

Minhocas

Aspectos Gerais e Ecológicos em Sistemas Agrícolas



República Federativa do Brasil

Luiz Inácio Lula da Silva
Presidente

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

Roberto Rodrigues
Ministro

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

Conselho de Administração

Luis Carlos Guedes Pinto
Presidente

Silvio Crestana
Vice-Presidente

Alexandre Kalil Pires
Cláudia Assunção dos Santos Viegas

Ernesto Paterniani

Hélio Tollini

Membros

Diretoria Executiva

Silvio Crestana
Diretor Presidente

José Geraldo Eugênio de França
Kepler Euclides Filho

Tatiana Deane de Abreu Sá
Diretores Executivos

Embrapa Agrobiologia

José Ivo Baldani
Chefe Geral

Eduardo Francia Carneiro Campello
Chefe Adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento

Rosângela Stralio
Chefe Adjunto Administrativo



Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Centro Nacional de Pesquisa em Agrobiologia
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

ISSN 1517-8498

Dezembro/2005

Documentos 207

Minhocas: Aspectos Gerais e Ecológicos em Sistemas Agrícolas

Adriana Maria de Aquino
Jair Alves Dionísio
Robinson Rolim Ressetti
Maria Elizabeth Fernandes Correia
Daiane Heloisa Nunes
Amarildo Pasini

Seropédica – RJ
2005

Exemplares desta publicação podem ser adquiridas na:

Embrapa Agrobiologia

BR465 – km 7

Caixa Postal 74505

23851-970 – Seropédica/RJ, Brasil

Telefone: (0xx21) 2682-1500

Fax: (0xx21) 2682-1230

Home page: www.cnpab.embrapa.br

e-mail: sac@cnpab.embrapa.br

Comitê Local de Publicações: Eduardo F. C. Campello (Presidente)
José Guilherme Marinho Guerra
Maria Cristina Prata Neves
Verônica Massena Reis
Robert Michael Boddey
Maria Elizabeth Fernandes Correia
Dorimar dos Santos Felix (Bibliotecária)

Expediente:

Revisores e/ou ad hoc: Elen de Lima Aguiar-Menezes e Sebastião
Manhães Souto

Normalização Bibliográfica: Dorimar dos Santos Félix

Editoração eletrônica: Marta Maria Gonçalves Bahia

1ª impressão (2005): 50 exemplares

A657i Aquino, Adriana Maria de

Minhocas Aspectos gerais e ecológicos em sistemas agrícolas / Jair Alves Dionísio, Robinson Rolim Ressetti, Maria Elizabeth Fernandes Correia, Daiane Heloisa Nunes, Amarildo Pasini. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2005. 42 p. (Embrapa Agrobiologia. Documentos, 207).

ISSN 1517-8498

1. Minhoca. 2. Oligochaeta. I. Dionísio, J. A., colab. II. Rossetti, R. R., colab. III. Correia, M. E. F., colab. IV. Nunes, D. H., colab. V. Pasini, A., colab. VI. Embrapa. Centro Nacional de Pesquisa de Agrobiologia (Seropédica, RJ). VII. Título. VIII. Série.

CDD 592.64

SHEU, S. Changes in the lumbricid coenosis g secondary sucession from a wheat field to a beechwood on limestone, **Soil Biology & Biochemistry**, Oxford, v. 24, p. 1641-1646, 1992.

STEPHENSON, M. B. **The Oligochaeta**. Oxford: Oxford University Press, 1930. 978 p.

SWIFT, M. J.; HEAL, O. W.; ANDERSON, J. M. **Decomposition in terrestrial ecosystems**. Oxford: Blackwell, 1979. 372 p.

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

THIELEMANN, U. Elektrischer Regenwurmfang mit der Oktett-Methode. **Pedobiologia**, Jena, v. 29, p. 296-302, 1986.

VENTER, J. M.; REINECKE, A. J. The life-cycle of compost worm *Eisenia foetida* (Oligochaeta). **South African Journal of Zoology**, Pretoria, v. 23, n. 3, p. 161-163, 1988.

VOSS, M. População de Oligochaeta em diferentes sistemas de plantio. **Plantio Direto**, Ponta Grossa, n. 17, p. 6-7, 1986.

WESTERNACHER-DOTZLER, E. Earthworms in arable land taken out of cultivation. **Soil Biology & Biochemistry**, Oxford, v. 24, p. 1673-1675, 1992.

ZABORSKI, E. R. Allyl isothiocyanate: an alternative chemical expellant for sampling earthworms. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 22, p. 87-95, 2003.

Autores

Adriana Maria de Aquino

Bióloga, PhD em Ciência do Solo, Pesquisadora da Embrapa Agrobiologia.
BR 465, km 7 – Caixa Postal 74505, Cep 23851-970, Seropédica/RJ
e-mail: adriana@cnpab.embrapa.br

Jair Alves Dionísio

Engenheiro Florestal, PhD, Professor Adjunto do Departamento de Solos e Engenharia Agrícola da UFPR.
Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias,
Departamento de Solos e Engenharia Agrícola.
Rua dos Funcionários, s/nº, Juvevê. Cep: 80035-050 - Curitiba, PR
e-mail: jair@ufpr.br

Robinson Rolim Ressetti

Engenheiro Agrônomo, MSc. em Ciência do Solo, Consultor da ECOLTEC Consultoria Ambiental S/A, ECOLTEC, Brasil.
e-mail: robinsonrr@onda.com.br

Maria Elizabeth Fernandes Correia

Bióloga, PhD em Ciência do Solo, Pesquisadora da Embrapa Agrobiologia.
BR 465, km 7 – Caixa Postal 74505, Cep 23851-970, Seropédica/RJ
e-mail: ecorreia@cnpab.embrapa.br

Diane Heloisa Nunes

Aluna de Iniciação Científica – Universidade Estadual de Londrina – Londrina / PR

Amarildo Pasini

Engenheiro Agrônomo, Dr. em Entomologia, Professor da Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Agronomia.
Campus Universitário. Cep: 86051-990 - Londrina, PR
E-mail: pasini@uel.br

RESSETTI, R. R.; DIONISIO, J. A.; MILANI, C.; LORENÇATO, N.; YAMASHITA, M. **Densidade populacional e biomassa de edáficos nos diferentes ecossistemas no setor de ciências agrárias da UFPR-Campus Juvevê (Curitiba-PR)**. Curitiba: UFPR, 2003. 8 p.

RIGHI, G. **Invertebrates (A Minhoca)**. São Paulo: EDATR, 1966. 83 p.

RIGHI, G. **Minhocas de Mato Grosso e de Rondônia**. Brasília, DF: CNPq, AED, 1989.

RIGHI, G. Minhocas da América Latina : diversidade, função e valor. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26., 1997, Rio de Janeiro. **Palestra...** Rio de Janeiro: SBCS, 1997. CD ROM.

ROBERTSON, J. D. The function of calciferous glands of earthworm. **Journal of Experimental Biology**, Cambridge, v. 134, p. 279-297, 1936.

SATCHELL, J. E. An electrical method of sampling earthworm populations. In: KEVAN, D. K. E. (Ed.). **Soil zoology**. London: Butterworths, 1955. p. 356 - 364.

SATCHELL, J. E. Studies on methodical and taxonomical questions. **Pedobiologia**, Jena, v. 9, p. 20-25, 1969.

SATCHELL, J. E. Measuring population and energy flow in earthworms. In: PHILLIPSON, J. (Ed.). **Methods of study in soil ecology**. Paris: UNESCO, 1971a. p. 261-267.

SATCHELL, J. E. Earthworms. In: PHILLIPSON, J. **Methods of study in quantitative soil ecology: population, production and energy flow**. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1971b. p. 107-127.

SCHMIDT, O. ; CURRY, J. P.; HACKETT, R. A.; PURVIS, G.; CLEMENTS, R. O. Earthworm communities in conventional wheat monocropping and low-input wheat clover intercropping systems. **Annals of Applied Biology**, London, v. 138, p. 377-388, 2001.

MAKESCHIN, F. Earthworms (Lumbricidae: Oligochaeta): important promoters of soil development and soil fertility. In: BENCKISER, G. **Fauna in soil ecosystems: recycling processes, nutrient fluxes, and agriculture production.** New York: Marcel Dekker, 1998. p. 173-223.

MARCEL, R. Recent data on some aspects of reproduction of Lumbricidae (Annelida, Oligochaeta). In: PORCHET, M.; ANDRIES, J. C.; DHAINAUT, A. (Ed.) **Advance in invertebrate reproduction.** Amsterdam: Elsevier Science Publishers, 1986, p. 221-227 (Biochemical Division, 4).

MORRIS, H. M. Insect and other invertebrate fauna of arable land at Rothamsted. **Annals of Applied Biology**, Warwick, v. 9, p. 282-305, 1922.

PEIXOTO, R. T. dos 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 do Plantio Direto**, Passo Fundo, v. 35, p. 23-25, 1996.

PIERCE, T. G. The calcium relations of selected Lumbricidae. **Journal of Animal Ecology**, Oxford, v. 41, p. 167-85, 1972.

RAW, F. Estimating the earthworm population by using formalin. **Nature**, London, v. 184, p. 1661, 1959.

RAW, F. Earthworm population studies: a comparison of sampling methods. **Nature**, London, v. 187, p. 157-158, 1960.

REINECKE, A. J.; VILJOEN, S. A.; SAAYMAN, R. J. The mutability of *Eudrilus eugeniae* and *Eisenia fetida* (Oligocheta) for vermicomposting in Southern Africa in terms of their temperature requirements. **Soil Biology & Biochemistry**, Oxford, v. 24, n. 12, p. 1295-1307, 1992.

