



## **BIODIVERSIDADE DE MINHOCAS E SEU USO COMO BIOINDICADORES DA QUALIDADE AMBIENTAL: PERSPECTIVAS E LIMITAÇÕES**

### **EARTHWORM BIODIVERSITY AND THEIR USE AS ENVIRONMENTAL BIOINDICATORS: PERSPECTIVES AND LIMITATIONS**

Brown, G.G.<sup>1</sup>, Domínguez, J.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Embrapa Florestas, Estrada da Ribeira km. 111, C.P. 319, Colombo, PR

<sup>2</sup> Universidad de Vigo, Vigo, Espanha

e-mail: browng@cnpf.embrapa.br

#### **Resumo**

Dentre os animais que vivem no solo, as minhocas figuram como um dos mais importantes, por serem engenheiras do ecossistema, e realizarem vários serviços essenciais aos ecossistemas terrestres, incluindo a decomposição da matéria orgânica e a agregação do solo, fatores estes que afetam o crescimento das plantas. Além disso, as minhocas também são muito úteis como bioindicadores da qualidade ambiental, estando relacionadas à fertilidade do solo e sendo susceptíveis à perturbação e contaminação do hábitat. No entanto, seu uso como indicadores ambientais tem sido reduzido, e a pesquisa sobre a ecologia desses animais e sua importância para os ecossistemas brasileiros ainda é incipiente. Apesar de já existir um conhecimento razoável sobre algumas espécies mais comuns, o conhecimento da biologia da maioria das mais de 300 espécies de minhocas brasileiras, a maioria delas nativas endêmicas, continua ínfimo.

#### **Abstract**

Among the soil animals, earthworms figure as one of the most important, being ecosystem engineers and responsible for providing various ecosystem services, including organic matter decomposition and soil aggregation, both factors which affect plant growth. Besides, earthworms are also useful environmental quality bioindicators, being related to soil fertility and susceptible to habitat disturbance and contamination. Nevertheless, their use as indicators has been limited, and research on their ecology and importance for Brazilian ecosystems is still incipient. Although knowledge of some more common species is available, little is known of the biology of most of the 300 species of Brazilian earthworms, most of them native and endemic.

#### **Introdução**

A fertilidade do solo é a base da produtividade e da viabilidade dos ecossistemas terrestres. Essa fertilidade só pode ser mantida ou melhorada se a qualidade do solo for garantida. A qualidade do solo é um conceito abrangente, envolvendo todos os seus componentes físicos, químicos e biológicos, e pode ser definida como a capacidade do solo de funcionar, dentro de seus limites ambientais, como sustento para a produtividade biológica, para a manutenção da qualidade ambiental e promoção da saúde animal e vegetal.

Como raramente é possível analisar todas as características e os processos físicos, químicos e biológicos do solo para avaliar sua qualidade, principalmente devido a limitações de tempo e custo, tem-se buscado encontrar parâmetros que possam ser avaliados como indicadores da qualidade geral do solo e do ambiente, reduzindo, assim, a lista de parâmetros a ser avaliados. Os parâmetros biológicos tendem a ser mais sensíveis e reacionar mais rapidamente que os parâmetros físicos e biológicos, e por isso tem sido usados frequentemente para indicar a qualidade do solo. Entre esses parâmetros está a população de minhocas, organismos que possuem um apelo especial aos agricultores, por serem fáceis de visualizar e coletar.

### **Potencial das minhocas como indicadoras ambientais**

A comunidade de minhocas presente em um dado lugar é uma função das condições edáficas (tipo de solo, minerais predominantes, temperatura, pH, matéria orgânica (MO), umidade, textura e estrutura), vegetais (tipo de vegetação e cobertura), históricas (especialmente humana, mas também geológica), topográficas (posição fisiográfica, inclinação) e climáticas (precipitação, temperatura, vento, umidade relativa do ar) do local. Essas condições, além de diversas barreiras geográficas (cursos de água doce e salgada, montanhas, desertos, geleiras ou regiões geladas/pedregosas) e climáticas presentes e passadas, podem gerar uma forte pressão de especiação e endemismo nas minhocas. Portanto, as populações de minhocas podem servir como indicadores da cobertura vegetal, do uso, do manejo e da qualidade do solo e seu potencial produtivo, algo que os agricultores normalmente reconhecem.

As minhocas também são sensíveis e reagem a mudanças induzidas por atividades antrópicas e naturais ao solo e sua cobertura vegetal. Portanto, elas podem indicar as condições ambientais, dando uma noção do seu estado atual e de mudanças induzidas por forças internas e externas (bióticas e abióticas) através do tempo. A aplicação desses conceitos inclui o uso das minhocas como indicadoras da qualidade (incluindo nível de contaminação) e potencial produtivo do solo, de perturbação ambiental, e da sustentabilidade do manejo de ecossistemas agrícolas e florestais. A seguir, providenciamos alguns detalhes sobre cada um desses temas.

