



Arthropod bioindicators of environmental quality

Artrópodes bioindicadores de qualidade ambiental

Márcia Soares Spiller^{1*}, Claiton Spiller², Juliana Garlet³

Abstract: The phylum Arthropoda is one of the most diverse groups under the terrestrial surface comprising different classes of insects that occupy different environments. Some groups have a close relationship with the habitat they occupy, responding significantly to changes in the environment, thus indicating the level of change in the environment by their presence or absence. The present study aimed to demonstrate the importance of edaphic fauna as a bioindicator of environmental quality. This is a bibliographic review based on specialized consultation of scientific articles in the databases Google Scholar, SciELO-Scientific Electronic Library and ResearchGate. The studies found that environmental quality can be measured from the diversity and abundance of arthropods that live and perform their functions in the soil. Macrofauna influences important soil chemical and physical processes such as nutrient cycling, structuring and homogenization, and increased productivity, among others. The mesofauna, besides acting on soil properties, acts on the regulation of microbial populations, is sensitive to changes and responds promptly. The groups Acari, Collembola, Coleoptera, Hymenoptera and Araneae are indicated in several studies as potential bioindicators because they are commonly sampled in different environments. The factors identified as conditioning factors of the presence of these groups are environmental heterogeneity, type of vegetation cover and availability of litter, applied management system, seasonality, soil characteristics, and anthropic activities, among others. In short, because they respond quickly, the changes are considered to be efficient biological indicators; therefore, knowing the diversity of species and their degree of interaction with the environment allows us to analyze the effects of anthropic modifications in ecosystems.

Key words: Entomofauna. Biological indicator. Invertebrates. Soil.

Resumo: O filo Arthropoda é um dos grupos mais diversos da superfície terrestre, compreendendo diferentes classes de insetos que ocupam diversos ambientes. Alguns grupos, entretanto, apresentam relação estreita com o habitat que ocupam, respondendo de forma significativa às modificações no ambiente, o que acaba indicando o nível de alteração desse mesmo ambiente através de sua presença ou ausência. O presente estudo objetivou demonstrar a importância da fauna edáfica como bioindicadora de qualidade ambiental. Trata-se de uma revisão bibliográfica baseada em consulta especializada de artigos científicos nos bancos de dados Google Acadêmico, SciELO-Scientific Eletronic Library e ResearchGate. Os trabalhos encontrados apontaram que a qualidade ambiental pode ser mensurada a partir da diversidade e abundância de artrópodes que vivem e desempenham suas funções no solo. A macrofauna influencia importantes processos químicos e físicos do solo como a ciclagem de nutrientes, estruturação e homogeneização, aumento da produtividade, dentre outros. Já a mesofauna, além de atuar sobre as propriedades edáficas, atua na regulação de populações microbianas e é sensível às alterações, respondendo prontamente. Os grupos Acari, Collembola, Coleoptera, Hymenoptera e Araneae são indicados em diversos estudos como potenciais bioindicadores por serem comumente amostrados em diferentes ambientes. Os fatores apontados como condicionantes da presença desses grupos são a heterogeneidade ambiental, tipo de cobertura vegetal, disponibilidade de serapilheira, sistema de manejo aplicado, sazonalidade, características edáficas, atividades antrópicas, dentre outros. Em suma, por responderem de forma rápida às alterações são considerados eficientes indicadores biológicos, logo, conhecer a diversidade de espécies e seu grau de interação com o ambiente permite analisar os efeitos das modificações antrópicas sob os ecossistemas.

Palavras-chave: Entomofauna. Indicador biológico. Invertebrados. Solo.

*Corresponding author

Submitted for publication on 05/09/2017 and approved 16/11/2017

¹Master's Degree in the Postgraduate Program in Biodiversity and Agroecosystems in Amazonia. University of the State of Mato Grosso, Avenue Perimetral Rogério Silva, s/n, Flamboyant Garden, Alta Floresta, MT. marciaspiller@outlook.com

²Graduate in Civil Engineering. Faculty of Law of Alta Floresta, Alta Floresta, MT claitonspiller@outlook.com

³Professor at the Faculty of Biological and Agrarian Sciences. University of the State of Mato Grosso, Alta Floresta, MT. julianagarlet@unemat.br

INTRODUCTION

Bioindicators are organisms whose functions are closely related to environmental conditions (KAPUSTA, 2008). They thus respond to changes in the physical, chemical and structural characteristics of the environments in which they occur, since they are adapted to specific conditions of survival, reproduction and ecological interactions (CANDIDO *et al.*, 2012).

According to Silva and Silva (2011), bioindicators can be used to evaluate habitat modification, contamination or recovery, plant succession, climatic changes and ecosystem degradation, as the communities present in the affected environments may suffer a reduction in abundance (GONÇALVES *et al.*, 2014).

Among the factors that can affect the stability of a bioindicator organism are temperature, precipitation, luminosity, soil acidity or air pollution. Any modification of these can cause changes of physiological or morphological nature and therefore the adaptive capacity of the species, which may lead to extinction due to its sensitivity (BAGLIANO, 2012). Habitat fragmentation is one of the greatest anthropogenic threats to edaphic communities.

In environmental monitoring studies, various fauna and flora groups can be used to characterize the environmental quality of a given habitat, whether terrestrial or aquatic. This is because the equilibrium can be measured by observing the characteristics of populations of organisms intrinsic to that environment, which may indicate the level of alteration or fragmentation in a habitat (ROCHA *et al.*, 2015).

The groups that have been used in biomonitoring studies are plants, some groups of microorganisms, mammals, birds, fish and insects (TADIELLO *et al.*, 2014; BARBOSA; CARVALHO, 2016; OLIVEIRA *et al.*, 2015; CANTARELI *et al.*, 2016; DALZUCHIO *et al.*, 2016; OLIVEIRA *et al.*, 2014).

EDAPHIC BIOINDICATORS

The soil consists of a living and dynamic ecosystem which holds the ecological functions of producing food, protecting the environment from pollution by filtering, buffering and transforming matter, and serving as a habitat for a complex community of organisms. In this way, soil quality can be evaluated through chemical, physical and biological indicators (ARAÚJO; MONTEIRO, 2007).

INTRODUÇÃO

Os bioindicadores são organismos cujas funções estão estreitamente relacionadas com as condições ambientais (KAPUSTA, 2008) e por isso respondem às mudanças nas características físicas, químicas e estruturais do ambiente onde ocorrem, uma vez que estão adaptados às condições específicas de sobrevivência, reprodução e interação ecológica (CÂNDIDO *et al.*, 2012).

De acordo com Silva e Silva (2011), os bioindicadores podem ser utilizados para avaliar modificação, contaminação ou recuperação de habitats, sucessão vegetal, mudanças climáticas e degradação de ecossistemas, pois as comunidades presentes nos ambientes em questão podem sofrer redução na abundância e riqueza em função de tais impactos, devendo considerá-los em estudos de levantamento (GONÇALVES *et al.*, 2014).

Dentre os fatores que podem afetar a estabilidade de um organismo bioindicador, aponta-se para temperatura, precipitação, luminosidade, acidez do solo ou poluição do ar, de modo que qualquer modificação pode provocar alterações de natureza fisiológica ou morfológica, bem como na capacidade adaptativa da espécie, podendo levá-la a extinção em virtude de sua sensibilidade (BAGLIANO, 2012). A fragmentação de habitats apresenta-se como uma das maiores ameaças antrópicas às comunidades edáficas.

Em estudos de monitoramento ambiental, podem ser empregados diversos grupos da fauna e flora a fim de caracterizar a qualidade ambiental de um determinado habitat, seja terrestre ou aquático. Isso porque o equilíbrio pode ser mensurado a partir da observação de características de populações de organismos intrínsecos daquele ambiente, os quais podem indicar o nível de alteração ou fragmentação em um habitat (ROCHA *et al.*, 2015).

Dentro os grupos que estão sendo utilizados em estudos de biomonitoramento, têm-se: plantas, alguns grupos de microorganismos, mamíferos, aves, peixes e insetos (TADIELLO *et al.*, 2014; BARBOSA e CARVALHO, 2016; OLIVEIRA *et al.*, 2015; CANTARELI *et al.*, 2016; DALZUCHIO *et al.*, 2016; OLIVEIRA *et al.*, 2014).

BIOINDICADORES EDÁFICOS

O solo, ecossistema vivo e dinâmico, detém as funções ecológicas de produzir alimentos, proteger o ambiente da poluição através da filtragem, tamponamento e transformação de matéria e servir como habitat a uma complexa comunidade de organismos, de modo que sua qualidade pode ser avaliada através de indicadores de natureza química, física e biológica (ARAÚJO; MONTEIRO, 2007).

Among the biological indicators are several groups of organisms that interact, influence and are influenced by the physical, chemical and biological properties of the soil through mechanisms such as soil structuring and homogenization, plant material fragmentation, decomposition and nutrient cycling. Therefore, these soil communities, due to their strong interactions with soil, can be deeply affected by diverse management practices related to processes such as changes in soil use, monocultures, application of pesticides and fertilizers, compaction, availability of nutrients, and others (ABREU *et al.*, 2014; SIQUEIRA *et al.*, 2016).

The edaphic communities play important roles in assisting soil formation, contributing to the improvement of soil characteristics and playing a key role in several processes, thus being a useful tool for evaluating and monitoring soil quality (MENTA *et al.*, 2014). In addition, edaphic populations can be affected by factors such as soil type, vegetation, and climatic conditions (BERUDE *et al.*, 2015), and can thus inform about the state of degradation, recovery, conservation or even climate change.