RESSETTI, R. R. **Determinação da dose de Alil isotiocianato em substituição à solução de formol na extração de edáficos.** 2004. 65 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

Apresentação

A preocupação crescente da sociedade com a preservação e a conservação ambiental tem resultado na busca pelo setor produtivo de tecnologias para a implantação de sistemas de produção agrícola com enfoques ecológicos, rentáveis e socialmente justos. O enfoque agroecológico do empreendimento agrícola se orienta para o uso responsável dos recursos naturais (solo, água, fauna, flora, energia e minerais).

Dentro desse cenário, a Embrapa Agrobiologia orienta sua programação de P&D para o avanço de conhecimento e desenvolvimento de soluções tecnológicas para uma agricultura sustentável.

A agricultura sustentável, produtiva e ambientalmente equilibrada apoia-se em práticas conservacionistas de preparo do solo, rotações de culturas e consórcios, no uso da adubação verde e de controle biológico de pragas, bem como no emprego eficiente dos recursos naturais. Infere-se daí que os processos biológicos que ocorrem no sistema solo/planta, efetivados por microrganismos e pequenos invertebrados, constituem a base sobre a qual a agricultura agroecológica se sustenta. As minhocas dentro deste contexto têm um papel muito importante na ciclagem de nutrientes, nas propriedades físicas do solo e interação com os microrganismos do solo.

O documento 207/2005 trata dos aspectos taxonômicos e morfológicos das minhocas, além de abordar o papel das mesmas em vários processos do solo. Além disso, discute os vários métodos de extração das minhocas no solo.

José Ivo Baldani
Chefe Geral da Embrapa Agrobiologia

SUMÁRIO

1. Introdução.....	7
2. Biologia e Características Importantes na Taxonomia das Minhocas.....	9
2.1. Anatomia externa.....	9
2.2. Anatomia interna.....	12
3. Categorias Ecológicas.....	16
4. Aspectos Ecológicos das Minhocas em Sistemas Agrícolas.....	19
5. Papel das Minhocas no Processo de Decomposição.....	22
6. Métodos de Extração e Preservação de Oligochaeta Edáficos.....	25
6.1. Métodos passivos e comportamentais.....	26
7. Referências Bibliográficas.....	35

GILLER, K. L.; BEARE, M. H.; LAVELLE, P.; IZAC, A. M. N.; SWIFT, M. J. Agricultural intensification, soil biodiversity and agroecosystem function. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 6, p. 3-16, 1997.

GUNN, A. The use of mustard to estimate earthworm populations. **Pedobiologia**, Jena, v. 36, p. 65-67, 1992.

ISO/WD 23611-1. **Soil quality - sampling of soil invertebrates - Part 3: Sampling and soil extraction of enchytraeids**, 2002. Disponível em: <<http://www.iso.org/iso/en/ISOOnline.frontpage>>. Consultado em: 08 jan. 2005.

LAINEZ, C.; JORDANA, R. **Contribución ao conhecimento de los oligoquetos (Oligochaeta, Lumbricidae) de Navarra**. Pamplona: EUNSA, 1987. 80 p. (Serie Zoologica, 15).

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**, New Jersey, v. 33, n. 4, p. 159-193, 1997.

LAVELLE, P.; DANGERFIELD, M.; FRAGOSO, C.; ESCHENBRENNER, V.; LOPEZ-HERNANDEZ, D.; PASHANASI, B.; BRUSSAARD, L. The relationship between soil macrofauna and tropical soil fertility. In: SWIFT, M. J.; WOOMER, P. (Ed.). **Tropical soil biology and fertility**. New York: John Wiley, 1994. p. 137-169.

LAWRENCE, A. C. P.; BOWERS, M. A. A test of the "hot" mustard extraction method of sampling earthworms. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 34, p. 549-522, 2002.

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

LO BIANCO, R. E.; ORONÓZ, N. R.; RODRIGUES, I. L. Tratado elemental de Zoología, 7. Ed. México : Editorial E.C.L.A.L.S.A. Librería de Porrúa HNOS, 1966. 739p.

EASTON, T. H.; CHANDLER, R. F. The fauna of forest-humus layers in New York. **Journal of the Washington Academy of Sciences**, Washington, v. 32, p. 24-29, 1942.

EDWARDS, C. A.; BOHLEN, P. J. **Biology and ecology of earthworms**. 3. ed. London: Chapman and Hall, 1996. 426 p.

EDWARDS, C. A.; FLETCHER, K. C. Interactions between earthworms and microorganisms in organic-matter breakdown. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 24, p. 235-247, 1988.

EDWARDS, C. A.; LOFTY, J. R. **Biology of earthworms**. New York: John Wiley, 1977.

EDWARDS, C. A.; LOFTY, J. R. The effect of direct drilling and minimal cultivation on earthworm populations. **Journal of Applied Ecology**, Oxford, v. 19, p. 723-734, 1982.

FRAGOSO, C.; LAVELLE, P.; BLANCHART, E.; MARTINEZ, M. A.; DECAENS, T.; TONDOH, J. Earthworm communities of tropical agroecosystems: origin, structure and influence of management practices. In: LAVELLE, P.; BRUSSAARD, L.; HENDRIX, P. (Ed.). **Earthworm management in tropical agroecosystems**. Oxon: CAB International, 1999. p. 27-55.

FRASER, P. M. The impact of soil and crop management practices on soil macrofauna. In: PANKHURST, C. E.; DOUBE, B. M.; GUPTA, V. V. S. R.; GRACE, P. R., (Ed.). **Soil biota: management in sustainable farming systems**. Melbourne: CSIRO, 1994. p. 125-132.

Minhocas: Aspectos Gerais e Ecológicos em Sistemas Agrícolas

Adriana Maria de Aquino

Jair Alves Dionisio

Robinson Rolim Ressetti

Maria Elizabeth Fernandes Correia

Daiane Heloisa Nunes

Amarildo Pasini

1. Introdução

As minhocas pertencem a classe Oligochaeta e também compreendem o grupo da macrofauna. Outros grupos de Oligochaeta como os da família Enchytraeidae, por apresentar o diâmetro pequeno, se enquadram majoritariamente no grupo da mesofauna.

Na América Latina, a primeira notícia que se teve sobre Oligochaeta deve-se a Leuckart que em 1835 estabeleceu o gênero *Glossoscolex* e, em 1837, descreveu a espécie *Glossoscolex giganteus* no Rio de Janeiro, vulgarmente conhecida como minhocoçu. Atualmente são conhecidas 4.000 espécies distribuídas em todo o mundo reunidas em 35 famílias e 3 ordens conforme apresentado na Tabela 1. Na Região Neotropical foram encontradas 700 espécies de minhocas nativas ou introduzidas pertencentes a 22 famílias (RIGHI, 1997).

Embora duas espécies de minhocas estejam registradas como ameaçadas de extinção no Brasil, muito pouco se conhece sobre a diversidade desses animais nesse país, sendo que é possível que muitas outras espécies ainda sequer conhecidas possam já ter se extinguido ou estarem também ameaçadas de extinção.

O desconhecimento da biodiversidade de minhocas no Brasil deve-se a dificuldade de identificação, existência de poucos especialistas em taxonomia e a falta de sensibilização das agências de fomento a pesquisas nessa área.

De toda forma por terem ampla ocorrência, serem filogeneticamente muito antigos, e principalmente por estarem relacionados à fertilidade do solo, as minhocas ainda são os animais edáficos mais bem estudados.

Tabela 1. Classificação taxonômica de Oligochaeta (RIGHI, 1997).

Ordem	Família
Aeolosomatida	Aeolosomatidae*
Lumbriculida	Lumbriculidae* Branchiobdellidae* Kurenkovidae
Haplotaxida	Haplotaxidae*
Tubificina	Naididae* Opistocystidae* Capilloventridae* Tubificidae* Phreodrilidae* Dorydrilidae Lycodrilidae Randiellidae Narapidae* Enchytraeidae*
Moniligastrina	Moniligastridae
Lumbricina	Alluroidae* Ailoscolecidae Sparganophilidae* Biwadrilidae Hormogastridae Kynotidae Criodrilidae Lumbricidae* Komarekionidae Lutodrilidae Almidae* Microchaetidae Glossoscolecidae* Tumakidae* Ocnerodrilidae* Acanthodrilidae* Octochaetidae* Megascolecidae* Eudrilidae*

Famílias conhecidas na região Neotropical.

BOUCHÉ, M.B. 1977. Strategies lombriciennes. **Ecological Bulletin**, Stockholm, v. 25, p.122-132, 1977.

BOUCHÉ, M. B.; GARDNER, R. H. Earthworm functions: VIII. – population estimation techniques. **Revue d'Ecologie et de Biologie du Sol**, Paris, v. 21, n. 1, p. 37-63, 1984.

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**, Jena, v. 47, p. 764-771, 2003.

CALLAHAM, M. A.; HENDRIX, P. F. Relative abundance and seasonal activity of earthworms (Lumbricidae and Megascolecidae) as determined by and-sorting and formalin extraction in forest soils on southern Appalachian Piedmont. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 29, n. 3/4, p. 317-321, 1997.

CHAN, K. Y.; MUNRO, K. Evaluating mustard extracts for earthworm sampling. **Pedobiologia**, Jena, v. 45, p. 272-278, 2001.

CICAD (Concise International Chemical Assessment Document). **Formaldehyde**. Disponível em: <<http://www.inchem.org/documents/cicads/cicads/cicad40.htm#5.4>> Consultado em: 18 jun. 2003.

CORREIA, M. E. F.; LIMA, D. A.; FRANCO, A. A.; CAMPELLO, E. F. C.; TAVARES, S. R. L. Comunidades da macrofauna do solo em áreas de floresta secundária de mata Atlântica no Estado do Rio de Janeiro. In: CONGRESSO DE ECOLOGIA, 3., 2001, Porto Alegre. **Resumos...** Porto Alegre: UFRGS, 2001. CD ROM.