### **Minhocas como indicadoras da qualidade e potencial produtivo do solo**

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. Muitos relacionam altas populações de minhocas com "terra boa". Até o nome do "Clube da Minhoca," (usado pela associação de produtores de Plantio Direto-PD) na região dos Campos Gerais do Paraná, foi inspirado neste fato. O aumento nas populações e atividade das minhocas é geralmente associado a melhoras na fertilidade do solo, na produção de grãos e na sustentabilidade agrícola, a pesar de existirem poucos dados que comprovem este fenômeno em nível de campo no país.

A atividade das minhocas afeta direta ou indiretamente o crescimento vegetal, mas apenas algumas espécies de minhocas e plantas têm sido avaliadas até o momento, e pouquíssimos estudos foram realizados no Brasil. Geralmente, o efeito das minhocas é positivo, aumentando a produtividade das plantas. Portanto, na maioria dos casos, pode ser interessante buscar aumentar suas populações, em prol da fertilidade do solo e sustentabilidade agrícola e ambiental.

Porém, em alguns casos, altas populações de minhocas podem prejudicar o desenvolvimento das plantas, como tem sido observado em arroz irrigado, onde elas podem se comportar como pragas. No Estado do Mato Grosso do Sul, altas infestações de minhocas em campos de arroz irrigado tem sido associadas empiricamente à redução na produção da cultura. Observações indicam que as minhocas não afetam diretamente as plantas de arroz, mas causam danos indiretos, perturbando o solo intensivamente e interferindo negativamente no desenvolvimento do sistema radicular das plantas. A atividade das minhocas impede que as plantas se fixem adequadamente no solo inundado, causando tombando e dificultando a colheita. Segundo relato dos produtores, a redução da produção de grãos em campos com altas populações de minhocas pode chegar a 15%, comparada a de campos com baixas populações. Estes fenômenos devem ser mais bem pesquisados para comprovar as espécies envolvidas, suas populações, os danos causados e os possíveis métodos de controle a ser efetuados.

As minhocas estão entre os organismos edáficos mais importantes para vários processos considerados críticos para a manutenção da fertilidade e qualidade dos solos de agroecossistemas e ecossistemas naturais. Dentre esses processos estão a agregação do solo e a decomposição da MO do solo e resíduos vegetais, incluindo a liteira superficial. As minhocas formam estruturas biogênicas (coprólitos) constituídas de agregados altamente estáveis que garantem ao solo boa porosidade e resistência à degradação (seja erosão hídrica, eólica ou mecânica). Por consumirem MO em diferentes estágios de decomposição, as

minhocas também alteram de forma importante sua dinâmica de decomposição e mineralização.

No curto prazo, as minhocas epígeas (que vivem na liteira e consomem MO mais fresca) e anécicas (que vivem no solo, mas consomem uma mistura de serapilheira e MO do solo) facilitam a decomposição da MO por fragmentar as partículas maiores e aumentar seu contato com o solo e a atividade de outros organismos (especialmente microorganismos). O efeito das espécies endógeas (que vivem no solo e consomem MO do solo) continua sendo debatido, já que ele parece depender do tipo e da dinâmica dos coprólitos (agregados) produzidos. Nos coprólitos, a ação mineralizadora iniciada no intestino pode continuar por um curto período, mas com a estabilização e secagem, a atividade química e biológica tende a diminuir. Em longo prazo, a ação das minhocas (especialmente endógeas) pode até contribuir para a conservação da MO em coprólitos compactados, onde a atividade microbiana é restrita.

Contudo, no Brasil, a única espécie para a qual se conhecem razoavelmente bem os efeitos em diversos parâmetros e processos edáficos, é a espécie nativa *Pontoscolex corethrus* (Müller, 1857). Para prever adequadamente o efeito e a importância relativa de diversas espécies de minhocas (nativas e/ou introduzidas) na decomposição e/ou estabilização da MO, é necessário estudar as comunidades e atividade das minhocas no campo, em diferentes ecossistemas agrícolas, florestais e naturais, e cultivar essas espécies em condições controladas, analisando os coprólitos produzidos. Para tal finalidade diversas técnicas espectroscópicas e morfológicas parecem ser especialmente úteis.

