição de famílias, gêneros e espécies segundo Righi (1990, 1995) e Blakemore (2002). Foram separados e contados os casulos de minhocas encontradas. Os valores obtidos para as variáveis abundância e biomassa foram expressos em ind m⁻² e g m⁻², respectivamente.

A partir dos dados obtidos para a abundância e espécies foi calculado o índice de diversidade de Shannon (H') (ODUM, 1983). Após a identificação das espécies foi calculada a riqueza de espécies, ou seja, o número de espécies de minhocas que ocorreram por área em cada data de coleta e para a média anual. Não foram consideradas as minhocas identificadas como spp. e juvenis. Porém, quando foi encontrada apenas spp. ou juvenis e nenhuma outra espécie no local, considerou-se existir uma espécie.

As amostras de solo, quatro por área, foram coletadas durante a amostragem de setembro de 2008 em profundidade de 0 a 20 cm para análise de atributos químicos: pH CaCl₂ (pH), alumínio (Al³⁺), alumínio trocável (Al + H), potássio (K⁺), cálcio (Ca²⁺), magnésio (Mg²⁺), fósforo (P) e carbono (C), sendo

realizadas de acordo com a Embrapa (1999b) e atributos físicos: densidade do solo, macroporosidade, microporosidade, porosidade total, granulometria e textura, de acordo com Embrapa (1997).

3.3.3 Análise dos Dados

Todas as variáveis foram submetidas ao teste de normalidade (Shapiro-Wilk). As variáveis biológicas (abundância, biomassa, abundância de cada espécie e riqueza de espécies) foram submetidas à análise de variância (Kruskal-Wallis) e teste de médias (Dunn) ($P < 0,05$) utilizando o programa Bioestat 5.0 (AYRES et al., 2007).

O índice de Shannon foi calculado utilizando o programa Biostat 5.0 e seus resultados foram comparados por meio de contraste utilizando o teste t, segundo Pielou (1975). Para o cálculo do índice, foram excluídos os dados obtidos como indivíduos juvenis.

Os dados obtidos para os atributos químicos e físicos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e comparação de médias (Tukey) ($P < 0,05$), utilizando o programa Sisvar (FERREIRA, 2003).

Os dados biológicos (abundância, biomassa e espécies de minhocas) foram utilizados para obter o comprimento do gradiente (DCA). Como este comprimento foi menor do que três (resposta linear), optou-se por utilizar a Análise de Redundância (RDA) para explorar as correlações entre a média anual das variáveis biológicas (espécies, abundância total, biomassa total, número de espécies) e as variáveis ambientais (químicas: C e K). O teste de permutações de Monte Carlo foi utilizado para testar estatisticamente as correlações entre as variáveis biológicas e ambientais. Essas análises foram realizadas utilizando o programa CANOCO 4.5 (TER BRAAK; ŠMILAUER, 2002).

3.4 RESULTADOS

3.4.1 Atributos Químicos e Físicos do Solo

Verificou-se diferença significativa entre os valores dos atributos do solo da floresta (F) e das áreas agrícolas (P, C, PD e PDS) (Tabela 3.1 e 3.2). A área F possuiu os teores mais elevados de carbono, alumínio e alumínio trocável e os menores valores de pH e menores conteúdos de potássio, cálcio, magnésio e fósforo (Tabela 3.1). Quimicamente, a área C (plantação de café) foi mais próxima às condições da floresta.

Tabela 3.1 – Atributos químicos do solo das áreas em estudo em profundidade de 0 – 20 cm.

Áreas	pH CaCl ₂	Al	H + Al	K	Ca	Mg	P	C
		cmol _c dm ⁻³						mg dm ⁻³
F	4,2c*	2,0a	8,9a	0,2c	2,2b	1,0c	4,1c	32,1a
P	5,4b	0,3bc	4,5bc	0,7a	6,3a	2,7a	15,1b	22,7b
C	4,5c	0,9b	5,8b	0,3bc	2,6b	1,7a	1,9c	24,0b
PD	5,5b	0,1c	4,2c	0,6a	7,8a	1,5bc	56,0a	20,2bc
PDS	6,6a	0,0c	2,4d	0,4b	9,5a	2,7a	3,4c	17,5c

*Valores acompanhados por diferentes letras minúsculas na mesma coluna representam diferenças significativas entre as áreas pelo teste Tukey, ($P < 0,05$). (F = floresta; P = pastagem; C = plantação de café; PD = plantio direto; PDS = plantio direto subsolado)

A área P (pastagem) se aproximou das áreas de plantio direto (PD) e plantio direto subsolado (PDS). Os antecedentes históricos da área P explicam algumas semelhanças com as áreas de culturas anuais. Esta área ainda possuiu características da época em que era utilizada sob cultivo de culturas anuais (à quase 20 anos), através dos valores elevados dos teores de potássio, cálcio, magnésio e fósforo, que são resultados de adubação química.

Para os atributos físicos, novamente a área F se distinguiu significativamente das demais. Como esperado para os sistemas naturais, a área F apresentou valores mais baixos para densidade do solo e microporosidade e elevados para macroporosidade e porosidade total. Todas as áreas apresentaram textura argilosa, sendo que na área C houve os teores mais elevado de argila (834 g kg⁻¹), comparado à área PDS (785 g kg⁻¹) (Figura 3.2).

Tabela 3.2 – Atributos físicos do solo das áreas em estudo em profundidade de 0 – 20 cm.

Áreas	Densidade	Macro-porosidade	Micro-porosidade	Porosidade total	Argila	Silte	Areia	Textura
	g cm^{-3}		%		g kg^{-1}			
F	0,9b*	27,5a	41,9b	69,5a	828ab	44a	129a	Argilosa
P	1,1a	16,5b	49,6a	66,1ab	814abc	54a	133a	Argilosa
C	1,1a	17,2b	48,1a	65,3ab	834a	51a	115a	Argilosa
PD	1,2a	16,7b	47,3a	64,0b	788bc	69a	144a	Argilosa
PDS	1,2a	11,8b	49,0a	60,8b	785c	85a	130a	Argilosa

*Valores acompanhados por diferentes letras minúsculas na mesma coluna representam diferenças significativas entre as áreas pelo teste Tukey ($P < 0,05$). (F = floresta; P = pastagem; C = plantação de café; PD = plantio direto; PDS = plantio direto subsolado)

3.4.2 Abundância e Biomassa de Minhocas

A abundância total de minhocas apresentou diferenças significativas entre as áreas nas seguintes datas de coleta: mar.08, jun.08 e set.08 (Tabela 3.3). As maiores densidades foram observadas na área P: 84, 199, e 204 ind m^{-2} respectivamente, e as menores na área C: 4, 2 e 9 ind m^{-2} respectivamente (Tabela 3.3). Em dez.08, mesmo sem diferença significativa, a área P manteve as maiores densidades, seguida pelas áreas F e PD, enquanto nas áreas C e PDS não foram encontradas minhocas, nesta data de coleta. Em mar.09, também não houve diferenças significativas, no entanto os valores mais elevados foram observados nas áreas sob cultivo anual (PD e PDS, 11 e 20 ind m^{-2}), enquanto as áreas F, P e C apresentaram abundância reduzida e semelhante de minhocas (2, 2 e 4 ind m^{-2}). Quando comparada a mesma área, nas diferentes datas de amostragem, apenas a área P apresentou diferenças significativas ao longo do tempo, com o pico de abundância de minhocas em set.08 (204 ind m^{-2}), mas com uma grande diminuição da população em dez. 08 e mar.09 (34 e 2 ind m^{-2}).

Um padrão semelhante foi observado para a biomassa total de minhocas. Entre as áreas na mesma data de amostragem, houve apenas diferenças significativas em jun.08 e set.08 (Tabela 3.3). Ambas as datas tiveram a área P apresentando as maiores biomassas (4,72 e 20,26 g m^{-2}), seguida pela área F (1,09 e 2,47 g m^{-2}). Novamente a área C apresentou os menores valores, com biomassas totais de 0,02 e 0,09 g m^{-2} . Diferenças na mesma área, nas diferentes datas de amostragem foram observadas apenas na área P, com os valores mais elevados em

set.08, seguido por jun.08, dez.08, mar.08 e mar.09 ($20,26 > 4,72 > 3,31 > 2,89 > 0,02$ g m⁻²). As áreas F, C e PDS tiveram picos de abundância em set.08, enquanto que a área PD teve picos em mar.08 e jun.08 (0,30 e 0,26 g m⁻²). Nas demais datas de amostragens as biomassas totais de minhocas se mantiveram entre 0,15 e 0,18 g m⁻² (Tabela 3.3).

Não foram observados casulos de minhocas nas áreas agrícolas (PD, PDS e C) nas diferentes datas de coleta e nas áreas F e P (floresta e pastagem) em mar.08, jun.08 e mar.09 não foram encontrados casulos. No entanto, em set.08 foram encontrados 7 e 91 casulos m⁻², respectivamente. Em dez.08, na área P foram observados 9 casulos m⁻² somente em P (Figura 3.3).

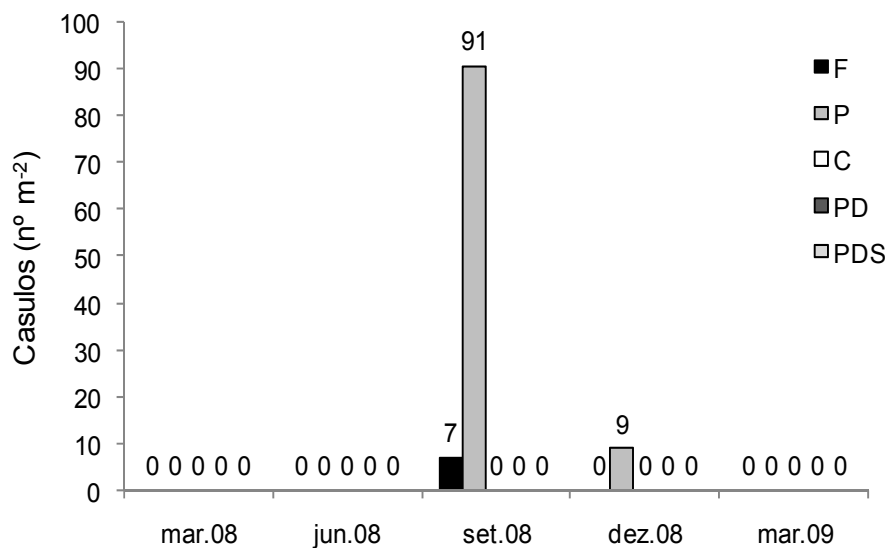


Figura 3.3 – Casulos de minhocas nas áreas de floresta (F) e pastagem (P) na diferentes épocas de coleta.

3.4.3 Diversidade de Espécies de Minhocas

A riqueza de espécies variou entre as áreas em todas as datas de amostragem, sendo que em jun.08 e set.08 verificou-se diferenças significativas, respectivamente na seqüência $P > F > PDS > PD > C$ ($5 > 4 > 3 > 2 > 1$) e $P > F = PDS > C > PD$ ($6 > 3 = 3 > 2 > 1$) (Tabela 3.3). Dentro da mesma área ao longo do tempo, apenas a área do P apresentou diferenças significativas, com o maior número de espécies em

jun.08 e set.08. Mas é importante notar que em mar.09 a área não apresentou espécies identificadas, sendo encontrados alguns exemplares juvenis.

O número total anual de espécies de minhocas nas áreas foi: sete espécies na área P - três da família Glossoscolecidae: *Fimoscolex* n.sp. e *Glossocolex* n.sp. (espécies nativas e novas espécies), *Pontoscolex corethrurus* (exótica), três da família Acanthodrilidae: *Dichogaster gracilis*, *D. affinis*, *D. saliens* (exóticas) e uma Nlsp. (espécie não identificada); seis espécies na área PD - duas da família Glossoscolecidae: *P. corethrurus*, *Fimoscolex* n.sp., duas da família Acanthodrilidae: *D. affinis*, *D. saliens* e duas da família Ocnerodrilidae: *Belladrilus (Santomesia) emilianii* e *Belladrilus* sp.1 (nativas); cinco espécies na área F - duas da família Glossoscolecidae: *P. corethrurus* e *Urobenus* sp. (nativa), uma da família Acanthodrilidae: *D. affinis* e duas da família Ocnerodrilidae: *Belladrilus* sp.1 e *Belladrilus* sp.2 (nativas); três espécies na área PDS - uma da família Acanthodrilidae: *D. saliens* e duas da família Ocnerodrilidae: *B. (S.) emilianii* e *Belladrilus* sp.1; e duas espécies na área C - uma da família Acanthodrilidae: *D. saliens* e uma da família Ocnerodrilidae: *B. (S.) emilianii*.

O índice de diversidade de Shannon, em mar.08 foi expressivo na área P e PD, em jun.08 e dez.08 nas áreas P e F e com menor valor em PD e em set.08 nas áreas P e F e com menores valores em PD e PDS. Em mar.09 apenas PD obteve valor no índice. As áreas que apresentam um traço (-) na tabela 3.3 para o índice de Shannon, são áreas que não apresentaram minhocas ou apresentaram somente indivíduos juvenis (C e DPS em dez.08 e P e C em mar.09). As áreas que apresentaram valor 0, não apresentam diversidade, ou seja, ocorreu somente uma espécie de minhoca (MT, C e PDS em mar.08, C em jun.08 e set.08, PD em dez.08 e MT e PDS em mar.09), . A área C ou obteve valor 0 para o índice de diversidade ou não foram encontradas minhocas (-). Foram encontradas diferenças significativas para o índice de Shannon (índice de diversidade) quando avaliado anualmente. O índice foi significativamente ($P < 0,01$) diferente entre todas as áreas, sendo o maior índice de diversidade observado em P e o menor em C, seguindo a ordem decrescente $P > PD > F > PDS > C = 0,75 > 0,70 > 0,53 > 0,34 > 0,22$, respectivamente (Tabela 3.3).

Na tabela 3.3 verificou-se também a abundância de cada espécie, nas datas de amostragem e nas diferentes áreas, além de uma média anual da abundância das espécies em cada área. A única ocorrência significativa ao longo do

tempo foi de *D. gracilis*, na área P. As espécies com maior abundância foram *P. corethrurus* e as espécies do gênero *Dichogaster*.

Tabela 3.3 – Abundância das espécies de minhocas, abundância total, biomassa total, valores do índice de Shannon e da riqueza de espécies nas diferentes áreas em diferentes datas de amostragem e a média anual.

Data de amostragem	Áreas	Famílias e espécies de Oligochaeta												Abundância total (ind m ⁻²)	Biomassa total (g m ⁻²)	Índice de Shannon	Riqueza de espécies	
		Glossoscolecidae				Acanthodrilidae				Ocneroдрilidae			NI sp.					JUV
		Fim	Glo	Uro	Pcor	Daff	Dgra	Dsal	Dspp	Bemi	Bsp1	Bsp2						
		-----nativas-----	exótica	-----exótica-----				-----nativas-----			?							
Mar.08	F	-*	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	9	11ab**	0,05	0	1	
	P	5	11	-	-	-	25AB	16	7	-	-	-	20	84aABC	2,89AB	0,54a	4BCD	
	C	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-	4b	0,03	0	1	
	PD	2	-	-	-	-	4	-	4	2	-	-	12	23ab	0,30	0,45b	3	
	PDS	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	-	5	9ab	0,03	0	1	
Jun.08	F	-	-	4	5	-	-	-	-	-	2	2	9	21ab	1,09ab	0,55a	4ab	
	P	-	7	-	-	14	53A	-	78	-	-	-	37	199aC	4,72aB	0,45b	5aAB	
	C	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	2b	0,02b	0	1b	
	PD	4	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	7	12b	0,26b	0,28c	2b	
	PDS	-	-	-	-	-	-	4	-	4	2	-	5	14b	0,16b	0,46b	3b	
Set.08	F	-	-	5	12	-	2	-	-	-	-	-	9	28ab	2,47ab	0,37b	3ab	
	P	30	2	-	46	-	4B	30	11	-	-	-	82	204aC	20,26aB	0,54a	6aA	
	C	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	-	5	9b	0,09b	0	1b	
	PD	-	-	-	-	-	-	-	-	9	2	-	7	18ab	0,18b	0,20c	2b	
	PDS	-	-	-	-	-	-	2	-	7	-	-	11	20ab	0,18b	0,22c	3ab	
Dez.08	F	-	-	-	4	-	2	-	-	-	-	-	-	6	0,42	0,28a	2	
	P	-	-	-	9	-	0B	7	-	-	-	-	18	34AB	3,31AB	0,30a	2ABCD	
	C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	PD	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	2	0,17	0	1	
	PDS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Mar.09	F	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	2	0,11	0	1	
	P	-	-	-	-	-	0B	-	-	-	-	-	2	2A	0,02A	-	0A	
	C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	4	0,02	-	-	
	PD	-	-	-	2	-	2	2	-	-	-	-	5	11	0,15	0,48	4	
	PDS	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	18	20	0,09	0	1	
Média anual	F	-	-	2	5	-	1	-	-	-	1	0,5	5	14	0,83	0,53c	5	
	P	7	4	-	11	3	16	11	19	-	-	-	32	105	6,24	0,75a	7	
	C	-	-	-	-	-	-	0,5	-	1	-	-	2	4	0,03	0,22e	2	
	PD	1	-	-	1	-	1	0,5	1	2	0,5	-	6	13	0,21	0,73b	6	
	PDS	-	-	-	-	-	-	1	-	3	0,5	-	8	12	0,09	0,34d	3	

* Não foram encontradas minhocas. **Valores em negrito apresentaram diferenças significativas, utilizando análise de variância Kruskal-Wallis e teste de média Dunn ($P < 0.05$). Letras minúsculas mostram diferenças entre os manejos na mesma data de amostragem e letras maiúsculas mostram diferenças entre o mesmo manejo nas diferentes datas de amostragem. (F = floresta; P = pastagem; C = plantação de café; PD = plantio direto; PDS = plantio direto subsolado; Fim = *Fimoscolex* sp.; Glo = *Glossoscolex* sp.; Uro = *Urobenus* sp.; Pcor = *P. corethrurus*; Daff = *Dichogaster affinis*; Dgra = *D. gracilis*; Dsal = *D. saliens*; Dspp = *Dichogaster* spp.; Bemi = *Belladrilus (S) emilianii*; Bsp1 = *Belladrilus* sp.1.; Bsp2 = *Belladrilus* sp.2.; Nlsp = espécie não identificada; JUV = juvenis)

3.4.4 Análise de Redundância

Na figura 3.4 observa-se o resultado da análise de redundância (RDA) que analisa as correlações as variáveis biológicas (abundâncias de cada espécie, abundância total, biomassa total e número de espécies) e as variáveis ambientais (químicas: K e C). Houve correlação significativa ($P < 0,04$) entre as variáveis ambientais C e K e os dados biológicos. Os dados ambientais (C e K) explicam 15,7% dos resultados biológicos, sendo que 64,4% deles estão representados no primeiro eixo.

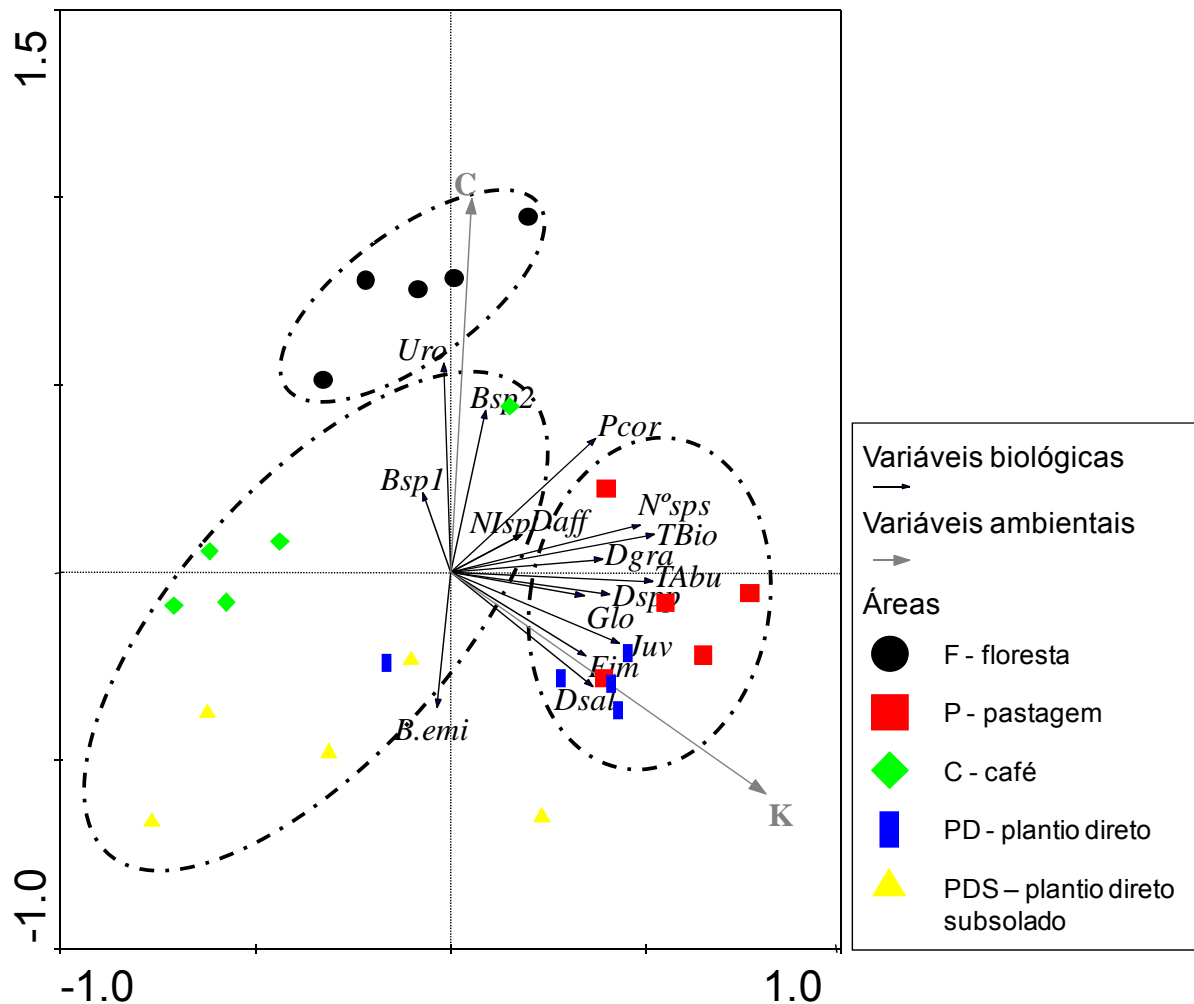


Figura 3.4 – Análise de redundância (RDA) utilizando a média anual dos dados para as variáveis correlacionadas (teste de permutação de Monte-Carlo, $P < 0.02$) com variáveis ambientais (atributos químicos e físicos do solo) das áreas (F, P, C, PD e PDS).

A RDA separou as áreas em 3 grupos (Figura 3.4):

A área floresta apresenta maior abundância de minhocas das espécies: *Belladrilus* sp.1 (Bsp1), *Belladrilus* sp.2 (Bsp2) e *Urobenus* sp. (Uro). Possuindo também relações com *P. corethrurus* (Pcor). Estas espécies e a área possuem forte correlação significativa ($P < 0,04$) com o teor de carbono (C).

As áreas pastagem (P) e plantio direto (PD), estão relacionadas com maior diversidade (Nºsps), com a abundância total (TAbun), biomassa total (TBio) e as espécies: *D. gracilis* (Dgra), *D. affinis* (Daff), *D. saliens* (Dsal), *Glossocolex* sp. (Glo) *Fimoscolex* sp. (Fim), juvenis (Juv), *P. corethrurus* (Pcor) e a espécie não identificada (Nlsp). Estes dados biológicos e a área possuem forte correlação ($P < 0,02$) com os teores de potássio (K).

As áreas plantação de café (C) e o plantio direto subsolado (PDS) estão próximas e relacionadas com a espécie *Belladrilus* (S.) *emilianii* (B.emi) e *Belladrilus* sp.1 (Bsp1). Estas espécies e as áreas não possuem correlação com os atributos químicos carbono (C) e potássio (P).

3.5 DISCUSSÃO

Lavelle e Spain (2001) consideram que a umidade do solo é uma limitação importante para as minhocas e as atividades de distribuição. Para sobreviver por longos períodos de seca, algumas espécies desenvolveram adaptações, tais como quiescência ou mesmo diapausa (BOUCHÉ, 1984). Enquanto outras espécies podem migrar até profundidades de 1 a 2 metros para escapar das condições de seca nos horizontes superiores do solo (LAVELLE; SPAIN, 2001). Mas este tipo de estratégia foi pouco observado no presente estudo.

Em praticamente todas as datas de amostragem e na média anual, as oscilações da abundância, da biomassa e da diversidade de espécies das populações de minhocas apresentaram a seguinte seqüência entre as áreas: P>F>PD>PDS>C. As abundâncias e biomassas foram mais elevadas no final do inverno, em geral o período de menores pluviosidades, enquanto os menores valores ocorreram na estação chuvosa, que é a época de alta atividade das minhocas nos trópicos.

Ao longo do ano em que foram realizadas as amostragens, houve déficits hídricos (chuvas abaixo da média) em relação às médias históricas, segundo dados do IAPAR (2010), figura 3.2 (pg. 50), na maioria dos meses em que o estudo foi realizado. No entanto, é comum quedas na pluviosidade, nesta região, nos meses de junho, julho e agosto (CORRÊA et al, 1982;. IAPAR, 2010) e, teoricamente, isso deveria resultar na redução das populações de minhocas no final deste período, ou mesmo após.

Também é possível observar que houveram chuvas acima da média em determinados meses, com em abril de 2008 e agosto de 2008, o que pode ter influenciado a dinâmica das populações de minhocas, podendo assim explicar a alta densidade populacional nos meses de junho de 2008 e setembro de 2008.

Nunes et al. (2006) encontraram resultados semelhantes (inverno - estação seca - com densidade superior a do verão - estação chuvosa) para um fragmento de floresta e pastagens (mais de 17 anos de idade) em Jaguapitã, próximo a Rolândia, Paraná. Também Bartz et al. (2009) encontraram maior abundância e biomassa em ambas as plantações de café orgânico e convencional em estação seca na região de Lerroville, a 30 Km de Londrina.

Os valores mais elevados da abundância de minhocas, na área de pastagem, ao longo do tempo e entre os diferentes sistemas de uso da terra, concordam também com os resultados encontrados por Nunes et al. (2006), em Jaguapitã. Uma área de pastagem variou de 3 a 90 ind m⁻² e em outra área os valores observados pelos autores foram bastante superiores (161 a 739 ind m⁻²) aos do presente estudo (2 a 204 ind m⁻²), nas diferentes épocas de amostragem. No entanto, a pastagem que apresentou altas densidades no referido trabalho se localiza em área de baixo declive, próximo a um riacho, estando comumente encharcada, o que beneficia as populações de minhocas.

Benito et al. (2008) também realizaram amostragens de macrofauna do solo em junho e julho de 1996 na mesma propriedade mas em talhões diferentes. Os autores encontraram maiores densidades de minhocas na área de reflorestamento, seguido pela área sob plantio direto e pela pastagem. A abundância de minhocas no estudo de Benito et al. (2008), foi bastante elevada nas áreas de reflorestamento e de plantio direto (295 e 57 ind m⁻²) em comparação com as área de floresta e plantio direto do presente trabalho (21 e 12 ind m⁻²). Mas o oposto foi

observado na pastagem, 38 ind m⁻² no trabalho de Benito et al. (2008) e 199 ind m⁻² no presente estudo, na mesma época de amostragem (estação seca – inverno).

Quanto à riqueza de espécies encontradas no presente estudo, a área P apresentou o maior número de espécies (sete) (Tabela 3.3). No entanto, é possível considerar a ocorrência de mais uma espécie na área P, totalizando oito espécies para esta área. Em setembro de 2008, fazendo uma amostragem qualitativa próxima aos pontos da amostragem TSBF, foi encontrado um exemplar de *Amyntas gracilis* (exótica), família Glossocolecidae (M.L.C. Bartz, 2009, observação pessoal). É importante salientar que nesta área, foram encontradas duas novas espécies nativas (*Fimoscoslex* sp. e *Glossocolex* sp.). A nova espécie *Fimoscolex* n.sp. também foi encontrado na área PD.

Em parte, os resultados deste estudo contrastam com os de Lavelle et al. (1999), onde eles citam que as culturas anuais (estabelecidas em áreas desmatadas) apresentam menor biomassa e diversidade muito baixas. E que as populações de minhocas desaparecem com o passar do tempo, pois espécies nativas raramente resistem às grandes perturbações, quando não são substituídas por espécies exóticas adaptáveis (LAVELLE et al., 1999). Os autores, citam também que pastagens são funcionalmente semelhantes às savanas, sendo altamente favoráveis para o desenvolvimento das populações de minhocas, quando são estabelecidas em áreas de floresta, com uma pluviosidade anual elevada e desde que as espécies adaptáveis estejam presentes.

A pastagem do presente estudo foi estabelecida após pelo menos 10 anos de culturas anuais sob preparo convencional na mesma área, e mesmo assim foi possível encontrar novas espécies nativas. A maior diversidade em pastagens também foi observada por Nunes et al. (2006), com sete a oito espécies por área. Brown e James (2007) apresentam um intervalo de 1 a 11 espécies que podem ocorrer em pastagens, com uma proporção semelhante de espécies nativas e exóticas (1,1:1), e em agroecossistemas anuais e perenes, um intervalo de 1 a 6 espécies de minhocas, com predominância de espécies exóticas em relação às nativas (1,5:1).

Em geral, nos dados disponíveis para os diferentes ecossistemas e regiões do Paraná (SAUTTER et al., 2007), apontam que a abundância de minhocas e biomassa são mais elevadas em áreas sob plantio direto (PD) e cultivo mínimo (CM) do que em áreas sob preparo convencional (PC). Na região de Londrina, foram

encontradas as maiores densidades (8-240 ind m⁻²) e biomassa (0,12-12,15 g m⁻²) de minhocas em PD e CM em comparação com PC (16-52 ind m⁻² e 0,19, 1,98 g m⁻²). De todos os resultados estudados as pastagens sempre apresentaram a maior abundância e biomassa (33-189 ind m⁻² e 1,49-11,44 g m⁻²) de minhocas (SAUTTER et al, 2007).

Em agroecossistemas amostrados no norte do Paraná (pastagens, cultivos anuais e perenes), foram encontrados principalmente minhocas dos gêneros *Dichogaster* e *Pontoscolex*, embora mesmo espécies nativas dos gêneros *Andiorrhinus*, *Belladrilus*, *Glossoscolex* e *Fimoscolex* também estejam presentes, mas em baixas densidades (SAUTTER et al., 2007). No presente estudo, quase todos os gêneros citados por Sautter et al. (2007) foram encontrados nos agroecossistemas. Além disso, o gênero *Amyntas*, geralmente encontrado em áreas de plantio direto na região centro-leste do Paraná (BROWN et al., 2003), uma espécie exótica/invasora (BROWN et al., 2006) e dependente de elevados teores de matéria orgânica, foi encontrada somente na área P, em uma amostragem qualitativa, provavelmente devido à alta quantidade de matéria orgânica e estabilidade do sistema (menor revolvimento do solo).

Os ecossistemas naturais comumente possuem maior diversidade de espécies, quando comparados aos ecossistemas agrícolas (FRAGOSO et al., 1999). Porém, no norte do Paraná, a abundância e diversidade de minhocas tende a ser baixa e dominada por pequenas espécies (glossoscolecídeos e ocnodrilidos) (JAMES; BROWN, 2006; BROWN et al 2004). Nunes et al. (2006) encontraram apenas duas espécies em um fragmento de floresta. Os autores atribuem esse resultado ao estado de degradação do local, considerado uma floresta secundária. Brown e James (2007) apresentam um intervalo de 2 a 10 espécies que podem ocorrer em florestas primárias, com uma proporção de 20:1 de espécies nativas para exóticas. Sautter et al. (2007) citam o predomínio de minhocas endogeicas e epigeicas, principalmente dos gêneros *Urobenus* e *Glossoscolex*, respectivamente, nas florestas nativas do norte do Paraná. Ambos os gêneros não foram encontrados em sistemas de cultivos anuais, provavelmente devido ao revolvimento do solo ou a falta de uma camada de serapilheira densa e diversificada, necessária para a sobrevivência das espécies epigeicas (SAUTTER et al., 2007).

As quedas acentuadas na abundância, biomassa e conseqüentemente na riqueza de espécies em dez.08 e mar.09, neste estudo, não

poderiam ser explicadas totalmente pelas oscilações de temperatura e pluviosidade (Figura 3.1). No presente trabalho, especialmente duas áreas, P e PD, apresentam fatores importantes no histórico de manejo que podem explicar algumas dessas variações nas densidades, biomassas e riqueza de espécies das populações de minhocas. A área P foi reduzida quase pela metade em mai.08, sendo a amostragem seguinte (set.08) realizada na parte não manejada da pastagem. Mas, em novembro de 2008, os proprietários decidiram converter o restante também em cultura anual. Foi necessária a utilização de maquinário pesado para preparação da área através de gradagem e aração, para eliminação da pastagem e também para romper uma camada de compactação do solo devido ao pisoteio do gado. Este manejo com alto impacto físico no solo é muito prejudicial aos organismos do solo, especialmente as minhocas, atingindo também camadas inferiores do solo e, conseqüentemente, expondo as minhocas a insolação e predação (EDWARDS; BOHLEN, 1996).

Nunes et al. (2006) também avaliaram uma área de pastagem convertida em plantação de culturas anuais, e os resultados são muito semelhantes aos encontrados neste estudo. Como esperado, as áreas apresentam elevada queda na abundância, biomassa e diversidade das minhocas.

A área PD sofreu uma influência semelhante, não por manejo físico do solo, mas pela considerável redução de área, de 40 para apenas 2 hectares, os quais apresentam ainda a influência de bordadura de uma estrada rural vicinal, além do uso excessivo de insumos (agrotóxicos).

Já a área C está caracterizada por possuir a menor abundância, biomassa e diversidade de espécies em todas as datas de coleta e em relação às outras áreas. Anteriormente, para o cultivo de café na região foi muito utilizado BHC (1, 2, 3, 4, 5, 6-Hexaclorociclohexano) e outros agrotóxicos tóxicos para as minhocas (PAOLETTI, 1999, EDWARDS; BOHLEN, 1996), como inseticidas organoclorados, carbamatos e os fungicidas à base de cobre (O. Giocondo, comunicação pessoal; AMBROVAY, 1999). Provavelmente esta área possui um acúmulo ou efeito residual destes produtos que podem ainda estar refletindo sobre as populações de minhocas.

3.6 CONCLUSÕES

As diferenças entre as áreas são explicadas pelo tipo de manejo do solo: menor perturbação reflete uma maior atividade das comunidades de minhoca (F – floresta e P – pastagem), enquanto impactos antrópicos (físicos e químicos) promovam menor atividade das minhocas (PD – plantio direto, PDS – plantio direto subsolado e C – café), apesar de ser encontrada alta diversidade na área sob plantio direto.

3.7 AGRADECIMENTOS

A doutoranda M.L.C. Bartz agradece a CAPES pela concessão de bolsa de doutorado. Os autores agradecem o apoio financeiro da Fundação Agrisus (divulgação dos resultados em eventos científicos). Assim como ao agricultor Sr. Octavio Giocondo (proprietário da Fazenda São José) e ao Sr. Adrian von Treuenfels, gerente da Agropecuária Solana (proprietários da Fazenda Rhenânia) pela oportunidade em realizar este estudo em suas propriedades.