CORREIA, M. E. F.; REIS, L. L.; CAMPELLO, E. F. C.; FRANCO, A. A. Populações da macrofauna do solo em agricultura itinerante na região da mata Atlântica, RJ. In: WORKSHOP O USO DA MACROFAUNA EDÁFICA NA AGRICULTURA DO SÉCULO XXI: A IMPORTÂNCIA DOS ENGENHEIROS DO SOLO, 2003, Londrina. **Anais...** Londrina: Embrapa Soja, 2003. p. 200-220.

AQUINO, A. de M.; GUIMARÃES, M. F.; RIBEIRO, J. L. Macrofauna do solo em diferentes sistemas de manejo e suas feições no perfil cultural. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 28., 2001, Londrina. **Resumos...** Londrina: Embrapa Soja, 2001. p. 61.

AZEVEDO, V. F. de; LIMA, D. A. de; CORREIA, M. E. F.; AQUINO, A. M. de; SANTOS, H. P. Fauna de solo em diferentes sistemas de plantio e manejo no planalto médio do Rio Grande do Sul. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 24., REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 8., SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 6., REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 3., 2000, Santa Maria. **Biodinâmica do solo. Resumos...** Santa Maria: SBCS, SBM, 2000. 3 p. CD ROM.

BAKER, G. H.; BARRET, J.; GREY-GARDNER, R.; BUCKERFIELD, J. C. The life history and abundance of the introduced earthworms *Aporrectodea trapezoides* and *Aporrectodea caliginosa* in pasture soils in the Mount Lofty Range, South Australia. **Soil Biology & Biochemistry**, Oxford, v. 24, p. 1389-1395, 1996.

BARNES, B.T.; ELLIS, F. B. Effects of different methods of cultivation and direct drilling and disposal of straw residues on populations of earthworms. **Journal of Soil Science**, Oxford, v. 30, n. 4, p. 669-679, 1979.

BARROS, E.; PASHANASI, B.; CONSTANTINO, R.; LAVELLE, P. Effects of land-use system on the soil macrofauna in western Brazilian Amazonia. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v. 35, p. 338-347, 2002.

BOREK, V.; MORRA, M. J.; BROWN, P. D.; MACCAFREY, J. P. Transformation of the glucosinolate-derived allelochemicals allyl isothiocyanate and allylnitrile in soil. **Journal of the Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 43, p. 1935-1940, 1995.

2. Biologia e Características Importantes na Taxonomia das Minhocas

2.1. Anatomia externa

As minhocas terrestres geralmente são maiores que as aquáticas, mas de modo geral, o comprimento é muito variável. *Glossoscolex giganteus*, por exemplo, pode atingir 1260 mm e *Rhinodrilus fafnern*, com 2100 mm é provavelmente uma das maiores minhocas, enquanto que *Aelosoma kshyapi* e *Chaetogaster annandalei*, com menos de 1 mm de comprimento, é provavelmente uma das menores (STEPHENSON, 1930).

A principal característica sistemática das minhocas é a segmentação externa do seu corpo com correspondente segmentação interna. O número de segmentos varia entre 7, em algumas espécies, a 500-600, em outras (STEPHENSON, 1930).

A boca situada no primeiro segmento, por isso denominado segmento bucal, se encontra em posição ventral, onde se distingue o peristômio. Na superfície dorsal há uma protuberância tátil que é o prostômio. Segundo as relações do prostômio com o segmento I distinguem-se vários tipos de prostômios: zigolóbico; prolóbico; epilóbico e tanilóbico (Figura 1), os quais são úteis para a diferenciação entre espécies. *Eisenia foetida*, por exemplo, com prostômio epilóbico aberto se distingue de *Lumbricus terrestris*, entre outros, por apresentar o prostômio tipo tanilóbico.

As minhocas apresentam cerdas, folículos que invaginam do tegumento e se distribuem ao longo de todo o corpo, exceto no último segmento (pigídio) e em alguns casos no segmento I. Essas cerdas são estruturas primariamente locomotoras e dotadas de musculatura própria que permite a movimentação em todas as direções (RIGHI, 1989). O arranjo e o número dessas cerdas por segmento varia entre as espécies de minhocas, podendo o arranjo ser lumbricina (4 pares de cerdas por segmento e simétricas 2 a 2) ou periquetina (mais de 8 cerdas por segmento e dispostas em anel) (Figura 2).

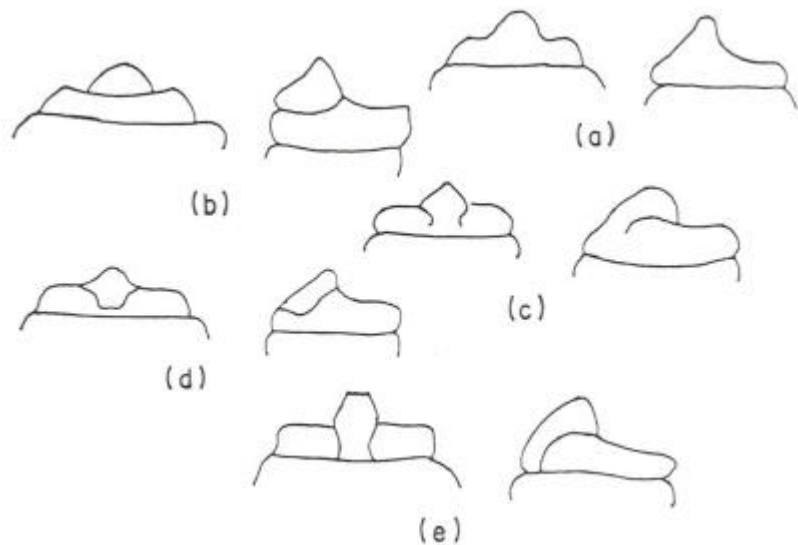


Figura 1. Formas de prostômios: (a) zigolábico, (b) prolábico, (c) epilábico aberto, (d) epilábico fechado, (e) tanilábico (modificado de LAINEZ & JORDANA, 1987).

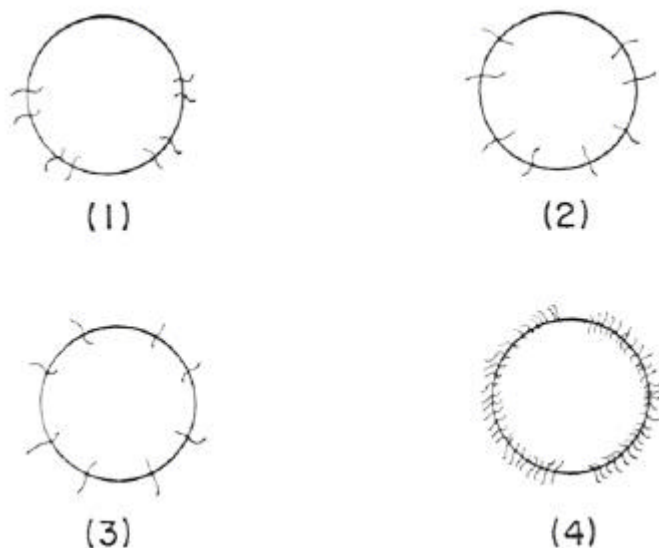


Figura 2. Arranjo das cerdas de Oligochaeta: 1,2,3-arranjo lumbricina (1- par fechado; 2- par aberto; 3- par distante), 4-arranjo periquetina (modificado de EDWARDS & LOFTY, 1977).

animais visíveis, os quais serão colocados em vidros contendo álcool 70% e as minhocas separadas de outros grupos e mantidas em formol 4%. A estimativa da abundância é baseada em número de indivíduos por metro quadrado (N° in m^{-2}), ou seja, os resultados obtidos por monolito são multiplicados por 16, uma vez que a área da coleta representa $1/16 m^2$. A biomassa é estimada multiplicando-se o número em m^{-2} pela média do peso fresco individual de determinada unidade taxonômica ($mg m^{-2}$).

7. Referências Bibliográficas

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

AQUINO, A. M. de. **Manual para coleta de macrofauna do solo**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2001. 21 p. (Embrapa Agrobiologia. Documentos, 130).

AQUINO, A. M. de; RICCI, M. dos S.; PINHEIRO, A. dos S. Avaliação da macrofauna do solo em café orgânico e convencional utilizando um método modificado do TSBF. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 24., REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 8., SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 6., REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 3., Oct. 2000, Santa Maria. Biodinâmica do solo. **Resumos...** Santa Maria: SBCS, SBM, 2000a. 3 p. CD ROM.

AQUINO, A. M. de; 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: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 24., REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 8., SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 6., REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 3., 2000, Santa Maria. Biodinâmica do solo. **Resumos...** Santa Maria: SBCS, SBM, 2000b.



Figura 10. Método do "TSBF": a), b) e c) separação dos horizontes em três camadas (0-10, 10-20 e 20-30 cm de profundidade), d) Extração da macrofauna da serrapilheira e de cada camada de solo; e acondicionamento em recipientes devidamente identificados, contendo álcool 70%.

A amostragem do solo é realizada ao longo de um transecto a cada 5 metros, sendo recomendado um mínimo de 5 amostragens para cada hectare, sendo que 10 amostragens são consideradas ideais. Em cada ponto demarca-se uma área de 25 x 25 cm e retira-se a serrapilheira correspondente a área da coleta e o solo nas profundidades de 0-10, 10-20 e 20-30 cm de profundidade:

1	1	1	1
serrapilheira	0-10 cm	10-20 cm	20-30 cm

A extração dos animais, geralmente é feita no campo e o mais rápido possível para evitar que os animais coletados morram antes de serem extraídos, o que dificultaria a sua visualização. Durante a extração, coloca-se o solo coletado numa bandeja e cuidadosamente, com auxílio de uma pinça, retira-se todos os

A minhoca mansa, *Pontoscolex corethrus*, mais conhecida no Brasil, é originária do Platô Guianensis, se espalhou por todos os países da América do Sul (exceto Argentina) e Central atingiu o México e o sul dos Estados Unidos (RIGHI, 1989), suplantando a fauna nativa e tonou-se a minhoca sul-americana mais bem sucedida. Atualmente essa espécie é conhecida como minhoca-mansa, mas quando foi descrita em 1857 por Fritz Müller, recebeu o nome popular de "rabo-de-escova" devido ao tamanho e a disposição das cerdas na região posterior (RIGHI, 1989).