Portanto, altas populações de minhocas poderiam ser indicadores de solo mais fértil, mas são necessários mais dados de coleta e correlações das propriedades biológicas com os demais parâmetros físico-químicos importantes na descrição e identificação de solos férteis e altamente produtivos. Para melhor aproveitar, também, os benefícios gerados pelas minhocas à produtividade agrícola e florestal, é preciso conhecer os fatores (e combinações dos mesmos) que promovem suas populações, atividade e efeitos positivos ao solo. Porém, apenas alguns trabalhos científicos nesse sentido foram realizados, até o momento, no país.

### **Minhocas como indicadores de contaminação ambiental**

O uso de insumos é essencial para manter a alta produtividade e fertilidade dos solos cultivados intensamente. Contudo, o uso indiscriminado de insumos (especialmente pesticidas) pode afetar negativamente a biota do solo, incluindo as minhocas. Alguns produtos possuem efeitos diretos, enquanto outros causam alterações indiretas, mais sutis, nas populações de minhocas. Algumas minhocas podem evitar áreas contaminadas por substâncias xenobióticas tais como pesticidas, metais pesados e hidrocarbonetos de petróleo, o que, evidentemente, impede sua ação benéfica no solo, refletindo no funcionamento de todo o ecossistema.

Atualmente, a avaliação do potencial toxicológico de substâncias químicas para o solo tem sido feita usando testes de toxicidade aguda e de reprodução (efeito crônico) (ISO 11268-1; ISO 11268-2). Testes de repelência ou fuga, baseados na resposta comportamental das minhocas, tem sido propostos como uma alternativa para a rápida avaliação de solos contaminados, inclusive em baixas concentrações. Ambos os testes são úteis para avaliar os efeitos e possíveis riscos da contaminação de solos, mas foram desenvolvidos para a espécie-teste padrão *Eisenia fetida* (Savigny, 1826). Esta espécie vive em habitats ricos em MO como resíduos orgânicos de origem animal ou vegetal, mas não sobrevive em solos tropicais, como as espécies endógeas nativas. Embora *E. fetida* possa ser considerada pouco relevante para estudos toxicológicos, por não representar a fauna de minhocas de solos tropicais, esta tem sido a espécie utilizada, já que ainda não foi encontrada uma espécie de solos tropicais adequada para testes toxicológicos (e.g. criação em laboratório). Contudo, avaliações preliminares usando a espécie nativa *P. corethrus* têm sido realizadas com êxito, e demonstram potencial para aplicação mais ampla, com maior relevância ecológica e agrônômica dos estudos ecotoxicológicos.

### **Minhocas como indicadores de perturbação ambiental**

Devido a sua baixa capacidade de dispersão, a alta correlação de algumas espécies com certas propriedades ambientais (tipo de solo, vegetação, etc.), grande susceptibilidade a

mudanças no tipo de vegetação, à contaminação, à perturbação do solo e a outras mudanças físicas, químicas ou biológicas nos ecossistemas, as minhocas podem ser usadas como indicadores de perturbação ambiental. Das 306 espécies/subespécies de minhocas conhecidas no Brasil, 260 (85%) são nativas e 46 (15%) são exóticas. Das espécies nativas, mais de 200 (80%) estão associadas à habitats particulares, têm distribuição restrita (encontrada em apenas um ou dois locais) e poderiam ser consideradas endêmicas. Várias dessas espécies poderiam servir como indicadores de paleoambientes e de vegetação primária ou em bom estado de preservação.

Porém, este assunto tem recebido pouca atenção em países tropicais (incluindo o Brasil), principalmente devido ao pouco conhecimento das espécies tropicais, o pequeno número de especialistas e a ausência de taxônomos. Portanto, existem poucos dados sobre o potencial uso das minhocas como indicadores do estado de preservação de diversos ecossistemas brasileiros. Além disso, as coletas realizadas até o momento no país ainda são insuficientes para determinar com precisão o endemismo de muitas espécies nativas. Um maior esforço de coleta deve ser feito, não só para determinar a diversidade total de minhocas brasileiras, mas também para verificar aquelas que têm distribuição restrita e/ou estão ameaçadas, devido a necessidades ambientais específicas, comportamento, e/ou pressão antrópica sobre suas populações.

