

**Artigos científicos /**  
Scientific articles

# IMPORTÂNCIA DOS ASPECTOS ECOLÓGICOS NA ANÁLISE QUALIQUANTITATIVA DA MACROFAUNA EDÁFICA

**Gerson Catanozi**

Universidade Ibirapuera  
Av. Interlagos, 1.329 - São Paulo - SP  
catanozig@ig.com.br

---

## Resumo

A biodiversidade no Brasil é considerada uma das maiores do planeta. Parte significativa desta permanece desconhecida. Nesse caso, encontra-se a fauna de solo. Além da importância ecológica, esses organismos têm se revelado fundamentais para o bom funcionamento do sistema edáfico. No entanto, referindo-se a uma modalidade de investigação pouco disseminada no país, especial atenção deve ser dada aos aspectos ecológicos. O objetivo deste trabalho é estabelecer a importância dos aspectos, atributos e índices ecológicos na análise quali quantitativa da macrofauna edáfica para sistemas naturais conservados ou sob manejo agrícola convencional ou agroecológico. Mediante análise crítica da revisão bibliográfica, entende-se a necessidade de uma interpretação global qualitativa e quantitativa dos aspectos e índices ecológicos da macrofauna edáfica para uma compreensão do sistema solo.

**Palavras-chave:** Ecologia de Solo; Índice de Diversidade Ecológica; Macrofauna Edáfica.

## Abstract

Biodiversity in Brazil is considered one of the greatest on the planet. Important part of it has kept unknown. That may be particularly the case of soil fauna. Besides their ecological importance, those organisms have played fundamental role for a good work of edaphic system. However, referring to a lack of this kind of investigation in the country, special attention should be addressed to ecological aspects. The objective of this work is to establish the importance of ecological aspects, attributes and indexes for quali quantitative analysis of edaphic macrofauna at conserved natural systems or areas under conventional or agroecological management. Critical analysis of bibliographic reviews reveals a need of a qualitative and quantitative global comprehension about ecological aspects and indexes for edaphic macrofauna in order to supply a better understanding of soil system.

**Keywords:** Soil Ecology; Ecological Diversity Index; Edaphic Macrofauna.

---

---

## 1. Introdução

O Brasil é o país com maior diversidade biológica, sendo que parte das espécies é endêmica. Embora existam iniciativas produtivas, é reduzido o conhecimento sobre as espécies que compõem tal biodiversidade, principalmente nas áreas tropicais úmidas. Essa condição torna-se crítica à medida que as alterações ambientais antropogênicas se acentuam, modificando habitats e impingindo uma perda de patrimônio biológico.

O desconhecimento acerca da biodiversidade é proporcionalmente maior quanto mais inacessível e complexo for um ecossistema. O entendimento sobre a composição específica e a dinâmica populacional dos solos é ainda restrito.

A diversidade microbiológica de solo tem sido objeto de estudos, resultando em desenvolvimento tecnológico, sobretudo em relação aos sistemas agrícolas. No entanto, o funcionamento e a produtividade dos sistemas são maiores ou melhores à medida que a fauna de solo apresenta atividade efetiva e conjunta. Dessa forma, a fauna edáfica, que, em função das dimensões físicas desde há muito tempo já era notada e considerada parte integrante do solo, recentemente tornou-se alvo de interesses científicos.

A fauna de solo, corresponsável pela funcionalidade e estabilidade edáfica, é classificada pelas dimensões corporais em quatro grupos: micro, meso, macro e megafauna. A grande variedade de condições pedoambientais nos biomas e ecorregiões, cada qual com as respectivas peculiaridades, impõe a necessidade de investigação frente ao escasso conhecimento sobre esses organismos e à degradação sem precedentes.

Além do valor intrínseco enquanto membro da biodiversidade, em razão de seu tamanho e de suas propriedades, a macrofauna pode constituir um instrumento na compreensão dos solos. Para tanto, atributos populacionais, bem como índices de diversidade, estão dentre as principais ferramentas de análise. Por essas razões, a necessidade de conhecimento dessa diversidade e a respectiva carência de informações justificam a relevância de estudos que visem a aproximar esses dois fatos.

Nesse contexto, o objetivo deste trabalho é estabelecer a importância dos aspectos, atributos e índices ecológicos na análise quali-quantitativa da macrofauna edáfica em sistemas naturais conservados ou sob manejo agrícola convencional ou agroecológico.

Os elementos considerados e analisados para a consecução do objetivo proposto para este trabalho consistem de revisão bibliográfica dos principais métodos de análise quali-quantitativa desenvolvidos para a caracterização ecológica prática e teórica de grupos taxonômicos a que pertencem a macrofauna epígea e edáfica – atributos ecológicos e índices de diversidade a partir de estudos e experimentação pedológica.

## 2. Solos e Biodiversidade

O solo é um corpo natural, constituído por partes sólidas, líquidas e gasosas, tridimensional, dinâmico, formado de material orgânico e mineral. Além disso, os solos contêm também matéria viva e podem ser revestidos por vegetação natural ou modificados por atividades humanas (1).