Com base em STEPHENSON (1930), existem cinco principais aberturas no corpo das minhocas: poros dorsais, nefridióporos, poros masculinos, poros femininos e poros espermatecais.

Os poros dorsais, pequenas aberturas situadas na linha média dorsal entre os segmentos, possibilitam a comunicação da cavidade do corpo com o exterior, sendo ausentes em Glossoscolecidae.

Os poros masculinos, referem-se a porção final do vaso deferente, variando em posição geralmente entre famílias. Em Lumbricidae os poros masculinos são bastante visíveis e localizados no segmento XV, Enchytraeidae no XII, Megascolecidae no XVII, XVIII ou XIX, já em Glossoscolecidae são intracelulares e microscópicos.

Os poros femininos geralmente estão localizados na região ventral do clitelo e também possuem estreita relação com a família. Em Enchytraeidae estão localizados entre os segmentos XII e XIII, em Megascolecidae, Glossoscolecidae e Lumbricidae no segmento XIV. Já a posição dos poros espermatecais varia muito, em alguns casos diferem entre espécies do mesmo gênero.

Os nefridióporos, referem-se aos poros excretores, podendo ser intra ou intersegmentar. Os sistema excretor ou nefrídios podem ser de vários tipos, sendo que nos holonefrídios (um par de nefrídios por segmento), os nefridióporos são facilmente reconhecíveis e nos meronefrídios (mais de um par de nefrídios por segmento) raramente são visíveis. Os poros prostáticos situam-se geralmente entre os segmentos XVII e XIX, mas nem sempre estão presentes, como no caso da família Glossoscolecidae.

O clitelo, formação glandular da epiderme, está presente somente nas minhocas adultas e associado à produção de casulos onde são colocados os ovos e nutrientes para os embriões. O clitelo deve ser observado pela região ventral, podendo ser anular, quando envolve completamente os segmentos ou em forma de cela de montar, quando falta ventralmente (RIGHI, 1989) ou pode se misto. Em *P. corethrurus*, por exemplo, o clitelo está situado nos segmentos XV-XXII (=9) e tem forma de cela.

2.2. Anatomia interna

a) Sistema digestório

Embora o sistema digestório varie em detalhes para diferentes espécies, gêneros e famílias de minhocas, basicamente consiste de faringe, esôfago, papo, moela, intestino anterior e posterior, que secreta enzimas e que absorve nutrientes, respectivamente (Figura 3).

Na faringe existem duas pregas laterais unidas posteriormente e que a divide duas câmaras, uma dorsal ou salivar e outra ventral ou condutora. Na câmara salivar deságuam as glândulas da massa faríngea, as quais atuam como verdadeira glândula salivar. A “saliva” contém um muco que facilita o deslocamento das partículas de alimento e contém enzimas que atacam principalmente as proteínas (RIGHI, 1966).

A faringe funciona como uma bomba de sucção e leva as partículas de alimento através do peristaltismo esofágico para a moela e papo, uma modificação do esôfago. As contrações da forte musculatura da moela possibilitam triturar as partículas de alimento com auxílio das partículas minerais, quando presentes. Em Megascolecidae, as moelas situam-se imediatamente após a faringe, podendo existir de duas a dez moelas, cada uma ocupando um segmento. As pregas do papo regulam o movimento dentro da moela prevenindo a regurgitação e garantindo a mistura do alimento.

diferentes. Por outro lado, o equipamento é caro e pode ser difícil transportá-lo até o local de amostragem, além da eficiência do método ser dependente das condições de umidade no solo, tipo de solo, pH e condutividade (ISO/WD 23611-1, 2002).

Tabela 5. Densidade populacional, biomassa e biomassa média obtidas com os extratores formol na dose de 2,2 g l⁻¹ e alil isotiocianato (AITC) nas doses de 50, 100 e 150 mg l⁻¹ em três ecossistemas distintos (plantio direto, pastagem perene e mata), CASTRO (PR), 2003 (RESSETTI, 2004).

Extratores	Ecossistemas		
	Plantio direto	Pastagem perene	Mata
	----- Densidade (ind m ⁻²) -----		
Formol 2,2 g L ⁻¹	123,4 b B*	270,4 a A	38,7 a C
AITC 50 mg L ⁻¹	144,0 a A	81,6 b B	29,6 b C
AITC 100 mg L ⁻¹	115,4 c A	50,4 d B	23,7 b C
AITC 150 mg L ⁻¹	76,1 d A	69,9 c A	23,3 b B
	----- Biomassa (g m ⁻²) -----		
Formol 2,2 g L ⁻¹	21,7 c B	83,4 a A	4,3 ab C
AITC 50 mg L ⁻¹	26,3 b A	20,5 d B	4,1 ab C
AITC 100 mg L ⁻¹	31,3 a A	25,9 c B	6,2 a C
AITC 150 mg L ⁻¹	25,1 b B	39,5 b A	2,9 b C
	----- Biomassa média (g espécime ⁻¹) -----		
Formol 2,2 g L ⁻¹	0,1922 c B	0,3078 b A	0,1233 b C
AITC 50 mg L ⁻¹	0,1877 c B	0,2977 b A	0,1319 b C
AITC 100 mg L ⁻¹	0,2833 b B	0,4971 a A	0,2493 a C
AITC 150 mg L ⁻¹	0,3453 a B	0,4943 a A	0,1042 b C

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas (entre extratores) e maiúscula nas linhas (entre ecossistemas) para a mesma variável, não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Método do “TSBF” (Tropical Soil Biology and Fertility)

O método do TSBF foi desenvolvido por ANDERSON & INGRAM (1993) para a amostragem da macrofauna edáfica. A seqüência da coleta é apresentada na Figura 10.

devolvidas vivas ao sítio amostrado. Entretanto, é preciso uma certa experiência do profissional para o emprego dessa técnica.

Nos estudos realizados até o momento (GUNN, 1992; CHAN & MUNRO, 2001; EAST & KNIGHT, 1988 citados por ZABORSKI, 2003), apenas ZABORSKI (2003) e RESSETTI (2004) utilizaram o AITC (Tabela 5), puro para análise (PA), que é diluído em isopropanol PA a fim de obter uma solução-estoque. LAWRENCE & BOWERS (2002) também fizeram a preparação da solução utilizada em sua pesquisa em função do teor de AITC no produto, mas ela foi preparada com pó de mostarda comercial, que possui outros ingredientes que podem influenciar sua eficácia.

Existem diferentes espécies de mostarda (*Brassica* sp.) com variados teores de AITC e dentro de uma mesma espécie o teor varia em função do estágio de maturação, da época do ano e das condições de solo e clima no local de produção. Além do AITC, na semente estão presentes outros compostos químicos de atividade desconhecida (ZABORSKI, 2003). Apenas com a utilização de AITC sintetizado em laboratório é que se pode padronizar a dose a ser utilizada.

A maior eficiência é obtida com a combinação de dois métodos. A coleta manual após escavação na camada superficial (em torno de 20 cm de profundidade) e a utilização de uma solução de formol após a remoção do solo escavado (ISO/WD 23611-1, 2002). ZABORSKI (2003) também recomenda a utilização de dois métodos. Entretanto, cita que a aplicação de uma solução de AITC depois de retirada a camada superficial já coletada manualmente, pode prover a caracterização mais completa e precisa da comunidade de Oligochaeta em um determinado tempo e espaço.

THIELEMANN (1986), desenvolveu um método alternativo à coleta manual aliada à extração por uma solução de formol, sendo utilizado um anel de diâmetro igual a 0,52 m com oito eletrodos que geram um campo elétrico que direciona as Oligochaeta rumo à superfície do solo. As principais vantagens são a manutenção da integridade do solo e a não necessidade de utilização de extratores químicos, que podem ter efeitos negativos em todos os organismos do solo. Também parece haver uma uniformidade na extração de espécies

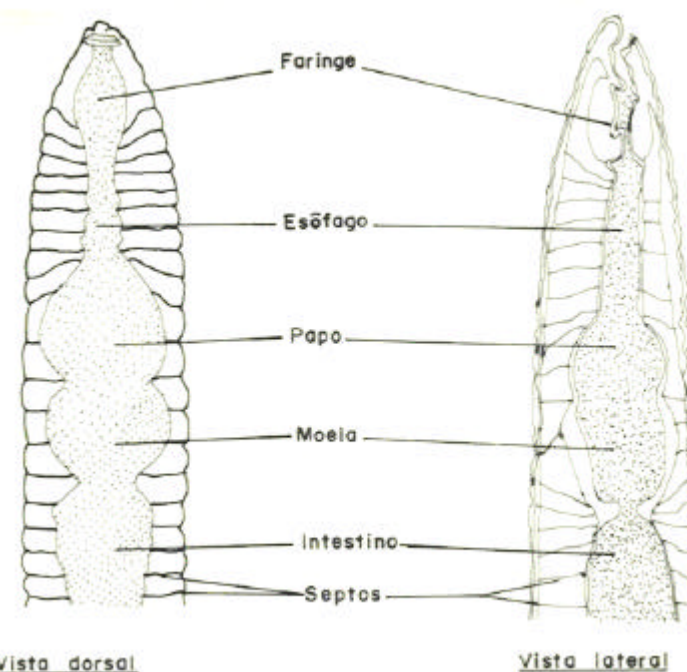


Figura 3. Diagrama do sistema digestório de um lumbricídeo (modificado de EDWARDS & FLETCHER, 1988).