3.8 REFERÊNCIAS

- ABRAMOVAY, R.. **O tortuoso caminho da sustentabilidade: tendências recentes da agricultura na Região Sul**. São Paulo: USP. 1999. Disponível em: <http://www.abramovay.pro.br/outros_trabalhos/1999/O_tortuoso_caminho.pdf>. Acesso em: 30 dez. 2010.
- ANDERSON, J.M.; INGRAM, J.S.I. **Tropical soil biology and fertility: a handbook of methods**. 2. ed. Wallingford: CAB International, 1993. 221p.
- AYRES, M.; AYRES JÚNIOR, M.; AYRES, D.L.; SANTOS, A.S. **Bioestat 5.0: aplicações estatísticas nas áreas das ciências biológicas e médicas**. Belém: Sociedade Civil Mamirauá, 2007. 364p.
- BAROIS, I.; LAVELLE, P.; BROSSARD, M.; TONDOH, J.; MARTINEZ, M.; ROSSI, J.; SENAPATI, B.; ANGELES, A.; FRAGOSO, C.; JIMENEZ, J.; DECÄENS, T.; LATTAUD, C.; KANONYO, J.; BLANCHART, E.; CHAPUIS, L.; BROWN, G.; MORENO, A. Ecology of earthworms species with large environmental tolerance and or extended distributions. In: LAVELLE, P.; BRUSSAARD, L.; HENDRIX, P. (Ed.)

Earthworms management in tropical agroecosystems. Wallingford, UK: CABI International, 1999. p.57-85.

BARTZ, M.L.C., BROWN, G.G., PASINI, A., FERNANDES, J. DE O., CURMI, P., DORIOZ, J., RALISCH, R. Earthworm communities in organic and conventional coffee cultivation. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, p. 928-933, 2009.

BENITO, N. P. **Interferência de sistemas de cultivo sobre as populações da macrofauna invertebrada do solo.** 2002. 71 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2002.

BENITO, N.P. **Diversidade da macrofauna invertebrada do solo em áreas agrícolas de Jaguapitã – PR.** 2005. 89 f. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2005.

BENITO, N. P.; GUIMARÃES, M.DE F.; PASINI, A. Caracterização de sistemas de manejo em Latossolo Vermelho utilizando parâmetros biológicos, físicos e químicos. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 29, p. 473-484, 2008.

BLAIR, J.M.; PARMELEE, R.W.; LAVELLE, P. Influences of earthworms on biogeochemistry. In: HENDRIX, P.F. (Ed.) **Earthworm Ecology and Biogeography.** Boca Raton: Lewis, 1995. p. 127-158.

BLAKEMORE, R.J. **Cosmopolitan earthworms:** an eco-taxonomic guide to the peregrine species of the world. Kippax: VermEcology, 2002. CD-ROM.

BOUCHÉ, M.B. Subterranean behavior of the earthworms. In: BONVICINI PAGLIAI, A.M.; OMODEO, P. (Ed.). **On Earthworms.** Miuchi: Moderna, 1984. p.159-169.

BROWN, G.G.; BENITO, N.P.; PASINI, A.; SAUTTER, K.D.; GUIMARÃES, M.F.; TORRES, E. No-tillage greatly increases earthworm populations in Paraná state, Brazil. **Pedobiologia**, v. 47, p. 764-771, 2003.

BROWN, G.G.; JAMES, S.W.; SAUTTER, K.D.; PASINI, A.; BENITO, N.P.; NUNES, D.H.; KORASAKI, V.; SANTOS, E.F.; MATSUMURA, C.; MARTINS, P.T.; PAVÃO, A.; SILVA, S. H.; GARBELIN, G.; TORRES, E. Avaliação das populações e de minhocas como bioindicadores ambientais no Norte e Leste do Estado do Paraná. In: SARAIVA, O. F. (Org.). **Resultados de pesquisa da Embrapa Soja - 2003:** manejo de solos, plantas daninhas e agricultura de precisão. Londrina: Embrapa Soja, 2004. p. 33-46. (Embrapa Soja. Documentos, 253, 2004).

BROWN, G.G., JAMES, S.W., PASINI, A., NUNES, D.H., BENITO, N.P., MARTINS, P.T., SAUTTER, K.D. Exotic, peregrine and invasive earthworms in Brazil: diversity, distribution and effects on soils and plants. **Caribbean Journal of Science**, v. 42, p. 339-358, 2006.

BROWN, G. G.; JAMES, S. Ecologia, biodiversidade e biogeografia das minhocas no Brasil. In: BROWN, G.G.; FRAGOSO, F. (Org). **Minhocas na América Latina: Biodiversidade e ecologia.** Londrina: Embrapa Soja, 2007. p. 297-381.

CHAN, K.Y. An overview of some tillage impacts on earthworms population abundance and diversity implications for functioning soils. **Soil and Tillage Research**, v. 57, p. 179-191, 2001.

CHAPUIS-LARDY, L., BROSSARD, M., LAVELLE, P., SCHOULLER, E. Phosphorus transformations in a ferralsol through ingestion by *Pontoscolex corethrurus*, a geophagous earthworm. **European Journal of Soil Biology**, v. 32, p. 61-67, 1998.

CHENG, J., WONG, H.M. Effects of earthworms on Zn fractionation in soils. **Biology and Fertility of Soils**, v. 36, p. 72-78, 2002.

CLAPPERTON, M.J., MILLER, J.J., LARNEY, F.J., AND LINDWALL, C.W. Earthworm populations as affected by long-term tillage practices in southern Alberta, Canada. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 29, p.631-633, 1997.

COMPANHIA MELHORAMENTOS NORTE DO PARANÁ. **Colonização e desenvolvimento do Norte do Paraná**. São Paulo: Cia. Melhoramentos Norte do Paraná, 1975. 295p.

CORREA, A.P., GODOY, H., BERNARDES, I. **Características climáticas de Londrina**. Londrina: Fundação Insitituto Agrônomico do Paraná, 1982. 19 p. (Circular do IAPAR, 5)

DERPSCH, R. ROTH, C.H., SIDIRAS, N. E KÖPKE, U. **Controle da erosão no Paraná, Brasil: sistemas de cobertura do solo, plantio direto e preparo conservacionista do solo**. Sonderpublikation der GTZ, No. 245 Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH, Eschborn, TZ-Verlagsgesellschaft mbH, Rossdorf, 1991, 272p.

EDWARDS, C. A., BOHLEN, P. J.. **Biology and ecology of earthworms**. 3. ed. London: Chapman & Hall, 1996. 440p.

EMBRAPA. **Manual de Métodos de Análises de Solos**. Rio de Janeiro: Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos, 1997. 212p.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: Centro de Pesquisas de Solo, 1999a. 421p.

EMBRAPA. **Manual de Análises Químicas de Solos, Plantas e Fertilizantes**. Embrapa Solos, Embrapa Informática Agropecuária: SILVA, F.C. (Org). Brasília: Embrapa Transferência de Tecnologia, 1999b. 370p.

FANG, P., WENLIANG, W., QIN, X., JIAHAI, H., CHUNRU, H., PAOLETTI, M.G. Assessing bioindication with earthworms in an intensive rural landscape (Yuanqiao and Daqiao villages in subtropical China, Hubei Province), **Critical Reviews in Plant Sciences**, v. 18, p. 426-455, 1999.

FERNANDES, J.O. **Minhocas como indicadores ambientais em ecossistemas agrícolas**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2009.

FERREIRA, D.F. **Programa de análises estatísticas (Statistical Analysis Software) e planejamento de experimentos**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2003. 73p.

FRAGOSO, C.; BROWN, G.G.; PATRÓN, J.C.; BLANCHART, E.; LAVELLE, P.; PASHANASI, B.; SENAPATI, B.; KUMAR, T. Agricultural intensification, soil biodiversity and agroecosystem function: the role of earthworms. **Applied Soil Ecology**, v. 6, p. 17-35, 1997.

FRAGOSO, C.; LAVELLE, P.; BLANCHART, E.; SENAPATI, B.K.; JIMÉNEZ, J.J.; MARTINEZ, M.A.; DECAËNS, T.; TONDOH, J. Earthworm communities of tropical ecosystems: origin, structure and influence of management practices. In: LAVELLE, P., BRUSSAARD, L., HENDRIX, P. (Ed.). **Earthworm Management in Tropical Agroecosystems**. Wallingford: CAB International, 1999. p. 1-26.

FRAGOSO, C. Las lombrices de Tierra de Mexico (Annelida, Oligochaeta): Diversidad, Ecología y Manejo. **Acta Zoologica Mexicana** (ns) Número especial 1, p. 131-171, 2001.

HENDRIX, P.F.; MUELLER, B.R.; BRUCE, R.R.; LANGDALE, G.W.; PARMELEE, R.W. Abundance and distribution of earthworms in relations to landscape factors on the Georgia Piedmont, USA. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 24, p. 1357-1361, 1992.

HERNÁNDEZ-CASTELLANOS, B. **Modificaciones químicas de cuatro suelos de diferentes localidades de Veracruz, por dos espécies de lombrices (*Pontoscolex corethrurus* y *Glossoscolecidae* sp.)**. 2000. 67 f. Tese – Universidad Veracruzana, Xalapa de Enríquez, Veracruz, México, 2000.

HUERTA, E. **Étude comparative des facteurs qui déterminent la biomasse et la densité de vers de terre aux zones naturelles et anthropiques dans les sols de tropiques**. 2002. 196 p. Tese (Doutorado) – Université Paris 6 Pierre et Marie Curie. Paris, 2002.

HUERTA, E.; KAMPICHLER, C.; GEISSEN, V.; OCHOA-GAONA, S.; JOND, B.; HERNÁNDEZ-DAUMÁS, S. Towards an ecological index for tropical soil quality based on soil macrofauna. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, p. 1056-1062, 2009.

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. 2010. Disponível em: <<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=594>>. Acesso em: 24 dez. 2010.

JAMES, S.W.; BROWN, G.G. Earthworm ecology and diversity in Brazil. In: MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O.; BRUSSAARD, L. (Ed.). **Soil biodiversity in Amazonian and other Brazilian ecosystems**. Wallingford: CAB International, 2006. p. 56-116.

JONES, C.G.; LAWTON, J.H.; SHACHAK, M. Organisms as ecosystem engineers. **Oikos**, v. 69, p. 373-386, 1994.

KALE, R.D.; KARMEGAN, N. The role of earthworms in tropics with emphasis on Indian ecosystems. **Applied and Environmental Soil Science**, v. 2010, 2010.

KOEPPEN, W. **Climatologia**. México, Fundo de Cultura Econômica, 1931. 320p.

LAVELLE, P.; PASHANASI, B. Soil macrofauna and land management in Peruvian Amazonia (Yurimaguas, Loreto). **Pedobiologia**, v. 33, p. 283-409, 1989.

LAVELLE, P.; BIGNELL, D.; LEPAGE, M.; WOLTERS, V.; ROGER, P.; INESON, P.; HEAL, O.W.; DHILLION, S. Soil function in a changing world: the role of invertebrate ecosystem engineers. **European Journal of Soil Biology**, v. 33, p. 159-193, 1997.

LAVELLE, P.; BRUSSAARD, L.; HENDRIX, P. **Earthworms management in tropical agroecosystems**. Wallingford, UK: CABI International, 1999. 320p.

LAVELLE, P., SPAIN, A.V. **Soil ecology**. Dordrecht: Kluwer Academic, 2001. 688p.

MELE, P.M. CARTER, M.R. Impact of crop management factors in conservation tillage farming on earthworm density, age structure and species abundance in southeastern Australia. **Soil and Tillage Research**, v. 50, p.1-10, 1999.

NUNES, D.H.; PASINI A.; BENITO, N.P.; BROWN, G.G. Earthworms diversity in four land use systems in the region of Jaguapitã, Paraná State, Brazil. **Caribbean Journal of Science**, v. 42, p. 331-338, 2006.

ODUM, E.P. **Ecologia**. Editora Guanabara Koogan S.A., Rio de Janeiro, Brazil, 1983, 434p.

PARMELEE, R.W.; BEARE, M.H.; CHENG, W.X.; HENDRIX, P.F.; RIDER, S.J.; CROSSLEY, D.A.; COLEMAN, D.C. Earthworms and enchytraeids in conventional and no-tillage agroecosystems: a biocide approach to assess their role in organic matter breakdown. **Biology and Fertility of Soils**, v.10, p. 1-10, 1990.

PAOLETTI, M.G.; SOMMAGGIO, D.; FAVRETTO, M.R.; PETRUZZELLI, G.; PEZZAROSSA, B.; BARBAFIERI, M. Earthworms as useful bioindicators of agroecosystem sustainability in different inpurorchards. **Applied Soil Ecology**, v. 10, p. 137-150, 1998.

PAOLETTI, M. G. Using bioindicators based on biodiversity to assess landscape sustainability. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 74, p. 1-18, 1999.

PIELOU, E.C. **Ecological diversity**. New York: John Wiley, 1975. 165 p.

RIGHI, G. **Minhocas de Mato Grosso e Rondônia**. Brasília: CNPq/AED. Programa Polonoeste, 1990. 157p. (Relatório de Pesquisa, 12).

RIGHI, G. Colombian earthworms. In: VAN DER HAMMEN, T. (Ed.). **Studies on Tropical Andean Ecosystems** Cramer (Borntraeger): Berlin-Stuttgart, 1995. v. 4, p. 485-607.

SAUTTER, K.D.; BROWN, G.G.; PASINI, A.; BENITO, N.P.; NUNES, D.H.; JAMES, S. Ecologia e biodiversidade das minhocas no Estado do Paraná, Brasil. In: BROWN, G.G.; FRAGOSO, F. (Org). **Minhocas na América Latina: BIODIVERSIDADE E ECOLOGIA**. Londrina: Embrapa Soja, 2007. p. 383-396.

SOIL SURVEY STAFF. **Keys to Soil Taxonomy**. 7. ed. Washington: Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service, 1994.

TANCK, B.C.B., SANTOS, H.R., DIONÍSIO, J.R. Influência de diferentes sistemas de uso e manejo dos solos sobre a flutuação populacional de Oligochaeta edáfico *Amyntas* spp. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, p. 409-415, 2000.

TER BRAAK, C.J.F.; ŠMILAUER, P. **CANOCO reference manual and CanoDraw for Windows user's guide**: software for canonical community ordination. Version 4.5. Ithaca: Microcomputer Power, 2002.

4 ARTIGO B: LEVANTAMENTO POPULACIONAL E USO DE MINHOCAS COMO INDICADORAS DE QUALIDADE DO SISTEMA PLANTIO DIRETO NO OESTE E NORTE DO PARANÁ, BRASIL

4.1 RESUMO

O presente estudo avaliou as populações de minhocas em seis microbacias no oeste do estado do Paraná - Brasil, visando uma classificação para abundância e diversidade de minhocas em sistema plantio direto no estado do Paraná, utilizando-se dados da literatura e de populações de minhocas coletadas em 34 propriedades em 6 microbacias sob plantio direto (3 a 27 anos). As coletas foram realizadas em fevereiro de 2010 utilizando uma adaptação do método TSBF. Em cada microbacia, as minhocas foram também amostradas em áreas de fragmento de mata nativa e um reflorestamento, utilizadas como testemunha para diversidade de populações em ecossistemas naturais. A maior parte das minhocas encontradas constituía-se de espécies exóticas da família Acanthodrilidae do gênero *Dichogaster* (*D. saliens*, *D. gracilis*, *D. bolau* and *D. affinis*) e nativas da família Ocnerodrilidae (em geral *Belladrilus* sp.), sendo todas espécies de pequeno tamanho. Em algumas áreas, foram encontrados indivíduos das famílias Glossoscolecidae (*P. corethrurus*, *Glossoscolex* sp., *Fimoscolex* sp.) e Megascolecidae (*Amyntas gracilis*) em baixas densidades. *Urobenus brasiliensis* (Glossoscolecidae) foi encontrada somente nos fragmentos de mata. A riqueza de espécies por área variou de 1 – 6 espécies e o total por microbacia foi: Sanga Mineira - 4 sp., Ajuricaba - 8 sp., Facão Torto - 4 sp., Buriti - 7 sp., Pacurí - 7 sp. e Toledo - 8 sp. Nos fragmentos de mata a riqueza foi 1, 4, 4, 2, 2, e 6 sp. por microbacia, respectivamente. Nas 34 áreas sob sistema plantio a abundância de minhocas variou de 5 - 605 ind m⁻² e nas matas e reflorestamento de 10 - 285 ind m⁻². Propõem-se uma classificação para abundância e diversidade de espécie de minhocas em sistemas plantio direto em Latossolos Vermelhos e Nitossolos Vermelhos de regiões de clima Cfa do estado e norte do Paraná, Brasil: pobre ≤ 25 ind m⁻² e 1 sp., moderado > 25 e ≤ 100 ind m⁻² e 2 a 3 sp., bom > 100 e ≤ 200 ind m⁻² e 4 a 5 sp., excelente > 200 ind m⁻² e > 6 sp.

Palavras-chave: Oligochaeta. Bioindicador. Agroecossistema. Agricultura conservacionista. Biodiversidade.

ABSTRACT

This study evaluated the populations of earthworms in six watersheds in the western state of Parana - Brazil, seeking a rating for abundance and diversity of earthworms in no-till systems in the state of Paraná, using literature data and populations of earthworms collected in 34 sites in six watershed under no-till (3-27 years old). The samples were held in February 2010 using a adaptation of the TSBF method. In each watershed, the worms were also sampled in areas of forest fragments and a reforestation area, used as control for diversity of the populations in natural

ecosystems. Most earthworms encountered were exotic species of the Acanthocrilidae family and genus *Dichogaster* (*D. saliens*, *D. gracilis*, *D. bolau* and *D. affinis*) and native Ocnerodrilidae (mainly *Belladrilus* sp.) of small size. In a few sites, individuals of the Glossoscolecidae family (*P. corethrurus*, *Glossoscolex* sp., *Fimoscolex* sp.) and Megascolecidae family (*Amyntas gracilis*) were also encountered, in low densities. *Urobenus brasiliensis* (Glossoscolecidae) were found only in the forest fragments. The richness per site ranged from 1 – 6 species and the totals per watershed were: Sanga Mineira - 4 sp., Ajuricaba - 8 sp., Facão Torto - 4 sp., Buriti - 7 sp., Pacurí - 7 sp. and Toledo - 8 sp. In the forests fragments the specie richness was, 1, 4, 4, 2, 2, and 6 sp. per watershed, respectively. In the 34 no-till systems, earthworm abundance ranged from 5 - 605 ind m⁻² and in the forests and reforestation, from 10 - 285 ind m⁻². A classification of earthworm abundance and diversity in no-till systems is here proposed for the Red Latosol and Red Nitosol of warmer climate regions (West and North) of Paraná State, Brazil: poor ≤ 25 individuals per m⁻² and 1 sp., moderate > 25 to ≤ 100 ind m⁻² and 2 to 3 sp., good > 100 to ≤ 200 individuals per m⁻² and 4 to 5 sp., excellent > 200 individuals per m⁻² and > 6 sp.

Keywords: Oligochaeta. Bioindicator. Agroecosystem. Conservation agriculture. Biodiversity.

4.2 INTRODUÇÃO

O sistema de plantio direto se baseia em três princípios: cobertura permanente do solo, mínimo preparo do solo e rotações de culturas com adubação verde, atrelados ao manejo integrado de pragas. O Brasil possui atualmente mais de 25 milhões de hectares sob plantio direto (FEBRAPDP, 2010), sendo o sistema conservacionista mais adotado na agricultura do país.

O uso deste sistema resulta em um ecossistema com um menor grau de perturbação, quando comparado com outras formas de gestão que utilizam intensa mobilização do solo. Isso se justifica pelo fato de que este complexo de tecnologias exige menos trabalho e menos energia fóssil, estimula os processos de agregação do solo, reduz as taxas de mineralização da matéria orgânica, reduz a erosão e promove o controle biológico de pragas, doenças e plantas daninhas, diminuindo a utilização de agrotóxicos. Desta forma, há um significativo estímulo e recolonização da biodiversidade no solo, como no ambiente em si, resultante do menor impacto humano ao sistema (DERPSCH et al., 1991, DERPSCH; FLORENTIN, 2000, LANDERS, 2001, PIERE et al., 2002, CASÃO JUNIOR et al.,

2006). Um dos organismos mais afetados positivamente são as minhocas (BROWN et al, 2003).

As minhocas desempenham um papel predominante na formação e manutenção da estrutura do solo (LAVELLE, 1997) e produção de estruturas biogênicas (estruturas produzidas pela atividade de organismos) (LAVELLE, 1996), tais como túneis, galerias e coprólitos. Os atributos físicos e químicos dessas estruturas, bem como sua distribuição espacial e temporal, definem sua adaptabilidade como microhabitats para outros organismos e também a qualidade da camada superficial do solo, facilitando a retenção de nutrientes e a passagem de água através do perfil.

A abundância, a distribuição e a atividade das populações de minhocas variam dependendo das condições climáticas (temperatura e umidade), biológicas (tipos de vegetação e disponibilidade de alimentos) e, em especial o impacto antrópico (manejo do solo e insumos) (BOUCHÉ, 1977). Entre eles, os fatores que possuem impacto mais significativo são: a cobertura vegetal (ZOU et al., 1997), as alterações naturais e antrópicas induzidas nesta cobertura e o tipo de solo (ZOU; BASHKIN, 1998), incluindo as formas de manejo do solo e do ecossistema (KANG et al., 1994).

O uso das minhocas como indicadores de qualidade é reconhecido no meio científico (CLAPPERTON et al., 1997; PAOLETTI, 1999; HUERTA et al., 2009; KALE; KARMEGAN, 2010). Em diversos países europeus as minhocas já fazem parte de programas de monitoramento da qualidade do solo (RUTGERS et al., 2009; GRAEFE et al., 2010) e já existem manuais disponíveis para a realização do monitoramento pelos próprios agricultores, um dos mais populares é o “*Visual Soil Assessment*” (VSA), originalmente publicado por Shepherd (2000), e ampliado para uma série de agroecossistemas na Europa, num manual publicado pela FAO (SHEPHERD et al., 2008).

Porém, no Brasil, ainda não existe um programa de monitoramento da qualidade do solo em nível nacional e iniciativas para desenvolver sistemas de classificação baseado em minhocas para qualificar, por exemplo os sistemas de plantio direto, são importantes para ajudar nossos agricultores. Os dados existentes hoje são insuficientes para a elaboração de tabelas de abundância para os principais sistemas agrícolas e florestais do país, embora as minhocas sejam símbolo do sistema plantio direto no Brasil (BROWN et al, 2003).

De modo geral, os agricultores consideram as minhocas (mesmo espécies exóticas ou peregrinas) como organismos benéficos e importantes para a manutenção da fertilidade do solo (LIMA; BRUSSAARD, 2010), ainda que existam exceções (BARTZ et al., 2009; STEVENS; WARREN, 2000). As minhocas são os organismos que se destacaram pela sua presença na adoção do sistema plantio direto e acabaram por se tornarem o símbolo de associações de agricultores (antigo Clube da Minhoca, hoje Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha). Somado a isto o fato de que, segundo o conhecimento geral da população e principalmente dos agricultores, a presença das minhocas no solo é um sinal ou indício de solo saudável, de boa qualidade (LIMA; BRUSSAARD, 2010).

Este estudo é parte do “Programa de Estímulo à Qualidade do Sistema Plantio Direto na Palha na Bacia do Paraná 3”, sendo um convênio entre Itaipu Binacional e a Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha, e teve como objetivo avaliar a abundância e diversidade de minhocas em áreas sob plantio direto em diversas áreas do estado do Paraná, além de propor também uma classificação dessas áreas com base no número de minhocas e do número de espécies de minhocas encontradas.

4.3 MATERIAL E MÉTODOS

4.3.1 Levantamento de Referências sobre Minhocas (Densidade e Riqueza de Espécies)

Realizou-se a busca em resumos publicados em anais de eventos, artigos científicos publicados em periódicos, em capítulos de livros, relatórios de pesquisas e comunicações pessoais com pesquisadores (observações pessoais) reunir os dados disponíveis para abundância (número de minhocas) e diversidade (riqueza de espécies) de minhocas em regiões sob clima Cfa (Tabela 4.1).

4.3.2 Áreas de Estudo

A região do presente estudo é parte do terceiro planalto do Estado do Paraná, formada por rochas basálticas com algumas regiões de transições com o arenito Caiuá. O principal tipo de solo é o Latossolo Vermelho (Rhodic Hapludox), seguido pelo Nitossolo Vermelho (Rhodic Kandiudox) (EMBRAPA, 1999a, SOIL SURVEY STAFF, 1994). O clima da região é Cfa subtropical típico, segundo a classificação de Koeppen (1931), caracterizado pela ocorrência de verões tipicamente quentes e úmidos. A precipitação anual é inferior a 1800 mm e temperatura média anual no verão em torno de 22 ° C.

Foram amostrados um total de 34 propriedades em seis microbacias de seis municípios: cinco em Sanga Mineira (Mercedes), cinco em Ajuricaba (Marechal Cândido Rondon), quatro em Facão Torto (Entre Rios do Oeste), cinco em Buriti (Itaipulândia), cinco em Pacurí (Santa Helena) e 10 em Toledo (Toledo), respectivamente - e quatro fragmentos florestais e um reflorestamento de araucária (*Araucaria angustifolia*) utilizados como referência (Figura 4.1).

A seguir são apresentadas algumas características agrícolas de cada bacia hidrográfica:

1. Microbacia Sanga Mineira: possui a predominância de pequenas áreas agrícolas com baixa tecnificação. Existe o uso comum de equipamentos (plantadeira e subsolador) cedidos pela prefeitura da cidade. É realizada pouca rotação de culturas e a mandioca é a cultura dominante. Mas existem algumas propriedades maiores onde há produção de soja e milho, onde poucos agricultores utilizam aveia com cobertura no inverno. É comum o uso de adubação orgânica (suínos, bovinos e aves). Em pequenas áreas a produção de milho é utilizada para silagem para gado leiteiro. A maior dificuldade para realizar o plantio direto é a cultura da mandioca que requer preparo intensivo do solo para o plantio. Alguns produtores estão testando plantio direto em mandioca, mas os resultados ainda são insatisfatórios. Cada ciclo de plantio de mandioca o solo é preparado (a cada dois anos) e quando a existência de culturas anuais, entre o verão e o inverno, o solo é mantido descoberto. Alguns agricultores mencionaram o uso excessivo de agrotóxicos que acabam causando danos a suas propriedades. Outros apontam os problemas econômicos e a disponibilidade de plantadeiras/semeadoras como sendo as maiores dificuldades em adotar um plantio direto de melhor qualidade.

2. Microbacia Ajuricaba: é caracterizada por possuir pequenas propriedades, muitas das quais são arrendadas e possuem baixa tecnificação. É forte a produção de gado leiteiro e de suínos, o que implica o uso de algumas culturas para produção de silagem, especialmente milho. Por outro lado, é grande a utilização de adubação orgânica (esterco dos animais) nas plantações. Há pouca rotação de culturas e há uma predominância de culturas de soja e milho. Em geral entre o inverno e o verão, o solo é mantido descoberto. Os agricultores apontam como dificuldade para adoção de um plantio direto com qualidade a formação e manutenção de palha com cobertura no solo, a adequação de máquinas, compactação do solo e rotação de culturas economicamente viáveis. Em geral, a cada 4 ou 5 anos, os agricultores preparam o solo, justificado pela sua compactação e a necessidade da instalação da cultura (mandioca).

3. Microbacia Facão Torto: possui a predominância de pequenas e médias propriedades e média tecnificação. Nas pequenas propriedades ocorre a produção de suínos e de aves e geralmente a produção de milho é para silagem. Nas propriedades maiores há produção de soja, milho e alguns agricultores plantam aveia no inverno para cobertura. A maior parte dos agricultores não prepara o solo e utilizam muita adubação orgânica (dejetos de suínos). Existem agricultores que plantam soja após a soja para produção de sementes e algumas propriedades são somente para produção de silagem (milho e sorgo). No intervalo entre as culturas de inverno e verão o solo é mantido descoberto. As principais dificuldades identificadas pelos agricultores para adotar um plantio direto com qualidade é a formação de palhada, compactação do solo, controle de plantas daninhas e uso excessivo de agrotóxicos.

Tabela 4.1 – Número médio e espécies de minhocas encontradas em diversas regiões do Brasil em áreas sob plantio direto.

Município	Nº minhocas (ind. m ⁻²)	Nº espécies minhocas	Referência
Arapongas-PR	18 a 37	nd**	Embrapa Soja (2009)
Londrina-PR	40* a 100	3	Brown et al. (2003, 2004), Derpsch et al. (1984, 1991)
Cornélio Procópio-PR	176	nd	Brown et al. (2004)
Bela Vista do Paraíso-PR	10* a 291	nd	Brown et al. (2003), Benito (2002)
Lerrovilla-PR	48 a 240	3	Brown et al. (2004)
Rolândia - PR	3* a 214	>4	Derpsch (1991), Guimarães et al. (2002), Brown et al. (2003), Benito et al. (2008), Bartz et al. (2011, Capítulo 3 desta tese)
Cafeara-PR	6 a 42	>3	Brown et al. (2004)
Campo Mourão-PR	12 a 144	>3	Brown et al. (2004)
São Jerônimo da Serra-PR	142	1	Brown et al. (2004)
Nova Aurora-PR	50 a 238	nd	Embrapa Soja (2009)
Cascavel-PR	176	nd	Embrapa Soja (2009)
Palotina-PR	18 a 98	nd	Embrapa Soja (2009)
Guarapuava-PR	3 a 12	nd	Mafra et al. (2002)
Carambei-PR	44 a 118	3	Tanck et al. (2000), G. Brown and K. Sautter (observação pessoal, 2004)
Arapoti-PR	72 a 168	3	Peixoto e Marochi (1996), G. Brown (observação pessoal, 2004)
Ponta Grossa-PR	44 a 117	2	Voss (1986)
Castro-PR	123	nd	Ressetti (2004)
Santo Antônio de Goiás-GO	25 a 250	3	G. Brown (observação pessoal, 2004)
Santa Helena-GO	288 a 340	nd	Minette (2000), G. Brown (observação pessoal, 2004)
Planaltina-GO	164	nd	Marchão et al. (2009)
Taciba-SP	138	>2	Brown et al. (dados não publicados)
Dourados-MS	6 a 264	nd	Da Silva et al. (2006), Aquino et al. (2000)
Seropédica-RJ	67 a 320	nd	Rodrigues et al. (2004), Aquino (2001)
Teutônia-RS	28* a 299	2	Krabbe et al. (1993, 1994)
Chapecó - SC	150 a 625	nd	Baretta et al. (2003)
<i>Marechal Cândido Rondon</i>	<i>40 a 605</i>	<i>1 a 4</i>	Este trabalho
<i>Entre Rios do Oeste</i>	<i>10 a 295</i>	<i>1 a 6</i>	Este trabalho
<i>Toledo</i>	<i>20 a 285</i>	<i>2 a 4</i>	Este trabalho
<i>Itaipulândia</i>	<i>10 a 85</i>	<i>1 a 6</i>	Este trabalho
<i>Santa Helena</i>	<i>25 a 285</i>	<i>1 a 5</i>	Este trabalho
<i>Mercedes</i>	<i>5 a 235</i>	<i>1 a 4</i>	Este trabalho

Fonte: Brown e James (2007) tomando várias fontes. Os municípios em negrito são considerados apresentando clima (Cfa) e solo semelhantes comparados à região oeste do Paraná. Os municípios em itálico são os do presente estudo. *Indica amostras tomadas em estação seca. ** Dado não disponível.

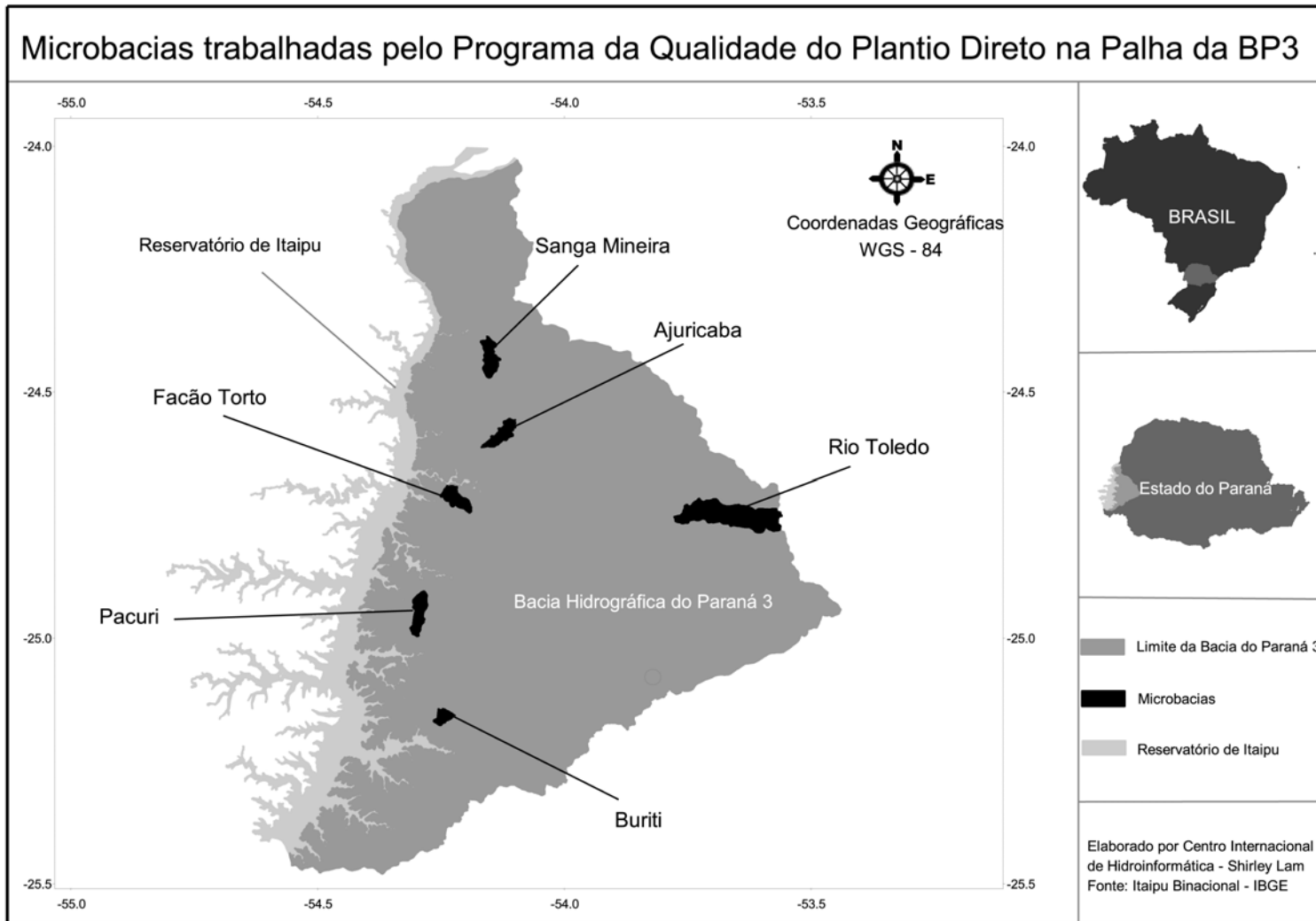


Figura 4.1 – Localização das microbacias Sanga Mineira, Ajuricaba, Facão Torto, Buriti, Pacuri e Toledo na Bacia do Paraná 3 no oeste do estado do Paraná.