A ação conjugada dos fatores de formação e dos processos pedogenéticos determina a natureza do solo e o seu perfil (2). Os solos assumem um caráter de heterogeneidade na paisagem, com diferenças horizontais (toposedosequência) e verticais (perfil). Odum (3) afirma que essa condição exerce influência na formação e organização das comunidades. Ricklefs (4) indica que a maioria da biodiversidade edáfica habita a camada mais superficial, corroborando esse horizonte como um tipo de subsistema ecológico com variações espaciais na paisagem.

A Convenção sobre Diversidade Biológica define a diversidade biológica como sendo a “variabilidade de organismos vivos de todas as origens, compreendendo, dentre outros, os ecossistemas terrestres, marinhos e outros ecossistemas aquáticos e os complexos ecológicos de que fazem parte; compreendendo ainda a diversidade dentro de espécies, entre espécies e de ecossistemas.” (5).

Lewinsohn e Prado (6) admitem a falta de consenso acerca do significado e dos limites daquele conceito. Atualmente, a diversidade biológica “engloba a organiza-

---

---

ção biológica como um todo, abrangendo do nível molecular ao global (...) considerada como a quantidade e a distribuição da informação genética dentro de uma comunidade natural”, com diferentes níveis de complexidade, mas de igual relevância (7).

Por razões como as expostas, o entendimento da biodiversidade deve obedecer, em última análise, ao eixo ecológico-evolutivo (8 - 10). Mediante tal visão, tem sido possível aproximar-se mais da “compreensão do uso espacial do ambiente por diferentes organismos” (11).

O solo é um corpo dinâmico e essa propriedade decorre também da atividade biológica. Os fluxos de energia e etapas relevantes do ciclo da matéria são controlados pela ação conjunta da biodiversidade. Embora houvesse algum senso acerca da importância dos seres vivos nos atributos do solo e, mais especificamente, na agricultura, o conhecimento a esse respeito era empírico ou de uma ciência predominantemente descritiva (12,13). Ao longo do século XX, a grande evolução científica e tecnológica da microbiologia do solo permitiu entender e manipular diversos mecanismos biológicos (14). No entanto, a fauna de solo também passou a receber notoriedade nas últimas décadas, ainda que, devido à dominância visual, as minhocas sejam secularmente conhecidas e sua atividade nos solos razoavelmente bem empregada (15).

### **3. Biologia de Populações em Sistemas Ecológicos**

Cada organismo, além do espaço físico em que se posiciona, assume um papel funcional – o nicho ecológico (3). A delimitação do nicho pode carregar consigo interpretações do tempo, do espaço e das fontes alimentares, denominando-se, assim, respectivamente, nicho temporal, espacial e trófico (10). Portanto, compreender a multidimensionalidade da diversidade de habitats e de nichos é compreender a diversidade biológica em toda a sua complexidade.

Alguns padrões podem ser observados acerca da distribuição da biodiversidade no planeta, pois identifica-se maior diversidade quanto menor a latitude. O mesmo se processaria com a produção de serapilheira.

As razões para tal gradiente latitudinal não estão totalmente esclarecidas (4).

De acordo com Stilling (16), as razões mais prováveis seriam de caráter temporal-histórico do planeta e de estruturação das comunidades biológicas. A instabilidade climática típica das áreas de altas latitudes do planeta, que correspondem às regiões temperadas, criariam dificuldades para muitas espécies. O mesmo teria ocorrido no transcorrer da história geológica-evolutiva do planeta, uma vez que processos de glaciação teriam interrompido os processos evolutivos de algumas espécies. Contudo, existe muita controvérsia em relação a essa proposição, uma vez que existem sistemas altamente diversificados e produtivos em localidades frias e vice-versa (17).

De qualquer forma, a abrangência geográfica de uma população está diretamente relacionada com a qualidade e quantidade de recursos do habitat. Assim, os padrões de distribuição descrevem o espaçamento entre os indivíduos de uma mesma população: homogêneo, agrupado e aleatório (4).

Nos sistemas ecológicos, os organismos de diferentes espécies interagem em função de suas adaptações e evolução, constituindo as comunidades biológicas. Em uma visão integrada, tanto o indivíduo contribui para a caracterização e funcionamento da comunidade, bem como esta não pode ser compreendida apenas como a soma dos perfis dos indivíduos, porque assume o caráter de uma entidade dinâmica. Embora exista um limite físico/natural de distribuição de populações no espaço (comunidade fechada), em determinadas situações, as populações distribuem-se para além daquelas fronteiras (comunidade aberta). Nesse caso, os limites do espaço e da distribuição das comunidades tornam-se sutis ou imperceptíveis – continuum (4,18).

### **4. Atributos de Comunidades Biológicas e Medidas de Biodiversidade**

As comunidades podem ser compreendidas em sua estrutura e funcionamento por propriedades – como a presença de muitas espécies e mecanismos de autorregu-

---

---

lação – e por atributos mensuráveis e/ou observáveis. Com relação à análise desse último fator, podem ser destacados os exemplos adiante (18):

- composição específica é a identificação de todas as espécies que constituem a comunidade. No caso da macrofauna de solo, em razão da taxonomia relativamente incipiente, pode-se recorrer à composição de grupos taxonômicos supraespecíficos.
- riqueza de espécies corresponde à densidade de espécies (ou outro táxon). Trata-se do número total de espécies em uma dada área ou volume em relação ao número de indivíduos – comunidade.
- abundância relativa refere-se ao tamanho da população, isto é, quanto uma espécie representa proporcionalmente na comunidade. A equitabilidade corresponde ao grau de uniformidade de indivíduos entre as espécies e a dominância diz respeito à preponderância numérica de uma ou poucas espécies em relação às demais (9, 18).