Invertebrates are among the most diverse organisms on earth, contributing significantly to the functioning and integrity of the ecosystem, and possessing high potential as bioindicators (GRODSKY *et al.*, 2015). An important parameter for the evaluation of soil quality is the interaction of invertebrates with the different ways of managing and making use of the soil, since the abundance, richness and diversity of the organisms are dependent on management practices, intensity of land use, and modifications in the microclimate and in the type of vegetation cover.

Dentre os indicadores biológicos, pode-se mencionar diversos grupos de organismos que interagem, influenciam e são influenciados pelas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo por meio de mecanismos como estruturação e homogeneização do solo, fragmentação de material vegetal, decomposição e ciclagem de nutrientes. Logo, tais comunidades edáficas, em virtude de sua forte interação com o solo, podem ser profundamente afetadas por diversas práticas de manejo, tais como mudanças no uso do solo, monocultivos, aplicação de defensivos e fertilizantes, compactação, disponibilidade de nutrientes, dentre outros (ABREU *et al.*, 2014; SIQUEIRA *et al.*, 2016).

As comunidades edáficas desempenham importantes funções ao auxiliarem na formação do solo, contribuirão para a melhoria de características dos solos e desempenham papel chave em diversos processos, apresentam-se como uma boa ferramenta de avaliação e monitoramento da qualidade do solo (MENTA *et al.*, 2014). Aliado a isso, as populações edáficas podem ser afetadas por fatores como tipo de solo, de vegetação e de condições climáticas (BERUDE *et al.*, 2015), podendo assim inferir sobre o estado de degradação, recuperação, conservação ou, até mesmo, de mudanças climáticas.

Os invertebrados estão entre os mais diversos organismos na Terra, contribuindo significativamente para o funcionamento e integridade do ecossistema, além de possuírem elevado potencial como bioindutores (GRODSKY *et al.*, 2015). Um importante parâmetro para a avaliação da qualidade do solo está na interação dos invertebrados com as diferentes formas de manejar e fazer uso do solo, pois a abundância, a riqueza e a diversidade dos organismos são dependentes das práticas de manejo, intensidade de uso do solo, modificações no microclima e no tipo de cobertura vegetal.

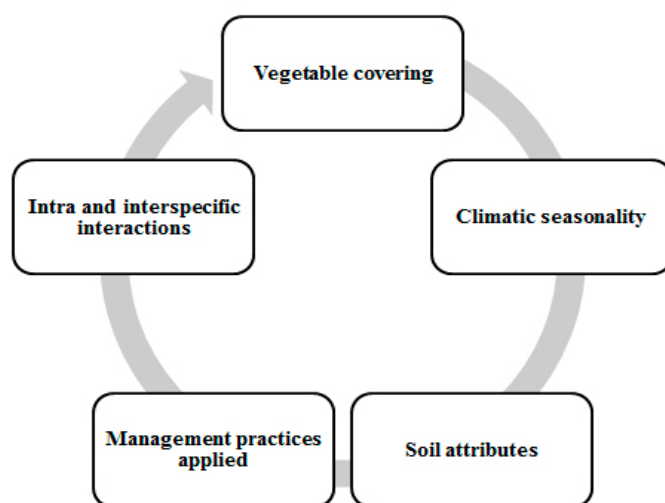


Figure 1 - Factors that condition the distribution and abundance of edaphic fauna.

Source: Manhães (2011); Maestri *et al.* (2013).

Figura 1 - Fatores que condicionam a distribuição e abundância da fauna edáfica.

Fonte: Manhães (2011); Maestri *et al.* (2013).

These parameters can be analyzed using edaphic entomofauna, which can help in the monitoring and ecological management of the biodiversity of the soil ecosystems. This is due to the fauna being sensitive to environmental changes and responding quickly to changes in the different production systems (SILVA *et al.*, 2013; BARRETA *et al.*, 2014; SIQUEIRA *et al.*, 2014; POMPEO *et al.*, 2016a).

The use of entomofauna as a bioindicator makes it possible to assess the consequences of structurally complex habitat changes in simplified habitats. It is thus a useful tool for the diagnosis and monitoring of biological diversity, which can qualify the environment, quantify the damage caused and identify the conservation care required (OLIVEIRA *et al.*, 2014). Scoriza and Correia (2016) evaluated the efficiency of the soil fauna as an indicator of the degree of conservation of forest fragments and observed that the faunistic groups were able to differentiate the fragments into different successional stages through the quality and quantity of the stored litter, the floristic composition and the microclimatic conditions.

The intensity and type of management practices applied to the soil may result in a loss of organic matter, declining biodiversity and reduced soil capacity to retain nutrients, so important ecosystem services can be lost; these services may take a long time to recover after such practices are terminated (LIIRI *et al.*, 2012).

The type of vegetation cover is one of the main factors involved in the distribution of edaphic organisms, as it promotes the reduction of the soil temperature gradient and the formation of litter as a substrate and varied food for the fauna. This is due to the diversity of groups present in the vegetation (POMPEO *et al.*, 2016a). However, it is only dependent on the management of applied practices, food availability and organic material content, as well as humidity and temperature, since such organisms are susceptible to modifications (POMPEO *et al.*, 2016a).

Terrestrial arthropods, for example, use litter as shelter, protection from predators and as a food source, so the richness and structure of communities are dependent on environmental conditions such as humidity, phytophysiognomy and amount of litter. This is because arthropods help in the fragmentation and decomposition of plant material, thus contributing to nutrient cycling (ZARDO *et al.*, 2010). On the other hand, the quantity and quality of litter influences the presence of edaphic macrofauna (CARRILLO *et al.*, 2011).

Tais parâmetros analisados por meio da entomofauna edáfica podem auxiliar no monitoramento e na gestão ecológica da biodiversidade dos ecossistemas edáficos ao se apresentarem sensíveis às mudanças ambientais e responderem de forma rápida às alterações nos diferentes sistemas de produção (SILVA *et al.*, 2013; BARRETA *et al.*, 2014; SIQUEIRA *et al.*, 2014; POMPEO *et al.*, 2016a).

O uso da entomofauna como bioindicadora permite avaliar as consequências das mudanças de habitats estruturalmente complexos em habitats simplificados, apresentando-se como ferramenta de diagnóstico e monitoramento da diversidade biológica, podendo qualificar o ambiente, quantificar os danos causados e identificar os cuidados necessários à conservação (OLIVEIRA *et al.*, 2014). Scoriza e Correia (2016), objetivando avaliar a eficiência da fauna do solo como indicadora do grau de conservação de fragmentos florestais, observaram que os grupos faunísticos conseguiram diferenciar os fragmentos em diferentes estágios sucessionais através da qualidade e quantidade da serapilheira armazenada, da composição florística e das condições microclimáticas.

A intensidade e o tipo de prática de manejo aplicada ao solo podem resultar em perda de matéria orgânica, declínio da biodiversidade e redução da capacidade do solo de reter nutrientes, logo, importantes serviços ecossistêmicos podem ser perdidos, demorando muito tempo para serem recuperados após tais práticas serem cessadas (LIIRI *et al.*, 2012).

O tipo de cobertura vegetal é um dos principais fatores envolvidos na distribuição dos organismos edáficos, pois promove a redução do gradiente de temperatura do solo e a formação de serapilheira como substrato e alimento variado para a fauna, uma vez que a diversidade de grupos presentes no solo é dependente do gerenciamento das práticas aplicadas, da disponibilidade de alimento e do teor de material orgânico, bem como da umidade e temperatura, estando tais organismos suscetíveis a modificações (POMPEO *et al.*, 2016b).

Os artrópodes terrestres, por exemplo, utilizam-se da serapilheira como abrigo, proteção contra predadores e fonte de alimento, logo a riqueza e a estrutura das comunidades são dependentes de condições ambientais como umidade, fitofisionomia e quantidade de serapilheira estocada, pois estes organismos auxiliam na fragmentação e decomposição de material vegetal contribuindo assim para ciclagem de nutrientes (ZARDO *et al.*, 2010). Em contrapartida, a quantidade e a qualidade da serapilheira influenciam a presença da macrofauna edáfica (CARRILLO *et al.*, 2011).

Structurally more complex habitats, such as forests, tend to harbor a more abundant and diversified edaphic fauna, due to the greater availability of ecological niches, shelter and food resources and are associated with a lower risk of predation, while homogeneous and simplified environments, such as monocultures, tend to be more restrictive by favoring some groups of the fauna in relation to others (ANTONIOLLI *et al.*, 2006; SILVA *et al.*, 2012). As a result, it is common to find a greater diversity of insects in the forests, generally with reduced abundance and high wealth, because the populations are controlled by interspecific relations; in contrast to areas that have suffered an impact or are used with monocultures, few species are easily sampled, even those that are abundant (CORASSA *et al.*, 2015). Machado *et al.* (2015) attested this by characterizing the soil fauna of areas in the Atlantic Forest in different stages of ecological succession where it was observed that, to the detriment of the structural complexity of the vegetation and increase of the biomass in the soil, there was an increase in the density and richness of the sampled groups.

The environmental changes have a direct impact on soil ecosystems and consequently on the biota which has an effect on soil properties. Previous studies have focused on the interaction of living organisms with soil, but little information is available for groups living in the shallowest layers, known as macro- and mesofauna (CASTRACANI *et al.*, 2015).