Fonte: IBGE

4. Microbacia Buriti: possui médias e pequenas propriedades e um médio grau de tecnificação. Prevalece o plantio das culturas de soja e milho, mas há agricultores que utilizam a aveia como opção para a cobertura no inverno. Em algumas propriedades algumas culturas são utilizadas para silagem. O uso de adubação orgânica (aves e suínos) é grande. A maioria dos agricultores não prepara o solo. O preparo do solo é realizado quando há indícios de compactação na cabeceira e a cada 2 ou 4 anos nas áreas produtoras de tabaco. Todas as propriedades possuem mais de 10 anos sob plantio direto (os agricultores acreditam que o preparo do solo para descompactação não quebra o ciclo de plantio direto). Os agricultores apontam a adequação das estradas rurais e o controle de ervas daninhas como principais dificuldades para obterem uma melhor qualidade no sistema de plantio direto.

5. Microbacia Pacurí: é caracterizada pela predominância de médias e grandes propriedades rurais, havendo média tecnificação. Prevaecem o plantio das culturas de soja e milho e poucos agricultores utilizam a cultura de milho para silagem. Muitos agricultores utilizam a aveia no inverno como opção de rotação de culturas, além de trigo. Mas na maioria das propriedades entre as culturas de inverno e verão o solo é mantido descoberto. Alguns agricultores preparam o solo a cada 3 a 5 anos, devido à compactação, mas a maioria só o faz na cabeceira e nas bases dos terraços. É amplamente utilizada a adubação orgânica (suínos). Entre as dificuldades para adotar um plantio direto com melhor qualidade, os agricultores mencionam: compactação do solo, controle de plantas daninhas e a formação e manutenção de palhada.

6. Microbacia Toledo: há o predomínio de propriedades de grande e médio porte, mas há pequenos produtores, e geralmente elevada tecnificação. É a maior microbacia e por isso bastante diversificada na produção agrícola (milho, soja, leite e aves), sendo comum o uso da aveia como cobertura de inverno. Poucos agricultores preparam o solo com escarificação e subsolagem contra compactação do solo e apenas alguns o fazem nas cabeceiras e bases dos terraços. A maioria não mobiliza o solo. Entre os diagnósticos realizados entre as seis microbacias, esta é, aparentemente, a que possui melhor qualidade no plantio direto. Os agricultores apontam a manutenção da palha, devido à rápida decomposição como o maior obstáculo para o sucesso do sistema, embora a maioria dos agricultores mencionam não haver nenhum impedimento para realizar um plantio direto com qualidade.

4.3.3 Amostras de Minhocas e de Solo

A amostragem de minhocas foi realizada utilizando-se uma adaptação do método TSBF – Tropical Soil Biology and Fertility Method (ANDERSON; INGRAM, 1993). Em cada local foram tomadas 5 amostras (monólitos de solo de 20 x 20 cm a 20 cm profundidade), usando um transeito linear, com distância mínima entre as amostras de 10m, para evitar a auto-correlação. A triagem do solo foi realizada no campo e as minhocas foram armazenadas em sacos plásticos, contendo solução de formaldeído 5%. Em laboratório, as minhocas foram contadas e identificadas no nível da família, gêneros e espécies (quando possível) de acordo com chaves de identificação e descrições de espécies de Righi (1990; 1995) e Blakemore (2002). Os valores obtidos para a variável abundância foi expressa em ind m⁻² (indivíduos por metro quadrado), mas para a classificação também foi utilizada a número médio de minhocas por amostra. A simplificação da metodologia de amostragem permitirá aos próprios agricultores realizarem as avaliações em suas áreas.

Foram coletadas amostras compostas de solo (cinco amostras por área, misturadas e homogeneizadas) em profundidade de 0 a 20 cm para análise dos atributos químicos: pH CaCl₂ (pH), alumínio (Al³⁺), alumínio trocáveis (Al + H), potássio (K⁺), cálcio (Ca²⁺), magnésio (Mg²⁺), fósforo (P) e matéria orgânica (MO), segundo a Embrapa (1999b) e granulometria, segundo a Embrapa (1997) (Tabela 4.2).

Tabela 4.2 – Atributos químicos e granulometria das áreas amostradas em profundidade de 0 – 20 cm.

Microbacia	Área	pH CaCl ₂	Al	H + Al	K	Ca	Mg	P	MO	Argila	Silte	Areia
			cmol _c dm ⁻³						mg dm ⁻³	g kg ⁻¹		
Sanga Mineira	1	5,80	3,47	0,00	0,36	6,40	3,50	4,63	33,8	429	309	263
	2	5,60	4,44	0,00	0,25	8,20	3,30	2,28	30,0	282	307	412
	3	5,70	4,12	0,00	0,38	7,80	1,90	7,05	36,5	355	329	317
	4	5,60	4,51	0,00	0,57	9,50	2,40	11,28	31,2	405	292	304
	5	5,10	5,04	0,05	0,38	4,70	2,20	6,23	28,7	223	176	602
	F	5,00	4,96	0,00	0,29	5,50	2,20	1,51	37,9	638	139	224
Ajuricaba	1	5,40	4,28	0,00	0,23	6,10	2,80	5,43	25,0	624	161	216
	2	5,30	4,37	0,00	0,42	9,00	4,90	7,88	26,2	514	221	266
	3	5,80	3,53	0,00	0,62	6,80	2,90	13,04	35,2	469	219	312
	4	5,70	3,35	0,00	0,36	5,20	3,10	19,54	28,7	632	125	244
	5	5,80	3,55	0,00	0,39	5,30	2,60	56,45	26,2	576	146	279
	F	5,30	5,11	0,00	0,12	10,00	5,50	3,05	39,3	464	187	350
Facão Torto	1	6,20	3,01	0,00	0,50	4,85	3,15	20,69	30,6	583	224	193
	2	5,30	5,23	0,00	0,58	6,00	3,40	9,56	32,5	266	492	243
	3	5,00	5,55	0,05	0,26	4,60	3,70	35,74	28,7	369	414	218
	4	5,60	3,97	0,00	0,60	5,60	2,90	5,43	30,0	322	411	268
	F	5,30	5,71	0,00	0,14	7,50	2,60	3,05	43,6	294	500	207
Buriti	1	5,30	5,42	0,00	0,32	5,80	2,10	27,74	39,3	404	398	198
	2	5,25	5,33	0,00	0,56	6,10	1,40	15,76	36,6	427	316	258
	3	5,40	4,06	0,00	0,28	5,60	1,30	3,05	43,6	434	344	223
	4	5,35	4,51	0,00	0,43	5,20	1,65	9,58	34,5	550	302	149
	5	6,20	3,15	0,00	0,57	5,75	3,40	34,20	32,0	547	279	175
	F	6,10	3,23	0,00	0,30	6,80	2,10	1,51	42,1	384	362	255
Pacurí	1	5,80	3,13	0,00	0,55	5,80	3,60	10,41	35,2	497	286	218
	2	5,55	4,51	0,00	0,37	5,25	2,10	23,95	34,7	546	286	169
	3	5,80	3,53	0,00	0,72	5,90	3,50	34,55	32,5	523	292	186
	4	5,50	4,25	0,00	0,48	5,40	4,50	26,67	35,2	603	287	110
	5	4,90	5,26	0,05	0,33	5,40	2,90	4,63	30,0	544	221	236
	F	5,00	4,96	0,00	0,29	5,50	2,20	1,51	37,9	638	139	224
Toledo	1	4,90	7,52	0,10	0,35	4,10	2,80	16,68	39,3	641	88	272
	2	5,10	5,93	0,00	0,50	4,20	2,30	9,56	37,9	639	119	243
	3	5,75	4,15	0,00	0,45	5,05	3,30	13,55	41,7	599	296	106
	4	5,40	4,85	0,00	0,41	5,60	2,70	17,62	35,2	619	270	112
	5	5,30	4,57	0,00	0,32	4,20	3,30	10,41	40,7	632	245	124
	6	4,50	6,93	0,25	0,22	3,90	2,20	13,93	35,2	735	152	113
	7	4,60	6,58	0,25	0,32	3,40	2,00	26,67	31,2	593	177	231
	8	5,30	4,28	0,00	0,35	4,70	2,20	0,75	21,5	524	170	307
	9	5,10	4,51	0,05	0,42	4,10	2,20	24,56	32,5	525	173	302
	10	4,90	5,26	0,10	0,22	4,80	1,20	5,43	37,9	627	170	204
RF	4,90	5,80	0,10	0,09	4,40	2,50	0,75	46,6	502	205	293	

(F = floresta, RF = reflorestamento).

4.3.4 Análise dos Dados

Todas as variáveis foram submetidas ao teste de normalidade Shapiro-Wilk. As variáveis biológicas (abundância e número médio de espécie por

área) foram submetidas à análise de variância Kruskal-Wallis e ao teste de médias Dunn, utilizando o programa Bioestat 5.0 (AYRES et al., 2007).

Os dados biológicos (abundância de minhocas, o número total de espécies por local e número de espécies por amostra) foram utilizados para se obter o comprimento do gradiente (DCA). Como este comprimento foi menor do que três (resposta linear), optou-se por utilizar a análise de componentes principais (PCA), utilizando o programa CANOCO versão 4.5 (TER BRAAK; ŠMILAUER, 2002), das

Os dados biológicos (abundância, biomassa e espécies de minhocas) foram utilizados para obter o comprimento do gradiente (DCA). Como este comprimento foi menor do que três (resposta linear), optou-se por utilizar Análise de Componentes Principais (ACP) com as variáveis biológicas (número de minhocas (NºMin) e número de espécies de minhocas (NºSps)) e as áreas sob plantio direto, utilizando as variáveis ambientais (físico-químicas: pH CaCl₂ (pH), alumínio (Al), alumínio trocáveis (Al+H), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), fósforo (P) e matéria orgânica (MO) e os teores de argila (Argila), silte (Silte) e areia (Areia), como variáveis suplementares. Regressões entre o número e riqueza de espécies de minhocas e idade do plantio direto, número de culturas plantadas e as propriedades edáficas foram realizadas usando software Sisvar (FERREIRA, 2003).

4.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram encontradas um total de 1570 minhocas por m⁻², sendo nas matas 755 ind m⁻² e nas áreas sob plantio direto 815 ind m⁻². Quanto à riqueza de espécies foram identificadas no total 12 espécies, sendo 11 identificadas nas áreas de mata e 10 nas áreas sob plantio direto.

Na microbacia Sanga Mineira, em Mercedes, foi encontrada uma média de 5 a 235 ind. m⁻² por área. O número médio de espécies por amostra variou de 0,2 a 2 espécies. Tanto a abundância como o número médio de espécie por amostra não apresentaram diferenças significativas entre as áreas. A diversidade total de espécies de minhocas (número total) variou de 1 a 4 espécies por área (Tabela 4.3). Foram identificadas 4 espécies de minhocas nas 5 áreas sob plantio direto na microbacia, sendo a maioria pertencente ao gênero *Dichogaster* (*D. saliens*, *D. gracilis* e *D. bolau*) da família Acanthodrilidae (todas espécies exóticas) e

alguns indivíduos de uma espécie, ainda não identificada, da família Ocnerodrilidae (Ocnerodrilidae sp.). No fragmento de mata foi encontrada apenas uma espécie nativa da família Glossoscolecidae (*Urobenus* sp.), ocorrendo somente indivíduos juvenis, não sendo possível identificar em nível de espécie (Tabela 4.4).

Na microbacia Ajuricaba, em Marechal Cândido Rondon, foram encontrados em média de 40 a 605 ind. m⁻² por área. O número médio de espécies por amostra variou 0,4 a 2,6 espécies. Tanto a abundância como o número médio de espécies por amostra não apresentaram diferenças significativas entre as áreas. A diversidade total de espécies variou de 1 a 6 espécies identificadas por área (Tabela 4.3). Foi identificado um total de 8 espécies nas 5 áreas sob plantio direto na microbacia. Houve novamente uma predominância de espécies do gênero *Dichogaster* (*D. saliens*, *D. gracilis*, *D. bolau* e *D. affinis*) (todas as espécies exóticas). Foram também identificadas 2 espécies da família Glossoscolecidae: *Pontoscolex corethrurus* (exótica) e *Glossoscolex* sp. (nativa) e 2 espécies não identificadas ao nível de espécie da família Ocnerodrilidae (Ocnerodrilidae sp. e *Beladrillus* sp.). A primeira destas duas ocorreu em alta densidade, comparada com as outras espécies. No fragmento de mata foram encontradas quatro espécies: *P. corethrurus*, *Amyntas gracilis*, *D. saliens*, *D. affinis* (todas minhocas exóticas) (Tabela 4.4).

Na microbacia Facão Torto, em Entre Rios do Oeste, foi encontrada uma diferença significativa entre a média de 10 a 340 ind. m⁻² por área. O número médio de espécies por amostra variou 0,2 a 2,6 espécies, também com diferenças significativas. A diversidade total de espécies variou de 1 a 4 espécies por área (Tabela 4.3). No total, 4 espécies foram identificadas nas 4 áreas sob plantio direto na microbacia, com predominância novamente do gênero *Dichogaster* (*D. saliens*, *D. gracilis* e *D. bolau*). Em menor abundância, observou-se a espécie, não identificada, Ocnerodrilidae sp.. No fragmento de mata foram identificadas também 4 espécies: *P. corethrurus*, *A. gracilis*, *D. affinis* (todas minhocas exóticas) e Ocnerodrilidae sp. (origem desconhecida) (Tabela 4.4).

Tabela 4.3 – Características das áreas (tamanho, idade do PD, número de culturas plantadas nos últimos três anos) e dados sobre minhocas (abundância, número médio de espécies por amostra número total de minhocas por área).

Microbacia	Área	Tamanho da área	Idade PD	Número de culturas	Número de minhocas	Número médio de minhocas por amostra	Número total de espécies por área
		hectare	anos		ind m ⁻²		
Sanga Mineira	1	68	6	2	5	0,2	1
	2	12	22	2	45	1,2	4
	3	36	27	4	55	0,4	1
	4	12	10	4	235	1,8	3
	5	12	20	2	105	2	4
	F	1,1	-	-	5	0,8	1
Ajuricaba	1	7	13	4	50	0,8	1
	2	12	12	4	605	2,6	6
	3	133	12	4	65	1	3
	4	7	7	2	40	0,4	2
	5	36	9	3	305	2	5
	F	5,2	-	-	105	1,4	4
Facão Torto	1	165	15	3	340a*	2,6a	4
	2	12	17	1	190ab	1,8abc	3
	3	?	3	2	295ab	0,2c	3
	4	5	20	3	10b	1,4abc	1
	F	2,1	-	-	275ab	2,4ab	4
Buriti	1	73	13	4	70ab	1,2ab	4
	2	17	14	3	60ab	0,8ab	2
	3	48	13	2	25ab	0,6ab	1
	4	12	12	4	85ab	1,6ab	6
	5	17	18	4	205a	2,8a	6
	F	1	-	-	10b	0,2b	2
Pacurí	1	399	20	4	110	1	4
	2	121	18	3	285	1,4	5
	3	31	15	3	80	1,6	4
	4	24	12	2	30	0,2	1
	5	44	14	3	125	1,8	2
	F	14,3	-	-	25	1	3
Toledo	1	11	10	3	185	0,8	3
	2	45	15	4	50	0,8	2
	3	102	24	3	20	0,6	2
	4	44	19	3	50	0,6	1
	5	27	25	3	30	0,4	2
	6	36	18	2	20	0,2	1
	7	17	8	2	120	1,8	4
	8	5	10	3	55	1	1
	9	6	12	2	265	1,4	3
	10	117	20	3	95	1,8	4
RF	4,6	-	-	285	2	6	

* Valores em negrito apresentaram diferenças significativas, utilizando análise de variância Kruskal-Wallis e teste de média Dunn ($P < 0.05$). Letras minúsculas mostram diferenças entre os manejos na mesma data de amostragem e letras maiúsculas mostram diferenças entre o mesmo manejo nas diferentes datas de amostragem. (F = floresta, RF = reflorestamento).

Tabela 4.4 – Abundância média das espécies de minhocas (ind. m⁻²), identificadas nas 34 áreas sob plantio direto (PD) e cinco florestas (F) e um reflorestamento (RF) nas seis microbacias (Sanga Mineira, Ajuricaba, Facão Torto, Buriti, Pacurí e Toledo) da Bacia do Paraná 3 e a total riqueza de espécies.

Famílias e espécies de Oligochaeta	nat/exo	Sanga Mineira		Ajuricaba		Facão Torto		Buriti		Pacurí		Toledo		TOTAL	
		F	PD	F	PD	F	PD	F	PD	F	PD	RF	PD	F	PD
Glossoscolecidae															
<i>Glossoscolex</i> sp.	nativa	-*	-	-	10	-	-	-	24	15	3	-	-	15	37
<i>Pontoscolex corethrurus</i>	exotica	-	-	25	1	160a	0b	-	-	-	-	-	6	185	7
<i>Fimoscolex</i> sp.	nativa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	20	1	20	3
<i>Urobenus</i> sp.	nativa	55b	0b**	-	-	-	-	5	-	10	-	25	-	95	-
Megascolecidae															
<i>Amyntas gracilis</i>	exotica	-	-	30	-	85a	0b	-	-	-	-	30	4	145	4
Acanthodrilidae															
<i>Dichogaster saliens</i>	exotica	-	11	10	18	-	15	-	8	-	29	-	11	10	92
<i>Dichogaster gracilis</i>	exotica	-	10	-	11	-	10	-	4	-	15	5	6	5	56
<i>Dichogaster bolau</i>	exotica	-	4	-	12	-	10	-	2	-	1	20	7	20	36
<i>Dichogaster affinis</i>	exotica	-	-	25	15	5	-	-	4	-	2	-	-	30	21
<i>Dichogaster</i> spp.	exotica	-	43	15	62	10	61	5	24	-	51	35	31	65	272
Ocneroдрilidade															
Ocneroдрilidae sp.	?***	-	17	-	70	10	104	-	19	-	11	75	6	85	227
<i>Belladrilus</i> sp.	nativa	-	-	-	1	-	-	-	1	-	-	-	3	-	5
Juvenis		-	4	-	13	5	9	-	3	-	12	75	14	80	55
TOTAL		55	89	105	213	275	209	10b	89a	25b	126a	285	89	755	815
Riqueza de espécies		1	4	4	8	4	4	2	7	2	7	6	8	11	10

* Não foram encontradas minhocas. **Valores em negrito apresentaram diferenças significativas, utilizando análise de variância Kruskal-Wallis e teste de média Dunn ($P < 0.05$). Letras minúsculas mostram diferenças entre os manejos na mesma data de amostragem. ***Dúvida quanto à origem da espécie.

Na microbacia Buriti, em Itaipulândia, foi encontrada uma diferença significativa entre as médias de minhocas por área. O número médio de espécies por amostra variou significativamente de 0,2 a 2,8 espécies. A diversidade total de espécies variou de 1 a 6 espécies identificadas por área (Tabela 4.3). No total, foram encontradas 7 espécies de minhocas nas 5 áreas sob plantio direto na microbacia. Houve novamente uma predominância das espécies do gênero *Dichogaster* (*D. saliens*, *D. gracilis*, *D. bolau* e *D. affinis*). No entanto, foi identificada ainda uma espécie do gênero *Glossoscolex* sp. e duas ainda não foram identificadas em nível de espécie (*Ocnerodrilidae* sp. e *Belladrilus* sp.). A primeira ocorreu em altas densidades. No fragmento de mata foram identificadas apenas duas espécies: *Urobenus* sp. (nativa) e *Dichogaster* sp. (exótica), com somente indivíduos juvenis, não sendo possível identificar as espécies (Tabela 4.4).

Na microbacia Pacurí, em Santa Helena, foi encontrada uma média de 25 a 285 ind. m⁻² por área. O número médio de espécies por amostra variou 0,2 a 1,8 espécies. Tanto a abundância como o número médio de espécies por amostra não apresentaram diferenças significativas entre as áreas. A diversidade total de espécies variou de 1 a 5 espécies identificadas por área (Tabela 4.3). No total, 7 espécies foram identificadas nas 5 áreas sob plantio direto na microbacia, com predominância de espécies do gênero *Dichogaster* (*D. saliens*, *D. gracilis*, *D. bolau* e *D. affinis*), 2 espécies da família Glossoscolecidae (*Glossoscolex* sp. e *Fimoscolex* sp., ambas nativas) e uma espécie não identificada de *Ocnerodrilidae* sp.. No fragmento de mata foram identificadas apenas 2 espécies da família Glossoscolecidae (*Urobenus* sp. e *Glossoscolex* sp.), ambas nativas (Tabela 4.4).

Na microbacia Toledo, em Toledo, foi encontrada uma média de 20 a 285 ind. m⁻² por área. O número médio de espécies por amostra variou de 0,2 a 2 espécies. Tanto a abundância como o número médio de espécie por amostra não apresentou diferenças significativas entre as áreas. A diversidade total de espécies variou de 1 a 6 espécies identificadas por área (Tabela 4.3). Foi identificado um total de 8 espécies de minhocas nos 10 locais sob plantio direto, na microbacia. De modo geral a maioria pertence ao gênero *Dichogaster* (*D. saliens*, *D. gracilis* e *D. bolau*). Duas espécies não foram identificadas em nível de espécie (*Ocnerodrilidae* sp. e *Belladrilus* sp.). A primeira destas apresentou densidades mais altas. Também se encontraram 2 espécies da família Glossoscolecidae (*P. corethrurus* e *Fimoscolex* sp.) e 1 espécie da família Megascolecidae (*A. gracilis*). Na área de reflorestamento

foram identificadas 6 espécies: *Urobenus* sp., *Fimoscolex* sp. (nativas), *A. gracilis*, *D. gracilis*, *D. bolau*, *D. affinis* (todas exóticas) e Ocnerothricidae sp. (origem desconhecida) (Tabela 4.4).

Segundo Sautter et al. (2007), para as populações de minhocas em diferentes ecossistemas e regiões do estado do Paraná, é possível notar que as culturas sob PD (plantio direto) e CM (cultivo mínimo) possuem uma população maior de minhocas que o cultivo convencional (CC). Na região de Londrina, no Paraná, há registros de 8 a 240 minhocas por m^{-2} , em locais sob PD e CM, enquanto que sob CC apresentou de 0 a 42 ind. m^{-2} . Na Tabela 4.1 observa-se os dados disponíveis na literatura para a abundância de minhocas em sistemas de plantio direto, sendo os municípios em negrito (norte do Paraná, região de Londrina) os locais com clima e solos semelhantes aos das microbacias na região oeste do Paraná. A abundância de minhocas nestas amostragens variou de 3 a 291 ind. m^{-2} . De acordo com os resultados obtidos nas 6 microbacias do presente estudo, poucas áreas estão no registro mínimo de minhocas para PD, obtidos na região de Londrina, segundo dados da Sautter et al. (2007) e Brown e James (2007).

Brown et al. (2004) encontraram, em um experimento de longa duração, uma correlação positiva entre a abundância das minhocas e o conteúdo de C (carbono) do solo. O aumento no teor de matéria orgânica (MO) no solo devido ao uso de boas técnicas de manejo, entre elas o plantio direto, tem sido frequentemente associado com a presença de maiores populações de minhocas (HENDRIX et al., 1992; ZOU; GONZÁLEZ, 2001). A MO do solo e a palha são a fonte primária de alimento para as minhocas (BROWN et al., 2000). No presente estudo, não foram encontradas correlações positivas entre os teores de MO e a abundância e o número de espécies de minhocas encontradas nas 6 microbacias (Figura 4.2). No entanto, o fato de não se encontrar uma correlação positiva entre matéria orgânica e as populações de minhocas, não significa que isto não seja importante, mas que, eventualmente, algum outro fator no manejo ou no clima podem estar beneficiando ou influenciando a densidade de minhocas no sistema (ZOU; GONZÁLEZ, 2001).

Assim como a MO possui um importante impacto na população de minhocas, também o uso de rotação de culturas ou sucessão de culturas pode influenciar, uma vez que adoção de um ou outro afetam a qualidade e a diversidade de alimento disponível para os organismos do solo. As diferenças entre rotações e sucessão de culturas foram observadas em alguns casos nas populações de

minhocas (SAUTTER et al., 2007), porém o pequeno número de amostras e repetições não permite fazer generalizações (SAUTTER et al., 2007). No presente estudo, foi possível observar uma relação positiva entre os dados biológicos e o número de culturas plantadas nos últimos três anos (Figura 4.2).

Os levantamentos da diversidade de minhocas, realizados em agroecossistemas no norte do estado do Paraná, tendem a apresentar apenas minhocas exóticas ou invasoras. Elas são principalmente dos gêneros *Dichogaster* e *Pontoscolex*, embora algumas espécies nativas dos gêneros *Andriorrhinus*, *Belladrilus*, *Glossoscolex* e *Fimoscolex* também possam estar presentes, mas em baixas densidades (BROWN; JAMES, 2007).

Neste levantamento de espécies de minhocas da Bacia do Rio Paraná 3 foram encontrados quase todos os gêneros descritos por Brown e James (2007), incluindo o gênero *Glossoscolex* de minhocas nativas, que ainda não havia sido registrado em áreas agrícolas (culturas anuais). As minhocas dos gêneros *Dichogaster* e *Belladrilus* são pequenas, com cerca de 3 a 5 cm de comprimento e, normalmente avermelhadas. Eles habitam a superfície do solo (entre o solo e palha) (epi-endogeicas), mas podem descer em profundidade, quando em condições adversas. Já as minhocas dos gêneros *Pontoscolex*, *Glossoscolex* e *Fimoscolex* vivem dentro do solo (endogeicas), e as do gênero *Amyntas* são dependentes de níveis elevados de matéria orgânica e vivem entre liteira (camada de palha) e os primeiros 10 cm do solo. Mas também podem migrar para profundidades maiores, dependendo das condições hídricas no solo. A *Urobenus* sp. já havia sido reportada por Brown e James (2007) como ausentes em áreas perturbadas e encontradas em matas e florestas.

Os dados disponíveis, atualmente, para número de minhocas, assim como em alguns casos para o número de espécies em áreas sob plantio direto estão apresentados na tabela 4.1 (pg. 78). Os municípios destacados em negrito, são considerados de clima Cfa no estado do Paraná. As densidades de minhocas, nas referidas localidades, variam de 3 a 291 ind m⁻², sendo este menor valor obtido em período de estiagem, enquanto a número de espécies variou de 1 a >4 espécies.

Levando-se em consideração os resultados dessa pesquisa e os dados disponíveis para a região do norte do Paraná (Tabela 4.1), com condições climáticas e de solo próximos à região em estudo, propõem-se uma classificação

(Tabela 4.5) quanto a abundância e ao número de espécies de minhocas para áreas sob sistema de plantio direto.

Em relação à classificação proposta, as áreas sob plantio direto, no presente estudo, estão classificadas como: 4 - pobres, 16 - moderadas, 6 - boas e 8 - excelentes, em relação à média do número de minhocas e 9 - pobres, 12 - moderadas, 10 - boas e 3 - excelentes, em relação ao número total de espécies identificadas na área.

Tabela 4.5 – Classificação para o número médio de minhocas (por amostra e ind m⁻²) em sistema plantio direto para as regiões norte e oeste do Paraná, Brasil.

Classificação	Número médio de minhocas (por amostra)	Número médio de minhocas (ind m⁻²)	Número total de espécies (por área)
3 [excelente]	≥ 8	≥ 200	> 6
2 [bom]	≥ 4 a < 8	≥ 100 - < 200	4 a 5
1 [moderado]	≥ 1 a < 4	≥ 25 - < 100	2 a 3
0 [pobre]	< 1	< 25	1

Quando a classificação proposta é comparada ao sistema indicado por Sheppard et al. (2008) (Tabela 4.6), o número de minhocas sugerido como bom (≥ 4 a < 8) e excelente (≥8), são muito menores do que aqueles sugeridos por Shepherd et al. (2008). Contudo, essa classificação ainda precisa ser confirmada com um maior número de amostras e validada com os dados da qualidade físico-química do solo.

Tabela 4.6 – Notas dadas pelo VSA para a abundância de minhocas em uma amostra de solo de 20 x 20 x 20 cm (Shepherd et al., 2008).

Nota Visual (VS)	Número de minhocas (por amostra)	Número de espécies
2 [bom]	>30	3
1 [moderado]	15 - 30	2
0 [pobre]	< 15	1

As figuras 4.2a e 4.2b apresentam uma análise de componentes principais (ACP) das variáveis biológicas número de minhocas (NºMin) e número de espécies de minhocas (NºSps) e as áreas sob plantio direto, utilizando as variáveis ambientais (físico-químicas: pH CaCl₂ (pH), alumínio (Al), alumínio trocáveis (Al+H), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), fósforo (P) e matéria orgânica (MO) e os teores de argila, silte e areia como variáveis suplementares. O eixo 1 explica 52,8% da correlação entre as variáveis biológicas e ambientais e o eixo 2 13,4%. Da variância total, 30% é explicado pelas variáveis ambientais, os quais 79,9% estão representados no eixo 1.

Na figura 4.2a, as áreas sob PD estão coloridas conforme o número médio de minhocas por amostra. De modo geral as áreas com maior número de minhocas (verdes e azuis) agrupam-se próximo à variável NºMin, sendo que estas áreas estão associadas com as variáveis ambientais: pH, Ca, K e areia. Enquanto as áreas com menor densidade de minhocas (amarelas e vermelhas) opõem-se à variável biológica NºMin e relacionam-se com as variáveis ambientais MO, Al, Mg, P e argila.

Na figura 4.2b, as áreas sob PD estão coloridas conforme o número de espécies de minhocas por área. As áreas com maior número de espécies de minhocas (verdes e azuis) agrupam-se próximo à variável NºSps, sendo que estas áreas estão associadas basicamente às variáveis ambientais: P, K e pH. Enquanto as áreas com menor densidade de minhocas (amarelas e vermelhas) opõem-se à variável biológica NºSps. As áreas classificadas como moderadas (amarelas) em

número de espécies estão relacionadas com as variáveis ambientais MO, Al, H+Al, Mg, pH, Ca, argila, silte e areia, já as pobres não estão associadas positivamente à variáveis ambientais.

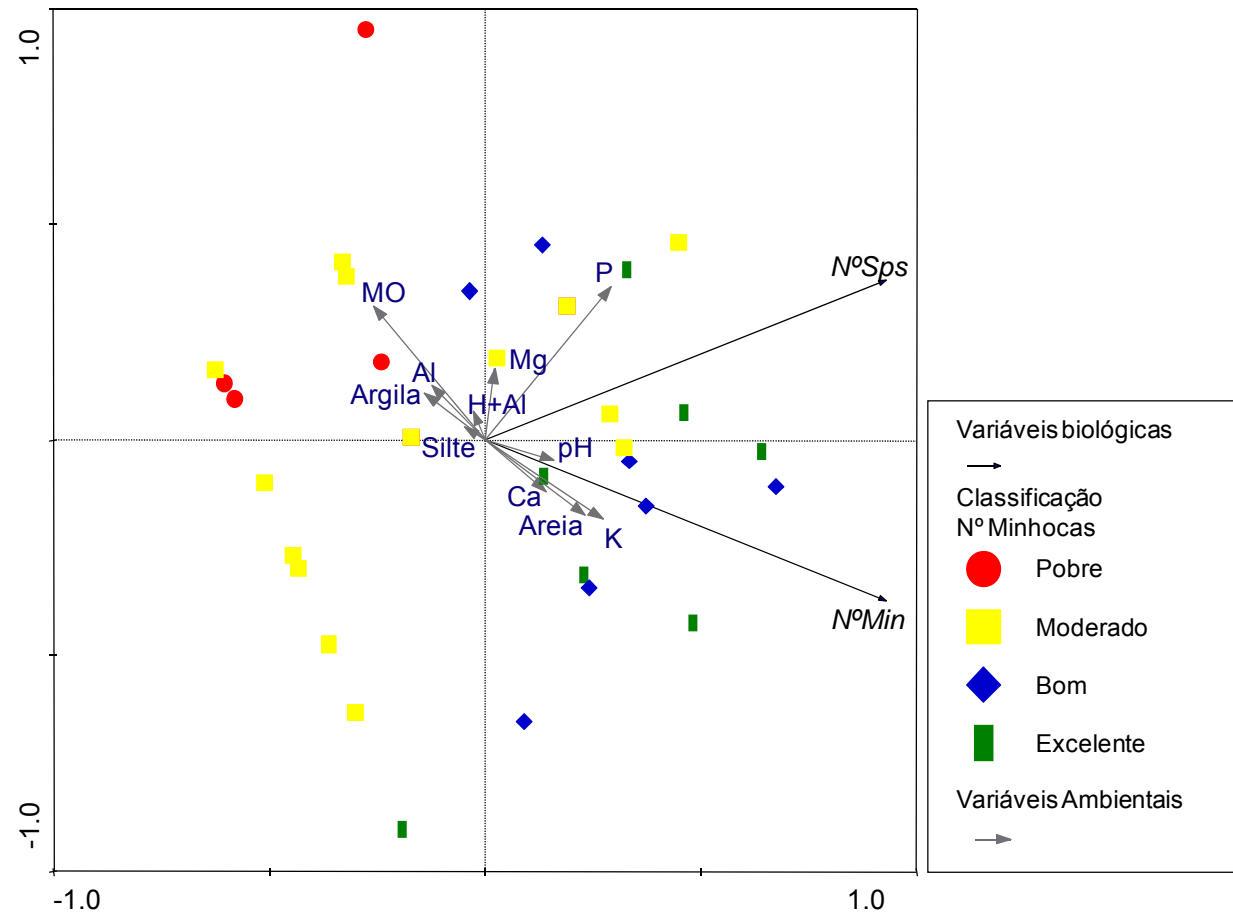


Figura 4.2a – Análise de componentes principais das variáveis biológicas ($N^{\circ}Min$ e $N^{\circ}Sps$), utilizando as variáveis ambientais como variáveis suplementares (Argila, Silte, Areia, MO, Al, Al+H, Mg, P, Ca, K e pH). As diferentes cores mostram a distribuição das áreas sob plantio direto, quanto ao número de minhocas encontradas.