No que tange à estrutura trófica, estabelecem-se qualitativa e quantitativamente as relações alimentares entre os membros da comunidade. A estrutura espacial diz respeito à disposição e arranjo das espécies no espaço físico ocupado pela comunidade. Os atributos dinâmica temporal, formas de crescimento e interdependência referem-se, respectivamente, a (a) existência de ciclos diurnos, sazonais e sucessionais; (b) categorias de tamanho dos organismos, estratificação ou disposição local etc.; e (c) as simbioses ou interações ecológicas no sistema.

Embora contribuam para a caracterização de comunidades, ocorrem dificuldades na utilização dessas informações para fins de comparação, não sendo possível comparar áreas diferentes apenas mediante a contagem de espécies (4).

Por essa razão, considerando que a diversidade de espécies está “originalmente associada a uma relação entre número de espécies (...) e à distribuição do número de indivíduos entre as espécies (...)”, utilizam-se índices para abordar quantitativamente a comunidade conjugando-se aqueles parâmetros. Alguns dos índices de diversi-

dade para descrever comunidades são: índice de Simpson e índice de Shannon-Wiener, além do índice de uniformidade de Pielou. Estes configuram os descritores clássicos mais frequentes e abrangentes no estudo da diversidade biológica (19,20).

O índice de Simpson baseia-se na proporção entre os indivíduos, atendo-se à probabilidade de que dois indivíduos tomados aleatoriamente da comunidade pertençam à mesma espécie. Para o cálculo deste índice, utiliza-se:  $D = \sum pi^2$ , onde  $pi$  é a proporção de indivíduos da espécie  $i$  ( $ni$ ) no total de indivíduos da amostra ( $N$ ), ou seja,  $ni / N$ .

Com relação ao índice de Simpson, que varia de 0 a 1, quanto maior for o valor de  $D$  menor será a diversidade (maior a dominância), pois trata-se de um índice que valoriza a dominância, isto é, valoriza as espécies comuns de uma comunidade. Essa condição fica mais evidente à medida que se observa que a elevação ao quadrado do número de indivíduos de uma espécie comum naquela amostra ( $ni/N$ ) resulta em grande aumento dos valores, sendo que o inverso é válido para as espécies mais raras no local (9, 18). Para exibir essa probabilidade ou índice de dominância na forma de índice de diversidade, o mesmo é demonstrado sob a forma  $1/D$  ou utilizando diretamente:  $D = 1 / \sum pi^2$ . Nesse caso, quanto maior o valor de  $D$ , maior a diversidade comunitária.

O índice de Shannon-Wiener é uma medida logarítmica da diversidade, que atribui peso maior às espécies raras em relação ao  $D$  (Simpson). O índice de Shannon-Wiener é relativamente independente do tamanho da amostra, sendo obtido por (3,9), como mostra a equação(1):

$$H = -\sum_{i=1}^N pi \log_2 pi$$

sendo,  $H$  o índice de diversidade de Shannon-Wiener;  $N$  é o número de espécies; e  $pi$  é  $ni/n$ , em que  $ni$  é o número de indivíduos da espécie  $i$  e  $n$  é o número total de indivíduos da amostra.

O índice de Shannon-Wiener é um dos mais amplamente utilizados nos estudos ecológicos de comunidades. Indica-se maior diversidade quanto maior for o valor de  $H$  e a correspondente menor dominância. Sendo  $H$  propor-

---

---

cionalmente o logaritmo do número de espécies, pode-se utilizá-lo como expoente ou potência de  $e$  (ou  $\ln$ ), o que torna  $H$  (agora  $e^H$ ) comparável com o índice de Simpson (4).

O índice de uniformidade de Pielou refere-se ao padrão de distribuição dos indivíduos entre os grupos, ou seja, fornece informações acerca do grau de uniformidade das proporções entre as diversas espécies que constituem uma comunidade. O índice de Pielou é calculado pela expressão:  $e = H / \log S$ , na qual  $H$  é o índice de Shannon-Wiener e  $S$  a riqueza (o número de espécies). O índice de Pielou dá a noção de distribuição dos indivíduos entre as populações, cujo valor pode variar de 0 a 1. Valores mais próximos de zero sugerem comunidades mais heterogêneas (menor uniformidade) e, conseqüentemente, menor diversidade. Por outro lado, valores tendendo a um (1,0) indicam maior homogeneidade na comunidade (maior uniformidade) e, portanto, máxima diversidade, uma vez que todas as espécies são igualmente abundantes.

Em uma visão mais objetiva, em comunidades que exibem reduzida diversidade, uma espécie é considerada dominante quando mostra frequência superior a  $1/S$ , sendo  $S$  o total de espécies na comunidade.