Grande parte da digestão e absorção do alimento se dá no intestino, que tem muitas pregas, sendo a maior conhecida como tiflosole (EDWARDS & LOFTY, 1977; EDWARDS & FLETCHER, 1988). A duração para que o alimento percorra o sistema digestório varia de 3 a 4 horas em *Eisenia foetida* e 12 a 20 h em *Lumbricus terrestris* (EDWARDS & FLETCHER, 1988).

A excreção é realizada pelos nefrídeos, conforme relatado anteriormente. As células cloragóneas retiram os resíduos que circulam livremente no sangue, concentra-os e transforma-os em uréia e amônia e os libera novamente no sangue e então são eliminados através dos nefrídeos (RIGHI, 1966).

As glândulas calcíferas ou glândulas de "Morren", invaginações ou pregas da parede do esôfago, são bem desenvolvidas na família

Lumbricidae (ROBERTSON, 1936) e podem estar presentes ou ausentes em algumas espécies (EDWARDS & LOFTY, 1977). Além da diferenciação entre as espécies quanto ao grau de desenvolvimento destas glândulas e há também variação na secreção do carbonato de cálcio (PIERCE, 1972).

Muitas teorias sobre a função das glândulas calcíferas foram estabelecidas desde a sua descrição, por Julius Leo, em 1928. Mas, ainda hoje nenhum foi capaz de esclarecer completamente seu papel. De acordo com a revisão LEE (1985), essas glândulas podem servir para neutralizar o material húmico ingerido pelas minhocas, auxiliar na absorção dos nutrientes e oxigênio, na excreção do excesso do cálcio, na fixação e excreção do CO₂ respirado; na regulação da acidez, na excreção nitrogenada; na regulação do pH do sangue; na regulação osmótica e iônica do fluido do corpo; na excreção e regulação do excesso de água do corpo.

Em função do maior ou menor teor de cálcio no ambiente as glândulas calcíferas podem estar ativas ou não. De acordo com PIERCE (1972), minhocas consumidoras-de-“litter” (*Lumbricus* sp., *Dendrodrilus rubidus subrubicundus* e *Allobofora eiseni*) têm glândulas calcíferas ativas e as consumidoras-de-húmus ou consumidoras-de-solo (*Allolobophora* spp.; *Aporretodea* spp.; *Octolasion* spp. e *Dendrobaena veneta*), glândulas inativas.

b) Sistema reprodutor

As minhocas terrestres são hermafroditas, mas necessitam de dois indivíduos para a realização da fecundação cruzada. No momento da cópula os dois indivíduos se envolvem pela extremidade anterior, em sentido oposto. Algumas espécies podem produzir casulos partenogeneticamente (EDWARDS & LOFTY, 1977).

Os órgãos sexuais femininos são representados pelos ovários e os masculinos pelos testículos que se situam em segmentos diferentes.

As células reprodutoras dos testículos formam as espermatogônias, que passam para dentro da vesícula seminal, que contém células masculinas em vários estádios de desenvolvimento. Na vesícula seminal diferenciam-se os espermatozoides, que passam

modificados, apresentando aberturas na superfície. Já em talhões com plantio convencional, os túneis normalmente são descontínuos ou mesmo bloqueados, o que pode impedir a penetração da solução extratora e/ou a saída dos animais.

A temperatura do solo está relacionada com a atividade das diferentes espécies de Oligochaeta e a umidade é correlacionada negativamente com infiltração da solução no solo (LEE, 1985). Outra desvantagem do método de extração com formol é que esse produto é fitotóxico e carcinogênico e a legislação pode vir a impedir sua utilização como extrator (SCHMIDT et al., 2001).

O formaldeído também não é adsorvido às partículas em grandes teores, sendo considerado móvel no solo. As Oligochaeta também podem ser levadas à morte se não forem imediatamente lavadas com água em abundância. Alguns parâmetros que atuam nos teores lixiviados incluem o tipo de solo, regime pluviométrico e a degradação microbiana. Estima-se que sua meia-vida no solo se encontre entre 24 e 168 horas (HOWARD et al., 1991 citados por CICAD, 2003).

Como alternativa à utilização de formol, GUNN (1992) testou a eficiência de uma suspensão de pó de mostarda comercial em relação ao formol e obteve êxito, enfatizando a segurança ambiental conseguida por esse reagente. Entretanto, ele não definiu a dose de alil isotiocianato (AITC) utilizada.

Na natureza, o AITC é um produto da hidrólise de glucosinolatos presentes em tecidos de Cruciferae (BOREK et al., 1995), sendo uma alternativa muito mais segura para o aplicador e ambientalmente correta na amostragem de edáficos (GUNN, 1992; CHAN & MUNRO, 2001; ZABORSKI, 2003). A meia-vida do AITC no solo varia de 20 h a 60 h em função do teor de C, umidade e temperatura (BOREK et al., 1995). As Oligochaeta extraídas pela solução de AITC, após um rápido mergulho em água, podem ser conservadas vivas em recipientes com papel toalha umedecido e posteriormente são transportadas para o laboratório para as avaliações. Dessa maneira, se obterá a densidade populacional, biomassa fresca e classificação, com as Oligochaeta podendo ser



Figura 9. Extração por estímulo químico: a) delimitação da área; b) aplicação da solução irritante; c) aspecto visual após aplicação; d) coleta das minhocas

Os túneis permanentes das espécies anécicas, com aberturas na superfície do solo, permitem uma rápida penetração dos extratores químicos por toda sua extensão assim como a rápida saída à superfície das *Oligochaeta* presentes nos mesmos. Entretanto, as condições de luminosidade da superfície do solo podem limitar a emergência das *Oligochaeta* (BOUCHÉ & GARDNER, 1984).

As espécies endogêicas têm túneis temporários que podem estar selados na porção final e apresentam poucas aberturas na superfície do solo. Esse comportamento pode retardar a saída das *Oligochaeta*, causando sua imobilização e morte pela solução extratora antes de sua chegada à superfície do solo (ZABORSKI, 2003). O tipo de manejo do solo também exerce grande influência na penetração da solução extratora (BARNES & ELLIS, 1979). Em talhões com plantio direto, os túneis das *Oligochaeta* são pouco

rapidamente para os canais testiculares e depois para a superfície do funil espermático onde permanecem até que ocorra a cópula. Durante o acasalamento os cílios do funil auxiliam o movimento dos espermatozoides, levando-os para o vaso deferente e atingindo o poro masculino (Figura 4).

Os ovários (Figura 4) formam as oogônias, que se dividem e formam os oócitos, que quando amadurecidos são levados ao poro feminino pelo oviduto e secretado pelo clitelo. O clitelo secreta um muco que favorece a cópula (LO BIANCO et al., 1966), que pode levar cerca de 1 hora (EDWARDS & LOFTY, 1977).

Os espermatozoides de um indivíduo durante a cópula passam, geralmente, para o receptáculo seminal do outro, onde permanecem até a maturação dos oócitos (LO BIANCO et al., 1966).

Segundo LO BIANCO et al. (1966), após os indivíduos se separarem, as células do clitelo secretam uma faixa anular gelatinosa que é expulsa pelo movimento do animal. Entre esta faixa e a parede do corpo são descartados os óvulos e os espermatozoides, os quais se unem durante a fecundação externa e dão origem a vários ovos. As porções terminais da faixa se fecham formando uma cápsula, conhecida como casulos (“cocoon”), que contem substâncias albuginosas nutritivas, produzidas pelas células glandulares clitelar, que sustentam o desenvolvimento do embrião.

De acordo com EDWARDS & LOFTY (1977), a cor dos casulos varia de esbranquiçadas, quando são formados, a amarela, esverdeada ou amarronzada e diferem grandemente em tamanho entre as diferentes espécies.

A regulação do ciclo de vida parece ser de natureza hormonal e controlada por condições fisiológicas, como hábito alimentar, umidade e atividade de regeneração (MARCEL, 1986).

As minhocas mais utilizadas para a reciclagem de resíduos orgânicos são as espécies *Eisenia foetida* e *Eudrillus eugeniae* que apresentam rápida taxa de crescimento e maturação sexual. O ciclo de vida dessas espécies é apresentado na Figura 5.

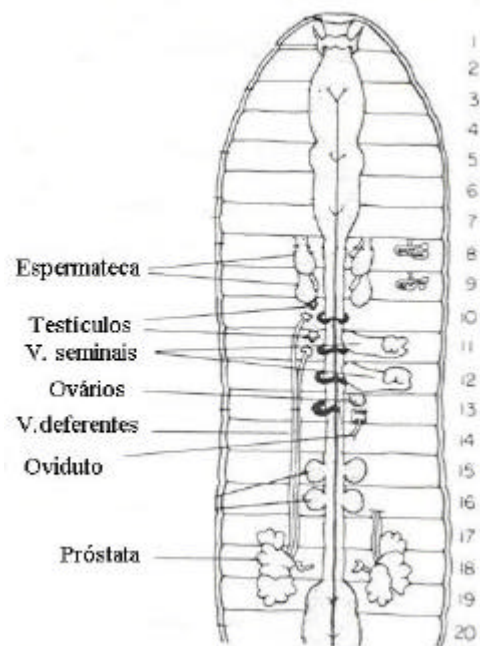


Figura 4. Diagrama do sistema reprodutor de um megascolecídeo (adaptado de EDWARDS & LOFTY, 1977).

3. Categorias Ecológicas

As minhocas podem ser reunidas com base na relação que têm com o ambiente (BOUCHÉ, 1977; LEE, 1985) e com base em processos que atuam (LAVELLE et al., 1994; GILLER et al., 1997) (Tabela 2), fornecendo informações sobre o seu papel funcional.