Muitas espécies exóticas (oriundas de outros países e não nativas ao país) de minhocas são amplamente distribuídas no Brasil, e estas quase sempre estão associadas a ambientes antropogênicos, e a atividades humanas de dispersão. Por serem espécies adaptadas a essas áreas, elas são úteis como indicadores de ecossistemas perturbados. Porém, elas têm sido pouco usadas para esse fim no Brasil, e faltam dados sobre a diversidade e populações de minhocas em diversos ecossistemas do país, que permitam analisar melhor essa questão. Além disso, sua atividade nesses locais pode ter conseqüências tanto positivas como negativas para o solo, as plantas e as populações de espécies nativas do local invadido. Porém, sabe-se muito pouco do efeito da presença e da invasão de novas áreas por estas espécies nas propriedades e processos edáficos, e sobre as populações (diversidade, abundância, biomassa) de espécies de minhocas nativas e outros organismos edáficos. Considerando a crescente pressão antrópica sobre os ecossistemas naturais brasileiros, a fragilidade de muitos destes, e o poder invasor de certas espécies exóticas, a integridade da flora e fauna desses ambientes pode estar comprometida. Esses fenômenos precisam ser mais bem investigados.

### **Minhocas como indicadores do manejo de ecossistemas**

As decisões humanas sobre o manejo do solo e dos ecossistemas jogam um papel crucial na determinação de diversos fatores importantes para a manutenção das populações e diversidade de minhocas. A ausência de preparo do solo, o uso (ou não) de insumos agroquímicos (calcário, fertilizantes, herbicidas, pesticidas, fungicidas) ou orgânicos (esterco/adubos orgânicos), cultivos de cobertura/adubos verdes, rotações, irrigação, fogo e máquinas pesadas são fatores importantes. O efeito dessas práticas é variável e pode aumentar ou diminuir a diversidade, abundância e atividade da população de minhocas de um determinado local. Espécies anécicas e epígeas são especialmente afetadas por práticas que alteram a quantidade e qualidade da liteira, como queimadas, compactação, preparo do solo (efeitos negativos), ou o uso de coberturas vegetais, adubo orgânico e plantio direto (efeitos positivos). Já as espécies endogêicas parecem ser menos afetadas e mais resistentes a muitas práticas agrícolas, e tendem a ser mais abundantes em solos de agroecossistemas.

A qualidade e quantidade de MO produzida e depositada dentro do solo e na sua superfície, e o tipo e combinação de plantas usadas ou presentes no ecossistema, são importantes determinantes das populações e diversidade de minhocas em um determinado local. Ecossistemas com proteção da superfície do solo e maior aporte de recursos orgânicos tendem a ter maiores populações de minhocas. A presença de árvores e de gramíneas também é importante, pois altera o microclima local e as propriedades do solo e, portanto, suas condições como habitat para as minhocas.

No Brasil, diversos estudos têm avaliado populações de minhocas em diferentes ecossistemas, vegetação e práticas de manejo do solo, mas apenas alguns estudos foram realizados em sistemas agroflorestais e agrosilvopastoris, e plantações florestais. Sabe-se que

algumas técnicas como o plantio direto ou coberturas verdes perenes como plantações de árvores e pastagens, aumentam suas populações. Porém, sabe-se muito pouco do efeito de sistemas mais integrados e menos intensivos de manejo (produção orgânica, sistemas florestais ou agroflorestais) sobre as populações de minhocas brasileiras.

Portanto, para melhor entender e aproveitar o potencial das minhocas como indicadores do manejo e da sustentabilidade das técnicas adotadas, especialmente em agroecossistemas, é ainda necessário aumentar o conhecimento das populações de minhocas em diferentes condições de solo, clima, vegetação e em diferentes tipos de agroecossistemas. Como há várias metodologias para coletar minhocas, e suas populações são afetadas pelas condições climáticas, é necessário possuir dados de coletas em diferentes épocas e anos e padronizar os métodos e épocas de coleta. Esses dados podem ser usados tanto para fazer uma avaliação do estado atual, quanto para conhecer e prever as tendências positivas ou negativas do manejo adotado nos ecossistemas. Uma base de dados como essa poderia ser usada para comparar e prever mudanças induzidas por práticas de manejo, e para escolher as técnicas que promovem as espécies desejadas, visando estimular seus efeitos benéficos ao solo e seu funcionamento.

### **Conclusões**

A presença, abundância e diversidade de minhocas podem indicar o impacto causado por diversas atividades antrópicas em ecossistemas agrícolas e naturais, incluindo seu manejo, perturbação, nível de conservação, contaminação e produtividade potencial. Contudo, o uso das minhocas como indicadores ambientais continua restrito no país, principalmente devido às limitações no conhecimento da biologia básica e da ecologia da maioria das espécies encontradas em ecossistemas brasileiros.

### **Referencias**

Maiores detalhes e a citação das referências usadas nesse trabalho estão disponíveis no artigo:

BROWN, G.G.; DOMINGUEZ, J. Uso das minhocas como bioindicadoras ambientais: princípios e práticas – o 3º Encontro Latino Americano de Ecologia e Taxonomia de Oligoquetas (ELAETA03). Ciência Rural, 2008, no prelo.