The edaphic community may also be influenced in its composition and distribution by abiotic factors, such as temperature, humidity and solar radiation, conditioned by seasonality and the different types of environments where they occur. These parameters directly affect the life cycle of the organisms and the availability of resources due to changes in the community structure (MANHÃES, 2011).

In a study performed by Machado *et al.* (2015), it was verified that the dynamics of the edaphic fauna was influenced by seasonality, with greater activity being observed in some groups, such as Acari, Diptera and Entomobryomorpha, during the rainy season; moreover, only certain groups of fauna were present during this period.

Reckziegel and Oliveira (2012) also verified the effect of climatic variables on the population fluctuation of groups of insects sampled in a forest fragment, with an increase in the number of specimens of Coleoptera and Hymenoptera orders in early spring due to the increase in temperature. The diversity of the order Diptera was not only influenced by temperature but also by precipitation. Azevedo *et al.* (2011) stated that each insect group responds differently to annual climatic variations. The authors observed that frugivorous, phytophagous and detritivorous beetles and the Gryllidae family of the order Orthoptera were more abundant in the dry season, whereas the frugivorous and scavenging Diptera predominated in the rainy season, suggesting that temperature and precipitation may influence the availability of food and shelter for these orders.

Habitats estruturalmente mais complexos como as florestas tendem a abrigar uma fauna edáfica mais abundante e diversificada, em virtude da maior disponibilidade de nichos ecológicos, abrigo e recursos alimentares, associado ao menor risco de predação, enquanto que ambientes homogêneos e simplificados, como os monocultivos, tendem a ser mais restritivos, favorecendo alguns grupos da fauna em relação a outros (ANTONIOLLI *et al.*, 2006; SILVA *et al.*, 2012). Em virtude disso, é comum encontrar nas florestas uma diversidade maior de insetos, geralmente com abundância reduzida e riqueza elevada, pois as populações são controladas pelas relações interespecíficas; em contrapartida, em áreas que sofreram algum impacto ou são utilizadas com monoculturas, são facilmente amostradas poucas espécies, contudo abundantes (CORASSA *et al.*, 2015). Machado *et al.* (2015) atestaram isso ao caracterizarem a fauna edáfica de áreas na Mata Atlântica em diferentes estágios de sucessão ecológica, onde observou-se que, em detrimento da complexidade estrutural da vegetação e incremento da biomassa no solo, houve um aumento na densidade e na riqueza de grupos amostrados.

As alterações tem impacto direto sobre os ecossistemas edáficos e, conseqüentemente, sobre a biota a qual exerce efeito sobre as propriedades do solo. Há estudos voltados para a interação dos organismos vivos com o solo, contudo, há poucas informações voltadas para os grupos que vivem nas camadas mais superficiais, conhecidas com macro e mesofauna (CASTRACANI *et al.*, 2015).

A comunidade edáfica pode ainda sofrer influência, em sua composição e distribuição, de fatores abióticos, como temperatura, umidade e radiação solar, condicionados pela sazonalidade e pelos diferentes tipos de ambientes onde ocorrem. Tais parâmetros afetam diretamente o ciclo de vida dos organismos e a disponibilidade de recursos em virtude de alterações na estrutura da comunidade (MANHÃES, 2011).

No estudo realizado por Machado *et al.* (2015), foi constatado que a dinâmica da fauna edáfica foi influenciada pela sazonalidade, sendo observada maior atividade de alguns grupos, como Acari, Diptera e Entomobryomorpha, durante o período de maior precipitação, bem como a presença de determinados grupos somente no período correspondente.

Reckziegel e Oliveira (2012) também verificaram o efeito das variáveis climáticas sobre a flutuação populacional de grupos de insetos amostrados em um fragmento florestal, sendo observado um acréscimo no número de espécimes das ordens Coleoptera e Hymenoptera no início da primavera em virtude do aumento da temperatura. A ordem Diptera, além da temperatura, teve sua diversidade influenciada pela precipitação. Azevedo *et al.* (2011) afirmam que cada grupo de inseto responde de forma distinta às variações climáticas anuais. Os autores perceberam que Coleópteros frugívoros, fitófagos e detritívoros e a família Gryllidae da ordem Orthoptera foram mais abundantes na estação seca; já os Dípteros frugívoros e necrófagos predominaram na estação seca, sugerindo que as condições de temperatura e precipitação podem influenciar na disponibilidade de alimento e abrigo para essas ordens.

ARTHROPODS AS EDAPHIC BIOINDICATORS

Soil organisms show sensitivity to variations in the environment where they live and respond rapidly to changes promoted by the production systems, making them efficient for evaluation of soil quality parameters (SILVA *et al.*, 2013).

In tropical environments, insects are vulnerable to extinction because they occur at low densities and interact in close and complex ways with other species. Some groups, depending on the role they play in the environment, their close relationship with environmental heterogeneity and ecological processes and their sensitivity to change, are efficient ecological indicators of quality and/or environmental degradation, demonstrating the importance of understanding how insects interact with and evolve in response to changes in the environment (AZEVEDO *et al.*, 2011).

ARTRÓPODES EDÁFICOS BIOINDICADORES

Os organismos do solo apresentam sensibilidade a variações no meio onde vivem e respondem de forma rápida às alterações promovidas pelos sistemas de produção, tornando-os eficientes na avaliação dos parâmetros qualitativos do solo (SILVA *et al.*, 2013).

Nos ambientes tropicais, os insetos estão suscetíveis à extinção em virtude de ocorrerem em baixas densidades e interagirem de forma estreita e complexa com outras espécies. Alguns grupos, em função do papel que exercem no ambiente, pela estreita relação com a heterogeneidade ambiental e processos ecológicos e sua sensibilidade às mudanças, são eficientes indicadores ecológicos de qualidade e/ou degradação ambiental, demonstrando a importância de reconhecer como ocorrem os processos de interação e evolução dos insetos com as alterações no ambiente (AZEVEDO *et al.*, 2011).

Table 1 - Categories of biological indicators of environmental quality

Tabela 1 - Categorias de indicadores biológicos de qualidade ambiental

Indicator	Answer
Environmental	Respond to changes or disturbances biotic or abiotic in nature. They detect and monitor changes in an environmental condition, such as sentinels, detectors, explorers, accumulators or bioassays.
Ecological	Indicate changes resulting from habitat fragmentation, climate, pollution, and changes at the community and ecosystem levels. They indicate disturbances in natural environments and produce subsequent effects on the behavior of other individuals or habitat conditions.
Biodiversity	Indicates the diversity of an area through ecological indexes and monitor changes in biodiversity, helping in the selection of priority areas for conservation.

The aspects that characterize the edaphic macrofauna as an effective tool of bioindication lie in the ability and sensitivity of organisms to respond to changes in the environment, to be easily sampled using low cost methodologies, the existence of a broad bibliographic reference and simple identification to levels of order and family (PINZÓN *et al.*, 2014). In contrast, Pereira *et al.* (2013) point out that although insects are sensitive to changes and have characteristics of good biological indicators, there is a problem regarding the taxonomic identification at the species level, which requires the work of specialists.

Studies on the influence of different soil management systems on soil fauna using arthropods show that the most abundant orders are Acari, Collembola, Coleoptera, Hymenoptera and Araneae (SILVA *et al.*, 2013; SILVA *et al.*, 2015; SANTOS *et al.*, 2016). In addition, it is important to note that in the present study, the use of the Blattodea, Dermaptera, Diplopoda, Gastropoda, Hemiptera, Isopoda and Chilopoda orders, among others, does not express significant values of individuals collected (MARQUES *et al.*, 2014).

Os aspectos que caracterizam a macrofauna edáfica como uma eficaz ferramenta de bioindicação residem na capacidade e sensibilidade dos organismos de responderem às alterações no ambiente, na facilidade de serem amostrados através de metodologias de baixo custo, na existência de um amplo referencial bibliográfico e na identificação simples a níveis de ordem e família (PINZÓN *et al.*, 2014). Em contrapartida, Pereira *et al.* (2013) apontam que, apesar dos insetos serem sensíveis às alterações e deterem as características de bons indicadores biológicos, tem-se uma problemática quanto a identificação taxonômica a nível de espécies, que exige o trabalho de especialistas.

Estudos voltados para a avaliação da influência de diferentes sistemas de manejo do solo sobre a fauna edáfica utilizando artrópodes demonstram que as ordens mais abundantes são Acari, Collembola, Coleoptera, Hymenoptera e Araneae (SILVA *et al.*, 2013; SILVA *et al.*, 2015; SANTOS *et al.*, 2016). As ordens Blattodea, Dermaptera, Diplopoda, Gastropoda, Hemiptera, Isopoda e Chilopoda, dentre outras, muitas vezes não expressam valores significativos, contudo desempenham importante papel na manutenção do equilíbrio ecológico e nas relações tróficas (MARQUES *et al.*, 2014).

Acari

The mites together with the Collembola are the main organisms of the edaphic mesofauna, playing important functions in the ecosystem when acting as decomposers and facilitators of groups of microorganisms (GRIESANG *et al.*, 2016). They present diverse functional levels, being represented mainly by predators that regulate the microbiota and detritivores (BROWN *et al.*, 2015).

The order Acari is divided into the suborders Oribatida, Prostigmata, Mesostigmata and Astigmata (BEDANO *et al.*, 2006). Mites are abundant, have great taxonomic diversity and are easily sampled. They are potential indicators of both the environment and ecosystem disturbances, as they are sensitive to organic matter, soil moisture content, pH, agricultural practices and insecticide use (SOCARRÁS, 2013). As a result of their low mobility, they are influenced by soil moisture (ARAÚJO *et al.*, 2009), which affects the foraging capacity and availability of resources under limiting conditions (POMPEU *et al.*, 2016).