Algumas considerações, no entanto, devem ser apresentadas acerca da análise da biodiversidade e da utilização de índices de diversidade. Em razão da impossibilidade prática de enumerar e retratar na íntegra a biodiversidade, alternativamente, têm sido estudadas parcelas taxonômicas e/ou grupos funcionais (19). Para caracterização da biodiversidade, há a necessidade de amostrar grandes áreas, inviável na prática. Porém, a probabilidade de espécies deixarem de serem identificadas e contabilizadas é crescente à medida que a área amostrada diminui (20). Ricklefs (4) confirma ao considerar a “relação espécie-área”, na qual um número de espécies é maior em áreas maiores, a partir do que decorre a necessidade de se estudar diferentes regiões ou variáveis, fixando-se o tamanho da área de amostragem.

O emprego da biomassa ou da densidade pode dificultar o entendimento da diversidade biológica. A relação entre biomassa e densidade é, frequentemente, inversa na natureza. Portanto, há limitações na utilização única de um

desses dados, devendo-se recorrer a comparações temporais e/ou espaciais para minimizar tal dificuldade (19). Assim, organismos com biomassa elevada apresentam possivelmente baixa densidade. Se esse entendimento não for levado em consideração, podem ocorrer interpretações parciais sobre a comunidade à medida que se estabelecem comparações com organismos que, possuindo pequena biomassa, exibem grandes densidades.

Muitas vezes, uma adversidade na caracterização de uma população refere-se a grupos com dimensões corporais reduzidas. Densidade ou biomassa são fatores que, isoladamente, não têm grande importância ao longo do tempo, mas sim a taxa de renovação, que indica turn-over de nutrientes e controle populacional rígido (12).

No que concerne aos índices de diversidade, existem muitos modelos. Nenhum é considerado ideal, de forma que a seleção deve envolver critérios definidos. Uma ilustração de possível insuficiência da utilização de índices de diversidade para explicar a realidade de um ecossistema refere-se ao emprego da densidade de espécies (grupos taxonômicos), componente fundamental para o cálculo de muitos dos referidos índices.

É factível inferir que uma população apresenta papel relevante pelo fato de ser numericamente maior que as demais. No entanto, a incipiência do conhecimento taxonômico e, sobretudo, funcional das espécies, e a utilização exclusiva de índices de diversidade, pautados fundamentalmente nas abundâncias, podem constituir uma situação crítica ao não detectar uma ou mais espécies que, embora em desvantagem numérica, exercem uma influência dominante na composição da comunidade. Esse tipo de espécie é admitido como espécie-chave (18). Por conseguinte, informações sobre biodiversidade em escala global são ainda escassas, fragmentadas e desuniformes, segundo as regiões do planeta.

## **5. Diversidade Biológica nos Solos: Fauna Edáfica**

A fauna de solo pode ser classificada a partir de diferentes critérios. Segundo Aquino e Silva (21), “os componentes do solo podem ser agrupados de acordo com os hábitos

---

alimentares sendo: fitófagos ou herbívoros, os consumidores de plantas, zoófagos, os predadores de animais e saprófagos, os consumidores de animais e vegetais em decomposição”. Outro critério associado a esse é o nível trófico que ocupa no ecossistema ou na cadeia alimentar (8).

O tamanho do corpo dos organismos da fauna de solo tem sido utilizado para agrupá-los. Swift, Heal e Anderson (22) estabelecem classes de tamanho baseadas no comprimento (eixo longitudinal): a microfauna é constituída por organismos com dimensões inferiores a 0,2 mm, a mesofauna engloba animais com tamanho corporal situado entre 0,2 mm e 10,0 mm e a macrofauna representa os indivíduos maiores que 10,0 mm.

Entretanto, para Lavelle em 1997, que considera o diâmetro como critério, a classificação mostra-se diferenciada: microfauna - animais com diâmetro até 0,1mm, mesofauna - organismos com valores entre 0,1mm e 2,0mm, macrofauna - indivíduos com dimensões compreendidas entre 2,0mm e 20,0mm (23).

O conhecimento sobre a funcionalidade da fauna de solo é incompleto. Mas, avanços têm possibilitado desenvolver atividades relacionadas a esses organismos.

A microfauna é formada por organismos invertebrados aquáticos como turbelários, rotíferos e nematódeos. Embora não sejam animais, protozoários são usualmente incluídos nessa categoria (24), sendo que seu metabolismo e a capacidade de capturar partículas orgânicas equivalem àqueles organismos (17). Em termos funcionais, esses seres atuam na regulação de populações de microrganismos, utilizando-se dos mesmos como fonte alimentar. Alguns representantes podem atuar como parasitas ou predadores, participando também do ciclo da matéria e contribuir com a estrutura do solo em função dos nutrientes disponibilizados (19).

A mesofauna é composta por ácaros, colêmbolos, aranídeos, himenópteros, dípteros, isópteros, moluscos, oligoquetos, dentre outros. Esses grupos podem atuar mediante o consumo de componentes da microflora e microfauna e, em menor escala, na fragmentação e alteração de detritos orgânicos, participando da ciclagem de nutrientes e formação de poros. Essas ações, combinadas com a

deposição de fezes, contribuem para uma nova dinâmica para o aumento da mineralização e solubilização de nutrientes. São animais muito dependentes das condições de umidade local e que transitam fundamentalmente entre os espaços dos poros e sob a serapilheira (25).