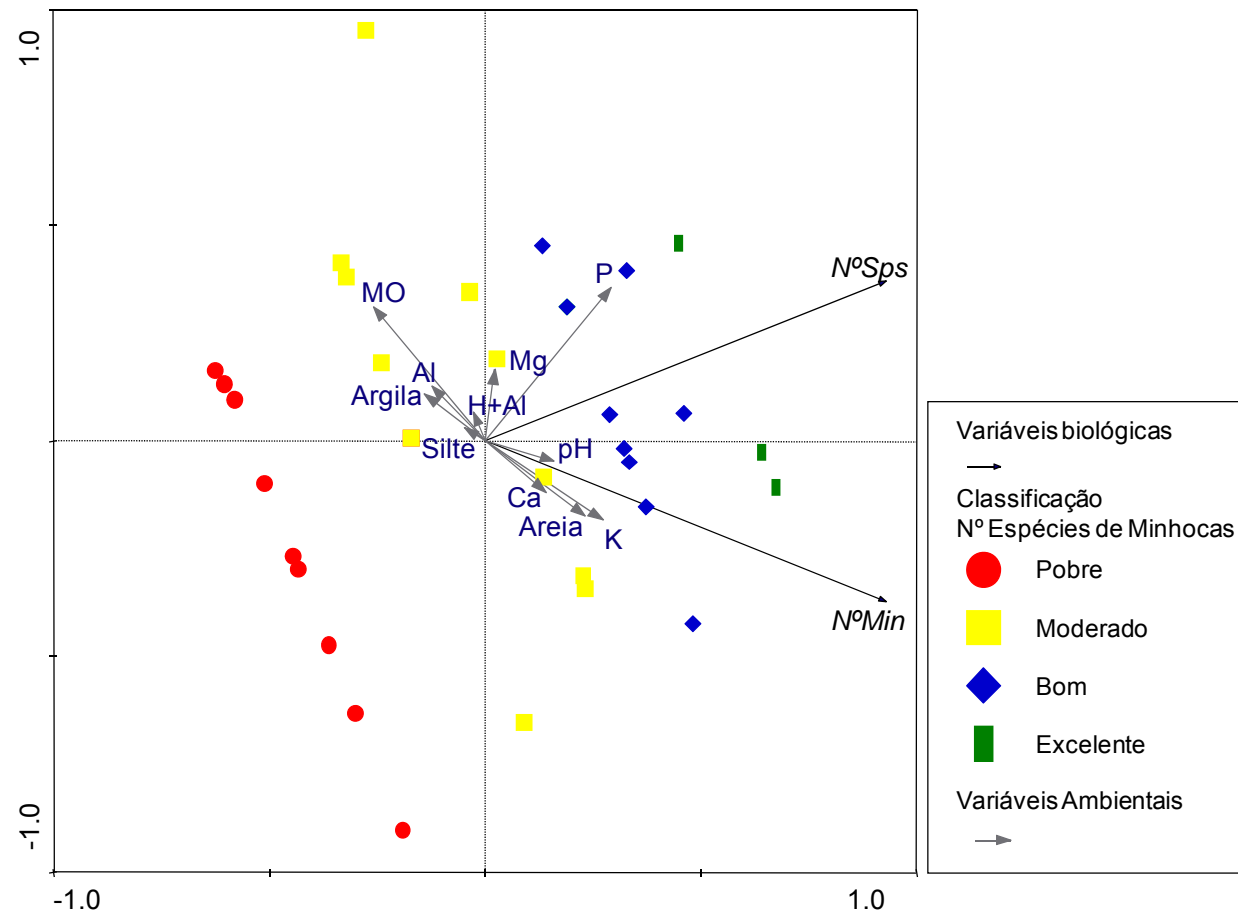


Figura 4.2b – Análise de componentes principais das variáveis biológicas (NºMin e NºSps), utilizando as variáveis ambientais como variáveis suplementares (Argila, Silte, Areia, MO, Al, Al+H, Mg, P, Ca, K e pH). As diferentes cores mostram a distribuição das áreas sob plantio direto, quanto ao número de espécies de minhocas encontradas.

4.5 CONCLUSÕES

De modo geral, as áreas sob plantio direto apresentam maior abundância e diversidade em comparação às áreas de mata nativa. Algumas espécies nativas de minhocas sobrevivem em áreas agrícolas, sob o manejo do sistema plantio direto, no entanto geralmente em baixas densidades.

Esta classificação proposta mostra-se sensível à utilização das minhocas como bioindicadores áreas sob plantio direto na região oeste e norte do estado do Paraná. No entanto, é necessário aplicar a metodologia em mais locais e tipos de solos para validação da proposta.

4.6 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o suporte financeiro da ITAIPU Binacional (trabalho de campo), da FEBRAPDP (logística) e da Fundação Agrisus (divulgação de resultados). Em especial ao coordenador do “Programa de Estímulo à Qualidade do Sistema Plantio Direto na Palha na Bacia do Paraná 3”, o Sr. Ivo Mello e à equipe de campo: Jeankleber Borotoluzzi, Tiago Tamiozzo, Osivan Pilecco e Ramiro Toledo pela ajuda, apoio e incentivo. Assim como aos agricultores das 34 áreas sob plantio direto pela oportunidade em realizar este estudo em suas propriedades. A doutoranda M. L. C. Bartz agradece a CAPES pela concessão de bolsa para o doutorado.

4.7 REFERÊNCIAS

ANDERSON, J.M.; INGRAM, J.S.I. **Tropical soil biology and fertility: a handbook of methods**. 2. ed. Wallingford: CAB International, 1993. 221p.

AQUINO, A.M., MERLIM, A.O., CORREIA, M.E.F., MERCANTE, F.M. Diversidade da macrofauna do solo como indicadora de sistemas de plantio direto para a região Oeste do Brasil. In: **Fertbio 2000, Biodinâmica do Solo**. Universidade Federal de Santa Maria-RS, 2000. CD-ROM.

AQUINO, A.M. **Comunidades de minhocas (Oligochaeta) sob diferentes sistemas de produção agrícola em várias regiões do Brasil**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2001. (Embrapa Agrobiologia: Documentos, 146)

AYRES, M.; AYRES JÚNIOR, M.; AYRES, D.L.; SANTOS A.S. **Bioestat 5.0: aplicações estatísticas nas áreas das ciências biológicas e médicas**. Belém: Sociedade Civil Mamirauá, 2001.

BARETTA, D.; SANTOS, J.C.P.; MAFRA, A.L.; WILDNER, L.P.; MIQUELLUTI, D.J. Fauna edáfica avaliada por armadilhas e catação manual afetada pelo manejo do Oslo na região Oeste Catarinense. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 2, p. 97-106, 2003.

BARTZ, M.L.C.; BROWN, G.G.; PASINI, A.; LIMA, A.C.R.; GASSEN, D.N. As minhocas e o manejo do solo: o caso do plantio direto do arroz irrigado. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo - RS, p. 04-08, 2009.

BENITO, N. P. **Interferência de sistemas de cultivo sobre as populações da macrofauna invertebrada do solo**. 2002. 71 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2002.

BENITO, N. P.; GUIMARÃES, M.F.; PASINI, A. Caracterização de sistemas de manejo em Latossolo Vermelho utilizando parâmetros biológicos, físicos e químicos. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 29, p. 473-484, 2008.

BLAKEMORE, R.J. **Cosmopolitan earthworms: an eco-taxonomic guide to the peregrine species of the world**. Kippax: VermEcology, 2002. 426p. CD-ROM.

BOUCHÉ, M.B. Stratégies lombriciens. In: LOHM, U., PERSSON, T. (Ed.) Soil organisms as components of ecosystems. **Ecological Bulletins**, v. 25, p. 122, 1977.

BROWN, G.G.; BAROIS, I.; LAVELLE, P. Regulation of soil organic matter dynamics and microbial activity in the drilosphere and the role of interactions with other edaphic functional domains. **European Journal of Soil Biology**, v. 36, p. 177-198, 2000.

BROWN, G.G.; BENITO, N.P.; PASINI, A.; SAUTTER, K.D.; GUIMARÃES, M.F.; TORRES, E. No-tillage greatly increases earthworm populations in Paraná state, Brazil. **Pedobiologia**, v. 47, p. 764-771, 2003.

BROWN, G.G.; JAMES, S.W.; SAUTTER, K.D.; PASINI, A.; BENITO, N.P.; NUNES, D.H.; KORASAKI, V.; SANTOS, E.F.; MATSUMURA, C.; MARTINS, P.T.; PAVÃO, A.; SILVA, S. H.; GARBELIN, G.; TORRES, E. Avaliação das populações e de minhocas como bioindicadores ambientais no Norte e Leste do Estado do Paraná. In: SARAIVA, O. F. (Org.). **Resultados de pesquisa da Embrapa Soja - 2003: manejo de solos, plantas daninhas e agricultura de precisão**. Londrina: Embrapa Soja, 2004. p. 33-46. (Embrapa Soja. Documentos, 253).

BROWN, G.G.; JAMES, S. Ecologia, biodiversidade e biogeografia das minhocas no Brasil. In: George Brown, Carlos Fragoço. (Org.). **Minhocas na América Latina: biodiversidade e ecologia**. Londrina: Embrapa Soja, 2007. p. 297-381.

CASÃO JUNIOR, R.; SIQUEIRA, R.; MEHTA, Y.R.; PASSINI, J.J. **Sistema plantio direto com qualidade**. Instituto Agronômico do Paraná - ITAIPU Binational, Londrina-Foz do Iguaçu, Brazil, 2006, 200p.

CLAPPERTON, M.J., MILLER, J.J., LARNEY, F.J., AND LINDWALL, C.W. Earthworm populations as affected by long-term tillage practices in southern Alberta, Canada. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 29, p.631-633, 1997.

DA SILVA, R.F.; AQUINO, A.M.; MERCANTE, F.M.; GUIMARÃES, M.F. Populações de oligoquetos (Annelida: Oligochaeta) em um Latossolo Vermelho submetido a sistemas de uso do solo. **Ciência Rural**, v. 36, p. 673-677, 2006.

DERPSCH, R.; SIDIRAS, N.; ROTH, C. H. **Estudo e desenvolvimento de sistemas de rotação de culturas incluindo espécies de cobertura verde e métodos de preparo do solo**. IAPAR/GTZ Project Final Report, IAPAR, Londrina, 1984.

DERPSCH, R.; ROTH, C.H.; SIDIRAS, N.; KÖPKE, U. **Controle da erosão no Paraná, Brasil: Sistemas de cobertura do solo, plantio direto e preparo conservacionista do solo**. Sonderpublikation der GTZ, No. 245 Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH, Eschborn, TZ-Verlagsgesellschaft mbH, Rossdorf, 1991, 272p.

DERPSCH, R.; FLORENTÍN, M. Direktsaat: Nachhaltige Landwirtschaft durch Verzicht auf Bodenbearbeitung. **Entwicklung und Ländlicher Raum**, Heft 4, 2000.

FERREIRA, D.F. **Programa de análises estatísticas (Statistical Analysis Software) e planejamento de experimentos**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2003.

EDWARDS, C. A.; BOHLEN, P. J. **Biology and ecology of earthworms**. 3° ed. London: Chapman & Hall, 1996. 440p.

EMBRAPA. **Manual de Métodos de Análises de Solos. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos**. Rio de Janeiro, 1997. 440p.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: Centro de Pesquisas de Solo, 1999a. 421p.

EMBRAPA. **Manual de Análises Químicas de Solos, Plantas e Fertilizantes**. Brasília: Embrapa Transferência de Tecnologia, 1999b. 370p.

EMBRAPA SOJA. **Relatório Técnico do Projeto Produção Integrada de Soja, Processo nº 501027/2005-0**. Financiado pelo Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento, coordenação da Embrapa Soja, participação de: Universidade Estadual de Londrina, Instituto Paranaense de Assistência Técnica e Extensão Rural, Cooperativas C.Vale, Copacol e Coopavel, 2009, 111p.

FEBRAPDP. Disponível em:

<http://www.febrapdp.org.br/download/ev_plantio_brasil.pdf>. Acesso em: 30 dez. 2010.

GUIMARÃES, M. F.; PASINI, A.; BENITO, N. P. Soil macrofauna in a 24-year old no-tillage system in Paraná, Brazil. In: BROWN, G. G.; HUNGRIA, M.; OLIVEIRA, L.; BUNNING, S.; MONÁNEZ, A. (Ed.). **International Technical Workshop on Biological Management of Soil Ecosystems for Sustainable Agriculture**. Embrapa Soja, Documentos N° 182, 2002.

HENDRIX, P.F.; MUELLER, B.R.; BRUCE, R.R.; LANGDALE, G.W.; PARMELEE, R.W. Abundance and distribution of earthworms in relations to landscape factors on the Georgia Piedmont, USA. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 24, p. 1357-1361, 1992.

HUERTA, E.; KAMPICHLER, C.; GEISSEN, V.; OCHOA-GAONA, S.; JOND, B.; HERNÁNDEZ-DAUMÁS, S. Towards an ecological index for tropical soil quality based on soil macrofauna. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, p. 1056-1062, 2009.

KALE, R.D.; KARMEGAN, N. The role of earthworms in tropics with emphasis on Indian ecosystems. **Applied and Environmental Soil Science**, v. 2010, 2010.

KANG, B. T.; AKINNIFESI, F. K.; PLEYSIER, J. L. Effect of agroforestry woody species on earthworms activity and physical-chemical properties of worms casts. **Biology and Fertility of Soils**, v. 18, p. 193-199, 1994.

KÖPPEN, W. **Climatologia**. México, Fundo de Cultura Econômica, 1931. 320p.

KRABBE, E.L.; DRIEMEYER, D.J.; ANTONIOLLI, Z.I.; GIRACCA, E.M.N. Avaliação populacional de oligoquetas e características físicas do solo em diferentes sistemas de cultivo. **Ciência Rural**, v. 23, p. 21-26, 1993.

KRABBE, E.L.; DRIEMEYER, D.J.; ANTONIOLLI, Z.I.; GIRACCA, E.M.N. Efeitos de diferentes sistemas de cultivos sobre a população de oligoquetas e características físicas do solo. **Ciência Rural**, v. 24, p. 49-53, 1994.

LANDERS, J. **Zero tillage development in tropical Brazil** : The story of a successful NGO activity. Rome : Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2001. 68p.

LAVELLE, P. Diversity of soil fauna and ecosystem function. **Biology International**, v. 33, p. 3-16, 1996.

LAVELLE, P. Faunal activities and soil processes: adaptive strategies that determine ecosystem function. **Advances in Ecological Research**, v. 27, p. 93-132, 1997.

LAVELLE, P.; DECÄENS, T.; AUBERT, M.; BAROT, S.; BLOUIN, M.; BUREAU, F.; MARGERIE, P.; MORA, P.; ROSSI, J.-P. Soil invertebrates and ecosystem services. **European Journal of Soil Biology**, v. 42, p. S3-S15, 2006.

LIMA, A.C.R.; BRUSSAARD, L. Earthworms as soil quality indicators: local and scientific knowledge in rice management systems. **Acta Zoológica Mexicana (n.s.)**, n.s. 2, p. 190-116, 2010.

MAFRA, A.L.; ALBUQUERQUE, J.A.; MEDEIROS, J.C.; ROSA, J.D.; FONTOURA, S.M.V.; COSTA, F.S.; BAYER, C. Manejo do solo e fauna edáfica em experimento de longa duração na região de Guarapuava, PR. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 14., 2002, Cuiabá. **Anais...** Cuiabá: SBCS/UFMT-DSEER, 2002. CD-ROM.

MINETTE, S. **Étude de l'impact des techniques de semis direct sur les caractéristiques physiques et biologiques des sols des cerrados Brésiliens.** Mémoire de fin d'études. École Nationale Supérieure de Agronomie, Rennes, France, 2000.

PAOLETTI, M. G. Using bioindicators based on biodiversity to assess landscape sustainability. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 74, n. 1/3, p. 1-18, 1999.

PEIXOTO, R.T.G.; MAROCHI, A.I. A influência da minhoca *Pheretima* sp. nas propriedades de um latossolo vermelho escuro álico e no desenvolvimento de culturas em sistema de plantio direto, em Arapoti – PR. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo/RS, n. 5, p. 23-25, 1996.

PIERI, C.; EVERS, G.; LANDERS, J.; O'CONNELL, P.; TERRY, E. **No-Till Farming for Sustainable Rural Development. Agriculture and Rural Development Working Paper.** The International Bank for Reconstruction and Development Rural Development Department. Washington, DC 20433, 2002, 77p.

RESSETTI, R.R. **Determinação da dose de alil isotiocianato em substituição à solução de formol na extração de oligoquetas edáficos.** 2004. 65 p. MSc. Thesis – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

RIGHI, G. **Minhocas de Mato Grosso e Rondônia.** Brasília: CNPq/AED. Programa Polonoroeste, 1990. 157p. (Relatório de Pesquisa, 12.)

RIGHI, G. Colombian earthworms. In: VAN DER HAMMEN, T. (Ed.). **Studies on Tropical Andean Ecosystems** v. 4. Cramer (Borntraeger): Berlin-Stuttgart, p 1995. . 485–607.

RODRIGUES, K.M.; AQUINO, A. M.; J, PEREIRA, A.; CORREIA, M.E.F.; GUERRA, J.G.M. Fauna edáfica associada à interface solo-serrapilheira no cultivo do repolho (*Brassica oleracea*) sob manejo orgânico em plantio direto e convencional. In: **XXVI Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas, X Reunião Brasileira sobre Micorrizas, VIII Simpósio Brasileiro de Microbiologia do Solo, V Reunião Brasileira de Biologia do Solo - FERTBIO**, Lajes, SC, 2004. CD-ROM.

SAUTTER, K.D.; BROWN, G.G.; PASINI, A.; BENITO, N.P.; NUNES, D.H.; JAMES, S. Ecologia e biodiversidade das minhocas no Estado do Paraná, Brasil. In: BROWN, G.G.; FRAGOSO, C. (Org.). **Minhocas na América Latina: biodiversidade e ecologia.** Londrina: Embrapa Soja, 2007. p. 383-396.

SOIL SURVEY STAFF. **Keys to Soil Taxonomy.** Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service. 7th. ed. Washington, DC. U.S. , 1994.

SHEPHERD, G. **Visual Soil Assessment**. Palmerston North, New Zealand: Landcare Research, 2000.

SHEPHERD, G., STAGNARI, F., PISANTE, M., BENÍTES, J. **Visual Soil Assessment, Field Guides**. FAO, Roma, 2008. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/010/i0007e/i0007e00.HTM>>.

STEVENS, M.M.; WARREN, G.N. Laboratory studies on the influence of the earthworms *Eukerria saltensis* (Beddard) (Oligochaeta: Ocnerodrilidae) on overlying water quality and rice plant establishment. **International Journal of Pest Management**, v.46, p.303-310, 2000.

TANCK, B.C.B.; SANTOS, H.R.; DIONÍSIO, J.R. Influência de diferentes sistemas de uso e manejo dos solos sobre a flutuação populacional de Oligochaeta edáfico *Amyntas* spp. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, p. 409-415, 2000.

TER BRAAK, C.J.F.; ŠMILAUER, P. **CANOCO reference manual and CanoDraw for Windows user's guide: software for canonical community ordination**. Version 4.5. Ithaca: Microcomputer Power, 2002.

VOSS, M. Populações de minhocas em diferentes sistemas de plantio. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo/RS, n. 4, p. 287-301, 1986.

ZOU, X. M.; GONZÁLEZ, G.; EDWARDS, C. A. Changes in earthworms density and community structure during secondary succession in abandoned tropical pastures. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 29, p. 627-629, 1997.

ZOU, X. M.; BASHKIN, M. Soil carbon accretion and earthworms recovery following revegetation in abandoned sugarcane fields. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 30, p. 825-830, 1998.

ZOU, X.; GONZÁLEZ, G. Earthworms in tropical tree-plantations: effects of management and relations with soil carbon and nutrient use efficiency. In: REDDY, M.V. (Ed.). **Management of tropical plantation forests and their soil litter system: Litter biota and soil nutrient dynamics**. Endfield: Science Publishers, 2001. p. 289-301.

5 ARTIGO C: NEW SPECIES OF *Glossoscolex* AND *Fimoscolex* (CLITELLATA: GLOSSOSCOLECIDAE) FROM NORTHERN, PARANÁ, BRAZIL

5.1 ABSTRACT

Ten new species of Oligochaeta of the genera *Glossoscolex* (9) and *Fimoscolex* (1) from Northern Paraná State, Brazil are described from material collected in northern Paraná, Brazil: *Glossoscolex lutocolous* n. sp., *G. palus* n. sp., *G. itaguajei* n. sp., *G. uliginosus* n. sp., *G. primaensis* n. sp., *G. mariae* n. sp., *G. sanpedroensis* n. sp., *G. giocondoi* n. sp. and *Fimoscolex bartzi* n. sp.. The subgenus *Glossoscolex* (*Praedrillus*) appears to have some validity, now that four species, including *Glossoscolex lutocolous* n. sp., *G. itaguajei* n. sp., and *G. uliginosus* n. sp. can be placed in it, so there is no longer any concern that the defining characteristic of preclitellar male pores is merely a lack of clitellar development. The *truncatus* species group of *Glossoscolex*, to which the remaining 5 new *Glossoscolex* could be assigned, is more problematic because several characters conflict with the character used to define this group. The relationships between *Glossoscolex* (*Assudrilus*) and *Fimoscolex* are discussed, and *Fimoscolex sacii* (RIGHI, 1971) is re-ascribed to *Glossoscolex* (*Assudrilus*) *sacii*. A new species of the genus *Fimoscolex* is presented, which has a single intraclitellar male pore. We provide a table of characters in order to clarify the differences among the species described and the main species groups and sub-genera of *Glossoscolex*.

Keywords: Earthworms. Glossoscolecidae.

RESUMO

Dez espécies de Oligochaeta dos gêneros *Glossoscolex* (9) e *Fimoscolex* (1) do norte do Estado do Paraná, Brasil foram descritas de materiais coletados na região norte do Paraná, Brasil: *Glossoscolex lutocolous* n. sp., *G. palus* n. sp., *G. itaguajei* n. sp., *G. uliginosus* n. sp., *G. primaensis* n. sp., *G. mariae* n. sp., *G. sanpedroensis* n. sp., *G. giocondoi* n. sp. e *Fimoscolex bartzi* n. sp.. O sub-gênero *Glossoscolex* (*Praedrillus*) parece ser válido, agora que quatro espécies, incluindo *Glossoscolex lutocolous* n. sp., *G. itaguajei* n. sp. e *G. uliginosus* n. sp., fazem parte, assim não há mais dúvidas de que a definição da característica de poros masculinos pré-clitелares são mera falta de desenvolvimento do clitelo. O grupo de espécies *truncatus* de *Glossoscolex*, onde as restantes cinco novas espécies *Glossoscolex* podem ser incluídas, é mais problemático pois diversos caracteres conflitam com a característica que define este grupo. As relações entre *Glossoscolex* (*Assudrilus*) e *Fimoscolex* são discutidas, e *Fimoscolex sacii* (RIGHI, 1971) é re-colocado em *Glossoscolex* (*Assudrilus*) *sacii*. Uma nova espécie do gênero *Fimoscolex* é apresentada, a qual possui um poro masculino intra-clitelar. Nós apresentamos uma tabela contando as características das espécies descritas e dos grupos de espécies

e dos subgêneros de *Glossoscolex*, de modo que seja possível identificar as diferenças entre eles.

Palavras-chave: Minhocas. Glossoscolecidae.

5.2 INTRODUCTION

In the course of collections of earthworms made throughout southern Brazil by researchers at EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) and the State University of Londrina, many unidentifiable earthworms of the genera *Glossoscolex* and *Fimoscolex* were discovered. Even though the regions surveyed are among the most intensively studied for Brazilian biodiversity, and are in the endangered Atlantic Forest biome, it appears that much remains to be learned about soil organisms in these habitats. In this paper we report on material collected in northern Paraná State in Brazil.

5.3 METHODS

Specimens were obtained by digging and hand sorting, followed by killing in 50% ethanol and fixation in 5% formaldehyde. In some cases duplicates or tissue samples were preserved in 95% ethanol for later DNA extraction and DNA sequencing. Long-term storage of fixed material was in 70% ethanol. All anatomical observations were conducted by dorsal dissection under a stereomicroscope, and illustrations were prepared by *camera lucida*. In the cases where the COI DNA barcode sequence (HEBERT; RATNASINGHAM; DEWAARD, 2003a, 2003b) was obtained, this was done by sending tissue samples to the Canadian Centre for DNA Barcoding (IVANOVA et al., 2006; HAJIBABEI et al., 2005), where their standard purification, PCR and sequencing protocols were used. Subsequently we downloaded the sequence data, aligned it in CLUSTAL (LARKIN et al., 2007) and used the resulting Neighbor-Joining tree (SAITOU; NEI, 1987) to identify potential species clusters, using an arbitrary cutoff point of approximately 10-12% genetic divergence. However, the final criterion for inclusion in species-level taxa was morphological homogeneity. The collection numbers refer to the Coleção de

Oligochaetas Fritz Müller at Embrapa – Florestas (COFM) and from the Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo (MZUSP).

5.4 DESCRIPTIONS

5.4.1 Glossoscolecidae (MICHAELSEN, 1900)

Diagnosis. Setae in 8 longitudinal lines. One pair of male pores. One pair of calciferous glands in 11th or 12th segment with composite-tubular structure. Sexual system metandric and metagynic; seminal vesicles in general long; a pair of copulatory bulbs connecting sperm ducts and the external male genital pores; spermathacae absent.

5.4.1.1 Genus *Glossoscolex* (LEUCKART, 1935)

5.4.1.1.1 Subgenus *Praedrillus* (RIGHI, 1971)

Diagnosis. One pair of preclitellar male pores associated with a pair of intracoelomic copulatory bulbs.

Type species of the sub-genus: *Glossoscolex (Praedrillus) tupii* Righi 1971

5.4.1.1.1.1 *Glossoscolex (Praedrillus) lutocolous* n. sp. Bartz and James (Figures 5.1a and 5.1b)

Syntypes. COFM BRPR0003 three adults and MZUSP 1250 one adult.

Type locality. Swamp, Reserva Patrimonial Particular Nacional São Pedro, Lupionópolis, Paraná, Brazil; 22° 41.79'S, 51° 40.82'W, 314 masl. 29 April 2004, G.G. Brown and S.W. James colls.

Other material. COFM BRPR 0005 two adults and MZUSP 12551 two adults, in front of river, wet area, Parque Estadual Ibicatu, Centenário do Sul, Paraná, Brazil; 22° 46.97'S, 51° 29.28'W, 331 masl, 29 April 2004, G.G. Brown and S.W. James colls; COFM BRPR 0006 four adults, swamp, Colorado Farm, Paiquerê district, Londrina,

Paraná, Brazil; 23° 29.90'S, 51° 02.42'W, 552 masl, 30 April 2004, G.G. Brown and S.W. James colls; COFM BRPR 0007 three adults, wet area, previously under rice cultivation, Sítio Igrejinha, Paiquerê, Londrina, Paraná, Brazil; 23° 29.90'S, 51° 02.42'W, 552 masl, 30 April 2004, G.G. Brown and S.W. James colls.; COFM BRPR0050 two adults, spring seepage area outskirts of Ibiaci district, Primeiro de Maio, Paraná, Brazil; 22° 56.43'S, 51° 01.24'W, masl 354, 5 March 2005, G.G. Brown and S.W. James colls; COFM BRPR 0051 two adults and MZUSP1252 two adults, wetland next swamp, Jaguapitã, Paraná, Brazil, 23° 03.68'S, 51° 33.11', masl 485, 26 November 2003, N.P. Benito and Y. Rios coll.; COFM BRPR 0072 three adults; MZUSP1253 one adult and one preclitellate, wetland next swamp, Jaguapitã, Paraná, Brazil, 23° 03.68'S, 51° 33.11', masl 485, 26 November 2003, N.P. Benito and Y. Rios coll. Add data from these worms, which are in same barcode cluster (Figure 5.2).

Etymology. The species is named for its preference of habitat, the soft alluvial mud of swamps and marshes.

Description. Dimensions 125-230 mm by 4-4.8 mm at x, 4.5-5.3 mm at clitellum, 3.9-4.7 mm at xl, body cylindrical, 295-360 segments. Setae closely paired throughout; setal formula AA:AB:BC:CD = 17:1:9:1 at xl, DD > 1/2 circumference throughout. Setae aa commence on iv-viii, cd on iv-viii, usually not on same segment. Prostomium prolobous, pre and postsetal secondary annulations present xi-xiv. Unpigmented, clitellum slightly yellowish. Ovipores postsetal, just above b in xiv; male pores 1.3-1.5 mm apart on xvi within paired ovate to angular porophores; broad midventral raised areas in BB of xv, larger paired raised genital markings on xvii; clitellum saddle to just above B, xvi,xvii-xxv (Figure 5.1a). Nephropores just above B.

Septa 5/6 thin, 6/7-10/11 equally thick, muscular, 11/12, remaining septa membranous, septa 12/13/14 with white sac-like glandular investment anterior face of 12/13, posterior face of 13/14; 13/14 often with posterior bulges containing iridescent white material; posterior face of 12/13, anterior face of 13/14 coated with fine villous white material. Septa 12/13/14 united by circumesophageal membrane isolating villous interior from other septal contents of xiii, which are medial to membrane. Alimentary canal with large gizzard in vi; esophagus with high lamellae, large blood sinuses vii-ix, valvular in xiv, intestinal origin xv; typhlosole origin xv, end cxc-ccxc, strongly zig-zag folded xv-xix, xxi, zig-zag with ventral edge bent over to form pockets xx-region of xxx, gradually straightening to become simple thick lamina.

Calciferous glands paired xii, composite-tubular type, lenticular (except Ibicatu material; slightly elongate), sessile on dorsal esophageal wall; blood vessels to gland include large branch of dorsal vessel to approximate center of each gland, two coalescing vessels from ventral gland margin to extra-esophageal vessel. Gland opening to esophagus near dorsum, large opening with lip along its ventral margin. Holonephric, vesiculate; ducts to body wall near level of B.

Vascular system with ventral trunk, single dorsal trunk, lateral vessels in vii-ix, latero-esophageal hearts in x-xi. Extra-esophageal vessel from pharyngeal glands, along ventral-lateral face of gizzard, esophagus back to calciferous glands; supraesophageal vessel in x-xi.

Ovaries, ovarian funnels free in xiii adjacent to seminal vesicle tube passing through xiii; spermathecae absent. Male sexual system metandric, testes and funnels in single midventral subesophageal sac in xi; small pouches of septum 11/12 contain iridescent male funnels; medial to these pouches under hearts of xi, pass narrow tubes to seminal vesicles; seminal vesicles expand from narrow tubes in xiv, penetrate septa and range posteriorly along intestine to xxx- lxxx but mostly about xl-lv; seminal vesicles simple elongate sacs with parallel blood vessels on median side of longitudinal axis of vesicle; vasa deferentia long, looped from xi, form dense zig-zag on body wall en route to ventro-lateral face of large long oval muscular copulatory bulbs, join bulbs at level of xiv-xv; bulbs extend over xiv-xviii but occupy septally-defined space of xvi. Copulatory bulbs with thin muscular outer layer, dense, delicate corrugated glandular inner surface with small lumen leading to male pore at approximate center of bulb connection to body wall; no transverse muscle bands crossing over bulbs; bulbs with anterior, posterior apices attached by short stout muscles to body wall.

Remarks. *Glossoscolex (Praedrillus) lutocolous* belongs in the sub-genus *G. (Praedrillus)* Righi (1971). Righi made no further mention of this subgenus in later papers, until Righi (1995) where he said that the subgenus *Praedrillus* cannot be maintained because he thought that the clitellum from *G. tupii* was not fully developed, and that the position of the male pores (xvii) agrees with *G. truncatus* (ROSA, 1895). Between 1971 and 1995 Righi found no further *Glossoscolex* species characterized by the clitellum beginning after the male pores, which was the basis for the subgenus designation. Recent collections in southern Brazilian states of Paraná and São Paulo have discovered several more with preclitellate male pores, of which

the present species is the first. São Jerônimo da Serra worms – *G. (P.) uliginosus* n. sp. and Itaguajé worms – *G. (P.) itaguajei* n. sp. are the others with this condition. The differences between *G. (P.) lutocolous* and *G. (P.) tupii* are as follows, with the characteristics of the latter in parentheses: length 150-230mm (260-330mm), number of segments 290-360 (450-620), setae beginning between iv and vii (setae beginning in segment xxx), setal ratios 17:1:9:1 (4:1.5: 1.6:1), DD > ½ circumference (DD < ½ circumference), septum 11/12 present (septum 11/12 lacking), hearts of xi free (hearts of xi enclosed in testes sacs), testes sacs ventral, united, (testes sacs circumesophageal), no muscle band over copulatory bulbs (two muscle bands, one large, over copulatory bulbs), septa bounding segment xiii with many small sacs on segment xii and xiv sides, sometimes with iridescent contents in sacs, thick white villous coating on xiii sides (no such development in septa 12/13/14). In *G. (P.) tupii* and some other members of the genus, septum 11/12 has been modified to create a testes sac encompassing the entire contents of segment xi. Although the number of specimens of *G. (P.) tupii* is not really sufficient to allow a good comparison, it appears that generally the seminal vesicles of the new species are longer. In cases where the segmental extent is comparable to *G. (P.) tupii* it is because numerous loops prevent extension further back.

Glossoscolex (P.) lutocolous corresponds to *Glossoscolex* n. sp. 21 and *Glossoscolex* n. sp. 10, as cited in Brown and James (2007a), Brown et al. (2004, 2008), James and Brown (2006, 2008) and Sautter et al. (2006, 2007).

All the specimen lots represented in the material had members preserved in alcohol for DNA extraction, although none of the individuals examined morphologically has been sampled for DNA. The alcoholic specimens formed a distinct monophyletic cluster in a neighbor-joining analysis of the COI barcode region, with genetic distances below 6% within the cluster (Figure 5.2).

5.4.1.1.1.2 *Glossoscolex (Praedrillus) uliginosus* n. sp. Bartz and James (Figures 5.1c and 5.1d)

Syntypes. COFM BRPR0024 four adults and MZUSP1260 one adult.

Type locality. Wet flats above waterfall, Parque Estadual do Penhasco Verde, São Jerônimo da Serra, Paraná, Brazil: 23° 43.12'S, 50° 46.56W, 804 masl, 22 May 2004,

G.G. Brown and S.W. James colls. Add data from these worms, which are in same barcode cluster (Figure 5.2).

Etymology. The species is named for its preference of habitat, the soft alluvial mud of swamps and marshes. The terminology “uliginosus” comes from Latin and means marsh, full of moisture.

Description. Dimensions 191-225 mm by 4.4-5.1 mm at x, 5.7-6.3 mm at clitellum, 4.0-4.4 mm at xl, body cylindrical, 449-484 segments. Setae ab commence on viii, cd on x. Setae closely paired throughout; setal formula AA:AB:BC:CD = 25.3:1.7:11.3:1 at xxx, DD > 1/2 circumference throughout. Prostomium prolobous. Unpigmented. Ovipores on post-equatorial segment line, 3 mm of b in xiv; male pores 2.9-3.1 mm apart in a papillae on intersegmental line xvi/ xvii within paired flat discs on domes, forward facing (Figure 5.1b); clitellum saddle, xvii-xxv (Figure 5.1a). Nephropores not visible, only in the clitellum just above B.

Septa 6/7 thin and muscular, 7/8-10/11, equally thick and muscular, 11/12 complete, septa 12/13/14 highly expanded with a circumesophageal barrier to make a sac, knobby outside and fuzzy inside, ovaries are medial to sac. Alimentary canal with large cylindrical gizzard in vi; esophagous with parallel lamellae pattern vii-ix, valvular in xiv, intestinal origin xv; typhlosole origin xv, end ccclvii-ccclxlv, loose zig-zag xv-xv i, pockets straight to ventral margin xiv-xxxi, after xxxii blade fat. Calciferous glands paired xii, composite-tubular type, disk shaped, sessile on dorsal esophageal wall, with septa 11/12 anchored; blood vessels to gland include large branch of dorsal vessel to approximate center of each gland, two coalescing vessels from ventral gland margin to extra-esophageal vessel. Gland opening to esophagus near dorsum, large with lip along ventral margin. Holonephric, vesiculate; ducts to body wall near level of B.

Vascular system with ventral trunk, single dorsal trunk, lateral vessels in vii-ix, latero-esophageal hearts in x-xi. Extra-esophageal vessel from pharyngeal glands, along ventral-lateral face of gizzard, esophagus back to calciferous glands; supraesophageal vessel in x-xi.