According to Vu (2011), species diversity and population density of mites are related to soil and habitat type, and can be used as indicators of agricultural intensification and soil types, since populations are sensitive, for example, to conventional management practices, such as soil reversal, which reduces feed availability, and the absence of plant cover (MUSSURY *et al.*, 2002; SILVA *et al.*, 2013).

In agricultural systems, the plant species used and the amount of biomass in the soil influence the populations of acarofauna (GRIESANG *et al.*, 2016). Bedano *et al.* (2006) observed that the total density of mites decreased with the intensity of cultivation, where each suborder presented different responses to soil management: whereas Oribatida and Mesostigmata were more sensitive to agricultural practices, the densities of Prostigmata and Astigmata did not seem to be affected by soil cultivation in dry or rainy period. Rivero and Brito (2014) evaluated different groups of the mesofauna in grazing, forage and cultivation systems that observed that the Oribatida and Mesostigmata suborders indicate stability and soil fertility dominated forage and grazing areas favored by the incorporation of organic material and increase of while Astigmata and Prostigmata were predominant in the polyculture area which, previously used as pasture, did not yet have suitable conditions for the establishment of other mesofauna groups. In structurally complex habitats of native vegetation, the density and richness of mites is ensured by greater diversity of plant species and consequently litter of higher nutritive value (RIEFF *et al.*, 2010).

Acari

Os ácaros juntamente com os collembolos são os principais organismos da mesofauna edáfica, desempenhando importantes funções no ecossistema ao atuarem como decompositores e facilitadores de grupos de microorganismos (GRIESANG *et al.*, 2016). Apresentam níveis funcionais diversos, sendo representados principalmente por predadores que regulam a microbiota e detritívoros (BROWN *et al.*, 2015).

A ordem Acari é dividida nas subordens Oribatida, Prostigmata, Mesostigmata e Astigmata (BEDANO *et al.*, 2006). Os ácaros são abundantes, apresentam grande diversidade taxonômica e são facilmente amostrados. São indicadores potenciais tanto do ambiente como das perturbações do ecossistema, pois são sensíveis aos teores de matéria orgânica, teor de umidade do solo, pH, práticas agrícolas e ao uso de inseticidas (SOCARRÁS, 2013). Em virtude de sua baixa mobilidade, são influenciados pela umidade do solo (ARAÚJO *et al.*, 2009), a qual em condições limitantes afeta a capacidade de forrageamento e disponibilidade de recursos (POMPEU *et al.*, 2016).

De acordo com Vu (2011), a diversidade de espécies e a densidade populacional dos ácaros estão relacionadas ao solo e ao tipo de habitat, podendo ser utilizados como indicadores de intensificação agrícola e tipos de solos, uma vez que as populações são sensíveis, por exemplo, a práticas de manejo convencionais, como revolvimento do solo, que reduz a disponibilidade de alimento, e a ausência de cobertura vegetal (MUSSURY *et al.*, 2002; SILVA *et al.*, 2013).

Em sistemas agrícolas, as espécies vegetais utilizadas e a quantidade de biomassa no solo influenciam as populações da acarofauna (GRIESANG *et al.*, 2016). Bedano *et al.* (2006) observaram que a densidade total de ácaros diminuiu com a intensidade de cultivo, contudo cada subordem apresentou diferentes respostas ao manejo do solo, ao passo que Oribatida e Mesostigmata apresentaram-se mais sensíveis às práticas agrícolas, e Prostigmata e Astigmata pareceram não ter suas densidades afetadas pelo cultivo do solo em alguns períodos. Rivero e Brito (2014), ao avaliarem diferentes grupos da mesofauna em sistemas de pastejo, forragem e cultivo, observaram que as subordens Oribatida e Mesostigmata indicadoras de estabilidade e fertilidade do solo dominaram as áreas de forragem e pastejo favorecidas pela incorporação de material orgânico e aumento da cobertura do solo, enquanto que Astigmata e Prostigmata foram predominantes na área de policultivo a qual, antes utilizada como pastagem, não detinha ainda condições adequadas ao estabelecimento de outros grupos da mesofauna. Em habitats estruturalmente complexos de vegetação nativa a densidade e riqueza de ácaros são asseguradas pela maior diversidade de espécies vegetais e, consequentemente, serapilheira de maior valor nutritivo (RIEFF *et al.*, 2010).

The suborder Oribatida is a bioindicator of soil moisture, while its populations increase or decrease depending on the degree of soil moisture (CASTALDELLI *et al.*, 2015; DUYAR; MAKINECY, 2016), with an increase in abundance in drier periods of the year (RIVERO; BRITO, 2016).

Soil fertility also influences the abundance and diversity of acarofauna, as observed by Cao *et al.* (2011). Both chemical and organic fertilization reduced the abundance of Oribatida mites, possibly due to phosphorus restricting the food resources of mycophages, but organic fertilization favored the density of predatory Mesostigmata mites.

Collembola

The collembolas play an important role in the cycling of nutrients by acting on the fragmentation of plant remains, thus contributing to the establishment of microflora (fungi and nematodes) on which it acts as population regulators (BELLINGER *et al.*, 2003). They have an important role in the food chain as food for other predators, such as spiders, beetles and mites (SILVA *et al.*, 2013).

The insects of this order are closely related to microclimatic variations, since temperature and humidity define the ideal habitat, determine the reproduction and growth rates of the individuals as well as their distribution within the soil profile. In addition, soil chemical attributes, such as organic matter content and pH, may affect the availability of food resources and limit the presence of some essential ion-related species present in soil water (POMPEO *et al.*, 2016; SOCARRÁS, 2013).

Some species are sensitive to soil contamination, others are favored by becoming abundant (SOCARRÁS, 2013). Antonioli *et al.* (2013) confirmed the sensitivity of this group to contamination when evaluating the effect of heavy metals, agrochemicals and fuel on the soil Collembola population. The authors observed that the element cadmium (Cd) in low concentrations favored the reproduction of Collembola, and zinc (Zn) and copper (Cu) negatively affected reproduction, possibly due to the reduction of the pH. There was no difference in the density of Collembola in soils submitted to different doses of fuel; however, diesel oil and burned oil affected reproduction, probably due to the increase in pH in the soil. Platelet density was favored by high doses of glyphosate (herbicide), and egg laying was increased by the application of epoxiconazole (fungicide) at a dose of 1.5 L ha⁻¹, demonstrating that these hexapods may or may not be tolerant to contamination.

Environmental heterogeneity also exerts influence on the communities of Collembola. In reforested areas, Collembola abundance and richness correlate positively with age and vegetation parameters, such as tree numbers, litter depth, and tree species richness (ZEPPELINI *et al.*, 2009).

A subordem Oribatide é bioindicadora de umidade do solo, ao passo que suas populações aumentam ou diminuem em função do grau de umidade do solo (CASTALDELLI *et al.*, 2015; DUYAR; MAKINECY, 2016), sendo abundante em períodos mais secos do ano (RIVERO; BRITO, 2016).

A fertilidade do solo também exibe influência sobre a abundância e a diversidade da acarofauna, conforme observado por Cao *et al.* (2011). Tanto a adubação química quanto a orgânica reduziram a abundância de ácaros Oribatida, possivelmente em função de o fósforo restringir os recursos alimentares de ácaros micófagos, contudo, a adubação orgânica favoreceu a densidade de ácaros Mesostigmata predadores.

Collembola

Os collembolas desempenham importante papel na ciclagem de nutrientes ao atuarem na fragmentação de restos vegetais, contribuindo assim para o estabelecimento da microflora (fungos e nematóides), sobre a qual atua como reguladores de populações (BELLINGER *et al.*, 2003). Também possuem importante papel na cadeia trófica ao servir de alimento para outros predadores como aranhas, besouros e ácaros (SILVA *et al.*, 2013).

Os insetos dessa ordem apresentam estreita relação com as variações microclimáticas, pois a temperatura e a umidade definem o habitat ideal, determinam as taxas de reprodução e crescimento dos indivíduos, bem como sua distribuição dentro do perfil do solo. Associado a isso, atributos químicos do solo como teor de matéria orgânica e pH podem afetar a disponibilidade de recursos alimentares e limitar a presença de algumas espécies relacionadas com íons essenciais presentes na água do solo (POMPEO *et al.*, 2016a; SOCARRÁS, 2013).

Algumas espécies são sensíveis à contaminação do solo, já outras são favorecidas, tornando-se abundantes (SOCARRÁS, 2013). Antonioli *et al.* (2013) comprovaram a sensibilidade desse grupo à contaminação ao avaliarem o efeito de metais pesados, agrotóxico e combustível sobre a população de collembolos do solo. Os autores observaram que o elemento Cádmiio (Cd) em baixas concentrações favoreceu a reprodução dos collembolas, já o Zinco (Zn) e o Cobre (Cu), possivelmente pela redução do pH, afetaram negativamente a reprodução. Não houve diferença na densidade de collembolos em solos submetidos a diferentes doses de combustíveis, contudo, o óleo diesel e o óleo queimado afetaram a reprodução, provavelmente, em decorrência do aumento no pH do solo. A densidade de collembolo foi favorecida por altas doses de Glifosato (Herbicida), e a postura de ovos foi ressaltada pela aplicação de Epoxiconazol (Fungicida) na dose de 1,5 L ha⁻¹, demonstrando que esses hexápodes podem ou não ser tolerantes a contaminação.