De acordo com a estratégia alimentar, as minhocas podem ser diferenciadas em dois grupos: detritófagas ou geófagas (MAKESCHIN, 1998). As detritófagas podem ainda ser classificadas como epigeicas ou anécicas (Tabela 2), as quais se alimentam na superfície do solo ou próxima à esta região, respectivamente. As geófagas são endogeicas (Tabela 2) e se alimentam de material mineral relativamente rico em matéria orgânica e de raízes em decomposição.

espécies que estão inativas e para quantificação de casulos (LEE, 1985). Além disso, RAW (1959) recomenda o uso do método do HCHO para espécies que constroem galerias predominantemente verticais, que se abrem na superfície do solo, como é o caso de *Lumbricus terrestris*. Para estudos em áreas agrícolas, GUNN (1992) propõe o uso da solução de mostarda (*Brassica nigra*) a 0,33%, que não provoca efeitos fitotóxicos como os demais produtos.

Um dos extratores químicos mais utilizados é a solução de formol (ZABORSKI, 2003), mas essa solução também não extrai todas as espécies de Oligochaeta com a mesma eficácia e a eficiência do método é influenciada pela concentração da solução, temperatura e umidade no solo (RAW, 1959; LAKHANI & SATCHELL, 1970 citados por ZABORSKI, 2003). SATCHELL (1971b) comparou doses diferentes de formol na extração de organismos edáficos e não encontrou diferença estatística na eficiência de doses variando de 1,65 a 5,5 g L⁻¹ (0,165 a 0,55 %) de formaldeído. Por essa razão e devido à toxicidade do formaldeído, concentrações mais próximas ao limite inferior, como 0,22% (RAW, 1959), são preferidas.

A extração por estímulo químico envolve a irrigação de uma área do solo previamente conhecida, com uma solução irritante, delimitada por um anel metálico ou quadrado de madeira (Figura 9). O procedimento de amostragem é finalizado após 10 minutos da total infiltração da última aplicação (TANCK et al., 2000; ZABORSKI, 2003). Posteriormente, coletam-se as Oligochaeta que emergem à superfície (RAW, 1959; EVANS & GUILD, 1947 citados por LEE, 1985; ZABORSKI, 2003), mesmo não extraíndo indivíduos em estágio latente e casulos, é um método mais rápido e simples, podendo ser utilizado em diferentes condições. De forma similar ao método da catação manual, esse método é mais eficaz na amostragem de espécies anécicas, apesar de não obter a mesma eficiência para todas elas (RAW, 1959; ZABORSKI, 2003).

Além das limitações anteriormente citadas a presença de barreiras físicas como minerais de grandes dimensões, sistema radicular denso ou raízes lenhosas podem torná-lo impraticável (SPRINGETT citado por ZABORSKI, 2003).

No método da lavagem e peneiramento, as amostras de solo são armazenadas em solução mista de hexametáfosfato de sódio (2%) e formol (4%) e, posteriormente, lavadas em água corrente. Apresenta, como vantagem, a extração de casulos, espécies pequenas e/ou dormentes e, como desvantagem, o trabalho excessivo no processamento das amostras.

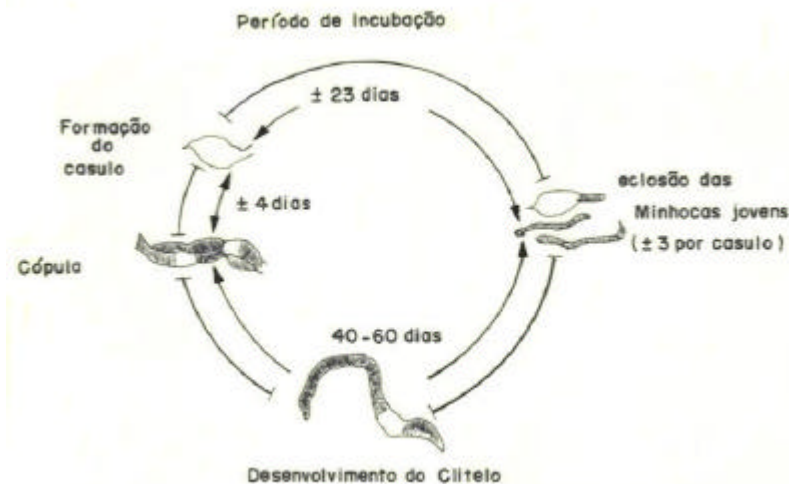
No método da flotação, posterior à lavagem e peneiramento, as amostras de solo passam por separação manual e posteriormente são centrifugadas com solução de $MgSO_4$ ($d = 1,20$). Reúne as vantagens da lavagem e peneiramento, porém, aumenta-se o tempo de processamento das amostras (LEE, 1985).

De acordo com EDWARDS & BOHLEN (1996), os métodos comportamentais agem por estímulos físicos ou químicos, forçando as Oligochaeta a abandonarem as galerias e emergirem à superfície do solo, onde são coletadas manualmente e, têm como vantagem a rapidez de execução (LEE, 1985).

Os métodos baseados em estímulos físicos, tais como, o elétrico (SATCHELL, 1955), a extração a quente (SATCHELL, 1969) e a vibração mecânica (LEE, 1985), apresentam geralmente muitas limitações e conseqüentemente são de uso restrito. Para estudos qualitativos ou comportamentais de populações, LEE (1985) recomenda a coleta das Oligochaeta através do uso de armadilhas propostas por BOUCHÉ (1975).

Produtos químicos estimulantes e irritantes, usados nas estimativas das populações de Oligochaeta, são aplicados na forma de soluções diluídas e, entre eles, destaca-se o $HgCl_2$ (EASTON & CHANDLER, 1942), o $KMnO_4$ (EVANS & GUILD, 1947 citado por LEE, 1985) e o $HCHO$ (RAW, 1959). Porém, o $HgCl_2$, devido à presença do Hg, encontra-se em desuso. A grande desvantagem destes produtos é que não matam apenas as Oligochaeta, mas também os outros organismos do solo (BAKER et al., 1996) e são ineficientes para

Eisenia foetida



Eudrilus eugeniae

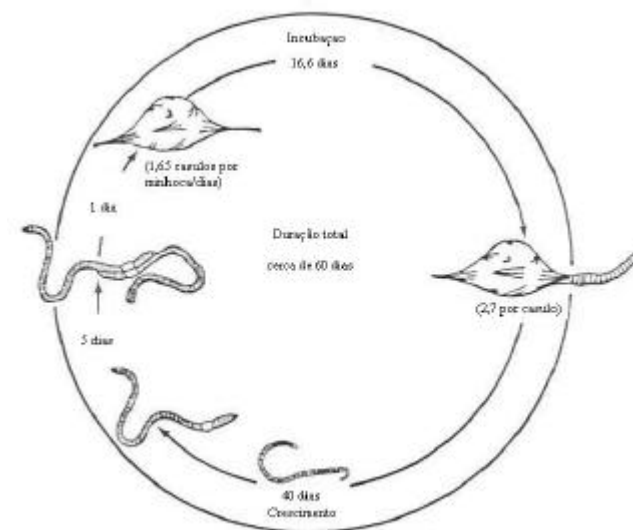


Figura 05. Ciclo de vida de *Eisenia foetida* e *Eudrilus eugeniae* (adaptado de VENTER & REINECKE, 1988 e REINECKE et al., 1992, respectivamente).

Tabela 2. Principais características de agrupamento das minhocas.

Características de agrupamento	Categoria funcional e descrição	Função no solo
Ambiente (BOUCHE, 1977; LAVELLE et al., 1994)	Epigeicos: vivem associadas e se alimentam da serapilheira; pequenas minhocas pigmentadas.	Fragmentam a serapilheira e participam da decomposição "in situ".
	Anécicos: se alimentam da serapilheira; constroem galerias subterrâneas e ninhos para abrigos, minhocas grandes e pigmentadas.	Removem a serapilheira e transportam para diferentes ambientes, como subsolo, alterando a cinética da decomposição e a distribuição espacial desses produtos.
	Endogeicos: vivem no solo, são geófagas e se alimentam da matéria orgânica e raízes vivas e mortas, consistem principalmente de minhocas despigmentadas.	Produzem "pellets" fecais e participam da macroagregação do solo. Esses animais constroem galerias e eventualmente excretam na superfície. Esses processos têm importante influência na organização física do solo.
Tamanho, natureza das estruturas que criam no solo e relação com os microrganismos. (GILLER et al., 1997).	Engenheiros do ecossistema: influenciam substancialmente o ambiente para os outros organismos.	Criam estruturas organo-minerais grandes e resistentes. Desenvolvem relação mutualística com os microrganismos em seu trato intestinal (rúmen interno) e nas estruturas organo-minerais que constroem (rúmen externo).
	Decompositores: vivem na serapilheira, algumas espécies de minhocas epigeicas e pequenas minhocas como Enchytraeidae.	Esse grupo tem um papel importante na fragmentação da matéria orgânica e desenvolve estruturas puramente orgânicas que são menos persistentes. O grau de organização espacial de tais estruturas e a regulação da atividade microbiana é observada dentro dessas estruturas.

GUNN, 1992; CALLAHAM & HENDRIX, 1997; SATCHELL citado por ZABORSKI, 2003); em algumas áreas a destruição física do solo causada por esse método é inaceitável (GUNN, 1992; CALLAHAM & HENDRIX, 1997); e a ineficiência para espécies pequenas (< 2 mm) e casulos (BAKER et al., 1996).

Tabela 4. Densidade populacional e biomassa de Oligochaeta obtidos na região do Paraná por diferentes métodos.