Ovaries, ovarian funnels free in xiii adjacent to seminal vesicle tube passing through xiii; spermathecae absent. Male sexual system metandric, testes and funnels in single midventral subesophageal sac in xi; medial to hearts of xi pass narrow tubes to seminal vesicles; seminal vesicles expand from narrow tubes in xix,xxv, after xxii smooth and looped, penetrate septa and range posteriorly along

intestine to xviii,lxx; seminal vesicles with parallel blood vessels on median side of longitudinal axis of vesicle; vasa deferentia long, looped in xi until penetrates the body wall, than straight in the body wall muscle, join the external-lateral face of a short oval muscular copulatory bulbs at level of xv; bulbs extend over xv-xvii but occupy septally-defined space of xvi, xvii. Copulatory bulbs with thin muscular outer layer, dense, delicate glandular inner surface with small lumen leading to male pore at approximate center of bulb connection to body wall; lumen undulating in three dimensions; no transverse muscle bands crossing over bulbs; bulbs with a medial muscle attached to body wall, posterior apices free.

Remarks. *Glossoscolex (Praedrillus) uliginosus* is part of the *Glossoscolex (Praedrillus)* sub-genus defined by Righi (1971), by having pre-clitellar male pores. The differences between *G. (P.) uliginosus* and *G. (P.) lutocolous* are as follows, with the characteristics of the latter in parentheses: length 191-225 mm (150-230 mm), number of segments 449-484 (290-360), setae ab beginning vii and cd in xi (setae beginning between in segment iv and vii), setal ratios 25.3:1.7:11.3:1 (17:1:9:1), septa 12/13/14 highly expanded with a circumesophageal barrier to make a sac, knobby outside and fuzzy inside (septa bounding segment xiii with many small sacs on segment xii and xiv sides, sometimes with iridescent contents in sacs, thick white villous coating on xiii sides), no genital marks (accessory genital markings near the male porophores) and the location of the male pores and associated internal structures one segment posterior to those of *G. (P.) lutocolous*. This suggests that developmental control of clitellum development is linked to the male pore location in these species.

Glossoscolex (P.) uliginosus corresponds to *Glossoscolex* n. sp. 7, as cited in Brown and James (2007a), Brown et al. (2004, 2008), James and Brown (2006, 2008) and Sautter et al. (2006, 2007).

5.4.1.1.1.3 *Glossoscolex (Praedrillus) itaguajei* n. sp. Bartz and James (Figures 5.1e and 5.1f)

Syntypes. COFM BRPR0058 three adults and MZUSP1258 three adults.

Type locality. Swamp area, sub-irrigated in Mr. Ermino Farm, Itaguajé, Paraná, Brazil; 23° 35.01'S, 51° 59.79'W, 261 masl, 12 May 2004, G.G. Brown and N.P. Benito colls.

Other material. COFM BRPR0119 two adults and MZUSP1259 two adults, river bank, Santo Inácio, 22° 41.87'S 51° 47.65'W, 368 masl, 20 November 2005, Uélington coll.

Etymology. The species is named for the municipality where it occurs (Itaguajé).

Description. Dimensions 180-255 mm by 4.0-6.0 mm at x, 5.3-6.8 mm at clitellum, 4.0-5.5 mm at xl, body cylindrical, 214-464 segments. Setae ab commence in vi but absent in xiv-xvii, cd commence in iv. Setae closely paired throughout; setal formula AA:AB:BC:CD = 12:1:7:1 at x, 15.5:1.5:7.5:1 at xxx, DD > 1/2 circumference throughout and AA narrows near male pores in both directions. Prostomium prolobous. Unpigmented. Ovipores on post-equatorial segment line 1.9 mm of b in xiv. Genital markings diffuse ovals in xiv, xv and xvii; genital mark in xiv with a pair of midventral small slit pores, 0.15 mm apart in line of male pores. Male pores in xvi, 0.2 mm apart; clitellum saddle, xvii, xviii-xxiv, 1/2xxv (Figure 5.1e). Nephropores not visible.

Septa 6/7 -10/11, equally thick and muscular, 11/12 complete, septa 12/13/14 highly expanded with a circumesophageal barrier to make a sac, knobby outside and fuzzy inside, ovaries are medial to sac. Alimentary canal with large cylindrical gizzard barrel shape in vi; esophagus with chevron lamellae pattern vii-ix, valvular in xiv, intestinal origin xv; typhlosole origin xv, end ccclvii-ccclxlv, tight zig-zag xv-xix, pockets fold straighter ventral ridge in xx-xxxiv, after xxxv simple blade, occupying 1/3 of lumen. Calciferous glands paired xii, radial-tubular type, no reservoir, with lumen, bean shaped, sessile on dorsal esophageal wall; blood vessels to gland include large branch of dorsal vessel to approximate center of each gland, two coalescing vessels from ventral gland margin to extra-esophageal vessel. Gland opening to esophagus near dorsum, large with lip along ventral margin. Holonephric, vesiculate; ducts to body wall near level of B.

Vascular system with ventral trunk, single dorsal trunk, lateral vessels in vii-ix, latero-esophageal hearts in x-xi. Extra-esophageal vessel from pharyngeal glands, along ventral-lateral face of gizzard, esophagus back to calciferous glands; supraesophageal vessel in x-xi.

Ovaries, ovarian funnels free in xiii adjacent to seminal vesicle tube passing through xiii; spermathecae absent. Central midventral small slit pores in xiv open inside the body wall, structures as a mesh linking septa 12/13/14. Male sexual system metandric, testes and funnels in single midventral subesophageal sac in xi; medial to hearts of xi pass narrow tubes to seminal vesicles; seminal vesicles expand

from narrow tubes in xix, after xxii smooth and looped, penetrate septa and range posteriorly along intestine to xviii,lxx; seminal vesicles long slender and knobby, gradually narrowing on zig-zag path back to xx-xxix, with parallel blood vessels on median side of longitudinal axis of vesicle; vasa deferentia large, looped to body wall, than zig-zag in the body wall muscle, join the central face of the oval muscular copulatory bulbs at level of xvi; bulbs extend over xv-xvii but occupy septally-defined space of xvi. Copulatory bulbs with hard muscular outer layer, dense, delicate glandular inner surface with small lumen leading to male pore at approximate center of bulb connection to body wall; lumen undulating in three dimensions; no transverse muscle bands crossing over bulbs.

Remarks. *Glossoscolex (Praedrillus) itaguajei* is part of the *Glossoscolex (Praedrillus)* sub-genus defined by Righi (1971), by having pre-clitellar male pores. The differences between *G. (P.) itaguajei* and *G. (P.) lutocolous* are as follows, with the characteristics of the latter in parentheses: length 180-255 mm (150-230 mm), number of segments 214-464 (290-360), setae ab commence in vi but absent in xiv-xvii, cd commence in iv (setae beginning between iv and vii), setal ratios 15.5:1.5:7.5:1 (17:1:9:1), small midventral pores in xiv open inside the body wall, structures as a mesh linking septa 12/13/14 (septa bounding segment xiii with many small sacs on segment xii and xiv sides, sometimes with iridescent contents in sacs, thick white villous coating on xiii sides). Distinctions from *G. (P.) tupii* are largely the same as those mentioned for *G. (P.) lutocolous*. *Glossoscolex (P.) itaguajei* has pre-clitellar male pores and the first clitellar segment is xvii rather than xviii. As in the remarks on *G. (P.) uliginosus*, this suggests that developmental control of clitellum development is linked to the male pore location in these species.

Glossoscolex (P.) itaguajei corresponds to *Glossoscolex* n. sp. 22, as cited in Brown and James (2007a), Brown et al. (2008), James and Brown (2006, 2008) and Sautter et al. (2006, 2007).

5.4.1.1.2 Subgenus *Glossoscolex* (RIGHI, 1971)

Diagnosis. One pair of intraclitellar male pores associated with a pair of intracelomic copulatory bulbs.

Type species of the sub-genus: *Glossoscolex (Glossoscolex) giganteus* Leuckart (1836)

5.4.1.1.2.1 *Glossoscolex (Glossoscolex) palus* n. sp. Bartz and James (Figures 5.3a and 5.3b)

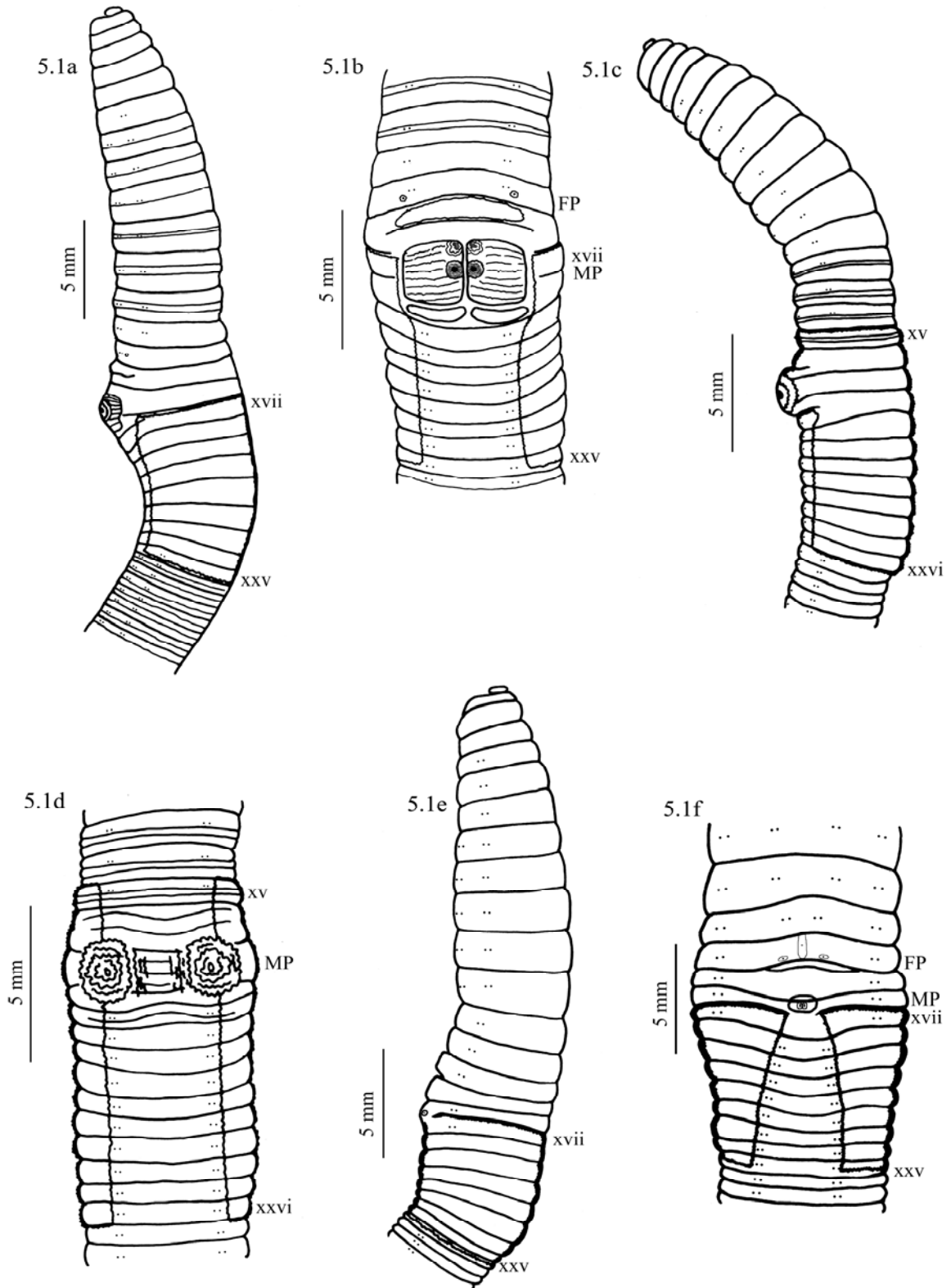
Syntype. COFM BRPR00001 two adults and MZUSP1255 two adults.

Type locality. Sedge-*Typha* marsh within cattle pasture along BR 369 near Bandeirantes, Paraná, Brazil; 23° 08.48'S, 50° 22.88'W, 395 masl. 17 April 2004, G.G. Brown and S.W. James colls.

Other material. COFM BRPR0124 two pre-clitellate, one juvenile, Sedge-*Typha* marsh within cattle pasture along BR 369 near Bandeirantes, Paraná, Brazil; 23° 08.48'S, 50° 22.88'W, 395 masl. 12 February 2006, G.G. Brown and S.W. James colls. Add data from these worms, which are in same barcode cluster (Figure 5.2).

Etymology. The species is named for its preference of habitat, the soft alluvial mud of swamps and marshes. The terminology “palus” comes from latin and means marsh or swamp.

Description. Dimensions 130-190 mm by 5-5.7 mm at x, 5.2-6.6 mm at clitellum, 4.1-5.4 mm at xxx, body cylindrical, 269-362 segments. Setae closely paired throughout; setal formula AA:AB:BC:CD = 17:1.2:8:1 at xxx, DD > 1/2 circumference throughout. Setae ab commence on iii-vi, cd on v-viii, usually not on same segment. Prostomium prolobous, pre- and post-setal secondary annulations present xii-xv. Unpigmented, clitellum slightly yellowish. Ovipores post-setal, lateral to just above b in xiv; male pores 3-3.8 mm apart on xvii within paired elevated oval porophores, consisting of wrinkled oval ring surrounding central depression; broad midventral thickened triannulate epidermis in BB of xi-xvi, xviii-xxxvii, xxxix; clitellum saddle to about AB distance above B, xv-xxvi (Figure 5.3b). Nephropores just above B.



Figures 5.1a and 5.1b *Glossoscolex lutocolous*; **5.1c and 5.1d** *Glossoscolex uliginosus*, **5.1e and 5.1f** *Glossoscolex itaguajei*. (FM = female pores; MP = male pores)

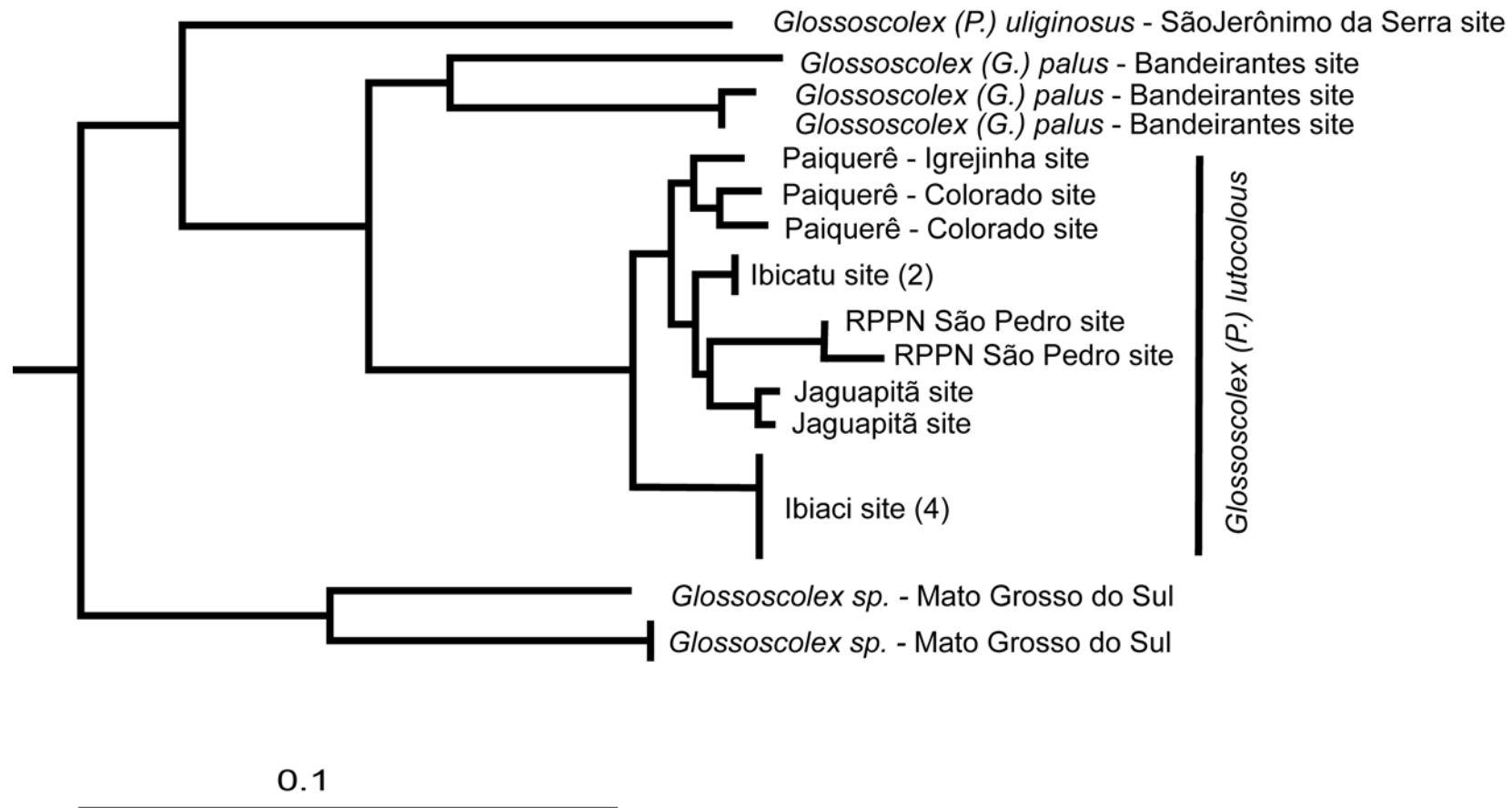


Figure 5.2 – Cluster of the neighbor-joining analysis of the COI barcode region from *Glossoscolex (P.) lutocolous*, *G. (P.) uliginosus* and *G. (G.) palus*.

Septa 5/6 thin, 6/7-10/11 equally thick, muscular, 11/12 remaining septa membranous, septa 12/13/14 lacking white sac-like glandular development and fine villous white material lining segment xiii; 12/13/14 occasionally with embedded sacs containing iridescent white material. Alimentary canal with cylindrical gizzard in vi; esophagous with high chevron-patterned lamellae vii-xi, valvular in xiv, intestinal origin 15/16; typhlosole origin xvi, end ccxxxiii-ccxlix, strongly zig-zag folded xvi-xx, zig-zag with ventral edge bent over to form pockets xxi-region of xxxiii, gradually becoming simple lamina. Calciferous glands paired xii, composite-tubular type, bean-shaped with long axis parallel to esophagus, sessile on dorsal esophageal wall; blood vessels to gland include large branch of dorsal vessel to approximate center of each gland, two coalescing vessels from ventral gland margin to extra-esophageal vessel. Gland opening to esophagus near dorsum, large with lip along ventral margin. Holonephric, vesiculate; ducts to body wall near level of B.

Vascular system with ventral trunk, single dorsal trunk, lateral vessels in vii-ix, latero-esophageal hearts in x-xi. Extra-esophageal vessel from pharyngeal glands, along ventral-lateral face of gizzard, esophagus back to calciferous glands; supraesophageal vessel in x-xi.

Ovaries, ovarian funnels free in xiii; spermathecae absent. Male sexual system metandric, testes and funnels in single midventral subesophageal sac in xi; medial to hearts of xi pass narrow tubes to seminal vesicles; seminal vesicles expand from narrow tubes, penetrate septa and range posteriorly along intestine to lx-lxxiv; seminal vesicles simple smooth elongate sacs with parallel blood vessels on median side of longitudinal axis of vesicle; vasa deferentia long, looped from xi, form dense zig-zag on body wall en route to ventro-lateral face of large oval muscular copulatory bulbs; bulbs extend over xv-xviii but occupy septally-defined space of xvii,xviii. Copulatory bulbs with thin muscular outer layer, dense, delicate corrugated glandular inner surface with small lumen leading to male pore at approximate center of bulb connection to body wall; small transverse muscle bands crossing over bulbs at 17/18, thin muscle bands attached from lateral body wall to ends of bulbs in xvi, xviii.

Remarks. *Glossoscolex (Glossoscolex) palus* belongs to the *Glossoscolex (Glossoscolex) truncatus* Rosa (1895) group as defined in Michaelsen (1918) and Righi (1978). The group includes species with male pores in xvii, except the subgenus *Praedrillus* (RIGHI, 1971) with male pores in xvi, xvi/xvii and xvi and

clitellum beginning behind the male pore and other previously defined species groups in the genus have male pores on or behind 18/19 (RIGHI; LOBO, 1979). The differences between *G. (G.) palus* and *G. (G.) truncatus* Rosa 1895 are as follows, with the characteristics of the latter in parentheses: length 130-190 mm (80-160 mm), number of segments 269-362 (200-300), clitellum saddle xv-xxvi (annular xvi-xxv), septum 11/12 membranous (septum 11/12 thick), hearts of xi free (hearts of xi enclosed in testes sacs), testes sacs single midventral subesophageal (testes sacs circumesophageal), septa 12/13/14 occasionally with embedded sacs containing iridescent white material (no such development in septa 12/13/14).

Glossoscolex (G.) palus corresponds to *Glossoscolex* n. sp. 8, as cited in Brown and James (2007a), Brown et al. (2004, 2008), James and Brown (2006, 2008) and Sautter et al. (2006, 2007).

5.4.1.1.2.2 *Glossoscolex (Glossoscolex) primaensis* n. sp. Bartz and James (Figures 5.3c and 5.3d)

Syntypes. COFM BRPR0069 two adults and two preclitellate and MZUSP1254 one adult and one preclitellate. Type locality. Swampy grasssland, Oliveira Farm, Primeiro de Maio, Paraná, Brazil;

22° 50.85'S, 51° 04.74'W, 351 masl. 12 April 2004, G.G. Brown and N.P. Benito colls.

Etymology. The species is named for the municipality where it occurs (Primeiro de Maio).

Description. Dimensions 160 mm by 4.8-5.2 mm at x, 6 mm at clitellum, 4.5-5.0 mm at xxx, body cylindrical, 306 segments. Setae ab commence on ii-iii, cd on iii-iv, usually not on same segment. Setae closely paired throughout; setal formula AA:AB:BC:CD = 18:1:5:1 at xxx, DD > 1/2 circumference throughout. AA distance much narrower near male pores, gradually reducing from x-xv, then increasing xviii-xxv; either or both of ab setae present in xvi, xviii. Prostomium prolobous, post-setal secondary annulations present viii-xii, triannulate xiii-xv. Unpigmented, clitellum slightly yellowish. Ovipores post-setal, just above b in xiv; male pores 1.6-2.2 mm apart on xvii within paired round elevated porophores; clitellum saddle to just above B, xvi-xxv (Figure 5.3d), xvi and xvii thicker than other segments. Nephropores just above B.

Septa 5/6 thin, 6/7-10/11 equally thick, muscular, 11/12 remaining septa membranous, septa 12/13/14 with white sac-like glandular investment anterior face of 12/13, posterior face of 13/14; 13/14 often with posterior bulges containing iridescent white material; posterior face of 12/13, anterior face of 13/14 coated with fine villous white material. Septa 12/13/14 united by circumesophageal membrane isolating villous interior from other septal contents of xiii, which are medial to membrane. Alimentary canal with large cylindrical gizzard in vi; esophagus with high lamellae in chevron pattern vii-ix, valvular in xiv, intestinal origin xv; typhlosole origin xv, end cclxxv, strongly zig-zag folded xv-xxii, zig-zag with ventral edge bent over to form pockets xxi, xxii-region of xxv-xxx, ventral margin straight, after xxv-xxx gradually becoming simple lamina. Calciferous glands paired xii, composite-tubular type, lenticular, sessile on dorsal esophageal wall; blood vessels to gland include large branch of dorsal vessel to approximate center of each gland, two coalescing vessels from ventral gland margin to extra-esophageal vessel. Gland opening to esophagus near dorsum, large with lip along ventral margin. Holonephric, vesiculate; ducts to body wall near level of B.

Vascular system with ventral trunk, single dorsal trunk, lateral vessels in vii-ix, latero-esophageal hearts in x-xi. Extra-esophageal vessel from pharyngeal glands, along ventral-lateral face of gizzard, esophagus back to calciferous glands; supraesophageal vessel in x-xi.

Ovaries, ovarian funnels free in xiii adjacent to seminal vesicle tube passing through xiii; spermathecae absent. Male sexual system metandric, testes and funnels in single midventral subesophageal sac in xi; medial to hearts of xi pass narrow tubes to seminal vesicles; seminal vesicles expand from narrow tubes in xiv, penetrate septa and range posteriorly along intestine to lv-lxiv; seminal vesicles simple elongate sacs with parallel blood vessels on median side of longitudinal axis of vesicle; vasa deferentia long, looped from xi, form dense zig-zag on body wall en route to ventro-lateral face of large long oval muscular copulatory bulbs, join bulbs at level of xiv-xv; bulbs extend over xv-xx but occupy septally-defined space of xvi, xvii. Copulatory bulbs with thin muscular outer layer, dense, delicate glandular inner surface with small lumen leading to male pore at approximate center of bulb connection to body wall; lumen undulating in three dimensions; no transverse muscle bands crossing over bulbs; bulbs with anterior, posterior apices attached by short stout muscles to body wall.

Remarks. *Glossoscolex (Glossoscolex) primaensis* is similar to *Glossoscolex (G.) vizottoi* Righi (1971) and *G. (G.) giocondoi*. The differences between *G. (G.) primaensis* and *G. (G.) vizottoi* are as follows, with the characteristics of the latter in parentheses: length 160 mm (130-438 mm), number of segments 306 (220-245), setae beginning between ii and iv (setae beginning in segment vii), setal ratios 18:1:5:1 (50:2.5:17.5:2), septa 12/13/14 with white sac-like glandular investment anterior face of 12/13, posterior face of 13/14 (no such development in septa 12/13/14), seminal vesicles simple elongate sacs (tubular, sinuous and very elongate), copulatory bulbs large, long and oval (thick tubular). *Glossoscolex (G.) primaensis* differs from *G. (G.) giocondoi* by: form of the clitellum saddle (annular), the form of the copulatory bulbs large, long and oval (small lenticular), last hearts in xi free (enclosed hearts in xi), testes sacs united ventrally (U shaped testes sacs). *Glossoscolex (G.) primaensis* has clitellar male pores in xvii. According to species groups defined by male pore location, *G. (G.) primaensis* falls in the *truncatus* group (MICHAELSEN, 1918; RIGHI, 1978). However this species group as defined is probably not monophyletic, considering the incompatible character variation (clitellum, test sacs, septa 12/13/14, last pair of hearts, seminal vesicle and copulatory bulb) included in Table 1.

Glossoscolex (G.) primaensis corresponds to *Glossoscolex* n. sp. 23, as cited in Brown and James (2007a), Brown et al. (2008), James and Brown (2006, 2008) and Sautter et al. (2006, 2007).

5.4.1.1.2.3 *Glossoscolex (Glossoscolex) mariae* n. sp. Bartz and James (Figures 5.3e and 5.3f)

Holotype. COFM 0002 one adult. Type locality. Forest soil, Reserva Patrimonial Particular Nacional São Pedro, Lupionópolis, Paraná, Brazil; 22° 41.79'S, 51° 40.82'W, 314 masl. 29 April 2004, G.G. Brown and S.W. James colls.

Etymology. The species is named in honor for the three sisters - Maria Beatriz Ferrari Borges, Maria Eugênia Ferrari Borges and Maria Luiza Ferrari Borges - current owners of the forest area where the collections were made.

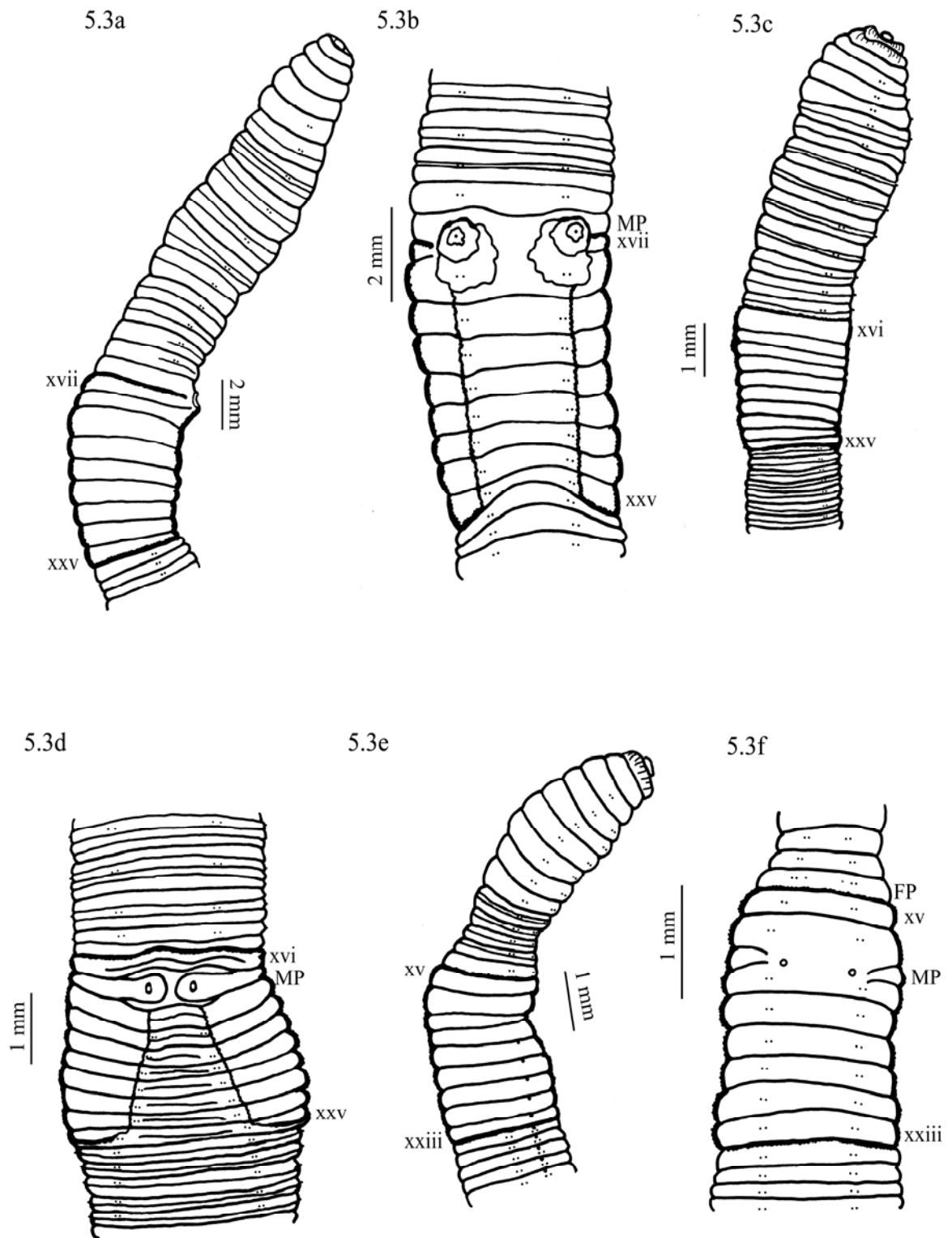
Description. Dimensions 74 mm by 2.5 mm at x, 3.2 mm at clitellum, 2.6 mm at xl, body cylindrical, 275 segments. Setae closely paired throughout; setal formula

AA:AB:BC:CD:DD = 14:1:6:1:19 at x and AA:AB:BC:CD:DD = 20.7:1:4:1:17.3 at lx. Setae ab commence on iii, cd on iv. Prostomium prolobous, post-setal secondary annulations present xi-xiii. Unpigmented. Ovipores in equatorial line of a in xiv. Male pores 1.2 mm apart on xvii within paired slight smooth dimples round porophores; segment xvii much narrowed; clitellum annular, xv-xxiii (Figure 5.3e and 5.3f). Nephropores just above B.

Septa 6/7 slightly, 7/8-10/11 equally thick, muscular, 11/12, thin, septa 12/13/14/15 lacking white sac-like glandular development and 13/14 filled with fine stringy white material; joined at the outer edges forming two sacs. Alimentary canal with barrel shaped gizzard in vi; esophagus with high chevron-patterned lamellae vii-xi, valvular in xiv, intestinal origin xv; typhlosole origin xv, end cxxiv, tight zig-zag folded xv-xix, zig-zag with ventral edge bent over to form pockets xx-xxiii, after xxiv gradually becoming simple lamina. Calciferous glands paired xii, composite-tubular type, radial tubes dorsal-lateral to esophagus; blood vessels to gland include large branch of dorsal vessel to approximate to back edges of each gland, two coalescing vessels from ventral gland margin to extra-esophageal vessel. Gland opening to esophagus near dorsum, large with lip along ventral margin. Holonephric, vesiculate; ducts to body wall near level of B.

Vascular system with ventral trunk, single dorsal trunk, lateral vessels in vii-ix, esophageal hearts in x-xi. Extra-esophageal vessel from pharyngeal glands, along ventral-lateral face of gizzard, esophagus back to calciferous glands; supraesophageal vessel in x-xi.

Ovaries, ovarian funnels free in xiii adjacent to seminal vesicle tube passing through xiii; spermathecae absent. Male sexual system metandric, testes and funnels in single midventral subesophageal sac in xi; medial to hearts of xi pass narrow tubes to seminal vesicles; seminal vesicles expand from narrow tubes in xi-xii, penetrate septa and in xiii-xx form solid brilliant branched to xxi-xxviii, xxix, then expand suddenly in xxix, xxx to numerous lateral bead-droplet shaped branches along intestine to xlix; vasa deferentia long, looped from xi, form dense zig-zag on body wall en route to ventro-anterior face of muscular fusiform copulatory bulbs; bulbs extend over 1/3xv-xix. Copulatory bulbs with thin muscular outer layer, dense, delicate corrugated glandular inner surface with small lumen leading to male pore at approximate center of bulb connection to body wall; no transverse muscle bands crossing over bulbs.



Figures 5.3a and 5.3b *Glossoscolex palus*; **5.3c and 5.3d** *Glossoscolex primaensis*, **5.3e** and **5.3f** *Glossoscolex mariae*. (FM = female pores; MP = male pores).

Remarks. *Glossoscolex (Glossoscolex) mariae* is similar to *Glossoscolex (G.) bondari* Michaelsen 1926 and *G. (G.) terraopimus*. The differences between *G. (G.) mariae* and *G. (G.) bondari* are as follows, with the characteristics of the latter in parentheses: length 74 mm (180-215 mm), number of segments 275 (400-426), setae beginning between ii and iv (setae beginning in segment iv), setal ratios 20.7:1:4:1:17.3 (16.4:1:4.3:1:18.4), hearts of xi free (hearts of xi half enclosed in testes sacs), septa 12/13/14/15 lacking white sac-like glandular development and 13/14 filled with fine stringy white material; joined at the outer edges forming two sacs (septae 11/12/13/14 with numerous white round masses), testes in single midventral subesophageal sac in xi (test sacs ventrally, united), copulatory bulbs fusiform (bean shaped). *Glossoscolex (G.) mariae* differs from *G. (G.) terraopimus* by: position of female pores equatorial line lateral to a (pre-setal in line of b), form and extension of the copulatory bulbs fusiform, 1/3 15-19 (bean shaped, 15-1/2 18), form and extension of seminal vesicles branched, lobulated, 12-49 (long flattened tubes, 12-69, 75). *Glossoscolex (G.) mariae* has clitellar male pores in xvii. According to species groups defined by male pore location, *G. (G.) mariae* falls in the questionable *truncatus* group.