A macrofauna constitui-se dos diversos grupos de animais invertebrados, excetuando-se acari, colêmbolos, protura e diplura. Exemplos típicos são blatódeos, diplópodos, quilópodos, isópodos, isópteros, himenópteros, aranídeos, escorpionídeos, coleópteros, dípteros, sendo que alguns desses ocorrem em seus estágios jovens – fase larval. Seus representantes abrangem grande diversidade morfológica e comportamental e capacidade de mobilidade e fragmentação de componentes residuais de origem vegetal, caracterizando-os como responsáveis pelo trânsito de materiais pelo solo através de galerias formadas a partir das escavações que os mesmos promovem (25).

A distribuição desses grupos também pode ser bastante variável, pois, enquanto alguns encontram-se em atividade isolada, outros são sociais. Esses organismos misturam partículas, redistribuindo-as e incorporando pelotas fecais que contribuem e participam dos processos de decomposição e humificação (19). Em diferentes estágios do ciclo de vida, classificam-se funcionalmente como predadores, onívoros, fitófagos, detritívoros, saprófagos, parasitas, necrófagos, xilófagos, coprófagos.

A maioria dos invertebrados ocupa o extrato formado por serapilheira, raramente penetrando em camadas profundas do solo. Por exemplo, formigas, minhocas, cupins, algumas larvas podem exibir tal capacidade. Dentre os principais invertebrados do solo, podem ser destacados alguns importantes grupos (25 - 28).

Os principais grupos taxonômicos (filo, subfilo, classe, ordem etc.) de fauna de solo são: Acari, Araneae, Blattodea, Chilopoda, Coleoptera, Collembola, Diplopoda, Diplura, Diptera, Formicidae, Gastropoda, Hemiptera (subordens: Homoptera, Auchenorrhyncha e Heteroptera), Hymenoptera, Isopoda, Isoptera, Lepidoptera, Protura, Pseudoscorpionida, Psocoptera, Scorpionida, Symphyla, Thysanoptera e Thysanura.

---

---

Existem outras funções atribuídas à biodiversidade. No processo de formação de solos, os seres vivos tomam parte, ainda que possam não constituir fator preponderante no processo. A equação de Jenny expressa a ação conjugada dos fatores formadores do solo incluindo os organismos como parte integrante do desenvolvimento do solo (29).

Na prática, a ação biológica não ocorre de forma isolada. Portanto, a interpretação dessa condição real deve ser integrada, considerando um processo sistêmico (30). Mediante tal concepção, o próprio entendimento do funcionamento do ecossistema depende do conhecimento relativo aos fatores que o constituem e às interações existentes, das quais decorrem propriedades emergentes (3).

A diversidade vegetal é responsável pela maior parte da produção primária do sistema, disponibilizando a energia líquida, incorporada à própria biomassa, aos demais níveis da cadeia trófica (31). Os nutrientes existentes na biomassa vegetal estabelecem, até certo ponto, a composição e a densidade das espécies. Além de suprir as necessidades alimentares daqueles que se utilizam diretamente das plantas, a energia disponível na biomassa flui indiretamente, inclusive pela serapilheira, de maneira decrescente entre os outros componentes – produção secundária (32).

Ricklefs (4) aponta formas pelas quais os materiais constituintes da serapilheira são transformados. Os organismos desse processo formam o sistema heterotrófico (3). A velocidade com que os nutrientes são utilizados e disponibilizados no solo, imprimindo-lhe propriedades específicas e podendo retornar à biomassa vegetal mediante a respectiva absorção, depende da natureza física e química dos componentes e estruturas que formam a serapilheira. A ação concatenada das populações envolvidas é fundamental para levarem o processo a termo (33).

Em correspondência à composição e densidade vegetais, juntamente com os vários fatores do ambiente, as demais populações constituem-se com suas respectivas interações ecológicas. Materiais de origem animal e, principalmente, vegetal formam fontes de alimento de cupins. Esses organismos fragmentam e, associados a

populações microbiológicas, promovem a digestão daqueles conteúdos, participando diretamente dos ciclos de diversos nutrientes no solo. Cupins, bem como formigas e minhocas, aumentam a disponibilidade de nutrientes no solo, tornando as condições ambientais mais apropriadas ao desenvolvimento de plantas (12).

O fornecimento de nutrientes com origem na rocha matriz assimilados do solo pela vegetação é estimado em torno de 10%. Portanto, a regeneração e a manutenção desses nutrientes no próprio ecossistema são fundamentais à produção vegetal, o que traduz a importância do sistema heterotrófico nesse processo (4). Outros componentes da fauna de solo assumem funções importantes. Se por um lado, ocorre um trabalho conjunto entre pequenos artrópodos e microrganismos para a decomposição de matéria orgânica (3), por outro lado, os nematóides estão entre os organismos que mais consomem microrganismos, controlando essas populações (28).