A heterogeneidade ambiental também exerce influência sobre as comunidades de collembolos. Em áreas reflorestadas, a abundância e a riqueza de collembolos correlacionam-se positivamente com a idade e os parâmetros da vegetação como número de árvores, profundidade da serapilheira e riqueza de espécies arbóreas (ZEPPELINI *et al.*, 2009).

Barreta *et al.* (2008) evaluated the bioindicator potential of Collembola in disturbed and natural areas of *Araucaria angustifolia*, and they observed that in the areas where there were fires, the richness of the families of Collembola was lower when compared to those of natural areas. However, the total abundance was greater in the disturbed areas when compared with those that did not present some degree of anthropic interference, indicating the potential of the use of Collembola as bioindicators of disturbance.

Coleoptera

The use of the Coleoptera order in environmental quality assessment studies is attributed to the wide variety of niches it occupies, number of families, species diversity and feeding habits (TEIXEIRA *et al.*, 2009), which may be phytophagous, parasitic, predatory, scavenging or coprophagous. For example, the coprophagous beetles of the Scarabaeidae family act in the fragmentation of organic matter, recycling excrements of other animals and acting in the biological control of other populations. Due to this, it is considered a group of ecological importance, whereas the presence or absence of this group can help in studies of anthropogenic intervention in the environment (RODRIGUES *et al.*, 2010).

According to Silva and Silva (2011), some species can be used as bioindicators because they have characteristics that easily reflect changes in the environments where they occur, through ecological indicators, such as abundance and wealth. The beetles of the Carabidae, Cerambycidae, Chrysomelidae, Curculionidae and Elateridae families are good indicators because they faithfully represent the ecological conditions of the habitats where they occur, have diversified taxonomy and respond rapidly to changes or fragmentation in the environment (OLIVEIRA *et al.*, 2014).

The physical and chemical quality of the soil can be analyzed through the relationship between soil organisms and soil attributes, as observed by Portilho *et al.* (2011), who verified the potential of the Chrysomelida family as a bioindicator of aluminum-saturated soils; moreover, the families Staphylinidae, Chironomidae and Blattidae were sensitive to soil organic matter, potassium and calcium content.

Barreto *et al.* (2013) stated that several factors can determine species diversity, and local vegetation characteristics, conservation status and quantity and age of the material to be decomposed determine habitat complexity. This influences the diversity of associated organisms.

Barreta *et al.* (2008), ao avaliarem o potencial bioindicador dos collembolos em áreas perturbadas e naturais de *Araucaria angustifolia*, observaram que nas áreas onde houve ocorrência de incêndios, a riqueza das famílias de collembolos foi menor quando comparado as de áreas naturais, contudo, a abundância total foi maior nas áreas perturbadas quando comparadas as que não apresentavam algum grau de interferência antrópica, indicando o potencial de utilização dos collembolos como bioindicadores de distúrbios.

Coleoptera

O emprego da ordem coleoptera em estudos de avaliação da qualidade ambiental ocorre em detrimento da grande variedade de nichos que ocupa, número de famílias, diversidade de espécies e de hábitos alimentares (TEIXEIRA *et al.*, 2009), os quais podem ser fitófagos, parasitas, predadores, necrófagos e coprófagos. Os besouros coprófagos da família Scarabaeidae, por exemplo, atuam na fragmentação da matéria orgânica, reciclando excrementos de outros animais e agirem no controle biológico de outras populações, são considerados um grupo de importância ecológica, ao passo que a presença ou ausência desse grupo pode auxiliar em estudos de intervenção antrópica no ambiente (RODRIGUES *et al.*, 2010).

De acordo com Silva e Silva (2011), algumas espécies podem ser utilizadas como bioindicadoras em função de deterem características que refletem facilmente as alterações nos ambientes onde ocorrem, através de indicadores ecológicos, como abundância e riqueza. Os besouros das famílias Carabidae, Cerambycidae, Chrysomelidae, Curculionidae e Elateridae são apontados como bons indicadores por representarem fielmente as condições ecológicas dos habitats onde ocorrem, além de possuírem taxonomia diversificada e responderem rapidamente à mudança ou fragmentação do ambiente (OLIVEIRA *et al.*, 2014).

A qualidade física e química do solo pode ser analisada por meio da relação entre os organismos edáficos e os atributos do solo, conforme observado por Portilho *et al.* (2011), onde os autores constataram o potencial da família Chrysomelida como bioindicadora de solos saturados por alumínio; já as famílias Staphylinidae, Chironomidae e Blattidae apresentaram-se sensíveis aos teores de matéria orgânica, Potássio e Cálcio no solo.

Barreto *et al.* (2013) afirmam que vários fatores podem determinar a diversidade das espécies, sendo que características locais de vegetação, estado de conservação, quantidade e idade do material a ser decomposto determinam a complexidade do habitat, o qual influencia a diversidade de organismos associados.

The abundance and representativeness of a particular family over others is indicative of the influence that the habitat exerts and the responsiveness of each one. For example, on the edge of a fragment, a greater abundance of Coleoptera of the families Ptiliidae and Scarabaeidae can be observed (BRITO-SILVA *et al.*, 2016), or in a transitional area between native forest and agricultural areas, the dominant families are Staphylinidae, Coccinellidae and Scarabaeidae (GONÇALVES *et al.*, 2014). Furthermore, in systems of production of grain, species are influenced by the type of management applied, thus an abundance of Scarabaeidae and Elateridae is observed (SANTOS *et al.*, 2016).

In natural environments, the occurrence of each family is differentially affected by the type of vegetation cover, amount of litter and luminosity. For example, Staphylinidae are found in more conserved areas, mild and with a high degree of litter, whereas Silphidae occurs in more open areas, with an intermediate level of litter and higher temperatures (FERNANDES *et al.*, 2011).

The occurrence of certain coleopteran groups in more conserved areas indicates that these insects constitute an important mechanism for biodiversity studies by providing clear and fast results of the conservation status of the monitored area (RODRIGUES; DUARTE, 2015).

Seasonality is also indicated as a determinant factor in coleofauna sampling by affecting and determining the abundance and dominance of families of the beetles sampled (FERNANDES *et al.*, 2011). Teixeira *et al.* (2009) verified that the number of individuals sampled was higher during the month of higher precipitation and higher temperature. Rodrigues *et al.* (2010) also observed that the occurrence of the species *Ataenius* sp1. in the Pantanal was higher from the beginning of the rainy season.

Hymenoptera

Ants along with bees and wasps comprise the order Hymenoptera. They play an important role in ecosystems because they exhibit the necessary characteristics to verify the conditions of preservation, degradation or recovery of the environment (FRANÇA *et al.*, 2014). These characteristics include dominance, wide distribution, high abundance and species richness, specialized taxa, ease of sampling and sensitivity to changes in the environment, which are excellent indicators of biological quality (FRANÇA *et al.*, 2014; CORASSA *et al.*, 2015).

According to Rocha *et al.* (2015), ant richness and diversity are associated with the complexity of the environments in which they occur, due to the greater or lesser availability of existing niches. According to the authors, the diversity of species is related to the feeding and reproductive habits, the complexity of the vegetation and the amount of litter available, among other factors, making them generalist species or specialists of preserved or disturbed environments.

A abundância e a representatividade de uma determinada família em detrimento de outras é um indicativo da influência que o habitat exerce e da capacidade de resposta de cada uma, de modo que na borda de uma fragmento se pode observar maior abundância de coleópteros das famílias Ptiliidae e Scarabaeidae (BRITO-SILVA *et al.*, 2016), ou em uma área de transição entre mata nativa e áreas agrícolas, seja Staphylinidae, Coccinellidae e Scarabaeidae as famílias dominantes (GONÇALVES *et al.*, 2014), ou ainda que em sistemas de produção de grão influenciados pelo tipo de manejo aplicado seja observado abundância de Scarabaeidae e Elateridae (SANTOS *et al.*, 2016).

Em ambientes naturais, a ocorrência de cada família é diferentemente afetada pelo tipo de cobertura vegetal, quantidade de serapilheira e luminosidade, tendo, por exemplo, Staphylinidae preferência por áreas mais conservadas, amenas e com elevado grau de serapilheira, enquanto que Silphidae ocorre em áreas mais abertas, com nível intermediário de serapilheira e temperaturas mais elevadas (FERNANDES *et al.*, 2011).

A ocorrência de certos grupos de coleópteros em áreas mais conservadas indica que estes insetos constituem-se em um importante mecanismo para estudos de biodiversidade ao fornecerem resultados claros e rápidos do estado de conservação da área monitorada (RODRIGUES; DUARTE, 2015).

A sazonalidade também é apontada como um fator determinante na amostragem da coleofauna ao afetar e determinar a abundância e dominância das famílias de besouros amostrados (FERNANDES *et al.*, 2011). Teixeira *et al.* (2009) verificaram que o número de indivíduos amostrados foi maior durante o mês de maior precipitação e temperaturas mais elevadas. Rodrigues *et al.* (2010) também observaram que a ocorrência da espécie *Ataenius* sp1. no Pantanal foi maior a partir do início do período chuvoso.

Hymenoptera

As formigas, juntamente com abelhas e vespas, compõem a ordem Hymenoptera. Desempenham um importante papel nos ecossistemas por exibirem as características necessárias à verificação das condições de preservação, degradação ou recuperação do ambiente (FRANÇA *et al.*, 2014), tais como: dominância, ampla distribuição, alta abundância e riqueza de espécies, táxons especializados, facilidade de amostragem e sensibilidade a alterações no ambiente, apresentam-se como excelentes indicadoras de qualidade biológica (FRANÇA *et al.*, 2014; CORASSA *et al.*, 2015).