5.4.1.1.2.4 *Glossoscolex (Glossoscolex) sanpedroensis* n. sp. Bartz and James
(Figures 5.4a and 5.4b)

Syntypes. COFM 0143 two adults. Type locality. Forest soil, Reserva Patrimonial Particular Nacional São Pedro, Lupionópolis, Paraná, Brazil; 22° 41.79'S, 51° 40.82'W, 314 masl. 29 April 2004, G.G. Brown and S.W. James colls.

Etymology. The species is named for the place where it was found: Reserva Patrimonial Particular Nacional São Pedro.

Description. Dimensions 39 mm by 1.8-2.1 mm at x, 2.1-2.2 mm at clitellum, 1.6-2.0 mm at xl, body cylindrical, 138 segments. Setae closely paired throughout; setal formula AA:AB:BC:CD:DD = 48:1:4:1:50 lx. Setae not visible before and in the clitellum. Prostomium prolobous, pre-setal secondary annulations present from viii until the end. Unpigmented. Ovipores post-setal just below the nephopores line. Male pores 1.7 mm apart on xvii within paired elevated round porophores, in line of ab;

clitellum annular and whitish, 1/3 xiv-1/2 xxii (Figure 5.4a). Nephropores quite visible just above ab.

Septa 6/7 thin, 7/8-9/10 equally thick muscular, septa 10/11-11/12 united at the to form the test sac, septa 12/13/14/15 white thin sac-like glandular smooth development and 13/14 filled with fine granular white material; joined at the outer edges forming two sacs. Alimentary canal with short muscular gizzard in vi; esophagous with high chevron-patterned lamellae vii-xi, valvular in xiv, intestinal origin xv; typhlosole origin xv, end xcii, strong zig-zag folded xv-xix, zig-zag with ventral edge bent over to form pockets xx-xxiv, after xxv gradually becoming simple lamina. Calciferous glands paired xii, composite-tubular type, bean-shaped, sessile on dorsal esophageal wall, blood vessels to gland include large branch of dorsal vessel to approximate to back edges of each gland, two coalescing vessels from ventral gland margin to extra-esophageal vessel. Gland opening to esophagus near dorsum, large with lip along ventral margin. Holonephric, vesiculate; ducts to body wall near level of B.

Vascular system with ventral trunk, single dorsal trunk, lateral vessels in vii-ix, esophageal hearts in x-xi. Extra-esophageal vessel from pharyngeal glands, along ventral-lateral face of gizzard, esophagus back to calciferous glands; supraesophageal vessel in x-xi.

Ovaries, ovarian funnels free in xiii adjacent to seminal vesicle tube passing through xiii; spermathecae absent. Male sexual system metandric, testes and funnels in single annular sac in xi with enclosed hearts; seminal vesicles start in the back side of the testes sacs occupying segment xi and with projections of flattened oval sacs, penetrate septa and range lateral/ventral the intestine until xv; vasa deferentia looped from xi, undulated on body wall en route to ventro-anterior face of muscular bean shaped copulatory bulbs; bulbs occupying segments xvii-2/3xviii. Copulatory bulbs with thin muscular outer layer, dense, delicate corrugated glandular inner surface with small lumen leading to male pore at approximate center of bulb connection to body wall; no transverse muscle bands crossing over bulbs.

Remarks. *Glossoscolex (Glossoscolex) sanpedroensis* is close to *Glossoscolex (G.) uruguayensis uruguayensis* Cordero (1943). The differences between *G. (G.) sanpedroensis* and *G. (G.) uruguayensis uruguayensis* are as follows, with the characteristics of the latter in parentheses: length 39 mm (170-216 mm), number of segments 138 (242-285), no setae visible before clitellum, beginning in xxiii (ventral

setae beginning in segment xv and e lateral setae beginning in xii), setal ratios 48:1:4:1:50 (18:1:3:1:11), clitellum anular, 1/3 14-1 /2 22 (saddle, 15-22), testes and funnels in single annular sac in xi (U shaped test sacs), copulatory bulbs bean shaped, 17-2/3 18 (long oval, 14-18). *Glossoscolex (G.) sanpedroensis* belongs to the *truncatus* group, defined in Michaelsen (1918) and Righi (1978).

Glossoscolex (G.) sanpedroensis corresponds to *Glossoscolex* n. sp. 3, as cited in Brown and James (2007a), Brown et al. (2004, 2008), James and Brown (2006, 2008) and Sautter et al. (2006, 2007).

5.4.1.1.2.5 *Glossoscolex (Glossoscolex) terraopimus* n. sp. Bartz and James
(Figures 5.4c and 5.4d)

Syntypes. COFM BRPR0015 two adults and one preclitellate and MZUSP1256 two adults. Type locality. Forest soil, strip of vegetation next main road PR 451, 500 m from county border, Faxinal, Paraná, Brazil; 23° 54.69'S, 51° 12.11'W, 1034 masl, 05 November 2004, G.G. Brown and S.W. James colls.

Other material. COFM BRPR0019 two adults, grassland on mountain near Telepar Tower Station, Ortigueira, Paraná, Brazil; 23°58.30'S, 51°05.48'W, masl 1017, 05 November 2004, G.G. Brown and S.W. James colls; COFM BRPR0027 two adults and one juvenile and MZUSP1257 one adult, forest soil, strip of vegetation next main road PR 451, 500 m from county border, Faxinal, Paraná, Brazil; 23° 54.69'S, 51° 12.11'W, 1034 masl, 29 May 2004, students of taxonomy course colls; COFM BRPR0056 one adult, forest soil, strip of vegetation next main road PR 451, 500 m from county border, Faxinal, Paraná, Brazil; 23° 54.69'S, 51° 12.11'W, 1034 masl, 29 May 2004, students of taxonomy course colls; COFM BRPR0125 one adult, forest soil, strip of vegetation next main road PR 451, 500 m from county border, Faxinal, Paraná, Brazil; 23° 54.69'S, 51° 12.11'W, 1034 masl, 30 January 2006, G.G. Brown and S.W. James colls.

Etymology. The species is named for the well-known very fertile soil in the region where the worms were collected.

Description. Dimensions 81 mm by 2.9 mm at x, 3.2 mm at clitellum, 3.0 mm at xxx, body cylindrical, 238 segments. Setae closely paired throughout; setal formula AA:AB:BC:CD:DD = 22.2:1.1:7.8:1:44.4 at x and 32:1:6:1:42 at xxx. Setae ab and cd

commence on iii. Setae ab absent in xvii and xviii, cd absent xvii to xxiii, AA distance increasing xviii-xxiii. Prostomium prolobous, pos -setal secondary annulations present from xi-xvi and pre-setal secondary annulations after lx until the end. Unpigmented. Ovipores pre-setal, 2.1 mm apart on xiv, pre-setal, just in front line of b, also in xiv small pores midventral 0.5 mm apart. Male pores 1.9 mm apart on xvii within paired slight depressions, internal to line of a; clitellum annular and whitish xv-xxiii (Figure 5.4c and 5.4d). Nephropores visible, just above B after clitellum.

Septa 6/7 thin, 7/8-10/11 equally thick muscular, 11/12 remaining septa membranous, septa 12/13/14 lacking white sac-like glandular development and fine villous white material lining segment xiii; 12/13/14 occasionally with embedded sacs containing iridescent white material. Alimentary canal with cylindrical gizzard in vi; esophagus with high chevron-patterned lamellae vii-xi, valvular in xiv, intestinal origin xv; typhlosole origin xv, end cxlvii, strongly zig-zag folded xv-xvii, zig-zag with ventral edge bent over to form pockets region of xviii-xxxi, after xxxii gradually becoming simple lamina. Calciferous glands paired xii, composite-tubular type, bean-shaped, sessile on dorsal esophageal wall, blood vessels to gland include large branch of dorsal vessel to approximate to back edges of each gland, two coalescing vessels from ventral gland margin to extra-esophageal vessel. Gland opening to esophagus near dorsum, large with lip along ventral margin. Holonephric, vesiculate; ducts to body wall near level of B.

Vascular system with ventral trunk, single dorsal trunk, lateral vessels in vii-ix, esophageal hearts in x-xi. Extra-esophageal vessel from pharyngeal glands, along ventral-lateral face of gizzard, esophagus back to calciferous glands; supraesophageal vessel in x-xi.

Ovaries, ovarian funnels free in xiii adjacent to seminal vesicle tube passing through xiii; spermathecae absent. Male sexual system metandric, testes and funnels in single midventral subesophageal sac in xi; attached to the sac are flat projections with iridescent material and extending until segments xii, xiii; narrow tubes from testes sacs to seminal vesicles pass lateral to hearts of xi; seminal vesicles expand from narrow tubes in xiv, penetrate septa and range posteriorly along intestine to lxix-lxxv; seminal vesicles elongate flat tubes with rounded branches and with parallel blood vessels on median side of longitudinal axis of vesicle; vasa deferentia looped from xi inside body wall en route to ventrally anterior face of muscular flat bean shaped copulatory bulbs; bulbs extend over xv-1/2 xviii.

Copulatory bulbs with thin muscular outer layer, dense, delicate corrugated glandular inner surface with small lumen leading to male pore at approximate internal border of bulb connection to body wall; no transverse muscle bands crossing over bulbs.

Remarks. *Glossoscolex (Glossoscolex) terraopimus* belongs to the *truncatus* group, which includes species with male pores in xvii, defined in Michaelsen (1918) and Righi (1978). *Glossoscolex (G.) terraopimus* most closely resembles *G. (G.) bondari* and *G. (G.) mariae*. The differences between *G. (G.) terraopimus* and *G. (G.) bondari* are as follows, with the characteristics of the latter in parentheses: length 81 mm (180-215 mm), number of segments 238 (400-426), setae beginning in segment iii (segment iv), setal ratios 32:1:6:1:42 (16.4:1:4.3:1:18.4), hearts of xi free (hearts of xi half enclosed in testes sacs), septa 12/13/14 lacking white sac-like glandular development and fine villous white material lining segment xiii; 12/13/14 occasionally with embedded sacs containing iridescent white material (septa 11/12/13/14 with numerous white round masses), testes and funnels in single midventral subesophageal sac in xi; attached to the sac are flat projections with iridescent material and extending until segments xii, xiii (test sacs ventrally, united. *Glossoscolex (G.) terraopimus* differs from *G. (G.) mariae* by: position of female pores pre-setal in line of b (equatorial line lateral to a), form and extension of the copulatory bulbs bean shaped, 15-1/2 18 (fusiform, 1/3 15-19), form and extension of seminal vesicles long flattened tubes, 12-69, 75 (branched, lobulated, 12-49). *Glossoscolex (G.) terraopimus* has clitellar male pores in xvii.

Glossoscolex (G.) terraopimus corresponds to *Glossoscolex* n. sp. 14 and *Glossoscolex* n. sp. 16, as cited in Brown and James (2007a), Brown et al. (2008), James and Brown (2006, 2008) and Sautter et al. (2006, 2007).

5.4.1.1.2.6 *Glossoscolex (Glossoscolex) giocondoi* n. sp. Bartz and James (Figures 5.4e and 5.4f)

Syntypes. COFM BRPR0020 two adults, MZUSP1261 two adults and COFM BRPR0021 one adult.

Type locality. Primary forest soil, Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, Paraná, Brazil; 23° 26.99'S, 51° 15.42'W, 593 masl, 12 May 2004, G.G. Brown and S.W. James colls; Primary forest soil, Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina,

Paraná, Brazil; 23° 26.52'S, 51° 15.30'W, 581 masl, 12 May 2004, G.G. Brown and S.W. James colls.

Other material. COFM BRPR0085 one adult, soybean field, Santa Helena Farm, Cafeara, Paraná, Brazil; 22° 50.26'S, 51° 41.92'W, 338 masl. 10 February 2005, G.G. Brown coll.; COFM BRPR0087 two adults and MZUSP1262 one adult, pasture, Santa Helena Farm, Cafeara, Paraná, Brazil; 22° 50.26'S, 51° 41.92'W, 338 masl. 1 July 2004, G.G. Brown coll.; COFM BRPR0087 one adult, two preclitellates, one juvenile, Pasture, São José Farm, Londrina, Paraná, Brazil, 23° 24.872'S, 51° 18.847'W, masl 666, 19 June 2008, M.L.C. Bartz and A. Pasini colls; COFM 000000 2 adults and 3 juveniles, pasture converted in annual crop (wheat), São José Farm, Londrina, Paraná, Brazil, 23° 24.872'S, 51° 18.847'W, masl 666, 30 September 2009, M.L.C. Bartz and A. Pasini colls; COFM BRSP0017 two adults, preclitellate, soybean culture, Fazenda Gruta Azul Farm, Taciba, São Paulo, Brazil, 22° 32.92'S, 51° 22.55'W, masl 440, 15 April 2004, G.G. Brown and A. Pavão colls; BRSP0024 two adults, soybean culture, Fazenda Gruta Azul, Taciba, São Paulo Brasil, 22° 32.92'S, 51° 22.55'W, masl 440, 07 Novembro 2002, G.G. Brown, coll; MZUSP1265 two adults, soybean culture, Fazenda Gruta Azul, Taciba, São Paulo, Brazil, 22° 32.92'S, 51° 22.55'W, masl 440, 07 Novembro 2002, G.G. Brown coll.

Etymology. The species is named in honor for the farmer Octavio Giocondo, owner of the São José Farm.

Description. Dimensions 74-109 mm by 2.8-4 mm at x, 2.8-4.3 mm at clitellum, 2.6-3.5 mm at xl, body cylindrical, 191-341 segments. Setae ab commence on xi, c on xii, d on xxv, before clitellum setae very tiny and hard visible. Setae closely paired throughout; setal formula AA:AB:BC:CD:DD = 36:1.5:6:1:31 at xl. Prostomium prolobous. Unpigmented. Ovipores on small papillae in equatorial line ventral 0.2-0.3mm of a in xiv; male pores 1.3-2.1 mm apart on xvii within paired lateral slits; clitellum annular, xvi-xxv (Figure 5.4e). Nephropores just above B.

Septa 6/7-9/10, equally thick, muscular, 10/11, thinner but muscular, 11/12, around heart and test sacs, septa 12/13/14 united by circumesophageal membrane isolating villous interior from other septal contents of xiii, which are medial to membrane. Alimentary canal with large cylindrical gizzard in vi; esophagus with wide angle lamellae chevron pattern vii-ix, valvular in xiv, intestinal origin xiv, xv; typhlosole origin xv, end cclii, cclxli, open folds xv-xvii, strongly zig-zag folded xviii, xix-xxxiii,xl, zig-zag with ventral edge bent over to form pockets xxiii-xxxv, after

gradually becoming simple lamina. Calciferous glands paired xii, composite-tubular type, bean shaped, sessile on dorsal esophageal wall; blood vessels to gland include large branch of dorsal vessel to approximate center of each gland, two coalescing vessels from ventral gland margin to extra-esophageal vessel. Gland opening to esophagus near dorsum, large with lip along ventral margin. Holonephric, vesiculate; ducts to body wall near level of B.

Vascular system with ventral trunk, single dorsal trunk, lateral vessels in vii-ix, latero-esophageal hearts in x-xi. Extra-esophageal vessel from pharyngeal glands, along ventral-lateral face of gizzard, esophagus back to calciferous glands; supraesophageal vessel in x-xi.

Ovaries, ovarian funnels free in xiii adjacent to seminal vesicle tube passing through xiii; spermathecae absent. Male sexual system metandric, testes and funnels in U shaped sac with hearts enclosed; medial to hearts of xi pass narrow tubes to seminal vesicles; seminal vesicles expand from narrow tubes in xiv, penetrate septa and range posteriorly along intestine to xxiii-xxxv; seminal vesicles simple elongate sacs with parallel blood vessels on median side of longitudinal axis of vesicle; vasa deferentia long, looped from xi, form dense zig-zag on body wall en route to ventro-lateral face of small lenticular copulatory bulbs; bulbs extend over xvi-xviii but occupy septally-defined space of xvii. Copulatory bulbs with thin muscular outer layer, dense, delicate glandular inner surface with small lumen leading to male pore at approximate center of bulb connection to body wall; lumen undulating in three dimensions; no transverse muscle bands crossing over bulbs; bulbs with anterior, posterior apices attached by short stout muscles to body wall.

Remarks. *Glossoscolex (Glossoscolex) giocondoi* is closest to *G. (G.) vizottoi* and *G. (G.) primaensis*. The differences between *G. (G.) giocondoi* and *G. (G.) vizottoi* are as follows, with the characteristics of the latter in parentheses: length 74-109 mm (130-438 mm), number of segments 191-341 (220-245), setae ab commence on xi, c on xii, d on xxv (setae beginning in segment vii), setal ratios 36:1.5:6:1:31 (50:2.5:17.5:2:67), septa 12/13/14 united by circumesophageal membrane isolating villous interior from other septal contents of xiii (no such development in septa 12/13/14), seminal vesicles simple elongate sacs (tubular, sinuous and very elongate), copulatory bulbs small lenticular (thick tubular). *Glossoscolex (G.) giocondoi* differs from *G. (G.) primaensis* by: form of the clitellum annular (saddle), the form of the copulatory bulbs small lenticular (large, long and oval), enclosed hearts in

xi (last hearts in xi free), U shaped test sacs (test sacs united ventrally). *Glossoscolex* (*G.*) *giocondoi* has clitellar male pores in xvii. According to species groups defined by male pore location, *Glossoscolex* (*G.*) *giocondoi* falls in the *truncatus* group (MICHAELSEN, 1918; RIGHI, 1978).

Glossoscolex (*G.*) *giocondoi* corresponds to *Glossoscolex* n. sp. 12 and *Glossoscolex* n. sp. 1, as cited in Brown and James (2006, 2007a,b), Brown et al. (2004, 2008), James and Brown (2006, 2008) and Sautter et al. (2006, 2007).

5.4.1.2 Genus *Fimoscolex* (MICHAELSEN, 1900)

Diagnosis. Normal setae in 8 longitudinal lines. One intraclitellar male pore. One pair of calciferous glands in 11 or 12 segments with composite-tubular structure. Sexual system metandric and metagynic; seminal vesicles in general long; one copulatory bulb; spermathacae absent.

Type species of the sub-genus: *Fimoscolex ohausi* (MICHAELSEN, 1900)

5.4.1.2.1 *Fimoscolex bartzi* n. sp. Bartz and James (Figures 5.4g, 5.4h. and 5.4i)

Syntypes. COFM BRPR0129 five adults and MZUSP1266 one adult.

Type locality. Pasture converted in annual crop (wheat), São José Farm, Londrina, Paraná, Brazil: 23° 24.872'S, 51° 18.847'W, masl 666, 30 September 2009, M.L.C. Bartz and A. Pasini colls.

Other material. COFM BRPR0130 one adult and two juveniles, pasture, São José Farm, Londrina, Paraná, Brazil: 23° 24.872'S, 51° 18.847'W, masl 666, 30 September 2008, M.L.C. Bartz and A. Pasini colls.; COFM BRPRP0131 one adult, black oats field under 35 years no-till, Rhenânia Farm, Rolândia, Paraná, Brazil; 23° 23.075' S, 51° 21.477'W, 675 masl. 19 March 2008, M.L.C. Bartz and A. Pasini colls; COFM BRPR0132 two adults, soybean field under 35 years no-till, Rhenânia Farm, Rolândia, Paraná, Brazil; 23° 23.075'S, 51° 21.477'W, 675 masl, 19 June 2008, M.L.C. Bartz and A. Pasini colls.

Etymology. The species is named in honor of the farmer Herbert Arnold Bartz, considered the pioneer of the no-till system for Latin America and manager of the Rhenânia Farm from 1965 to 2007.

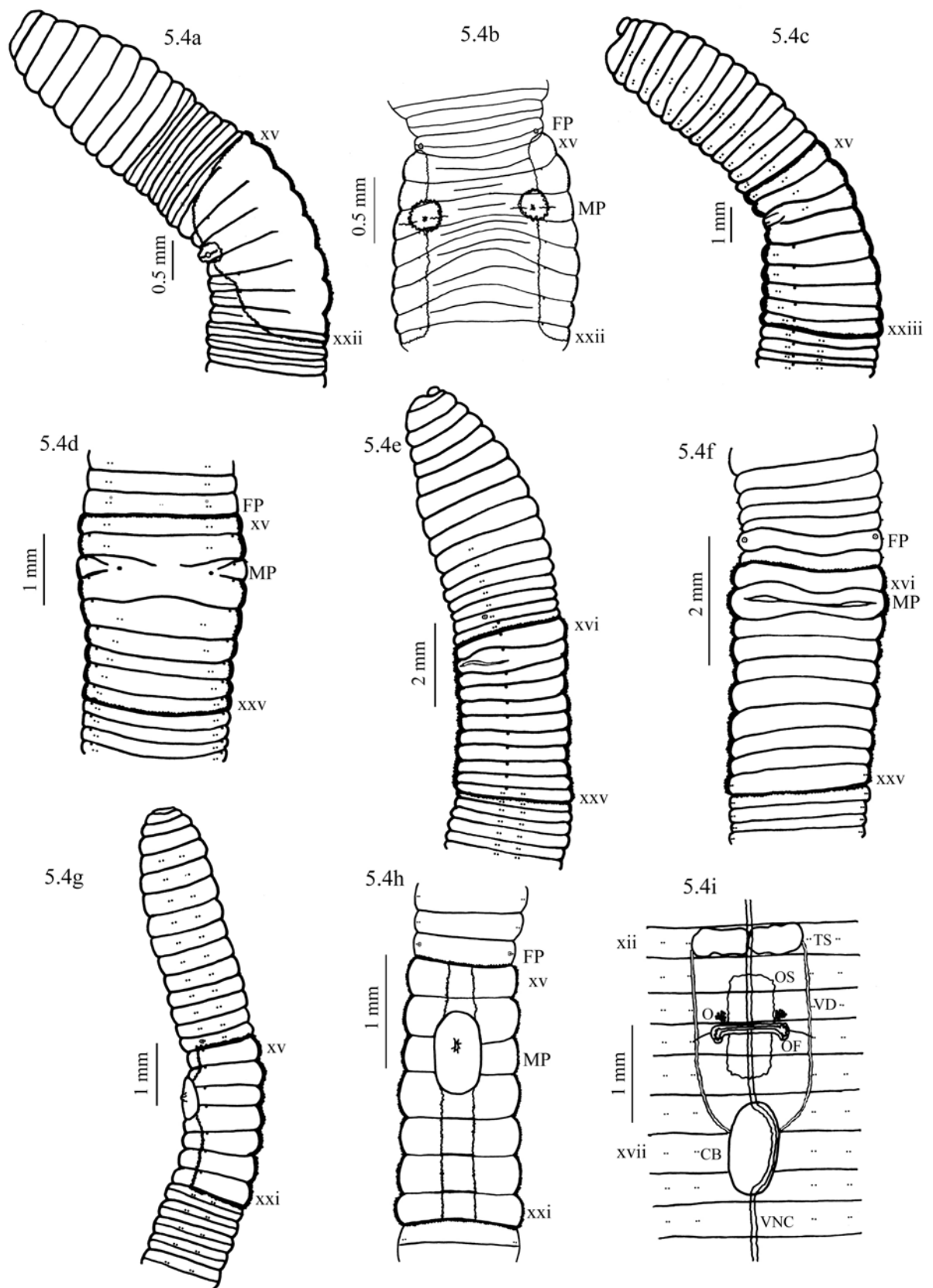
Description. Dimensions 35-57 mm by 1.2-1.9 mm at x, 1-1.5 mm at clitellum, 1.1-1.9 mm at xl, body cylindrical, 119-188 segments. Setae ab and cd commence on iv, setae very tiny and hardly visible. Setae closely paired throughout; setal formula AA:AB:BC:CD:DD = 20:1:4:1:30 at x and 28:1:6:1:32 at xxx. Prostomium prolobous. Unpigmented. Ovipores on very small papillae in xiv; single male pore on xvii as an oval conical protuberance occupying $2/3$ xvi- $1/3$ xviii; clitellum saddle, xv-xxi (Figure 5.4g). Segments after clitellum with post-setal second or third annulations. Nephropores just above B.

Septa 6/7 and 10/11 thin muscular, 7/8-9/10 equally thick muscular, 11/12 membranous, around heart and testes sacs, septa 12/13/14 united by circumesophageal membrane isolating villous interior from other septal contents of xiii, which are medial to membrane. Alimentary canal with large cylindrical gizzard in vi; valvular in xiv, intestinal origin xv; typhlosole origin xvi, end xci, cxxi, simple lamella in open folds xvi-xxiv, thicker lamella xv-xxvii, after xxviii gradually becoming simple and straight. Calciferous glands paired xii, composite-tubular type, bean shaped, sessile on dorsal esophageal wall; blood vessels to gland include large branch of dorsal vessel to approximate center of each gland, two coalescing vessels from ventral gland margin to extra-esophageal vessel. Gland opening to esophagus near dorsum. Holonephric, vesiculate; ducts to body wall near level of B.

Vascular system with ventral trunk, single dorsal trunk, lateral vessels in vii-ix, latero-esophageal hearts in x-xi. Extra-esophageal vessel from pharyngeal glands, along ventral-lateral face of gizzard, esophagus back to calciferous glands; supraesophageal vessel in x-xi.

Ovaries in xii; modified funnels C shaped in xiv and a flat sac in $1/3$ xii – $2/3$ xv, under ventral nerve cord (Figure 5.4i); spermathecae absent. Male sexual system metandric, testes and funnels in sac with enclosed hearts; seminal vesicles starts on the back side of the testes sacs in xi, penetrate septa and range posteriorly along intestine to xiv-xv; seminal vesicles simple elongate sacs with parallel blood vessels on median side of longitudinal axis of vesicle; vasa deferentia long, looped from xi, on body wall in line of ab to the ventro-lateral face of the large single oval copulatory bulb (intersegmental line xvi/xvii); bulb extends over $2/3$ xvi- $1/3$ xviii but

occupy septally-defined space of xvii. Copulatory bulb with thin muscular outer layer, dense, delicate glandular inner surface with small lumen leading to male pore at approximate center of bulb connection to body wall; lumen undulating in three dimensions; no transverse muscle bands crossing over bulb; bulb attached by muscles to body wall.



Figures 5.4a and 5.4b *Glossoscolex sanpedroensis*; **5.4c and 5.4d** *Glossoscolex terraopimus*, **5.4e and 5.4f** *Glossoscolex giocondoi*; **5.4g, 5.4h and 5.4i** *Fimoscolex bartzi*. (Abbreviations: FM = female pores; MP = male pores; TS = test sacs; O = ovaries; OS = ovisac; OF = ovaries funnels; CB = copulatory bulb; VNC = ventral nerve cord, VD = vas deferens)

Remarks. *Fimoscolex bartzi* is part of the genus *Fimoscolex* defined by Michaelsen (1900) as worms having single male pores and single copulatory bulb. There are 7 species presently known in this group. *Fimoscolex bartzi* is most similar to *Fimoscolex angai* (RIGHI, 1971), with the differences between *F. bartzi* and *F. angai* as follows, the characteristics of the latter in parentheses: length 35-57 mm (215-244 mm), number of segments 119-188 (274-459), setae beginning between ii and iv (setae beginning in segment iv), setal ratios 28:1:6:1:32 (25.2:1:4:24.9), testes in sac in xi (test sacs united involving esophagus), copulatory bulbs oval (rounded).

5.5 DISCUSSION

5.5.1 Systematics

Righi (1971) divided the genus *Glossoscolex* into 3 subgenera: *Glossoscolex*, *Praedrilus* and *Assudrilus*. *Glossoscolex* (*Glossoscolex*), with intraclitellar male pores now includes a total of 34 species, with the six new species described here. *Glossoscolex* (*Praedrilus*), with preclitellar male pores, now has a total of four species, of which three are described here. *Glossoscolex* (*Assudrilus*), with one intraclitellar male pore, currently includes two species, *Fimoscolex sacii* having been re-assigned to *Glossoscolex*. The 3 subgenera have as characteristic a pair of copulatory bulbs. Righi and Lobo (1979) divided the subgenus *Glossoscolex* (*Glossoscolex*) into 4 groups by the male pore position: the *truncatus* group, with male pores in xvii and now with the six new species has a total of 16 species; the *giganteus* group, with male pores on 18/19 or in the 1/3 anterior part of XIX, a total of 14 species; the *grandis* group with male pores on 19/20 (one species with two subspecies); and the *bergi* group, with male pores in 20/21 or 21/22 (two species).

The genus *Fimoscolex* (MICHAELSEN, 1900) was erected for those species with a single male pore and copulatory pouch, but would otherwise be in *Glossoscolex*. Resemblances between the two genera are strong: the only difference, at present, is the presence of a single (*Fimoscolex*) vs. two (*Glossoscolex*) copulatory bulbs, since *Glossoscolex* (*Assudrilus*) also have a single male pore. Within *Glossoscolex* there are species with widely and narrowly spaced male pores, suggesting that the status of *Fimoscolex* needs careful evaluation. It

would be polyphyletic if male terminalia fusion has taken place more than once within *Glossoscolex*. With *Fimoscolex* retained, *Glossoscolex* almost certainly is paraphyletic. Evidence for the paraphyly of *Glossoscolex* is not yet available but we have another new undescribed species of *G. (Assudrilus)* with paired copulatory bulbs meeting at the single male pore (S.W. James, personal observation). In fact, Righi (1971) erected the subgenus *Glossoscolex (Assudrilus)* with the species *Glossoscolex (Assudrilus) sacii*, which he later ascribed to the genus *Fimoscolex* (RIGHI, 1999), although no reference could be found indicating the reason for this genus change. Righi (1995, pg. 492) considered that *Glossoscolex (Assudrilus)* was connected with *Fimoscolex*, and he considered that the only difference between the two genera was the presence of single (*Fimoscolex*) vs. paired (*Glossoscolex*) male pores. But he was not considering that the species *Glossoscolex (Assudrilus) jimii* (RIGHI, 1972) has a single male pore. Michaelsen (1918) suggested the transference of *Fimoscolex* to *Glossoscolex* might be necessary in the future. In fact, a phylogenetic tree obtained recently using several nuclear and mitochondrial genes from a large number of Glossocolecidae genera and dozens of *Glossocolex* and *Fimoscolex* species (S.W. JAMES et al., unpublished data), places various *Fimoscolex* in different sister taxon relationships with some species of *Glossocolex*. However, further morphological and genetic data are necessary to confirm this possibility. These data will soon be generated by our research group, with the evaluation of several new species of *Glossoscolex* and *Fimoscolex* and the completion of further molecular analyses.

The species reported here, as well as the previously known members of *Glossoscolex*, include at least two not very distinct groups. The obvious separation is between those with male pores on or behind 18/19, dorsal pigmentation, ovate-elongate calciferous glands with posteriorly attached blood vessels, and annular testes sacs vs. those with male pores on or in front of xvii, unpigmented, discoid calciferous glands with centrally attached blood vessel from the dorsal vessel, ventrally united non-annular testes sacs, and seminal vesicles passing medially to the hearts of xi. Within the latter section exist species with the clitellum beginning behind the male pores (*Glossoscolex (Praedrillus)* Righi 1971), but this distinction does not correlate with other characters. Righi made no further mention of this subgenus in later papers, until Righi (1995) where he said that the subgenus *Praedrillus* cannot be maintained because he thought that the clitellum from *G. tupii*

was not fully developed, and that the position of the male pores (xvii) agrees with *G. truncatus* (ROSA, 1895). Between 1971 and 1995 Righi found no further *Glossoscolex* species characterized by the clitellum beginning after the male pores, which was the basis for the subgenus designation. There are also species (such as *G. uruguayensis* (CORDERO, 1943)) with male pores on xvii, annular testes sacs, short seminal vesicles passing laterally to the hearts of xi, and clitellum beginning two or more segments in front of the male pores, considered part of the *truncatus* group (MICHAELSEN, 1918; RIGHI, 1978). The *truncatus* group is characterized by having a pair of male pores in xvii (RIGHI, 1978).

The thick glandular investment on septa behind segment xii appears to be related to male reproduction, in that iridescent material resembling aggregated spermatozoa is sometimes found attached to these septa or in small pouches of the septa. This septal condition is not universal in either of the two sections, and is also not exclusive to one of them. It probably evolved in the common ancestor of all extant *Glossoscolex*, and may have been lost in some species, or its absence may be due to developmental stages of the specimens collected. The mode of reproduction among *Glossoscolex* has been the subject of some debate and speculation since Michaelson (1918). The lack of spermathecae and the absence of observed spermatophores on any specimens collected so far raises the question of how, or if, sexual reproduction is accomplished. Ljungström (1972) proposed that all members of the genus are parthenogenetic morphs derived from sexual populations of species in genera with the same type of calciferous glands (e.g. *Diaguia*, *Andioscolex*, etc). Righi (1978) rejected this hypothesis on the grounds that such conclusions are premature in the total absence of data on the reproduction of any member of the Glossoscolecidae, let alone *Glossoscolex*. Hundreds of adult *Glossoscolex* specimens of many species have been examined by ourselves and by students in taxonomy training courses, but no spermatophores have been observed. This is negative evidence, but casts further doubt on the hypothesis that spermatophore exchange could be involved in outcrossing.

Parthenogenesis seems more unlikely, given the universal occurrence of matured sperm on funnels and the often tremendous seminal vesicles. Copulatory bulbs are a universal characteristic of the genus, and generally consist of a tough muscular outer wall enclosing a thick glandular layer of cells lining a very narrow and much infolded lumen. The lumen and folds of glandular lining converge

on the external pore. This large investment of tissue in male functions is joined in many species by the enlargement and thick coating of septa 12/13/14. Ordinarily parthenogenesis is associated with degradation, diminution or deletion of male organs (GATES, 1972), but we have never seen this in any Brazilian *Glossoscolex*. One undescribed *Glossoscolex* species in the MZUSP collection has large horn-like claspers bearing the male pores, an additional investment of resources (S.W. JAMES; G.G. BROWN, personal observation). This pattern of regular investment in male function suggests that sperm are used for reproduction. Otherwise selection would heavily favor diversion of resources to clonal reproduction via the ovaries and clitellum.

This leaves open the question of how fertilization takes place, and whether or not the sperm of a mate is ever used. We searched carefully, but never via microtome sections, for a connection between the female pores and the interior of the sacs formed by 12/13/14, but we did find in *G. itaguajei*, *G. terraopimus* and *F. bartzi* a little pair of pores midventral in xiv. Furthermore, not all species have these sacs, so even finding a connection that would permit injection of sperm through female or other pores into a sac in the body cavity would not explain outcrossing reproduction in all members of the genus. In *F. bartzi* we found also a midventral sac that seems to have connections with the female reproductive organs and it could be connected with the midventral pores found outside. But future microtome sections studies are necessary to understand these connections. The reason we made this search, and suggest this possibility, is that the Eudrilidae have combined female and spermathecal pores on xiv, and fertilization can be internal. The Eudrilidae also have "euprostates" very similar in outer form to the copulatory bulbs of *Glossoscolex*. However, as Michaelsen (1918) pointed out, there is generally a correspondence between the spacing of male pores and spermathecal pores, but not between male pores and female pores. Certainly in the *Glossoscolex* we have seen, there is little variation in female pore spacing (almost always near setal line b) but much variation in male pore spacing. This argues against the injection hypothesis, it being rather difficult in those species with closely approximated male pores (or even united as a single pore in *Fimoscolex*).