Oligochaeta edáficos	Densidade populacional (ind m ⁻²)	Biomassa (g m ⁻²)	Tratamento	Localização	Referência
<i>Amyntas gracilis</i> e <i>A. corticis</i> (epi-endo)	43,8 - 116,8	-	plantio direto	Carambei	VOSS (1986)
	0	-	plantio convencional		
<i>Amyntas</i> spp. (endogêica polihúmica, epi-endo)	71,7 - 168	-	plantio direto	Arapoti	PEIXOTO & MAROCHI (1996)
<i>Amyntas</i> spp.	37,6 - 170,2	11,1 - 50,0	plantio direto	Ponta Grossa	TANCK et al. (2000)
	0,0 - 5,6	0,0 - 0,4	plantio convencional		
Total (espécies não determinadas)	30,4 - 95,2	16,5 - 65,1	mata nativa	Curitiba	RESSETTI et al. (2003) (não publicado)
	15,4 - 123	5,1 - 45,4	pastagem perene		
	7,7 - 99,9	0,3 - 24,8	pastagem revolvida		
Total (principalmente Octochaetidae e Glossoscolecidae)	7,7 - 92,2	0,04 - 20,3	pomar	Região de Londrina	BROWN et al. (2003)
	0 - 53,8	0 - 25,5	bosque		
	0 - 30,7	0 - 25,1	Gramado		
	46 - 116	0,5 - 1,1	plantio direto		
Total (principalmente Octochaetidae e Glossoscolecidae)	13 - 22	0,02 - 0,13	plantio convencional		
	48 - 182	*0,8 ± 0,5 (apenas período de verão)	pastagem perene		
	16 - 42	0,8 - 1,6	floresta		

Obs.: Voss (1986) utilizou coleta manual na camada 0-27/30 cm; PEIXOTO & MAROCHI (1996) utilizaram extração com solução de formol a 5 g L⁻¹; TANCK et al. (2000) utilizaram extração com solução de formol a 2,2 g L⁻¹, em seguida coletando e peneirando o solo da mesma área na profundidade de 0-20 cm; BROWN et al. (2003) utilizaram coleta manual na profundidade de 0-30/40 cm; RESSETTI et al. (2003) utilizaram extração com solução de formol a 2,2 g L⁻¹.

maioria dos pesquisadores tem utilizado entre 5 e 10 amostragens por ha, independente do método de extração.

Para a estimativa da densidade populacional e biomassa de Oligochaeta terrestres é necessário a identificação da área a ser amostrada, na qual traça-se um ou mais transecto. As coletas são realizadas em locais com distância mínima entre si de 5 m e selecionados aleatoriamente (BOUCHÉ & GARDNER, 1984; BOUCHÉ, 1969 citado por LEE, 1985). Essa distância tem a finalidade de evitar interferências na coleta de amostras adjacentes.

6.1. Métodos passivos e comportamentais

Existem diferentes métodos de amostragem da densidade populacional e biomassa de Oligochaeta edáficos. EDWARDS & BOHLEN (1996) ressaltam que os métodos de quantificação da população mais comumente usados são de natureza passiva e comportamental. Nos métodos passivos, as Oligochaeta são separadas fisicamente do solo e serapilheira (LEE, 1985) e, entre os mais utilizados, destaca-se a catação manual, a lavagem e peneiramento (MORRIS, 1922) e a flotação posterior à lavagem e peneiramento (RAW, 1960).

No método da catação manual é fundamental se determinar a área a ser amostrada, sendo as mais usuais 0,5 m² ou 1 m² e a profundidade de amostragem: 0,20 m. A amostra de solo é retirada e colocada sobre uma superfície (lona plástica) que possibilite a separação manual das Oligochaeta.

Como vantagens, apresenta grande precisão na obtenção das Oligochaeta ativas em estado latente e de alguns casulos presentes na amostra de solo, sendo mais eficiente para espécies endogêicas (BOUCHÉ, 1975 citado por LAWRENCE & BOWERS, 2002; SATCHELL citado por ZABORSKI, 2003). Com esse método, as Oligochaeta podem ser devolvidas vivas ao sítio amostrado após as avaliações. As desvantagens são: as Oligochaeta que habitam camadas inferiores à amostrada ou que podem escapar rapidamente pelos túneis permanentes em direção a camadas mais profundas, não são coletadas; é trabalhoso e necessita de um maior período de tempo para sua conclusão (RAW, 1959; LEE, 1985;

4. Aspectos Ecológicos das Minhocas em Sistemas Agrícolas

A organização das comunidades das minhocas é resultado da interação entre as variáveis ambientais e os processos biológicos que ocorrem ao longo do tempo. Quando as florestas naturais são destruídas e substituídas por agroecossistemas, as comunidades originais das minhocas são modificadas. As alterações podem ocorrer a nível taxonômico, ecológico ou em ambos os níveis. Dessa maneira, favorecidas pelas mudanças nas condições ambientais, na oferta de alimento e pela mais elevada taxa de reprodução, as espécies exóticas expulsam sucessivamente as espécies nativas e dominam o ambiente.

A mudança de paradigma na agricultura, pretendendo-se a produção de alimentos mais saudáveis e práticas agrícolas voltadas à conservação do ambiente, tem levado ao aumento do aporte de matéria orgânica no solo, permitindo com isso o restabelecimento da vida no solo. Nesse contexto, atualmente, as práticas agrícolas que têm se revelado mais promissoras tem sido o plantio direto, os sistemas orgânicos de produção e os sistemas agroflorestais.

Na Tabela 3 são apresentados os valores relativos ao levantamento de Oligochaeta em alguns sistemas de produção, obtidos pelo método do TSBF descrito por ANDERSON & INGRAM (1993) e AQUINO (2001). Esse método tem a vantagem de possibilitar também o levantamento de outros grupos da macrofauna edáfica e permitir inferências sobre a distribuição das minhocas em relação a comunidade de outros invertebrados. A macrofauna edáfica representa os invertebrados que vivem no solo e apresentam o comprimento do corpo maior que 10 mm, como as minhocas, formigas, cupins, coleópteros, dentre outros.

A aração e a gradagem alteram negativamente o habitat para as minhocas e os implementos utilizados promovem injúrias em seu corpo (EDWARDS & LOFTY, 1982; SHEU, 1992; WESTERNACHER-DOTZLER, 1992; FRASER, 1994), de tal forma que o manejo que mais favorece a abundância das minhocas é o do plantio direto ou sistemas perenes ou semi-perenes (Tabela 3).

Considerando ainda que a quantidade e a qualidade da matéria orgânica também tem forte influência sobre a comunidade das minhocas, o que determinará a dinâmica das comunidades nos sistemas de plantio direto é a rotação das culturas. Já o manejo orgânico, em alguns casos, pode favorecer outros componentes da macrofauna em detrimento das minhocas, como observado para o milho (Tabela 3). Nesse caso, o milho havia sido plantado após hortaliças, em cujo cultivo havia sido utilizada a enxada rotativa. Nos sistemas de plantio direto tem sido observada a ocorrência de Enchytraeidae e outros grupos.

Tabela 3. Levantamento de Oligochaeta em solos sob diferentes manejos agrícolas em comparação com a comunidade da macrofauna edáfica em várias regiões do Brasil.

Manejo agrícola	Oligochaeta ---ind m ⁻² ---	Macrofauna ³ ---ind m ⁻² ---	Cultura ⁴	Região	Referência
Plantio direto ¹	435	762	Soja	MS	AQUINO et al., 2000b.
	606	1071	Soja	RS	AZEVEDO et al., 2000.
	67	310	Brócolos ⁴	RJ	(em fase de elaboração ¹)
	80	166	Inhame ⁴	RJ	(em fase de elaboração ¹).
	160	618	Milho ⁴	RJ	(em fase de elaboração ¹).
Manejo orgânico ²	640	1757	Café ^b	MG	AQUINO et al., 2000a.
	392	1480	Café ^c	MG	AQUINO et al., 2000b.
	90	1770	Maracujá	RJ	AQUINO et al., 2001.
	42	144	Repolho	RJ	(em fase de elaboração ¹).
	0	340	Milho	RJ	(em fase de elaboração ¹).
Sistema Natural	8	869	x	RS	AZEVEDO et al., 2000.
	64	365	x	RJ	AQUINO et al., 2001.
	13	323	x	MS	AQUINO et al., 2000b.
	253	760	x	RJ	CORREIA et al., 2001.
	5	1517		RJ	CORREIA et al., 2003.
Sistema agroflorestal	158	1701	Palmito ^d	RJ	CORREIA et al., 2001.
	167	1518	Banana ^e	RJ	CORREIA et al., 2001.

¹plantio na palha, com rotação de culturas; ²incorporação do adubo orgânico, com rotação de culturas (exceto para café); ³macrofauna inclui as Oligochaeta; ⁴cultura do momento da coleta de dados; ^aculturas foram manejadas em sistema orgânico, com ênfase no transplante das mudas sem o preparo convencional do solo; ^bcafé após um ano da conversão de convencional para orgânico; ^ccafé após dois anos de conversão de convencional para orgânico; ^d Área de vegetação secundária de Mata Atlântica com plantio de palmito juçara; ^eÁrea de plantio de banana, cercada por vegetação secundária de Mata Atlântica.

¹ AQUINO et al. Monitoramento da macrofauna do solo em sistema de plantio direto da estação experimental de Nova Frigurgo-RJ

Em década e séculos envolve todo o perfil do solo, o efeito das minhocas está ainda incerto.