De acordo com Rocha *et al.* (2015), as formigas tem sua riqueza e diversidade associada a complexidade dos ambientes onde ocorrem, em virtude da maior ou menor disponibilidade de nichos existentes. Segundo os autores, a diversidade de espécies está relacionada, dentre outros fatores, aos hábitos alimentares e reprodutivos, a complexidade da vegetação e a quantidade de serapilheira disponível, perfazendo-as espécies generalistas ou especialistas de ambientes preservados ou perturbados.

The influence of the environmental heterogeneity on the myrmecofauna has been confirmed in several studies (LUTINSKI *et al.*, 2014; CANTARELLI *et al.*, 2015; CORASSA *et al.*, 2015). Crepaldi *et al.* (2014) evaluated the ant community in an integrated pasture-grazing system and compared it with other management systems and confirmed that more conserved environments can support a greater diversity of specialized taxa favored by litter production and by the vegetal typology with consequent microclimatic amenability. In integrated and no-tillage systems, soil cover has been shown to be an important mechanism for the establishment of myrmecofauna communities. Veiga *et al.* (2015) assessed ant richness in forest fragments and adjacent areas and verified that the genus *Camponotus* occurred with greater intensity in the transitional areas, demonstrating preference for more open environments with a predominance of grasses and a high incidence of light directly on the soil. This was due to the genus *Paraponera* having an exclusive occurrence within the fragment, possibly because of the close relationship of this group with the flora used in the construction of nests.

Araneae

The order Araneae is a diverse group, occupying the seventh position among the orders with the greatest number of species and the second among the arachnids, with more than 43,000 described species distributed in 111 families, with about 70 occurring in Brazil (TRIVIA, 2013). It has a feeding habit of predating other invertebrates and preferentially living in the litter, but they can live directly in the soil (MARQUES *et al.*, 2014).

Due to their abundance and diversity, they are sensitive to changes in the ecosystem, such as food availability, predation, vegetation structure and litter level, intensity and type of agricultural practices, precipitation, temperature, humidity, wind and luminosity, so these factors can affect the density and species richness (FERNANDES *et al.*, 2008; TRIVIA, 2013).

In the study conducted by Francisco (2011), the spider community was influenced by environmental heterogeneity, and the species richness was distributed according to the vegetation cover, since this attribute is directly related to obtaining prey, shelter and reproduction. This demonstrates that the dynamics of spider communities in relation to changes in the landscape present potential for environmental quality bioindication.

A influência da heterogeneidade ambiental sobre a mirmeocofauna é comprovada em diversos estudos (LUTINSKI *et al.*, 2014; CANTARELLI *et al.*, 2015; CORASSA *et al.*, 2015). Crepaldi *et al.* (2014), ao avaliarem a comunidade de formigas em sistema integrado, lavoura-pastagem e compararem com outros sistemas de manejo, confirmam que ambientes mais conservados podem sustentar uma maior diversidade de táxons especializados favorecidos pela produção de serapilheira e pela tipologia vegetal com consequente amenização microclimática. Já nos sistemas integrados e de plantio direto a cobertura do solo tem se mostrado um importante mecanismo para o estabelecimento de comunidades da mirmeocofauna. Veiga *et al.* (2015), ao avaliarem a riqueza de formigas em fragmentos florestais e em áreas adjacentes, verificaram que o gênero *Camponotus* ocorreu com maior intensidade nas áreas de transição, demonstrando preferência por ambientes mais abertos com domínio de gramíneas e elevada incidência de luz diretamente no solo, já o gênero *Paraponera* teve ocorrência exclusiva no interior do fragmento, possivelmente em função da estreita relação desse grupo com a flora para a construção de ninhos.

Araneae

A ordem Araneae é um grupo diverso, ocupa a sétima posição dentre as ordens com maior número de espécies e a segunda dentre os aracnídeos, com mais de 43.000 espécies descritas distribuídas em 111 famílias, sendo que cerca de 70 ocorrem no Brasil (TRIVIA, 2013). Tem hábito alimentar de preda outros invertebrados e viver preferencialmente na serapilheira, contudo podem viver diretamente no solo (MARQUES *et al.*, 2014).

Por sua abundância e diversidade são sensíveis às alterações no ecossistema, como disponibilidade de alimento, predação, estrutura da vegetação e nível de serapilheira, intensidade e tipo de práticas agrícolas, precipitação, temperatura, umidade, vento e luminosidade, logo, tais fatores podem afetar a densidade e riqueza das espécies (FERNANDES *et al.*, 2008; TRIVIA, 2013).

No estudo realizado por Francisco (2011), a comunidade de aranhas foi influenciada pela heterogeneidade ambiental, estando a riqueza de espécies distribuída de acordo com a cobertura vegetal, pois tal atributo está diretamente relacionado com a obtenção de presas, abrigo e reprodução, demonstrando que a dinâmica das comunidades de aranhas em relação às alterações na paisagem apresenta potencial de bioindicação de qualidade ambiental.

This premise was also observed by Cunha *et al.* (2014) when they evaluated the distribution of spiders in two cropping systems and compared it with an area of native vegetation: the authors observed that in the organic system, applied agroecological practices, such as soil cover, improved microclimate, variable microhabitats and supply of resources to spiders, as well as the contribution of litter in the area of native vegetation benefited the colonization of several groups of spiders that use different strategies of survival, thus promoting greater richness of arachnid diversity in these environments.

The results obtained by Cunha *et al.* (2012) in assessing the preliminary diversity of soil spiders in areas of coastal Cerrado with different degrees of conservation demonstrated that the heterogeneity of vegetation is substantial for species diversity, suggesting that the degree of anthropic intervention in the environment can influence the composition of the communities of spiders.

FINAL CONSIDERATIONS

Biological indicators are efficient for assessing environmental quality and respond rapidly to changes in ecosystems;

Changes in habitats are easily perceived by the various arthropod groups, yet each group responds differently to biotic or abiotic changes, thus showing that each group is an excellent bioindicator of the environment it occupies;

Knowing the diversity of existing species, as well as the services provided and the degree of interaction with the environment that they occupy, is of paramount importance in face of the rapid and continuous changes promoted by anthropic activities.

Tal premissa também foi observada por Cunha *et al.* (2014), ao avaliarem a distribuição das aranhas em dois sistemas de cultivo e compará-los com uma área de vegetação nativa, observaram que, no sistema orgânico, práticas agroecológicas aplicadas, como o recobrimento do solo, favoreceram o microclima, micro-habitats variáveis e oferta de recursos as aranhas, assim como o aporte de serapilheira na área de vegetação nativa beneficia a colonização de diversos grupos de aranhas que se utilizam de diferentes estratégias de sobrevivência, promovendo assim maior riqueza de diversidade de aracnídeos nesses ambientes.

Os resultados alcançados por Cunha *et al.* (2012) ao avaliarem a diversidade preliminar de aranhas de solo em áreas do cerrado litorâneo com diferentes graus de conservação demonstram que a heterogeneidade da vegetação é substancial para a diversidade de espécies, preconizando que o grau de intervenção antrópica no ambiente pode influenciar a composição das comunidades de aranhas.

CONCLUSÕES

Os indicadores biológicos se mostram eficientes na avaliação da qualidade ambiental ao responderem de forma rápida às alterações nos ecossistemas;

As modificações nos habitats são facilmente percebidas pelos vários grupos de artrópodes, contudo, cada grupo responde de forma diferenciada às alterações de natureza biótica ou abiótica, revelando-os excelentes bioindicadores dos ambientes que ocupam;

Conhecer a diversidade de espécies existentes, bem como os serviços prestados e o grau de interação com o ambiente que ocupam, é de suma importância frente às rápidas e contínuas mudanças promovidas pelas atividades antrópicas.

SCIENTIFIC LITERATURE QUOTED

ABREU, R. R. L.; LIMA, S. S.; OLIVEIRA, N. C. R.; LEITE, L. F. C. Fauna edáfica sob diferentes níveis de palhada em cultivo de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Tropical**. 2014;44:4:409-416. < <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=253032707007>>

ANTONIOLLI, Z. I.; CINCEIÇÃO, P. C.; BOCK, V.; PORT, O.; SILVA, D. M.; SILVA, R. F. Método alternativo para estudar a fauna do solo. **Ciência Florestal**. 2006;16:4:407-4017. doi: 10.5902/198050981922

ANTONIOLLI, Z. I.; REDIN, M.; SOUZA, E. L.; POCOJESKI, E. Metais pesados, agrotóxicos e combustíveis: efeito na população de colêmbolos no solo. **Ciência Rural**. 2013;43:6:992-98. < <http://revistas.bvs-vet.org.br/crural/article/view/21828/22648>>

ARAÚJO, A. S. F.; MONTEIRO, R. T. R. Indicadores biológicos de qualidade do solo. **Bioscience Journal**. 2007;23:3:66-75. < <http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/6684/4403>>