Typhlosolar morphology is consistent within the *Glossoscolex* species observed here and in other places, such as Righi (1978) and Righi and Lobo (1979). The typical typhlosole begins with the intestine in segment xv as a series of

zig-zag folds, often wide and densely packed together beyond what one expects from contraction of the animal during fixation. Intestines generally do not contract as much as the body wall, forming undulations within the body wall instead. After several segments of zig-zag, the ventral edge of the lamina starts to curve over on the apices of the fold to form pockets. In a few cases there are only a few such pockets, but in most the pockets themselves form a densely packed bead-like series with a nearly straight ventral margin. Usually this section is somewhere between segments xx and xxxv, after which the pockets rapidly diminish and a simple, straight lamina is formed. This form, with gradual reduction, persists to the end of the typhlosole, generally well towards the posterior of the animal, leaving perhaps 20% or less of the intestine atyphlosole.

The form of the seminal vesicles varies among the species described here. In some it is merely a long sac with indentations at the points of passing through the septa, but in others the sacs are ramified in a nearly pinnate structure composed of small lobules branching from the central canal of the vesicles. In the species with the simple sacs, some have relatively short seminal vesicles reaching only a few segments behind the testicular segments (e.g. xiv-xviii), some have sacs as far back as xxx, and others have sacs with the potential, depending on the degree of folding within segments, to reach xl-lxxx. The pinnate sacs are always of the long type.

Setal ratios vary within a few general types, and sometimes on the longitudinal axis. There is a group of species, including many of the smaller mesic soil worms, with lateral setae. The nephropores stay with the B setae. The AA distance is quite large, and the BC distance relatively small, such that all setae are lateral, with CD still below the dorsal third of the body. The wetland species generally do not have this arrangement, so that AB are placed ventrally.

5.5.2 Ecology

The habitats in which the larger unpigmented *Glossoscolex* species were found are all saturated fine textured soils under herbaceous or woody vegetation. The region of collection was once densely forested, but now only small remnants remain. However, these worms persist in wetlands both within the forests

and in cleared areas subject to periodic agricultural disturbance. It is possible that the conditions of life in these places wetlands change little after deforestation. The soils remain saturated and the input of organic material shifts from tree roots to grasses, rushes and sedges. Sometimes the wetland species are found along stream margins, but most commonly they are in low marshes and areas around water seepage. The table 2 presents chemical and textural attributes of some soils where the species were found, as well as the vegetation type where they occur.

In upland forest and grassland soils we found some small species (40-70 mm) of unpigmented *Glossoscolex* and *Fimoscolex*, and a medium-sized unpigmented *Glossoscolex* (~100 mm) in a forest soil in the Pico Paraná area (BROWN et al., 2004, 2008; S.W. JAMES, personal observation). In the São Paulo state coastal and inland mountains, and one mountainous island (Ilha Bela), we also found members of these genera in upland soils, but in these places the *Glossoscolex* were of the *giganteus* group (BROWN; JAMES, 2007a). In most cases the habitat was primary or older secondary forest. Studies in agricultural land in a few northern Paraná locations (Cafeara, Jaguapitã) and southern São Paulo state (Taciba) yielded additional small species of both *Fimoscolex* and *Glossoscolex* (BROWN et al., 2004, 2008). These are clearly able to survive conversion to agriculture and introduction of invasive exotic species which are now more abundant than the native *Glossoscolex* and *Fimoscolex*. Thus it is quite possible to find relict populations of native species in the fragmented remains of the Mata Atlântica and some deforested areas. More intensive surveys could fill in gaps in ranges, expand the ranges of known species, and discover additional new species. Given the apparent high level of endemism among Brazilian earthworms (JAMES; BROWN 2006), intensive surveys within a restricted region would be the only way to learn if “species” apparent from scattered sampling intergrade. Morphological homogeneity within *Glossoscolex* species groups is strong, with variation concentrated in the male field. Knowing what we know now, these appear to be distinct species, but this could change with additional data.

Table 5.1 – Comparison of characters of the new species (in bold) of *Glossoscolex (Praedrillus)*, *Glossoscolex (Glossocolex)* and *Fimoscolex*, the type species for each genus and subgenus and the species compared in the remarks. Genus, subgenus and species in bold are the new species described.

Genus and Subgenus	Specie	Author	Length	Nº Segments	Setal ratio	Clitellum	Male pore	Calciferous gland	Test sacs	Septa 12/13/14	Last hearts	Seminal vesicle	Copulatory bulbs
<i>Glossoscolex (Assudrilus)</i>	<i>sacii</i>	Righi (1971)	710-905	423-558	15.1:1.3:0.9:24	saddle, 15-23	19	12	1 pair, 11	-	-	bean shaped, roughly trilobed, 12-13	apple shaped, 17/18-19/20
<i>Glossoscolex (Praedrillus)</i>	<i>tupii</i>	Righi (1971)	265-335	-	30:11.5:12.5:7.5:28	annular, 18-29	17	oval, 12	1 pair united ventrally, triangle form, 11	-	enclosed	tubular, 12-38,40	bean shaped, 15/16-17/18
<i>Glossoscolex (Praedrillus)</i>	<i>lutocolous</i>	Bartz and James	125-230	295-360	17:1:9:1, DD> 1/2 Ø	saddle, 17-25	16	lenticular, 12	1 pair united ventrally, 11	developed, united	free	simple sacs, 12-30,80	long oval, 14-18
<i>Glossoscolex (Praedrillus)</i>	<i>uliginosus</i>	Bartz and James	191-225	449-484	25.3:1.7:11.3:1, DD> 1/2 Ø	saddle, 17-25	16/17	disk shaped, 12	1 pair united ventrally, 11	developed, united	free	simple elongate sacs, 12-47, 70	short oval, 15-17
<i>Glossoscolex (Praedrillus)</i>	<i>itaguajei</i>	Bartz and James	180-255	214-464	15.5:1.5:7.5:1, DD> 1/2 Ø	saddle, 17,18-24,1/2 25	16	bean shaped, 12	1 pair united ventrally, 11	developed, united	free	long slender, knobby, 12-20,39	oval, 12-17
<i>Glossoscolex (Glossoscolex)</i>	<i>giganteus giganteus</i>	Leuckart (1836)	305-630	311-576	16:5:6:5:19	saddle, 15-24	19	pear shaped, 12	-	-	-	elongate flattened, 11-12	17/18-20/21
<i>Glossoscolex (Glossoscolex)</i>	<i>palus</i>	Bartz and James	130-190	269-362	17:1.2:8:1, DD> 1/2 Ø	saddle, 15-26	17	bean shaped, 12	1 pair united ventrally, 11	developed	free	simple elongate sacs, 12-60,74	long oval, 15-18
<i>Glossoscolex (Glossoscolex)</i>	<i>primaensis</i>	Bartz and James	160	306	18:1:5:1, DD> 1/2 Ø	saddle, 16,17-25	17	lenticular, 12	1 pair united ventrally, 11	developed, united	free	simple elongate sacs, 12-55,64	long oval, 15-20
<i>Glossoscolex (Glossoscolex)</i>	<i>mariae</i>	Bartz and James	74	275	20.7:1:4:1:17.3	annular, 15-23	17	oval, 12	1 pair united ventrally, 11	developed, united	free	bead-droplet branches, 12-49	fusiform, 1/3 15-19

Table 5.1 Continuation...

Genus and Subgenus	Specie	Author	Length	Nº Segments	Setal ratio	Clitellum	Male pore	Calciferous gland	Test sacs	Septa 12/13/14	Last hearts	Seminal vesicle	Copulatory bulbs
<i>Glossoscolex (Glossoscolex)</i>	<i>sanpedroensis</i>	Bartz and James	39	138	48:1:4:1:5:0	annular, 1/3 14-1/2 22	17	bean shaped, 12	1 pair united ventrally, ring form, 11	developed, united	enclosed	flat sacs, 11-15	bean shaped, 17-2/3 18
<i>Glossoscolex (Glossoscolex)</i>	<i>terraopimus</i>	Bartz and James	81	238	32:1:6:1:4:2	annular, 15-23	17	bean shaped, 12	1 pair united ventrally, 11	developed	free	flat elongate tubes, 12-69,75	bean shaped, 15-1/2 18
<i>Glossoscolex (Glossoscolex)</i>	<i>giocondoi</i>	Bartz and James	74-109	191-241	36:1.5:6:1:31	annular, 16-25	17	bean shaped, 12	1 pair united ventrally, U form, 11	united	enclosed	simple elongate sacs, 12-23,35	rounded, lenticular, 17
<i>Glossoscolex (Glossoscolex)</i>	<i>truncatus</i>	Rosa (1895)	80-160	200-300	-	annular, 16-25	17	12	1 pair united ventrally, U form, 11	-	enclosed	tubular elongate, 11,12-18	long oval, 17-18
<i>Glossoscolex (Glossoscolex)</i>	<i>vizottoi</i>	Righi (1971)	130-438	220-245	50:22.5:17.5:2:67	saddle, 15-25	17	12	single ventral sac, 11	-	-	elongate sinuous tubes, 12-40,47 long branched bands, 12-67,110	thick tubular, 15-18
<i>Glossoscolex (Glossoscolex)</i>	<i>bondari</i>	Michaelsen (1926)	170-215	102-400	16.4:1:4.3:1:18.4	annular, 15-23	17	rounded a little oval, 12	1 pair united ventrally, 11	developed	free	big and lobulated, 11-14	bean shaped, 16-19
<i>Glossoscolex (Glossoscolex)</i>	<i>uruguayensis uruguayensis</i>	Cordero (1943)	170-221	230-285	42:1:8:1:52	saddle, 15-22	17	oval, 12	1 pair united ventrally, U form, 11	incomplete	enclosed	smooth grape shaped, 11-13,15	big oval, 14-18
<i>Fimoscolex</i>	<i>ohausi</i>	Michaelsen (1918)	120	191	-	saddle, 13,14-23	16/17	spherical, 12	single, tube form, 11	-	-	wide and flattened, 12-19,21	rounded
<i>Fimoscolex</i>	<i>angai</i>	Righi (1971)	215-244	274-459	164:6.5:26:6.5:162	saddle, 15-21	17	oval, 11	1 pair united ventrally, ring form, 11	-	enclosed	simple elongate sacs, 11-14,15	rounded, 2/3 16-2/3 18
<i>Fimoscolex</i>	<i>bartzi</i>	Bartz and James	35-57	119-188	20:1:4:1:3:0	saddle, 15-21	17	bean shaped, 12	1 pair united ventrally, ring form, 11	developed, united	enclosed	oval, 2/3 16-1/3 18	

Table 5.2 – Soil chemical and textural attributes from some areas where the new species of *Glossoscolex* and *Fimoscolex* occur.

Species	Nº collection	Municipality	Vegetation	Soil Characteristics										
				pH	Al	H+Al	Ca	Mg	K	C	P	Clay	Silt	Sand
					cmol _c dm ⁻³					g dm ⁻³	mg dm ⁻³	%		
<i>G. (P.) lutocolous</i>	COFM BRPR 0003	Lupionópolis	Swamp	4.9	0.0	4.9	11.7	4.3	0.3	42.4	6.8	33.2	20.1	46.8
	COFM BRPR 0005	Centenário do Sul	Wet area	5.3	0.0	3.6	11.6	4.4	0.1	44.9	8.5	12.6	15.7	71.8
	COFM BRPR 0006	Londrina	Swamp	4.3	0.4	5.5	6.1	1.7	0.1	28.1	11.1	54.5	31.9	13.7
	COFM BRPR 0007	Londrina	Rice cultivation	4.8	0.9	7.5	8.7	2.0	0.1	31.5	7.6	51.7	32.8	15.5
<i>G. (P.) uliginosus</i>	COFM BRPR 0024	São Jerônimo da Serra	Wet area	4.3	0.3	4.3	1.6	0.2	0.0	19.9	4.9	16.3	23.6	60.2
<i>G. (P.) itaguajei</i>	COFM BRPR 0058	Itaguajé	Swamp	4.4	0.2	3.7	3.6	1.4	0.0	19.4	3.7	19.8	20.9	59.3
<i>G. (G.) palus</i>	COFM BRPR 0001, 0124	Bandeirantes	Marsh within cattle pasture	4.8	0.1	5.1	8.0	3.1	0.0	30.3	4.4	23.7	26.5	49.8
<i>G. (G.) primaensis</i>	COFM BRPR 0069	Primeiro de Maio	Swampy grassland	6.3	0.0	2.4	18.3	5.5	0.1	31.5	3.0	58.4	33.2	8.4
<i>G. (G.) mariae</i>	COFM BRPR 0002	Lupionópolis	Forest soil	5.5	0.0	2.5	5.0	1.1	0.2	18.8	2.1	28.3	8.1	63.6
<i>G. (G.) sanpedroensis</i>	COFM BRPR 0143	Lupionópolis	Forest soil	5.5	0.0	2.5	5.0	1.1	0.2	18.8	2.1	28.3	8.1	63.6
<i>G. (G.) terraopimus</i>	COFM BRPR 0125	Faxinal	Forest soil	6.7	0.0	2.6	11.7	8.1	0.7	40.5	91.8	-	-	-
	COFM BRPR 0019	Ortigueira	Grassland on mountain top	4.7	0.1	4.2	0.2	0.2	0.4	24.1	49.2	33.4	15.5	51.1
<i>G. (G.) giocondoi</i>	COFM BRPR 0020	Londrina	Pasture	5.9	0.0	3.3	11.4	2.1	0.2	32.0	2.5	-	-	-
	COFM BRPR 0085	Cafeara	Soybean culture	5.7	0.0	2.3	1.7	0.7	0.3	8.4	27.5	-	-	-
	COFM BRPR 0087	Cafeara	Pasture	5.0	0.0	3.1	2.3	1.1	0.3	15.5	28.4	-	-	-
	COFM BRSP 0017	Taciba	Soybean culture	4.8	0.1	3.6	1.5	0.8	0.2	14.4	5.2	-	-	-
	COFM BRPR 0127, 0128	Londrina	Harvested wheat culture, pasture	5.4	0.3	4.5	0.7	6.3	2.7	22.7	15.1	81.4	5.4	13.3
<i>F. bartzi</i>	COFM BRPR 0129	Londrina	Harvested wheat culture	5.4	0.3	4.5	0.7	6.3	2.7	22.7	15.1	81.4	5.4	13.3
	COFM BRPR 0131, 0132	Rolândia	Black oats, 35 years no-till	5.5	0.1	4.2	0.6	7.8	1.5	20.2	56.0	78.8	6.9	14.4

5.6 ACKNOWLEDGEMENTS

The authors acknowledge the financial support of CAPES through the grant of PhD scholarship for the stage in France, by the program PDEE. As well as all members of the ECODIV laboratory, in special to Dr. Thibaud Decaens and Ana Ferreira, for providing space and support for this work at the University of Rouen in France.

5.7 REFERENCES

BROWN, G.G., JAMES, S.W., SAUTTER, K.D., PASINI, A., BENITO, N.P., NUNES, D.H., KORASAKI, V., SANTOS, E.F., MATSUMURA, C., MARTINS, P.T., PAVÃO, A., SILVA, S.H., GARBELIN, G.; TORRES, E. Avaliação das populações e de minhocas como bioindicadores ambientais no Norte e Leste do Estado do Paraná. In: SARAIVA, O. F. (Ed.). **Resultados de pesquisa da Embrapa Soja – 2003**: Manejo de solos, plantas daninhas e agricultura de precisão. Londrina: Embrapa Soja, 2004. p. 33-46. (Embrapa Soja. Documentos, 253)

BROWN, G.G., JAMES, S.W. Earthworm biodiversity in São Paulo state, Brazil. **European Journal of Soil Biology**, v. 42, p. S145-S149, 2006.

BROWN, G.G., JAMES, S.W. Ecologia, biodiversidade e biogeografia das minhocas no Brasil. In: BROWN, G.G.; FRAGOSO, C. (Ed.) **Minhocas na América Latina**: biodiversidade e ecologia. Londrina: Embrapa Soja, 2007a. , p. 297-381.

BROWN, G.G., JAMES, S.W. Biodiversidade e biogeografia das minhocas no Estado de São Paulo, Brasil. In: BROWN, G.G.; FRAGOSO, C. (Ed.) **Minhocas na América Latina**: biodiversidade e ecologia. Londrina: Embrapa Soja, 2007b. p. 397-405.

BROWN, G.G., JAMES, S.W., SAUTTER, K.D., PASINI, A., BENITO, N.P., NUNES, D.H., KORASAKI, V., SANTOS, E.F., MATSUMURA, C., MARTINS, P.T., PAVÃO, A., SILVA, S.H., GARBELIN, G.; TORRES, E. Avaliação das populações e de minhocas como bioindicadores ambientais no Norte e Leste do Estado do Paraná. In: SARAIVA, O.F.; LEITE, R.M.V.B.C. (Ed.) **Resultados de pesquisa da Embrapa Soja – 2005**: Manejo de solos, plantas daninhas e agricultura de precisão. Londrina: Embrapa Soja, 2008. p. 20-29. (Embrapa Soja. Documentos, 296)

CORDERO, E.H. Oligoquetos sudamericanos de la familia Glossoscolecidae, 1. El género *Glossoscolex* en el Uruguay, con una synopsis de las especies del grupo *truncatus*. **Comunicaciones Zoológicas del Museo de Historia Natural de Montevideo**, v. 1, n. 2, p. 1–9, 1943.

GATES, G.E. Burmese Earthworms. An introduction to the systematics and biology of Megadrile oligochaetes with special reference to South-East Asia. **Transactions of the American Philosophical Society**, v. 62, p. 1–326, 1972.

HAJIBABEI, M., DE WAARD, J.R., IVANOVA, N.V., RATNASINGHAM, S.; DOOH, R.T. (2005) Critical Factors for assembling a high volume of DNA barcodes. **Philosophical Transactions of the Royal Society B**, v. 360, p. 1959–1967, 2005.

HEBERT, P.D.N., CYWINSKA, A., BALL, S.L.; DE WAARD, J.R. Biological identifications through DNA bar-codes. **Proceedings of the Royal Society B**, v. 270, p. 313–321, 2003.

IVANOVA, N.V.; DEWAARD, J.R.; HEBERT, P.D.N. An inexpensive, automation-friendly protocol for recovering high-quality DNA. **Molecular Ecology Notes**, v. 6, p. 998–1002, 2006.

JAMES, S.W.; BROWN, G.G. Earthworm ecology and diversity in Brazil. In: MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O.; BRUSSAARD, L. (Ed.). **Soil biodiversity in Amazonian and other Brazilian ecosystems**. Wallingford: CABI, 2006. , p. 56–116.

JAMES S.W.; BROWN; G.G. Ecologia e diversidade de minhocas. In: MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O.; BRUSSAARD, L. (Ed.). **Soil biodiversity in Amazonian and other Brazilian ecosystems**. Lavras: UFLA, 2008. p. 193–276.

LARKIN, M.A., BLACKSHIELDS, G., BROWN, N.P., CHENNA, R., MCGETTIGAN, P.A., MCWILLIAM, H., VALENTIN, F., WALLACE, I.M., WILM, A., LOPEZ, R., THOMPSON, J.D., GIBSON, T.J.; HIGGINS, D.G. Clustal W and Clustal X version 2.0. **Bioinformatics**, v. 23, p. 2947–2948, 2007.

LEUCKART, F.S. Abbildung neuer Genus Ringelwurm. **Notizen Froriep**, v. 46, p. 88, 1835.

LEUCKART, F.S. Abbildung neuer Genus Ringelwurm. **Isis Oken**, v. 1836, p. 764, 1836.

LJUNGSTRÖM, P.O. Biology of *Glossoscolex uruguayensis* (Glossoscolecidae, Oligochaeta). A new species for Argentina. **Studies on Neotropical Fauna**, v. 7, p. 195–205, 1972.

MICHAELSEN, W. **Oligochaeta. Das Tierreich 10**. Berlin, R. Frieländer and Sohn, p. 1–575, 1900.

MICHAELSEN, W. Die Lumbriciden, mit besonderer Berücksichtigung der bisher als Familie Glossocolecidae zusammengefassten Unterfamilien. **Zoologisches Jahrbuch, Abteilung für Systematik Ökologie und Geographie der Tiere**, v. 41, p. 1–398, 1918.

MICHAELSEN, W. Zur Kenntnis einheimischer und ausländischer Oligochäten. **Zoologische Jahrbuch, Abteilung für Systematik Ökologie und Geographie der Tiere**, v. 51, p. 255–328, 1926.

RIGHI, G. Sobre a Família Glossoscolecidae (Oligochaeta) no Brasil. **Arquivos de Zoologia**, v. 20, p. 1–96, 1971.

RIGHI, G. Additions to the genus *Glossoscolex* (Oligochaeta, Glossoscolecidae). **Studies on the Neotropical Fauna**, v.7, 1972.

RIGHI, G. Alguns Oligochaeta Megadrili da Argentina. **Fave** v. 1, n. 3, p. 167–178, 1978.

RIGHI, G. Colombian earthworms. In: VAN DER HAMMEN, T. **Studies on Tropical Andean Ecosystems** v. 4, Cramer (Borntraeger), Berlin-Stuttgart, p. 485–607, 1995.

RIGHI, G. Oligochaeta (Annelida) diversidade e agro-ecologia. In: JOLY, C. A.; BICUDO C. E. M. (Ed.). **Biodiversidade do Estado de São Paulo, Brasil: síntese do conhecimento ao final do século XX**, São Paulo: FAPESP, 1999.

RIGHI, G.; LOBO, D.J.A. Nova contribuição ao gênero *Glossoscolex* (Oligochaeta) com sinopse do grupo *truncatus*. **Revista Brasileira Biologia** v. 39, n. 4, p. 947–959, 1979.

ROSA, D. Oligocheti terricoli (Inclusi quelli raccolti nel Paraguay dal Dr. Paul Jordan). **Bolletino dei Museo di Zoologia et Anatomia Comparata di Torino**, p. 10, n. 204, p. 1–3, 1895.

SAITOU, N.; NEI, M. The neighbor-joining method: a new method for reconstructing phylogenetic trees. **Molecular Biology and Evolution**, v. 4, p. 406–425, 1987.

SAUTTER, K.D., BROWN, G.G., JAMES, S.W., PASINI, A., NUNES, D H. AND BENITO, N.P. Present knowledge on earthworm biodiversity in the State of Paraná, Brazil. **European Journal of Soil Biology**, v. 42, p. 296-300, 2006.

SAUTTER, K.D., BROWN, G.G., PASINI, A., BENITO, N.P., NUNES, D H. AND JAMES, S.W. Ecologia e biodiversidade das minhocas no Estado do Paraná, Brasil. In: BROWN, G.G.; FRAGOSO, C. (eds.) **Minhocas na América Latina: biodiversidade e ecologia**. Londrina: Embrapa Soja, 2007. P. 383-396.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As variações sazonais das populações de minhocas são consequência de uma combinação de condições climáticas e de fatores relacionados ao manejo do solo, os quais afetam a disponibilidade da água, umidade do solo, recursos (alimento) e ambiente. Os mesmos são determinantes para a sobrevivência e reprodução destes organismos.

Observou-se que quanto menor a perturbação no ambiente, maior será a atividade das comunidades de minhocas (florestas e pastagens). Por outro lado, ambientes sob impacto antrópico, seja ele físico e/ou químico, apresentam menor atividade das minhocas (culturas anuais e perenes).

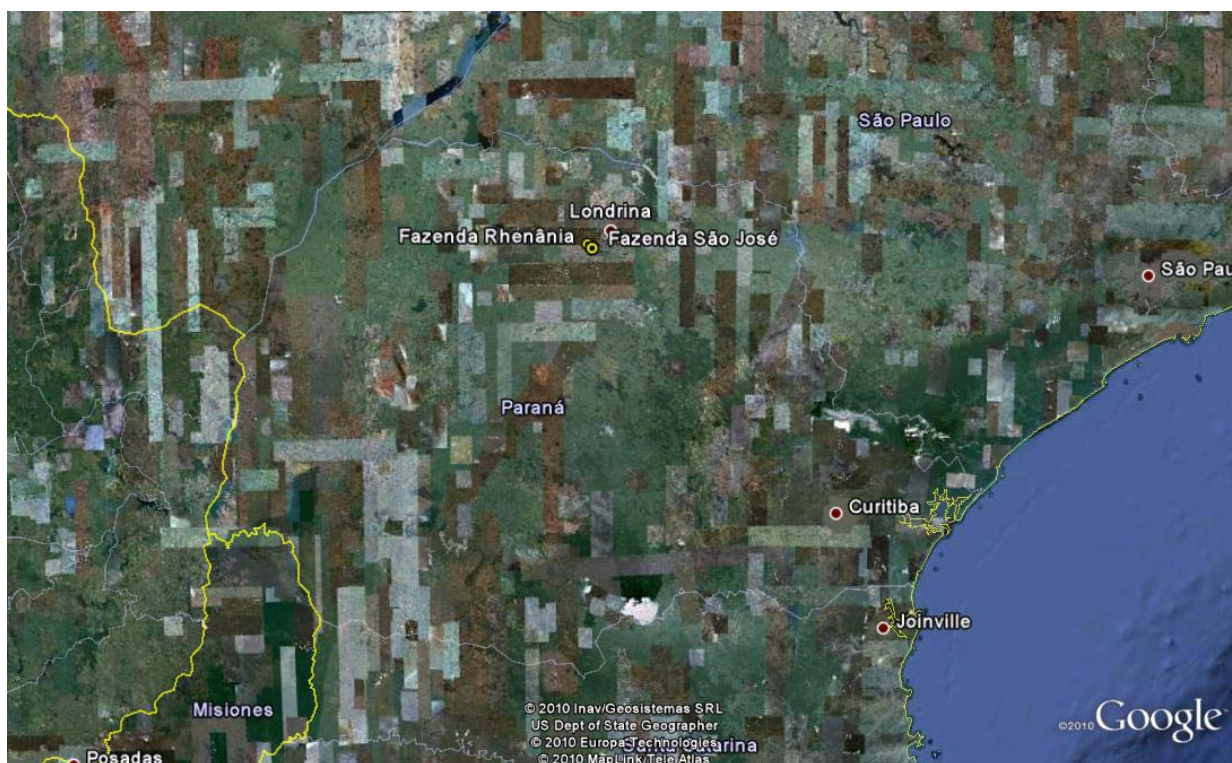
No entanto, ao se adotar técnicas de manejo conservacionista do solo, como o sistema plantio direto, é possível haver melhora e consequente manutenção da biodiversidade no solo, que pode se tornar comparável à florestas. Destaca-se que espécies nativas de minhocas podem sobreviver em áreas agrícolas, sob sistema plantio direto, quando manejado adequadamente.

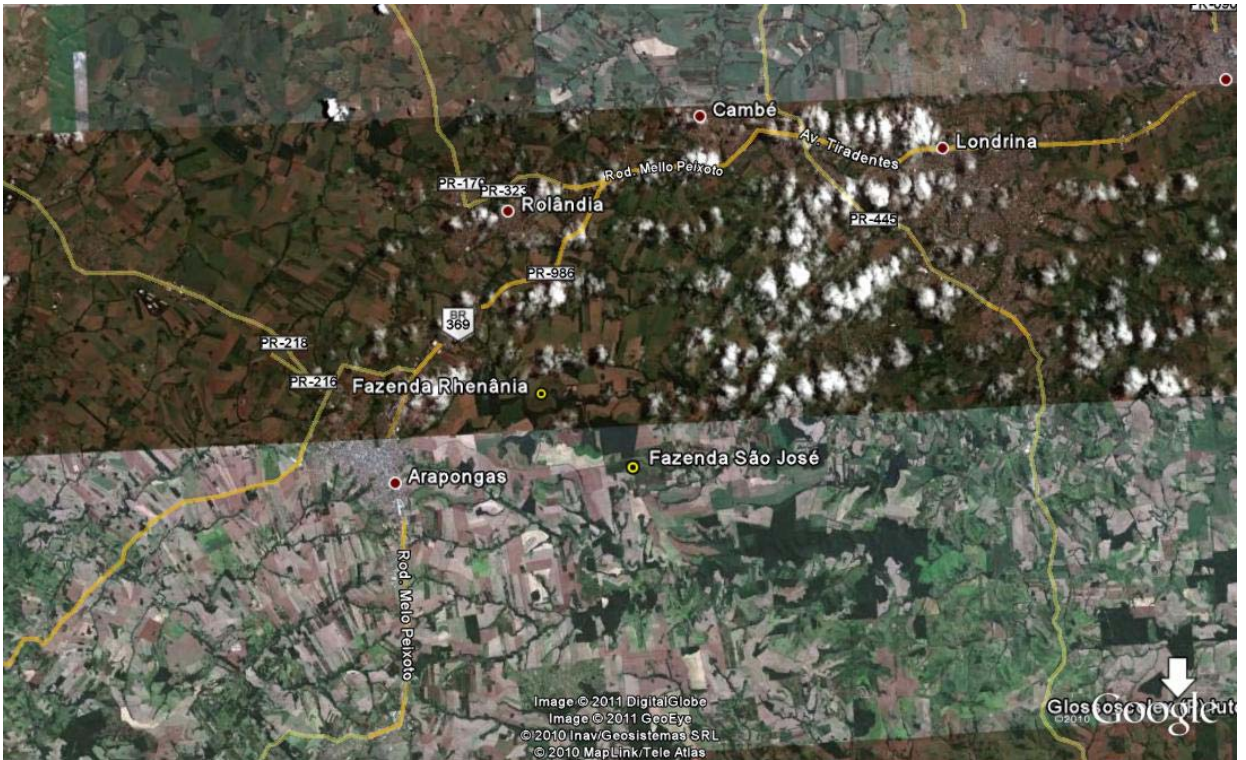
Com os resultados deste estudo observa-se que mesmo em áreas antropizadas é possível encontrar novas espécies de minhocas. Desta forma faz-se necessário maiores incentivos por parte do Governo para pesquisas ligadas tanto a ecologia, quanto a taxonomia destes organismos nos diversos agroecossistemas e ambientes naturais, pois são organismos-chave nos processos que ocorrem no solo.

A classificação proposta mostra-se sensível à utilização das minhocas como bioindicadores em áreas sob plantio direto, na região oeste e norte do estado do Paraná. Porém, faz se necessário aplicar a metodologia em outras localidades para validação da mesma.

APÊNDICES

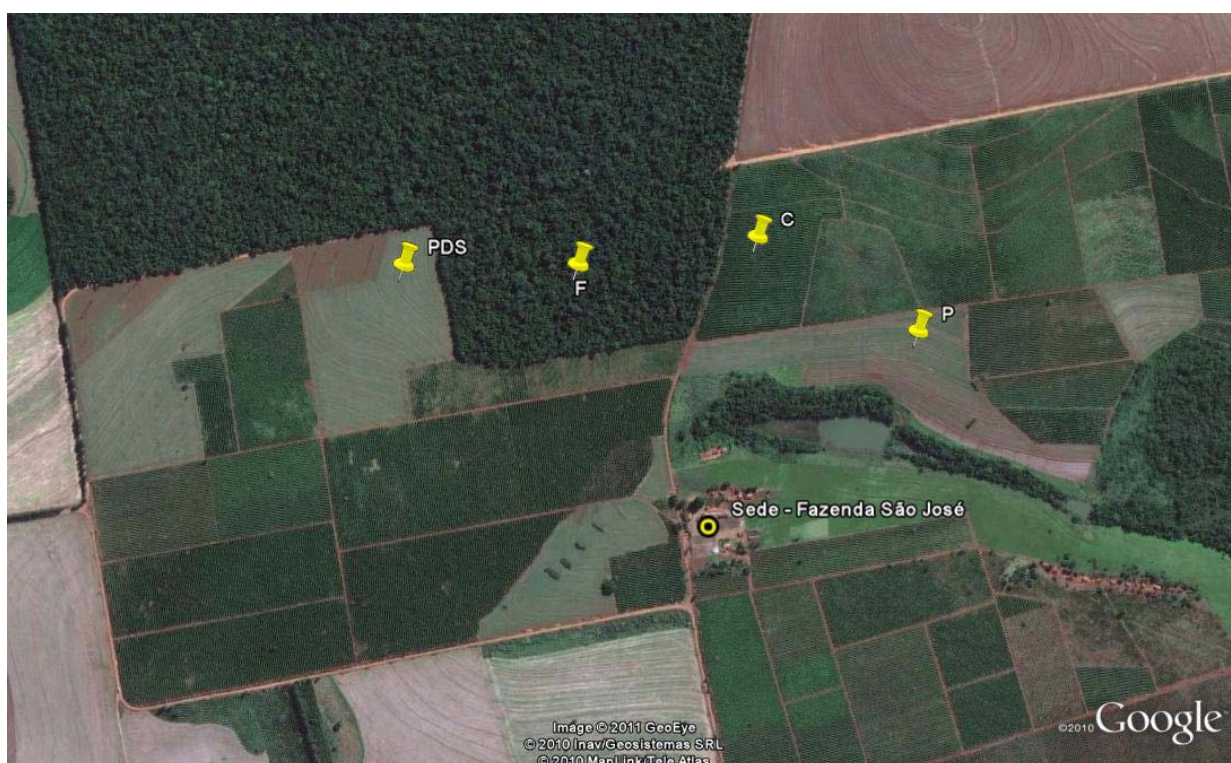
**APÊNDICE A – Localização das áreas no norte do estado do Paraná – artigo A
(Capítulo 3).**







(PD = plantio direto)



(F = floresta; P = pastagem; C = plantação de café; PDS = plantio direto subsolado)

APÊNDICE B – Continuação...

PD	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
PD	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
PD	3	0	0	0	0	0	16	0	16	0	0	0	0	32	64	1.66
PD	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
PD	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
PD	6	0	0	0	0	0	16	0	16	0	0	0	0	16	48	0.38
PD	7	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	0.40
PD	8	0	0	0	0	0	0	0	0	16	0	0	0	16	32	0.23
PD	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	48	48	0.00
PDS	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
PDS	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
PDS	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
PDS	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	16	0.04
PDS	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
PDS	6	0	0	0	0	0	0	0	0	32	0	0	0	16	48	0.23
PDS	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
PDS	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	16	0.00
PDS	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
F	média	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	4	5	0.03
P	média	3	5	0	0	0	12	8	4	0	0	0	0	10	42	1.44
C	média	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2	0.01
PD	média	1	0	0	0	0	2	0	2	1	0	0	0	6	12	0.15
PDS	média	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	3	4	0.02

(F = floresta; P = pastagem; C = plantação de café; PD = plantio direto; PDS = plantio direto subsolado; Fim = *Fimoscolex* sp.; Gio = *Glossoscolex* sp.; Uro = *Urobenus* sp.; Pcor = *Pontoscolex corethrurus*; Daff = *Dichogaster affinis*; Dgra = *D. gracilis*; Dsal = *D. saliens*; Dspp = *Dichogaster* spp.; Bemi = *Belladrilus (S) emilianii*; Bsp1 = *Belladrilus* sp.1.; Bsp2 = *Belladrilus* sp.2; Nlsp = espécie não identificada; Juv = juvenis; Abun T = abundância total; Bio T = biomassa total)

APÊNDICE C – Continuação...