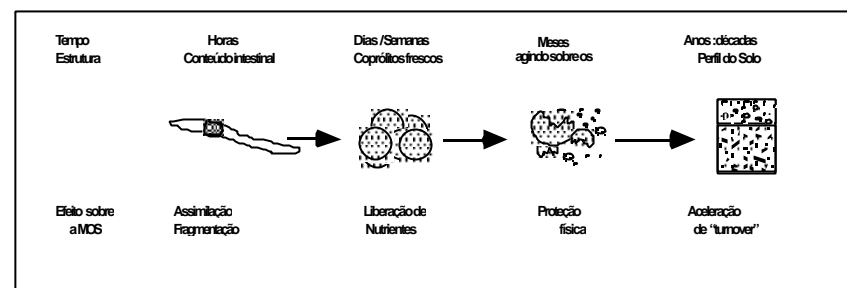


Figura 8. Dinâmica em termos de tempo de deposição dos coprólitos (fezes) das minhocas após a ingestão dos resíduos orgânicos (modificado de LAVELLE et al., 1997).

6. Métodos de Extração e Preservação de Oligochaeta Edáficos

A densidade populacional de Oligochaeta é extremamente variável, podendo ser nula em algumas áreas ou atingir valores superiores a 2.000 ind m⁻² com a respectiva biomassa de 305 g m⁻² (EDWARDS & BOHLEN, 1996). As determinações da densidade e biomassa de algumas espécies, gêneros, famílias ou de uma população são variáveis fundamentais, para compreensão da participação destes animais na melhoria da fertilidade do solo.

A literatura internacional apresenta várias pesquisas, nas quais procura-se expressar de forma representativa a participação desses organismos na biota do solo. No Brasil, pesquisas envolvendo a determinação da densidade populacional e biomassa dos oligquetos são raras, principalmente em ecossistemas agrícolas. Na Tabela 4 verifica-se a reunião de alguns dos trabalhos realizados no Paraná, com diversos métodos de extração dos Oligochaeta terrestres em diferentes ecossistemas.

O número de amostras necessário para estimar a densidade populacional e biomassa de Oligochaeta terrestres, num determinado ecossistema, ainda não está estabelecido, porém a

alimentação, ingestão e digestão da comunidade decompositora. Durante a passagem pelo trato digestório a fragmentação é acompanhada por alterações catabólicas, e o resíduo orgânico resultado da fragmentação e catabolismo é excretado como fezes de tamanho menor e composição química diferente do material ingerido. Na prática estes três processos ocorrem simultaneamente, sendo impossível distinguir os três efeitos isoladamente (SWIFT et al., 1979).

O papel das minhocas é a fragmentação e o catabolismo primário dos resíduos orgânicos, além de representar também fonte de matéria orgânica secundária. A principal adaptação para este papel parece ser morfológica, fisiológica e características comportamentais relacionadas com a alimentação e sistema digestório. Em contraste aos microrganismos, os animais se alimentam pela ingestão do alimento e por digestão extracelular, mas internamente em seu trato digestório (SWIFT et al., 1979). Para muitos invertebrados os resíduos devem ser preparados para ingestão através da redução física. Há que considerar a fragmentação como a base para a atividade catabólica dos animais decompositores (SWIFT et al., 1979).

O efeito das minhocas no processo de decomposição, por exemplo, pode ser considerado em quatro escalas: a) horas, b) dias a semanas, d) meses e anos, e) década e séculos (Figura 8). Em termos de horas, considera-se o tempo em que os resíduos orgânicos e microrganismos ingeridos atravessam o trato digestivo. Nessa escala, a mineralização promove aumento da concentração de N-mineral de 30 a 900 mg kg⁻¹ e de P 16 a 48 mg kg⁻¹ nos coprólitos frescos em solos tropicais (LAVELLE et al., 1997). Já em dias a semanas, após a deposição dos coprólitos, a atividade microbiana decresce progressivamente e os nutrientes assimiláveis são reorganizados e a concentração decresce até os níveis do controle. Em meses a alguns anos, um material mais recalcitrante que não tinha sido digerido fica isolado na estrutura compacta e, em grande parte protegida da decomposição. O tempo de vida destas estruturas depende da estabilidade inicial e da ocorrência de espécies descompactantes que podem retrabalhar esses coprólitos.

Dentre os invertebrados mais abundantes no sistema orgânico, destacam-se as minhocas, provavelmente pela melhor qualidade e maior oferta de matéria orgânica (LEE, 1985; EDWARDS & LOFT, 1977; BARROS et al., 2002). Na conversão do café convencional para orgânico observa-se variação nas densidades das populações de minhocas (Tabela 3) e na distribuição vertical em relação ao tempo de conversão. No primeiro ano da conversão a densidade é alta (Tabela 3), mas toda a população está concentrada nos primeiros 10 cm, provavelmente estimuladas pela adubação orgânica. No ano seguinte, embora a densidade tenha sido reduzida em função do “el niño”, apresentou melhor distribuição vertical.

Nos sistemas orgânicos investigados têm sido registrada a ocorrência de *Amyntas gracilis*; *Amyntas corticis* e *Pontoscolex corethrurus*; em contraste com os sistemas naturais onde é possível encontrar além dessas espécies, a *Glossoscolex (Glossoscolex) giganteus* e *Pheretima indica*.

A ocorrência de *P. corethrurus* é muito freqüente em sistemas agrícolas independente do manejo. Como essa espécie reproduz por partenogênese e se adapta facilmente aos meios modificados pelo homem e pode, em alguns casos, ser a única espécie de minhocas encontrada. O problema é que já foi evidenciado, que em certos casos, o excesso de sua atividade pode provocar severa compactação dos solos. Essa espécie apresenta coprólitos considerados como de “espécies compactantes”, sendo circundados por uma fina camada de argila e matéria orgânica, o que pode levar à redução da aeração e da atividade microbiana (LAVELLE et al., 1997). Para efetivo funcionamento do solo, é importante a presença de outros grupos com “espécies descompactantes”, que podem, por exemplo, retrabalhar os coprólitos como ilustrado na Figura 6.

A ocorrência de qualquer comunidade em sistemas agrícolas é reflexo também das forças de seleção, como predação, competição, mutualismo, que promovem as migrações, invasões e extinções, conferindo a esses sistemas um status dinâmico (FRAGOSO et al., 1999).



Figura 6. Coprólitos das minhocas da espécie *Pontoscolex corethrurus* Mull, sendo retrabalhados pelas formigas em área de maracujá sob manejo orgânico ("Fazendinha Agroecológica km 47", Seropédica, RJ).

5. Papel das Minhocas no Processo de Decomposição

O funcionamento de todos os ecossistemas ocorrem em três subsistemas: *subsistema planta*, *subsistema herbívoros* e *subsistema decomposição* (Figura 7). O subsistema decomposição é parte fundamental da estabilidade, pois a integridade do ecossistema é mantida através da transferência de matéria e energia entre esses componentes.

Os resíduos orgânicos são quebrados pela ação combinada da *comunidade decompositora* que é composta predominantemente pelos microrganismos (bactérias e fungos) e invertebrados do solo. Estes organismos alimentam-se desses resíduos e utilizam energia, carbono e outros nutrientes para o seu próprio crescimento. Eventualmente os decompositores morrem e as suas carcaças passam a fazer parte do compartimento dos resíduos orgânicos e sofrerão ação de outros decompositores.

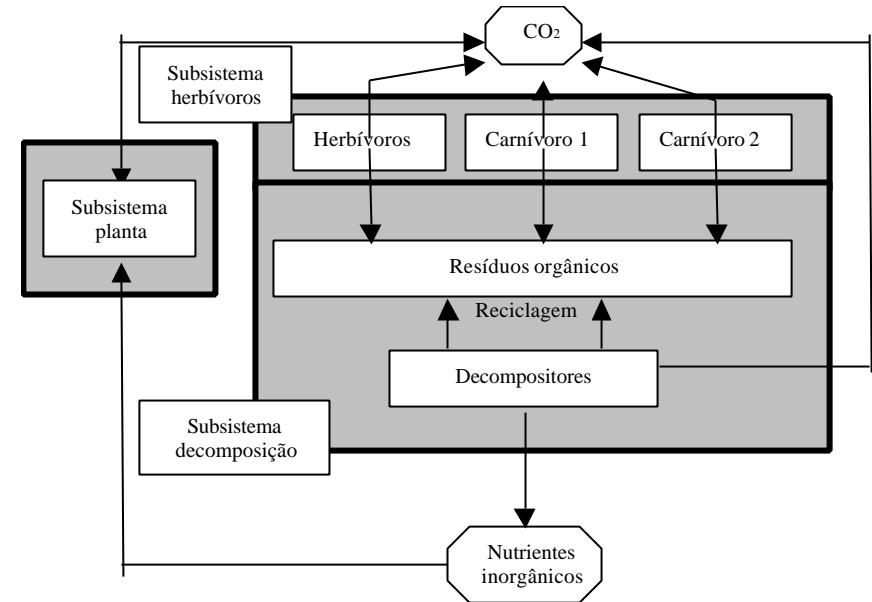


Figura 7. Modelo geral da estrutura do ecossistema, em que os três subsistemas são apresentados com seus principais componentes. As setas indicam as transferência de matéria dentro do ecossistema (modificado de SWIFT et al., 1979).

Os resíduos orgânicos são alterados pela influência de fatores bióticos e abióticos, atribuídos a três distintos processos: *lixiviação*, *catabolismo* e *fragmentação*. A lixiviação é um processo abiótico em que a matéria solúvel é removida do resíduo pela ação da água, transferindo material de um local para outro. O catabolismo já envolve uma série de reações enzimáticas, transformando compostos orgânicos complexos em moléculas menores e mais simples, que poderão ser utilizados para outros microrganismos no solo. Um exemplo típico é a respiração aeróbica da glicose a gás carbônico e água: $C_6H_{12}O_6 + O_2 \rightarrow 6CO_2 + H_2O + \text{energia}$. Nesse caso a oxidação é completa e todos os produtos são inorgânicos. A fragmentação é a redução do tamanho das partículas dos resíduos orgânicos, diferindo do catabolismo por ser um processo mais físico do que enzimático, ocorrendo em função da atividade de