O estabelecimento de relações alimentares com a classificação típica por níveis tróficos nem sempre é simples, pois a classificação de uma espécie em seu respectivo nível pode ser imprecisa, uma vez que ocorre redundância funcional e flexibilidade alimentar em muitas populações (24). Essa condição demonstra que uma população pode suprir a ausência de outra em determinadas situações e, em virtude da peculiar estrutura física tridimensional do solo, pode haver um efeito tampão a perturbações, caracterizando a elasticidade e a estabilidade do sistema, a qual é proporcionalmente maior à medida que a biodiversidade funcional é mais elevada.

“O aumento da diversidade de predadores e presas faz com que o fluxo de energia seja dividido por mais espécies, enfraquecendo cada par da interação (...) [e] serve para gerar (...) um efeito estabilizador (...) na comunidade”, atuando também como um tampão contra explosões demográficas. Contudo, não se tem totalmente esclarecido um modelo para dar conta de tal efeito (24).

As teias alimentares propostas para as comunidades nos solos dão ênfase à microfauna e à mesofauna. No entanto, recentemente, trabalhos têm dirigido a atenção à macrofauna. Apesar de, em alguns casos, estarem asso-

---



---

ciados a pragas, esses invertebrados exercem importantes papéis no sistema. Como saprófagos, coprófagos e necrófagos caracterizam-se pela função de mineralizadores e decompositores; incluídos entre os geófagos, apresentam o efeito da biopedoturbação, isto é, processos de mobilização de materiais do solo, formando galerias por onde circulam ar e soluções; e classificados como predadores, tem o papel no controle de populações e pragas (34).

Outros modelos foram propostos para o entendimento da macrofauna. Devido à heterogeneidade dos solos, os mesmos podem ser considerados “esferas de influência”. Essas “esferas” correspondem a sistemas biológicos de regulação (SBR), compostas por: detritosfera, rizosfera, drilosfera, termitosfera, agregatosfera e porosfera (19, 24).

A detritosfera é uma zona de detritos orgânicos em decomposição, provedora da principal fonte de energia para a cadeia alimentar. Em função da heterogeneidade da distribuição espaço-temporal das espécies vegetais, formam-se mosaicos na serapilheira, explicitando variação na diversidade de nichos ecológicos.

A rizosfera diz respeito à zona de influência das raízes, cuja produção de exsudatos influi nas populações de microrganismos e, por conseqüência, nas fontes alimentares da fauna. A drilosfera caracteriza-se pelo conjunto de estruturas formadas pelas minhocas, permitindo o abrigo e fornecendo substratos para outros seres vivos. A termitosfera, a exemplo da drilosfera, corresponde ao volume de solo sob influência de cupins. A agregatosfera refere-se à relação estabelecida entre agregados do solo e seres vivos, utilizando aqueles componentes do solo como microhabitat. A porosfera indica as porções em que há (macro) poros, que possibilitam a circulação de ar e soluções.

Atenção deve ser dada à biologia da fauna edáfica, pois, para fins de coleta e entendimento, o padrão de distribuição pode ser característico de cada espécie pertencente à comunidade. A macrofauna pode ser classificada em categorias ecológicas segundo o critério de localização espacial e mobilidade. As formas epigéicas são as que se restringem a habitarem o horizonte superficial do solo. As espécies endogéicas habitam apenas os horizontes mais

profundos do solo. Os animais anécicos apresentam mobilidade, podendo movimentar-se entre os horizontes (35). No caso de minhocas, as mesmas podem ser categorizadas em endogéicas oligo, meso e polihúmicas em referência à quantidade de substâncias húmicas nos horizontes do solo (15).

Complementarmente, um modelo referente ao entendimento da fauna de solo, trata das guildas – sinonímia de grêmio (4). São grupos de organismos com formas semelhantes de sobrevivência, sem que os componentes tenham necessariamente uma identidade taxonômica ou que sobreponham nichos (18).

O estudo de Lavelle sobre o modelo de guildas para os invertebrados do solo, estabelecido com base na relação com os microrganismos e no tipo de excremento produzido. As guildas são: (I) microteias que compreendem as teias existentes na rizosfera, formadas a partir de predadores da microflora, cujos nutrientes podem ser carreados até níveis tróficos mais elevados; (II) transformadores de serapilheira referem-se à fauna que ingere material orgânico puro e desenvolvem relações com a microflora em seus excrementos, que podem ser reingeridos posteriormente já parcialmente digeridos; (III) engenheiros do ecossistema são organismos da macrofauna com relações mutualísticas com microrganismos dentro de seus tubos digestivos e eliminam excrementos de dimensões maiores, os quais podem fazer parte da constituição de macroagregados, proporcionando estruturas mais estáveis e porosidade ao solo (24).

Dessa forma, a estabilidade dos ecossistemas decorre de processos em que se desenrolam interações da biodiversidade. Quanto maior a diversidade biológica de um país, maior será o número de produtos industrializados que podem ser gerados, ou seja, a importância está posta em função do desenvolvimento da biotecnologia. Em virtude das implicações sociais, econômicas e políticas envolvidas no estudo, entendimento, uso e conservação da biodiversidade, próprias da problemática ambiental, a relativização e contextualização do conceito se fazem importantes. (36).