- ARAÚJO, K. D.; PARENTE, H. N.; CORREIA, K. G.; RODRIGUES, M. Q.; DANTAS, R. T.; ANDRADE, A. P.; SOUTO, J. S. Influência da precipitação pluvial sobre a mesofauna invertebrada do solo em área de caatinga no semiárido da Paraíba. **Revista Geoambiente**. 2009;12:12:1-12. < <https://www.revistas.ufg.br/geoambiente/article/view/25979/14948>>
- AZEVEDO, F. R.; MOURA, M. A. R.; ARRAIS, M. S. B.; NERE, D. R. Composição da entomofauna da Floresta Nacional do Araripe em diferentes vegetações e estações do ano. **Revista Ceres**. 2011;58:6:740-748. doi:0.1590/S0034-737X2011000600010
- BAGLIANO, R. V.; SANTOS, M. C. H. G.; ITAYA, N. M.; CALIL, R. M. Principais organismos utilizados como bioindicadores relatados com uso de avaliadores de danos ambientais. **Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade**. 2012;2:1:24-29. < <https://www.uninter.com/revistameioambiente/index.php/meioAmbiente/article/view/113/50>>
- BARBOSA, F. S.; CARVALHO, M. A. S. Análise cienciométrica da utilização de briófitas como bioindicadores. **Caderno de Pesquisa**. 2016;28:1:34-47. doi:10.17058/cp.v28i1.4596
- BARRETA, D.; BARTZ, M. L. C.; FACHINI, I.; ANSELMINI, R.; ZORTEA, T.; BARRETA, C. R. D. M. Soil fauna and its relation with environmental variables in soil management systems. **Revista Ciência Agronômica**. 2014;45:5:871-879. < <http://ccarevista.ufc.br/seer/index.php/ccarevista/article/view/3477/1030>>
- BARRETA, D.; FERREIRA, C. S.; SOUZA, J. P.; CARDOSO, E. J. B. N. Colêmbolos (Hexapoda: Collembola) como bioindicadores de qualidade do solo em áreas com *Araucaria angustifolia*. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 2008;32:2693-2699. doi:10.1590/S0100-06832008000700012
- BARRETO, M. R.; MACHINER, R.; SMIDERLE, E. C. Cerambycinae (*Coleoptera*, *Cerambycidae*) em Mato Grosso, Brasil. **Biota Neotropica**. 2013;13:1:331-337. doi:10.1590/S1676-06032013000100032
- BEDANO, J. C.; CANTÚ, M. P.; DOUCET, M. E. Influence of three different land management practices on soil mite (Arachnida: Acari) densities in relation to a natural soil. **Applied Soil Ecology**. 2006;32:293-304. doi:10.1016/j.apsoil.2005.07.009
- BELLINGER, P. F.; CHRISTIANSEN, K. A.; JANSSENS, F. Checklist of the Collembola: Families. Department of Biology. University of Antwerp (RUCA). Antwerp, Belgium, 2003. Disponível em: <http://www.collembola.org>. Acesso em: 27 março de 2017.
- BERUDE, M. C.; GALOTE, J. K. B.; PINTO, P. H.; AMARAL, A. A. A mesofauna do solo e sua importância como bioindicadora. **Enciclopédia Biosfera**. 2015;11:22:14-28. < <http://www.conhecer.org.br/enciclop/2015E/A%20MESOFAUNA.pdf>>
- BRITO-SILVA, B. C.; PINA, W. C.; SILVA, A. O. Efeito de borda na dinâmica de besouros em fragmento de Mata Atlântica de Tabuleiro. **Ecologia e Nutrição Florestal**. 2016;4:3:78-86. doi: 10.5902/2316980X22033
- BROWN, G. G.; NIVA, C. C.; ZAGATTO, M. R. G.; FERREIRA, S. A.; NADOLNY, H. S.; CARDOSO, G. B. X.; SANTOS, A.; MARTINEZ, G. A.; PASINI, A.; BARTZ, M. L. C.; SAUTTER, K. D.; THOMAZINI, M. J.; BARRETA, D.; SILVA, E.; ANTONIOLLI, Z. I.; DECAENS, T.; LAVELLE, P. M.; SOUZA, J. P.; CARVALHO, F. Biodiversidade da fauna do solo e sua contribuição para os serviços ambientais. In: Parron, LM; Garcia, JR; Oliveira, EB de; Brown, GG; Prado, RB. Serviços ambientais em sistemas agrícolas e florestais do bioma Mata Atlântica. Brasília: Embrapa/Mapa, p. 154-221, 2015.
- CANDIDO, A. K. A. A.; SILVA, N. M.; BARBOSA, D. S.; FARIAS, L. N.; SOUZA, W. P. Fauna edáfica como bioindicadores de qualidade ambiental na nascente do rio São Lourenço, Campo Verde - MT, Brasil. **Engenharia Ambiental**. 2012;9:1:67-82. < file:///C:/Users/adria_000/Downloads/EAPT-2011-707.pdf>
- CANTARELI, C. V.; MARTINS, R.; ARANTES, V.; RAMIRES, M.; BARRELLA, W. Levantamento preliminar de aves na foz do rio Una, Mosaico da Juréia-Itatins, São Paulo, Brasil. **Unisanta Bioscience**. 2016;5:1:120-128. < <http://periodicos.unisanta.br/index.php/bio/article/view/632/686>>
- CANTARELLI, E. B.; FLECK, M. D.; GRANZOTTO, F.; CORASSA, J. D. N.; D'ÁVILA, M. Diversidade de formigas (Hymenoptera: Formicidae) da serrapilheira em diferentes sistemas de uso do solo. **Ciência Florestal**. 2015;3:607-616. doi.org/10.5902/1980509819612
- CAO, Z.; HAN, X.; HU, C.; CHEN, J.; ZHANG, D.; STEINBERGER, Y. Changes in the abundance and structure of a soil mite (Acari) community under long-term organic and chemical fertilizer treatments. **Applied Soil Ecology**. 2011;49:131-138. doi:10.1016/j.apsoil.2011.06.003
- CARRILLO, Y.; BALL, B.; BRADFORD, M. A.; MOLINA, M. Soil fauna alter the effects of litter composition on nitrogen cycling in a mineral soil. **Soil Biology and Biochemistry**. 2011;43:7:1440-1449. doi:0.1016/j.soilbio.2011.03.011

- CASTALDELLI, A. P. A.; SAMPAIO, S. C.; TESSARO, D.; HERRMANN, D. R.; SORACE, M. Meso e macrofauna de solo cultivado com milho e irrigado com água residuária da suinocultura. **Engenharia Agrícola**. 2015;35:5:905-917. doi:10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v35n5p905-917/2015
- CASTRACANI, C.; MAIENZA, A.; GRASSO, D. A.; GENESIO, L.; MALCEYSCHI, A.; MIGLIETTA, F.; VACARRI, F. P.; MORI, A. Biochar–macrofauna interplay: Searching for new bioindicators. **Science of the Total Environment**. 2015;536:1:449-456. doi: 10.1016/j.scitotenv.2015.07.019
- CORASSA, J. D. N.; FAIXO, J. G.; ANDRADE NETO, V. R.; SANTOS, I.B. Biodiversidade da mirmecofauna em diferentes usos do solo no Norte Mato-Grossense. **Comunicata Scientiae**. 2015;6:2:154-163. < <https://comunicatascientiae.com.br/comunicata/article/viewFile/468/314>>
- CREPALDI, R. A.; PORTILHO, I. I. R.; SILVESTRE, R.; MERCANTE, F. M. Formigas como bioindicadores da qualidade do solo em sistema integrado lavoura-pecuária. **Ciência Rural**. 2014;44:5:781-787. doi:10.1590/S0103-84782014000500004
- CUNHA, J. A. S.; ARZABE, C.; CASTRO, A. A. J. F.; BRESOVIT, A. D. Diversidade preliminar de aranhas de solo em áreas de Cerrado Litorâneo com diferentes níveis de conservação, Maranhão, Brasil. **Revista Biociências**. 2012;18:1:5-13. < <http://periodicos.unitau.br/ojs-2.2/index.php/biociencias/article/viewFile/1495/1045>>
- CUNHA, J. A. S.; BARROS, R. F. M.; MHEL, H. U.; SILVA, P. R. R. Atributos agroecológicos de solo e caracterização de predadores generalistas no cultivo de melancia nos tabuleiros litorâneos do Piauí, Brasil. **Revista Brasileira de Agroecologia**. 2014;9:1:269-281 < <http://aba-agroecologia.org.br/revistas/index.php/rbagroecologia/article/view/13355>>
- DALZOCHIO, T.; GOLDONI, A.; RODRIGUES, G. Z. P.; PETRY, I. E.; SILVA, L. B.; GEHLEN, G. Gill histopathology and micronucleus test of *Astyanax jacuhiensis* (Cope, 1894) (Teleostei, Characidae) to evaluate effects caused by acute exposure to aluminum. **Biotemas**. 2016;29:1:75-83. doi:10.5007/2175-7925.2016v29n1p75
- DUYAR, A.; MAKINECI, E. Seasonal and altitudinal variations of soil arthropods in *Abies nordmanniana* subsp. *bornmulleriana* forests. **Bosque**. 2016;37:2:35-345. doi:10.4067/S0717-92002016000200012
- FERNANDES, F. S.; ALVES, S. S.; SANTOS, H. F.; RODRIGUES, W. C. Staphylinidae e Silphidae (Coleoptera) como potenciais famílias bioindicadoras de qualidade ambiental. **Revista Eletrônica TECCEN**. 2011;4:3:17-32. doi:10.21727/teccen.v4i3.278
- FERNANDES, J. O.; MARTINS, P. T.; PASINI, A.; BROWN, G. G.; BRESOVIT, A. D. Comunidade de aranhas de solo como indicador biológico em agroecossistemas de Londrina, Paraná. Londrina: FertBio, 2008. 4 p.
- FRANÇA, J. M.; MIRANDA, L. M.; LEITE, M. V.; MOREIRA, E. A. Entomofauna bioindicadora da qualidade ambiental e suas respostas a sazonalidade e atratividade. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**. 2014;12:1:03-16. doi:10.5892/ruvrd.v12i1.1186
- FRANCISCO, R. C. Estudo da comunidade de aranhas (Araneae: Arachnida) de solo como ferramenta de diagnóstico ambiental. 2011. 75 f. Dissertação (Mestrado em Zoologia) - Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.
- GONÇALVES, I. S.; CARNEIRO, T. R.; VIANA, P. A. Levantamento de coleópteros em mata nativa e na cultura do milho. **Revista Ciências Exatas e da Terra e Ciências Agrárias**. 2014;9:2:73-79. < <http://revista.grupointegrado.br/revista/index.php/campodigital/article/view/1827/611>>
- GRIESANG, F.; LOPES-SILVA, V.; WILDNER, L. P.; SORDI, R. Influencia do cultivo de adubos verdes na dinâmica populacional da mesofauna edáfica em áreas manejadas sob plantio direto. **Revista Brasileira de Agroecologia**. 2016;11:2:70-78. < <http://aba-agroecologia.org.br/revistas/index.php/rbagroecologia/article/view/15782>>
- GRODSKY, S. M.; IGLAY, R. B.; SORENSON, C. E.; MOORMAN, C. E. Should invertebrates receive greater inclusion in wildlife research journals?. **The Journal of Wildlife Management**. 2015;9:4:529-536. doi: 10.1002/jwmg.875
- KAPUSTA, S. C. Bioindicação ambiental. Porto Alegre: Escola Técnica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2008. 88 p.
- LEIVAS, F. W. T.; CARNEIRO, E. Utilizando os hexápodes (Arthropoda, Hexapoda) como bioindicadores na biologia da conservação: avanços e perspectivas. **Revista de biologia: ambiente e diversidade**. 2012;38:83:203-213. doi: 10.7213/estud.biol.7333