PD	1	16	0	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	32	0.80
PD	2	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	64	80	1.54
PD	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
PD	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
PD	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
PD	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
PD	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
PD	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
PD	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
PDS	1	0	0	0	0	0	0	0	0	32	16	0	0	0	48	0.55
PDS	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
PDS	3	0	0	0	0	0	0	16	0	0	0	0	0	0	16	0.16
PDS	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
PDS	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
PDS	6	0	0	0	0	0	0	16	0	0	0	0	0	0	16	0.34
PDS	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
PDS	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	16	0.10
PDS	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	32	32	0.25
F	média	0	0	5	4	0	0	0	0	0	2	2	0	9	21	1.09
P	média	0	7	0	0	14	53	0	78	0	0	0	9	37	199	4.72
C	média	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	2	0.02
PD	média	4	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	12	0.26
PDS	média	0	0	0	0	0	0	4	0	4	2	0	0	5	14	0.16

(F = floresta; P = pastagem; C = plantação de café; PD = plantio direto; PDS = plantio direto subsolado; Fim = *Fimoscolex* sp.; Glo = *Glossoscolex* sp.; Uro = *Urobenus* sp.; Pcor = *Pontoscolex corethrurus*; Daff = *Dichogaster affinis*; Dgra = *D. gracilis*; Dsal = *D. saliens*; Dspp = *Dichogaster* spp.; Bem = *Belladrilus (S) emilianii*; Bsp1 = *Belladrilus* sp.1.; Bsp2 = *Belladrilus* sp.2; Nlsp = espécie não identificada; Juv = juvenis; Abun T = abundância total; Bio T = biomassa total)

APÊNDICE D – Tabela de abundância de espécies, abundância total, biomassa total de minhocas da amostragem em set.2008.

Área	Amostra	<i>Fim</i>	<i>Glo</i>	<i>P.cor</i>	<i>Uro</i>	<i>D.aff</i>	<i>D.gra</i>	<i>D.sal</i>	<i>D.spp</i>	<i>B.emi</i>	<i>B.sp1</i>	<i>B.sp2</i>	<i>Nlsp</i>	Juv	Abun T	Bio T g m ⁻²
		----- ind m ⁻² -----														
F	1	0	0	16	16	0	16	0	0	0	0	0	0	32	80	5.95
F	2	0	0	32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	32	64	3.40
F	3	0	0	64	16	0	0	0	0	0	0	0	0	16	96	11.74
F	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
F	5	0	0	0	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	1.15
F	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
F	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
F	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
F	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
P	1	144	16	0	0	0	0	64	0	0	0	0	0	224	448	12.17
P	2	64	0	144	0	0	0	64	0	0	0	0	0	112	384	53.56
P	3	32	0	0	0	0	0	16	0	0	0	0	0	48	96	1.95
P	4	16	0	32	0	0	16	128	80	0	0	0	0	176	448	25.76
P	5	0	0	160	0	0	0	0	0	0	0	0	0	80	240	46.46
P	6	0	0	80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	32	112	26.26
P	7	0	0	0	0	0	16	0	16	0	0	0	0	48	80	14.84
P	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.46
P	9	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	32	0.89
C	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
C	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
C	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
C	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
C	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
C	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
C	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
C	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
C	9	0	0	0	0	0	0	0	0	32	0	0	0	48	80	0.77

APÊNDICE D – Continuação...

PD	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	16	0.11
PD	2	0	0	0	0	0	0	0	0	80	16	0	0	0	16	112	1.32
PD	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	16	0.06
PD	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
PD	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
PD	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	16	0.09
PD	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
PD	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
PD	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
PDS	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
PDS	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
PDS	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	16	0.11
PDS	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
PDS	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
PDS	6	0	0	0	0	0	0	0	0	16	0	0	0	0	0	16	0.12
PDS	7	0	0	0	0	0	0	16	0	16	0	0	0	0	64	96	0.86
PDS	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	16	0.09
PDS	9	0	0	0	0	0	0	0	0	32	0	0	0	0	0	32	0.40
F	média	0	0	12	5	0	2	0	0	0	0	0	0	0	9	28	2.47
P	média	30	2	46	0	0	4	30	11	0	0	0	0	0	82	204	20.26
C	média	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	5	9	0.09
PD	média	0	0	0	0	0	0	0	0	9	2	0	0	0	7	18	0.18
PDS	média	0	0	0	0	0	0	2	0	7	0	0	0	0	11	20	0.18

(F = floresta; P = pastagem; C = plantação de café; PD = plantio direto; PDS = plantio direto subsolado; Fim = *Fimoscolex* sp.; Gio = *Glossoscolex* sp.; Uro = *Urobenus* sp.; Pcor = *Pontoscolex corethrurus*; Daff = *Dichogaster affinis*; Dgra = *D. gracilis*; Dsal = *D. saliens*; Dspp = *Dichogaster* spp.; Bemi = *Belladrilus (S) emilianii*; Bsp1 = *Belladrilus* sp.1.; Bsp2 = *Belladrilus* sp.2; Nlsp = espécie não identificada; Juv = juvenis; Abun T = abundância total; Bio T = biomassa total)

APÊNDICE E – Continuação...

PD	1	0	0	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	1.53
PD	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
PD	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
PD	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
PD	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
PD	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
PD	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
PD	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
PD	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
PDS	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
PDS	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
PDS	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
PDS	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
PDS	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
PDS	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
PDS	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
PDS	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
PDS	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
F	média	0	0	4	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0.42
P	média	0	0	9	0	0	0	7	0	0	0	0	0	18	34	3.31	
C	média	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
PD	média	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0.17
PDS	média	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00

(F = floresta; P = pastagem; C = plantação de café; PD = plantio direto; PDS = plantio direto subsolado; Fim = *Fimoscolex* sp.; Gio = *Glossoscolex* sp.; Uro = *Urobenus* sp.; Pcor = *Pontoscolex corethrurus*; Daff = *Dichogaster affinis*; Dgra = *D. gracilis*; Dsal = *D. saliens*; Dspp = *Dichogaster* spp.; Bemi = *Belladrilus (S) emilianii*; Bsp1 = *Belladrilus* sp.1.; Bsp2 = *Belladrilus* sp.2; Nlsp = espécie não identificada; Juv = juvenis; Abun T = abundância total; Bio T = biomassa total)

APÊNDICE F – Tabela de abundância de espécies, abundância total, biomassa total de minhocas da amostragem em mar.2009.

Área	Amostra	<i>Fim</i>	<i>Glo</i>	<i>P.cor</i>	<i>Uro</i>	<i>D.aff</i>	<i>D.gra</i>	<i>D.sal</i>	<i>D.spp</i>	<i>B.emi</i>	<i>B.sp1</i>	<i>B.sp2</i>	<i>Nlsp</i>	<i>Juv</i>	<i>Abun T</i>	<i>Bio T</i>
		----- ind m ⁻² -----													g m ⁻²	
F	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
F	2	0	0	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	0.98
F	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
F	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
F	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
F	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
F	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
F	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
F	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
P	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
P	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
P	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
P	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
P	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
P	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
P	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
P	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
P	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	16	0.19
C	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
C	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
C	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
C	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	16	0.05
C	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
C	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
C	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
C	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
C	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	16	0.09

APÊNDICE F – Continuação...

PD	1	0	0	0	0	0	16	0	0	0	0	0	0	32	48	0.77
PD	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
PD	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
PD	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
PD	5	0	0	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	0.35
PD	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
PD	7	0	0	0	0	0	0	16	0	0	0	0	0	16	32	0.20
PD	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
PD	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
PDS	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
PDS	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
PDS	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	16	0.03
PDS	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	16	0.14
PDS	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	16	0.08
PDS	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
PDS	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
PDS	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	64	64	0.20
PDS	9	0	0	0	0	0	0	0	0	16	0	0	0	48	64	0.31
F	média	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0.11
P	média	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0.02
C	média	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4	0.02
PD	média	0	0	2	0	0	2	2	0	0	0	0	0	5	11	0.15
PDS	média	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	18	20	0.09

(F = floresta; P = pastagem; C = plantação de café; PD = plantio direto; PDS = plantio direto subsolado; Fim = *Fimoscolex* sp.; Gio = *Glossoscolex* sp.; Uro = *Urobenus* sp.; Pcor = *Pontoscolex corethrurus*; Daff = *Dichogaster affinis*; Dgra = *D. gracilis*; Dsal = *D. saliens*; Dspp = *Dichogaster* spp.; Bemi = *Belladrilus (S) emilianii*; Bsp1 = *Belladrilus* sp.1.; Bsp2 = *Belladrilus* sp.2; Nlsp = espécie não identificada; Juv = juvenis; Abun T = abundância total; Bio T = biomassa total)

APÊNDICE G – Fotos das novas espécies de minhocas identificadas: *Glossoscolex* sp. e *Fimoscolex* sp. nas áreas P (pastagem) e PD (plantio direto).



(*Glossoscolex giocondoi*, Artigo C – Capítulo 5)



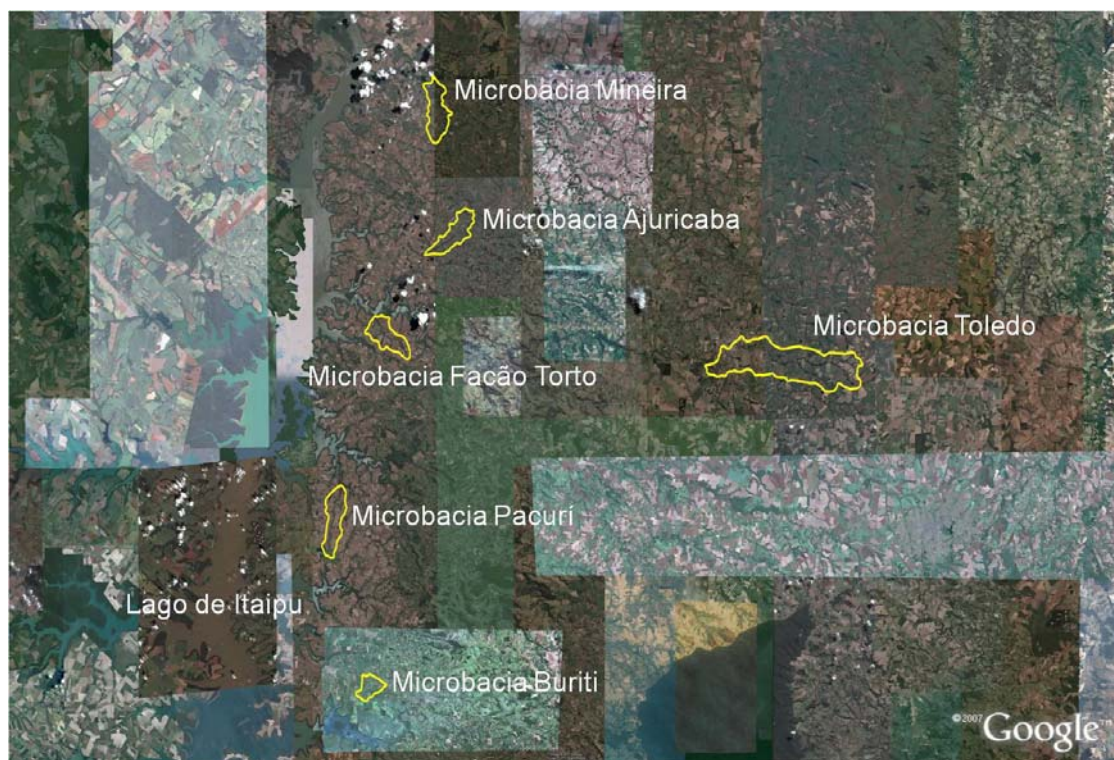
(*Fimoscolex bartzi*, Artigo C – Capítulo 5)

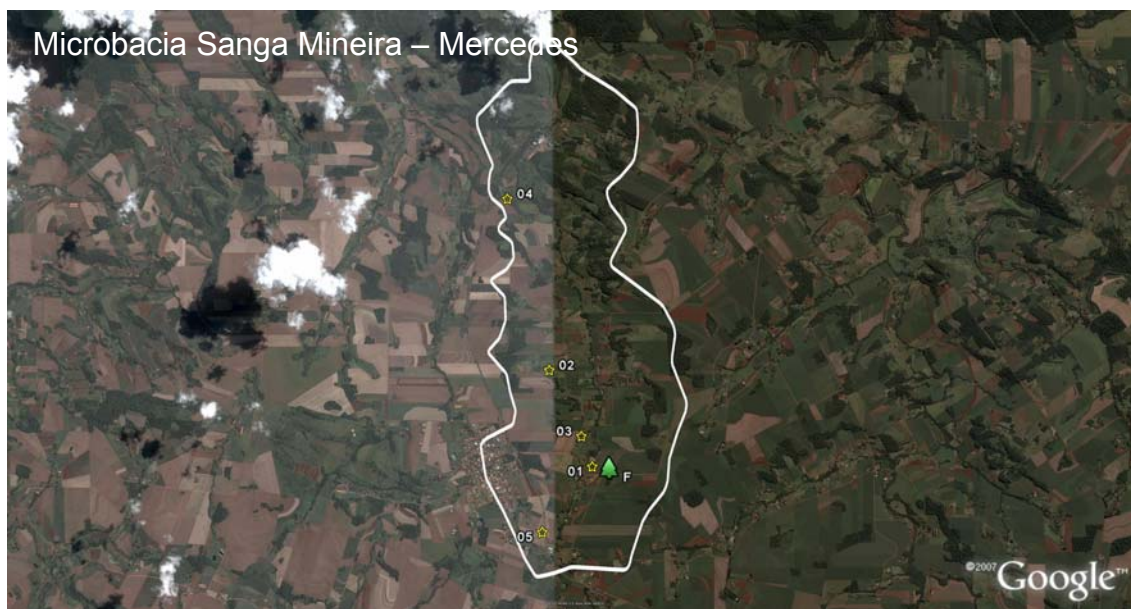
APÊNDICE H – Foto da minhoca *Amyntas gracilis* da área P.



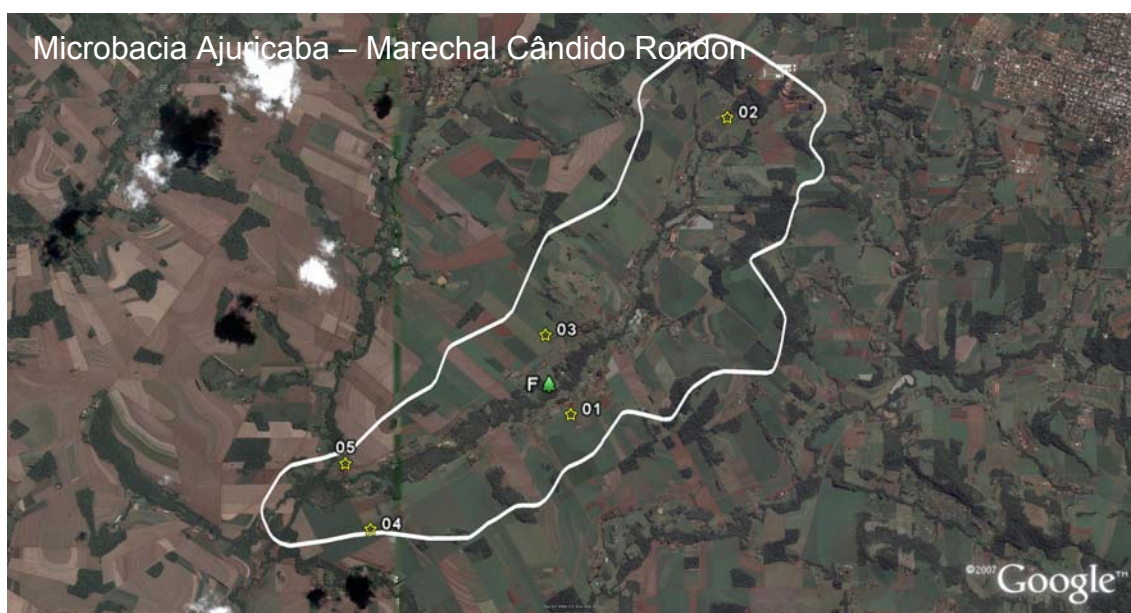
(espécies encontrada somente em avaliação qualitativa)

APÊNDICE I – Localização das áreas de amostragem nas microbacias da Bacia do Paraná no oeste do estado do Paraná – Artigo B (Capítulo 4).





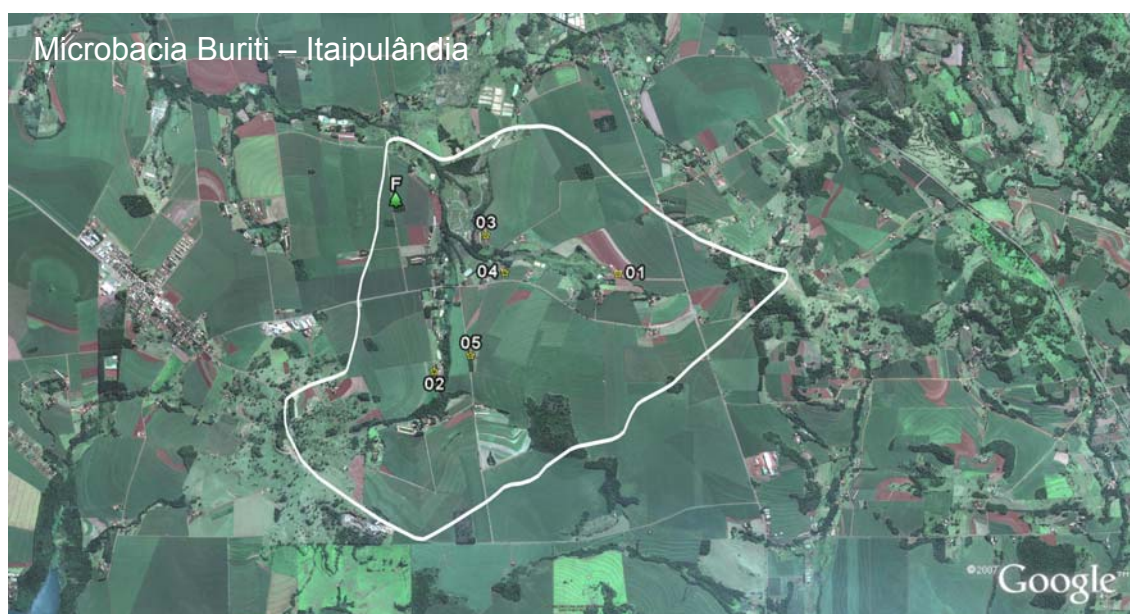
(F = floresta)



(F = floresta)



(F = floresta)



(F = floresta)



(F = floresta)



(RF = reflorestamento)

APÊNDICE J– Tabela de abundância de espécies e abundância total de minhocas na microbacia Sanga Mineira em Mercedes.

Área	Amostra	<i>Uro</i>	<i>D.sal</i>	<i>D.gra</i>	<i>D.bol</i>	<i>D.spp</i>	<i>O.sp</i>	Juv	Abun T
		----- ind m ⁻² -----							
MT	1	3	0	0	0	0	0	0	3
	2	4	0	0	0	0	0	0	4
	3	2	0	0	0	0	0	0	2
	4	0	0	0	0	0	0	0	0
	5	2	0	0	0	0	0	0	2
1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	0	0	0	0	0	0	0	0
	4	0	0	0	0	0	0	1	0
	5	0	0	0	0	0	0	0	0
2	1	0	1	0	1	0	0	1	2
	2	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	0	0	0	0	0	0	0	0
	4	0	1	1	1	2	1	0	6
	5	0	0	0	0	0	0	0	0
3	1	0	0	1	0	1	0	0	2
	2	0	0	0	0	2	0	0	2
	3	0	0	2	0	2	0	0	4
	4	0	0	0	0	3	0	0	3
	5	0	0	0	0	0	0	0	0
4	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	0	0	2	0	5	2	2	9
	3	0	2	0	0	6	5	0	13
	4	0	3	1	0	6	4	0	14
	5	0	2	0	0	4	3	0	9
5	1	0	0	2	1	4	1	0	8
	2	0	1	0	1	6	0	0	8
	3	0	0	0	0	0	0	0	0
	4	0	0	1	0	1	1	0	3
	5	0	1	0	0	1	0	0	2

(MT = mata; *Uro* = *Urobenus* sp.; *D.sal* = *D. saliens*; *D.gra* = *Dichogaster gracilis*; *D.bol* = *D. bolai*; *D.spp* = *Dichogaster* spp.; *O.sp* = *Ocnerodrilidae* sp.; Juv = juvenis; Abun T = abundância total)

APÊNDICE K – Tabela de abundância de espécies e abundância total de minhocas na microbacia Ajuricaba em Marechal Cândido Rondon.

Área	Amostra	<i>P.cor</i>	<i>Glo</i>	<i>A.gra</i>	<i>D.sal</i>	<i>D.gra</i>	<i>D.bol</i>	<i>D.aff</i>	<i>D.spp</i>	<i>O.sp</i>	<i>B.sp</i>	Juv	Abun T
		----- ind m ⁻² -----											
MT	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
	3	0	0	3	0	0	0	2	0	0	0	0	5
	4	0	0	3	0	0	0	1	2	0	0	0	6
	5	2	0	0	2	0	0	1	1	0	0	0	6
1	1	0	0	0	0	0	0	0	4	1	0	0	5
	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	2
	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	3
2	1	0	0	0	11	0	1	13	6	3	0	0	34
	2	1	0	0	1	0	3	0	2	33	0	0	40
	3	0	0	0	2	1	0	0	19	6	0	10	28
	4	0	0	0	0	1	0	0	6	2	0	0	9
	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2
	3	0	4	0	0	0	0	0	0	0	1	0	5
	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5	0	4	0	0	0	0	0	0	1	0	0	5
4	1	0	0	0	0	1	0	0	5	1	0	1	7
	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	0	0	0	4	1	0	0	0	5	0	0	10
	3	0	0	0	0	5	6	2	9	7	0	0	29
	4	0	0	0	0	2	2	0	6	11	0	0	21
	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0

(MT = mata; *P.cor* = *Postoscolex corethrurus*; *Glo* = *Glossoscolex* sp.; *A.gra* = *Amyntas gracilis*; *D.sal* = *Dichogaster saliens*; *D.gra* = *D. gracilis*; *D.bol* = *D. boloui*; *D.aff* = *D. affinis*; *D.spp* = *Dichogaster* spp.; *O.sp* = *Ocnodrilidae* sp.; *B.sp* = *Belladrilus* sp.; Juv = juvenis; Abun T = abundância total)

APÊNDICE L – Tabela de abundância de espécies e abundância total de minhocas na microbacia Facão Torto em Entre Rios do Oeste.

Área	Amostra	----- ind m ⁻² -----									Abun T
		<i>P.cor</i>	<i>A.gra</i>	<i>D.sal</i>	<i>D.gra</i>	<i>D.bol</i>	<i>D.aff</i>	<i>D.spp</i>	<i>O.sp</i>	Juv	
MT	1	7	1	0	0	0	0	0	0	0	8
	2	8	6	0	0	0	0	0	1	1	16
	3	2	4	0	0	0	0	0	0	0	6
	4	12	2	0	0	0	1	2	0	0	17
	5	3	4	0	0	0	0	0	1	0	8
1	1	0	0	2	1	1	0	4	22	0	30
	2	0	0	2	0	4	0	7	13	6	32
	3	0	0	0	0	2	0	0	1	0	3
	4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
	5	0	0	1	0	0	0	1	0	0	2
2	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
	2	0	0	0	2	0	0	1	13	0	16
	3	0	0	2	0	0	0	2	3	0	7
	4	0	0	2	2	0	0	4	2	0	10
	5	0	0	2	0	0	0	1	0	1	4
3	1	0	0	0	0	0	0	5	4	0	9
	2	0	0	1	1	0	0	6	16	0	24
	3	0	0	0	0	0	0	6	5	0	11
	4	0	0	0	0	0	0	4	0	0	4
	5	0	0	0	2	0	0	6	3	0	11
4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

(MT = mata; *P.cor* = *Postoscolex corethrurus*; *A.gra* = *Amyntas gracilis*; *D.sal* = *Dichogaster saliens*; *D.gra* = *D. gracilis*; *D.bol* = *D. bolau*; *D.aff* = *D. affinis*; *D.spp* = *Dichogaster spp.*; *O.sp* = *Ocnoderilidae sp.*; Juv = juvenis; Abun T = abundância total)

APÊNDICE M – Tabela de abundância de espécies e abundância total de minhocas na microbacia Buriti em Itaipulândia.

Área	Amostra	ind m ⁻²										Abun T	
		<i>Glo</i>	<i>Uro</i>	<i>D.sal</i>	<i>D.gra</i>	<i>D.bol</i>	<i>D.aff</i>	<i>D.spp</i>	<i>O.sp</i>	<i>B.sp</i>	Juv		
MT	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
1	1	0	0	0	1	1	1	3	0	0	0	0	6
	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
	3	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	1	4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2	5
	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	4	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	3
	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	1	1	0	3	1	0	0	5	2	0	0	0	12
	2	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	3
	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
	5	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
5	1	0	0	1	1	0	0	2	2	0	0	0	6
	2	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	2
	3	1	0	2	0	0	0	5	9	0	0	0	17
	4	1	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	6
	5	1	0	1	0	1	1	5	1	0	0	0	10

(MT = mata; *Glo* = *Glossoscolex* sp.; *Uro* = *Urobenus* sp.; *D.sal* = *Dichogaster saliens*; *D.gra* = *D. gracilis*; *D.bol* = *D. bolau*; *D.aff* = *D. affinis*; *D.spp* = *Dichogaster* spp.; *O.sp* = *Ocnerodrilidae* sp.; *B.sp* = *Belladrilus* sp.; Juv = juvenis; Abun T = abundância total)

APÊNDICE N – Tabela de abundância de espécies e abundância total de minhocas na microbacia Pacurí em Santa Helena.

Área	Amostra	ind m ⁻²										Abun T
		<i>Glo</i>	<i>Uro</i>	<i>A.gra</i>	<i>D.sal</i>	<i>D.gra</i>	<i>D.bol</i>	<i>D.aff</i>	<i>D.spp</i>	<i>O.sp</i>	Juv	
MT	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
	5	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
	3	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	2
	4	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	2
	5	0	0	0	1	3	0	1	8	3	0	16
2	1	0	0	0	8	2	0	0	10	0	0	20
	2	0	0	0	1	0	0	0	2	1	0	4
	3	0	0	0	10	0	0	0	14	2	0	26
	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2
	5	3	0	0	0	0	0	0	1	0	0	4
3	1	0	0	0	0	0	1	0	3	0	4	4
	2	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	2
	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4	0	0	0	1	2	0	0	0	1	0	4
	5	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	2
4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	1
	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	1	0	0	0	0	3	0	0	2	0	2	5
	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
	3	0	0	0	3	1	0	0	3	2	0	9
	4	0	0	0	1	1	0	0	2	0	0	4
	5	0	0	0	1	1	0	0	2	0	0	4

(MT = mata; *Glo* = *Glossoscolex* sp.; *Uro* = *Urobenus* sp.; *A.gra* = *Amyntas gracilis*; *D.sal* = *Dichogaster saliens*; *D.gra* = *D. gracilis*; *D.bol* = *D. bolau*; *D.aff* = *D. affinis*; *D.spp* = *Dichogaster* spp.; *O.sp* = *Ocnerodrilidae* sp.; Juv = juvenis; Abun T = abundância total)

APÊNDICE O – Tabela de abundância de espécies e abundância total de minhocas na microbacia Toledo em Toledo.

Área	Amostra	<i>P.cor</i>	<i>Fim</i>	<i>Uro</i>	<i>A.gra</i>	<i>D.sal</i>	<i>D.gra</i>	<i>D.bol</i>	<i>D.spp</i>	Juv	<i>O.sp</i>	<i>B.sp</i>	Abun T
		----- ind m ⁻² -----											
RF	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
	3	0	3	3	5	0	1	4	7	12	15	0	50
	4	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2
	5	0	0	2	0	0	0	0	0	2	0	0	4
1	1	0	0	0	0	0	0	1	14	0	3	0	18
	2	0	0	0	0	0	0	0	15	0	1	0	16
	3	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
	4	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2
	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	3
	3	0	0	0	0	0	0	1	4	0	0	1	6
	4	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
	5	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2
	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5	3	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	6
5	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	3
	3	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	1	4
	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	1	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	3
	2	8	0	0	0	1	0	3	3	0	3	0	18
	3	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	2

Apêndice O – Continuação...

	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	3	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	2
	4	0	0	0	4	0	0	0	1	0	0	0	5
	5	0	0	0	3	0	0	0	1	0	0	0	4
	1	0	0	0	0	2	2	0	3	1	0	0	8
	2	0	0	0	0	10	5	3	6	2	0	0	26
9	3	0	0	0	0	0	3	0	6	8	0	0	17
	4	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	2
	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1	0	0	0	0	3	1	1	0	3	1	0	9
	2	0	0	0	0	1	1	0	1	0	3	0	6
10	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5	0	0	0	0	2	0	2	0	0	0	0	4

(MT = mata; *P.cor* = *Postoscolex corethrurus*; *Fim* = *Fimoscolex* sp.; *Uro* = *Urobenus* sp.; *A.gra* = *Amyntas gracilis*; *D.sal* = *Dichogaster saliens*; *D.gra* = *D. gracilis*; *D.bol* = *D. bolau*; *D.spp* = *Dichogaster* spp.; *O.sp* = *Ocnerodrilidae* sp.; *B.sp* = *Belladrilus* sp.; Juv = juvenis; Abun T = abundância total)

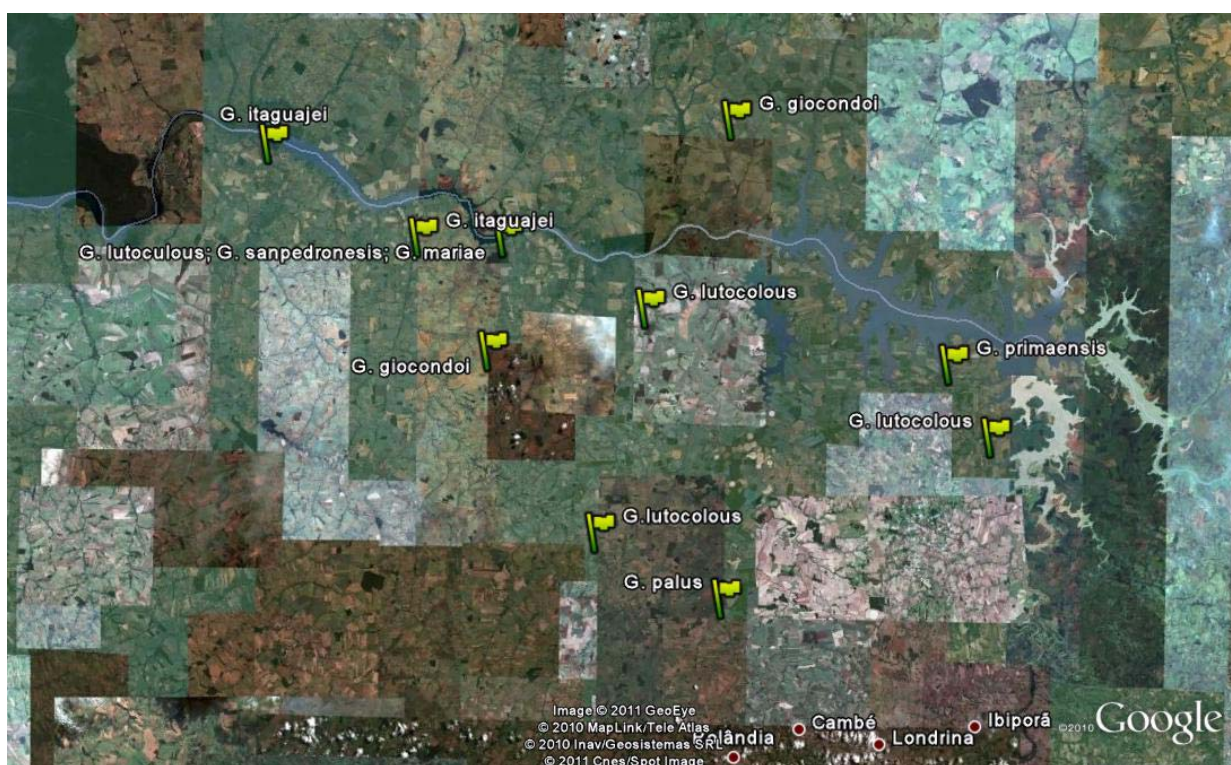
APÊNDICE P – Símbolo da Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha.

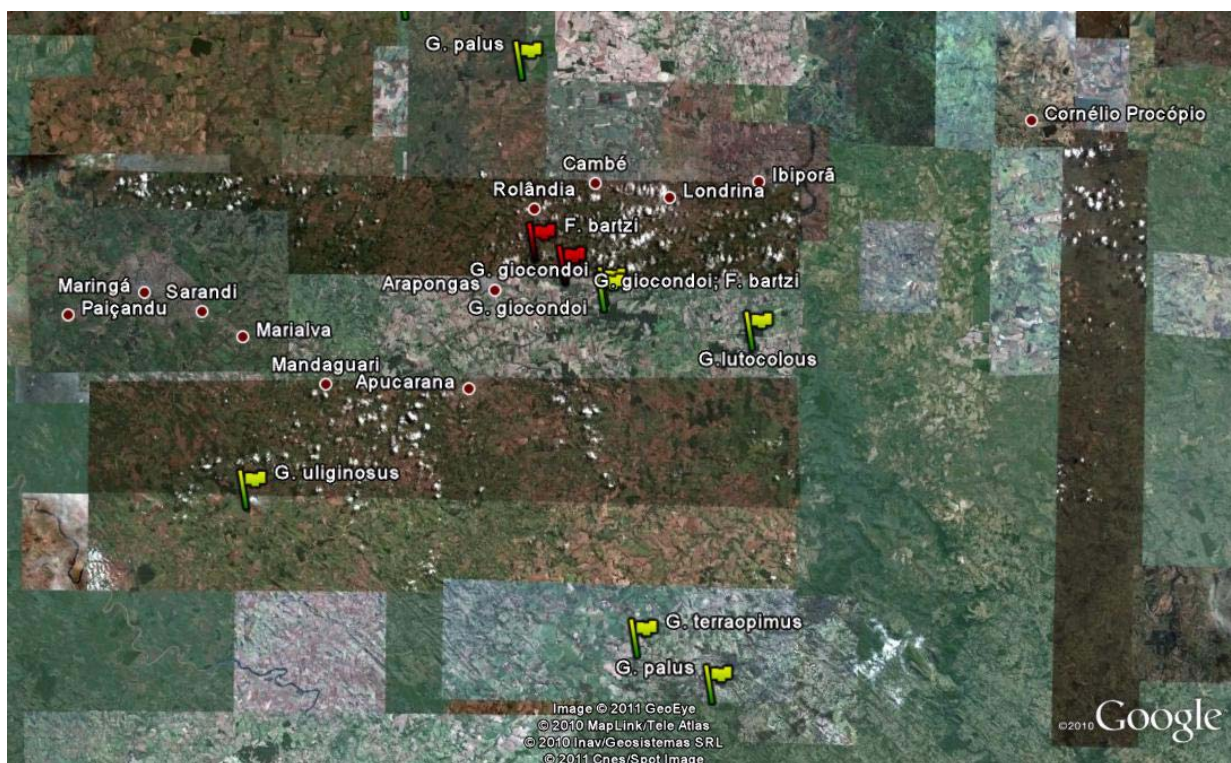


APÊNDICE Q – Localização dos pontos onde foram amostradas as novas espécies de minhocas descritas no norte do Paraná – Artigo C (Capítulo 5).



(Em vermelho locais amostrados no Artigo A – Capítulo 3)





(Em vermelho locais amostrados no Artigo A – Capítulo 3)



(Em vermelho locais amostrados no Artigo A – Capítulo 3)