---

---

## 6. Considerações Finais

Mediante as informações apresentadas relativas à ecologia de populações e comunidades e a partir das análises críticas efetuadas acerca dos aspectos ecológicos relevantes no entendimento da biodiversidade e, especialmente, da macrofauna edáfica, é possível fazer as seguintes considerações finais:

- o atributo densidade total da macrofauna edáfica isoladamente não se mostra o indicador mais adequado para o entendimento das condições e características específicas do solo, tal medida de importância cabe apenas para uma visão geral do sistema;
- a presença de grupos de animais sociais pode mostrar-se dominante quantitativamente, interferindo na densidade total e, frequentemente, no índice de diversidade ecológica, rebaixando-o. O padrão de distribuição específico desses grupos animais deve ser considerado na coleta, bem como na interpretação dos resultados de campo;
- grupos animais semelhantes em sítios distintos podem constituir um instrumento na comparação como variável fixa entre os mesmos e nos diferentes extratos do solo, uma vez que permitem estabelecer um paralelo ambiental ou de tratamento;
- a ocorrência de cada grupo de macrofauna de solo também deve ser compreendida com cautela em função da ocupação e distribuição específica no espaço – serapilheira e solo. Formicidae e Isoptera podem se distribuir por toda área de investigação em diversas profundidades do solo, porém, concentram-se em pontos próximos aos formigueiros e termiteiros, respectivamente. Araneae, Chilopoda, Diplopoda e Scorpionida ocupam preferencialmente a superfície, reduzindo drasticamente a presença com a profundidade;
- o atributo riqueza de grupos pode ser um recurso ao entendimento do sistema solo mediante a correlação com o atributo densidade e o índice de diversidade;
- os índices ecológicos – diversidade e uniformidade – possibilitam descrever as comunidades de macrofauna de solo e, ainda que não devam ser utilizados iso-

ladamente, compõem um registro para comparações intra ou entresítios de estudo;

- as áreas relativas aos ecossistemas naturais conservados tendem a exibir maiores índices ecológicos, riqueza de grupos e densidades em comparação à macrofauna de solo das demais áreas com os diferentes sistemas de manejo agrícola. No entanto, além dos aspectos quantitativos, variações temporais e de funcionalidade devem ser observadas para uma interpretação mais fiel à realidade ou para estudos subsequentes;
- a macrofauna de solo pode constituir um parâmetro bioindicador comparativo desde que sejam estabelecidas as relações com os demais fatores do ambiente e desenvolvidos os procedimentos de repetibilidade e reprodutibilidade, avaliando-se de forma integrada os aspectos qualitativos e quantitativos pertinentes, de forma a contribuir para um entendimento sistêmico como exigem os estudos ecológicos atuais.

## 7. Referências Bibliográficas

1. Embrapa. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília, DF: Embrapa Produção de Informação. Rio de Janeiro: Embrapa Solos; 1999. 412p.
  2. Mendonça-Santos, Maria de Lourdes, Santos, Humberto Gonçalves dos. Mapeamento digital de classes e atributos de solos: métodos, paradigmas e novas técnicas. Rio de Janeiro : Embrapa Solos; 2003. 19p. - (Embrapa Solos. Documentos; n. 55)
  3. Odum, E. P. Ecologia. Trad. Christopher J. Tribe. Rio de Janeiro: Guanabara; 1988.
  4. Ricklefs, R. E. A economia da natureza. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2003.
  5. Brasil. Ministério do Meio Ambiente. CID Ambiental. A Convenção sobre Diversidade Biológica – CDB. Brasília; 2000. (Série Biodiversidade n. 1). Available from: URL [www.mma.gov.br/estruturas/chm/\\_arquivos/cdbport.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/chm/_arquivos/cdbport.pdf).
-

- 
6. Lewinsohn, T. M., Prado, P. I. Biodiversidade brasileira: síntese do estado atual do conhecimento. São Paulo: Contexto; 2002.
  7. Matos, R. M. B., Silva, E. M. R., Berbara, R. L. L. Biodiversidade e índices. Seropédica: Embrapa Agrobiologia; 1999 (Embrapa-CNPAB. Documentos, 107).
  8. Dajoz R. Ecologia Geral. Petrópolis-RJ: Vozes; 1983.
  9. Margalef R.. Ecologia. 2 ed. Barcelona: Ômega; 1991.
  10. Pianka, E.R. Evolutionary ecology. 6a. New York: Harper & Raw; 2000.
  11. Fagundes, M. Uma análise da paisagem em arqueologia: os lugares persistentes. Webartigos.com; 2008. Available from: URL [www.webartigos.com/articles/7203/1/uma-anlise-da-paisagem-em-arqueologia--os-lugares-persistentes/pagina1.html](http://www.webartigos.com/articles/7203/1/uma-anlise-da-paisagem-em-arqueologia--os-lugares-persistentes/pagina1.html).
  12. Primavesi, A. Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais. São Paulo: Nobel, 1990.
  13. Schiedeck, G., Gonçalves, M. M., Schwengber, J. E. Minhocultura e produção de húmus para a agricultura familiar. Pelotas: Embrapa; 2006. (Embrapa clima Temperado, Circular Técnica 57). Available from: URL [www.pronaf.gov.br/dater/arquivos/2014419933.pdf](http://www.pronaf.gov.br/dater/arquivos/2014419933.pdf).
  14. Cardoso, E. J. B. N. Tsai, S. M., Neves, M. C. P. Microbiologia do solo. Campinas: SBCS; 1992.
  15. Edwards, C. A. Earthworm Ecology. 2ed. Ohio-Columbus: CRC Press; 2004.
  16. Stilling, P. Ecology: Theories and Applications. New Jersey: Upper Sanddle River; 2002.
  17. Esteves F.A. Fundamentos de Limnologia. 2 ed. Rio de Janeiro: Interciências – FINEP; 1998.
  18. Pinto-Coelho, R. M. Fundamentos em ecologia. Porto Alegre: Artmed; 2000.
  19. Correia, M. E. F., Oliveira, L. C. M. Fauna de solo: aspectos gerais e metodológicos. Seropédica: Embrapa Agrobiologia; 2000. (Embrapa Agrobiologia. Documentos, 112).
  20. Magnusson, W.E., Lima, A.P., Luizão, R., Luizão, F., Costa, F.R.C., Castilho, C.V. et al. Uma modificação do método de Gentry para inventários de biodiversidade em sítios para pesquisa ecológica de longa duração. Biota Neotrop. Jul/Dez; 2005, vol. 5, no. 2. ISSN 1676-0603. Available from: URL [www.biotaneotropica.org.br/v5n2/pt/abstract?point-of-view+bn01005022005](http://www.biotaneotropica.org.br/v5n2/pt/abstract?point-of-view+bn01005022005).
  21. Aquino, M. A., Silva, R. F. Fauna de solo e práticas agrícolas. Anais do XXX Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. Brasil. Recife, SBCS; 2005.
  22. Swift, M. J.; Heal, O. W., Anderson, J.M.. Decomposition in terrestrial ecosystems. Oxford: Blackwell; 1979.
  23. Aquino, M. A., Correia, M. E. F. Invertebrados edáficos e o seu papel nos processos do solo. Seropédica: Embrapa-Agrobiologia; 2005 (Embrapa-Agrobiologia. Documento 201)
  24. Correia, M. E. F. Relações entre a diversidade da fauna de solo e o processo de decomposição e seus reflexos sobre a estabilidade dos ecossistemas. Seropédica: Embrapa Agrobiologia; 2002 (EMBRAPA Agrobiologia. Documentos, 156).
  25. Moço, M. K. S., Gama-Rodrigues, E. F., Gama-Rodrigues, A. C., Correia, M. E. F. Caracterização da fauna edáfica em diferentes coberturas vegetais na região norte Fluminense. Rev. Bras. Ciênc. Solo vol.29 no.4 Viçosa July/Aug.; 2005. Available from: URL [www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-06832005000400008](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832005000400008).
  26. Storer, T. I., Usinger, R. L., Stebbins, R. C. Zoologia geral. 6ed. São Paulo: Nacional; 2000.
  27. Lavelle, P., Spain, A. V. Soil ecology. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers; 2001.
  28. Barnes, R. D., Ruppert, E. E., Fox, R. S. Zoologia dos invertebrados. 7 ed. São Paulo: Roca; 2005.
  29. Brady, N. C. Natureza e propriedades dos solos. 7. ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos; 1989, 898p.
  30. Branco, S. M. Ecossistêmica: uma abordagem integra-
-

---

da dos problemas do meio ambiente. São Paulo: Edgard Blucher Ltda.; 1999.

31. Begon, M., Harper, J. L., Townsend, C. R. Ecologia: de indivíduos a ecossistemas. 4 ed. Porto Alegre: Artmed; 2007.
32. Townsend, C. R., Begon, M., Harper, J. L. Fundamentos em ecologia. 2ed. Porto Alegre: Artmed; 2006.
33. Delitti, W. B. C. Aspectos dinâmicos da serapilheira de uma floresta implantada de *Pinus elliottii* Engelm. var. *elliottii* (Mogi-Guaçu – SP). [Mestrado], São Paulo. Universidade de São Paulo; 1982.
34. Brown, G. G., Pasini, A., Benito, N. P., Aquino, A. M., Correia, M. E. F. Diversity and functional role of soil macrofauna communities in Brazilian no-tillage agroecosystems: a preliminary analysis. Embrapa; 2001.
35. Cordeiro, L. N., Coutinho, H. D. M., Melo Junior, H. N. Ecologia de oligochaetas (annelida) nativas da margem do rio Carás, Ceará, Brasil. Unimar Ciências 11(1/2), 25-32; 2002. Available from: URL: [www.unimar.br/pos/rev\\_D/unimar%20ciencias%2011%20\\_%20miolo.pdf](http://www.unimar.br/pos/rev_D/unimar%20ciencias%2011%20_%20miolo.pdf).
36. Bentes-Gama, M. M. Bioprospecção da biodiversidade: princípios e ações para o uso sustentável. Rondônia: Embrapa-Rondônia; 2003. Available from: URL [www.cpafrro.embrapa.br/embrapa/Artigos/bioprospec.htm](http://www.cpafrro.embrapa.br/embrapa/Artigos/bioprospec.htm).