- LIIRI, M.; HASA, M.; HAIMI, J.; SETALA, H. History of land-use intensity can modify the relationship between functional complexity of the soil fauna and soil ecosystem services – A microcosm study. **Applied Soil Ecology**. 2012;55:53-61. doi.org/10.1016/j.apsoil.2011.12.009
- LUTINSKI, J. A.; LUTINSKI, C. J.; LOPES, B. C.; MORAIS, A. B. B. Estrutura da comunidade de formigas (Hymenoptera: Formicidae) em quatro ambientes com diferentes níveis de perturbação antrópica. **Revista Ecología Austral**. 2014;24:229-237. < http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1667-782X2014000200012>
- MACHADO, D. L.; PEREIRA, M. G.; CORREIA, M. E. F.; DINIZ, A. R.; MENEZES, C. E. G. Fauna edáfica na dinâmica sucessional da mata atlântica em floresta estacional semidecidual na bacia do rio Paraíba do Sul - RJ. **Ciência Florestal**. 2015;25:1:91-106. doi:10.1590/1980-509820152505091
- MAESTRI, R.; LEITE M. A. S.; SCHMITT, I. Z.; RESTELLO, R. M. Efeito de mata nativa e bosque de Eucalipto sobre a riqueza de artrópodos na serapilheira. **Perspectiva**. 2013;37:31-40.
- MANHÃES, C. M. C. Caracterização da fauna edáfica de diferentes Coberturas vegetais no norte do estado do Rio de Janeiro, Brasil. 2011. 71 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, 2011.
- MARQUES, D. M.; SILVA, A. B.; SILVA, L. M.; MOREIRA, E. A.; PINTO, G. S. Macrofauna edáfica em diferentes coberturas vegetais. **Bioscience Journal**. 2014;30:5:1588-1597. < http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/22926/15034>
- MCGEOCH, M. A. The selection, testing and application of terrestrial insects as bioindicators. **Biological Reviews**. 1998;73:181-201. doi:10.1111/j.1469-185X.1997.tb00029.x
- MENTA, C.; CONTI, F. D.; PINTO, S.; LEONI, A.; LOZANO-FONDÓN, C. Monitoring soil restoration in an open-pit mine in northern Italy. **Applied Soil Ecology**. 2014;83:22-29. doi:10.1016/j.apsoil.2013.07.013
- MUSSURY, R. M.; SCALON, S. P. Q.; SILVA, S. V.; SOLIGO, V. R. Study of Acari and Collembola populations in four cultivation systems in Dourados - MS. **Brazilian Archives of Biology and Technology**. 2002;45:3:257-264. doi:10.1590/S1516-89132002000300002
- OLIVEIRA, A. J.; SANTOS, M. C. H. G.; ITAYA, N. M.; CALIL, R. M. Coliformes termotolerantes: bioindicadores da qualidade da água destinada ao consumo humano. **Atlas de Saúde Ambiental**. 2015;3:2:24-29. < http://www.revistaseletronicas.fmu.br/index.php/ASA/article/view/949/880>
- OLIVEIRA, M. A.; GOMES, C. F. F.; PIRES, E. M.; MARINHO, C. G. S.; DELLA LUCIA, T. M. C. Bioindicadores ambientais: insetos como um instrumento desta avaliação. **Revista Ceres**. 2014;61:800-807. doi:10.1590/0034-737X201461000005
- PEREIRA, R. C.; ROQUE, F. O.; CONSTATINO, P. A. L.; SABINO, J.; UEHARA PRADO, M. Monitoramento in situ da biodiversidade: Proposta para um sistema brasileiro de monitoramento da biodiversidade. Brasília: ICMBio, 2013. 61 p.
- PINZÓN, S. T.; ROUSSEAU, G. X.; PIEDADE, A. R.; CELENTANO, D.; ZELARAYÁN, M. L. C.; BRAUN, H. La macrofauna del suelo como indicadora de degradación de bosques ribereños en la amazonia oriental brasileira. **Revista de la Facultad de Agronomía**. 2014;114:1:49-60. < http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/47307>
- POMPEO, P. N.; OLIVEIRA FILHO, L. C. I.; KLAUBERG FILHO, O.; MAFRA, A. L.; BARRETA, C. R. D. M.; BARRETA, D. Diversidade de Coleoptera (Arthropoda: Insecta) e atributos edáficos em sistemas de uso do solo no Planalto Catarinense. **Revista Scientia Agraria**. 2016(b);17:1:16-28 doi:10.5380/rsa.v17i1.46726
- POMPEO, P. N.; SANTOS, M. A. B.; BIASI, J. P.; SIQUEIRA, S. F.; ROSA, M. G.; BARRETA, C. R. D. M.; BARRETA, D. Fauna e sua relação com atributos edáficos em Lages, Santa Catarina – Brasil. **Revista Scientia Agraria**. 2016(a);17:1:42-51. doi.org/10.5380/rsa.v17i1.46535
- PORTILHO, I. I. R.; CREPALDI, R. A.; BORGES, C. D.; SILVA, R. F.; SALTON, J. C.; MERCANTE, F. M. Fauna invertebrada e atributos físicos e químicos do solo em sistemas de Integração-Lavoura-Pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. 2011;46:10:1310-1320. doi:10.1590/S0100-204X2011001000027
- RECKZIEGEL, R. O.; OLIVEIRA, R. C. Biodiversidade de insetos em fragmento de floresta em Cascavel-PR. **Revista Thêma et Scientia**. 2012;2:1:145-150. < http://www.themaetscientia.fag.edu.br/index.php/RTES/article/view/65>

- RIEFF, G. G.; MACHADO, R. G.; STROSCHIN, M. R. D.; SÁ, E. L. S. Diversidade de famílias de ácaros e colêmbolos edáficos em cultivo de Eucalipto e áreas nativas. **Revista Brasileira de Agrociência**. 2010;16:1-4:57-61. doi.org/10.18539/cast.v16i1-4.2008
- RIVERO, A. S.; BRITO, I. I. Evaluación de sistemas agroecológicos mediante indicadores biológicos de la calidad del suelo: mesofauna edáfica. **Pastos y Forrajes**, v. 37, n.1, p. 47-54, 2014. < <http://www.redalyc.org/html/2691/269131241006/>>
- RIVERO, A. S.; BRITO, I. I. Variación de los componentes de la mesofauna edáfica en una finca con manejo agroecológico. **Pastos y Forrajes**, v. 39, n. 1, p. 41-48, 2016. < http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0864-03942016000100006>
- ROCHA, W. O.; DORVAL, A.; PERES FILHO, O.; VAEZ, C. A.; RIBEIRO, E. S. Formigas (Hymenoptera: Formicidae) bioindicadoras de degradação ambiental em Poxoréu, Mato Grosso, Brasil. **Floresta e Ambiente**, v. 22, n. 1, p. 88-98, 2015. doi:10.1590/2179-8087.0049
- RODRIGUES, S. R.; BARROS, A. T. M.; PUKER, A.; TAIRA, T. L. Diversidade de besouros coprófagos (Coleoptera, Scarabaeidae) coletados com armadilha de interceptação de voo no Pantanal Sul-Mato-Grossense, Brasil. **Biota Neotropical**, v. 10, n.2, p. 123-129, 2010. doi:10.1590/S1676-06032010000200015
- RODRIGUES, W. C.; DUARTE, M. N. Estudo de besouros (Insecta: Coleoptera) como bioindicadores de qualidade ambiental em um fragmento de Floresta Pluvial Atlântica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECOLOGIA, 12, São Lourenço. **Anais...** São Lourenço: SEB, 2015, p. 1-2.
- SANTOS, D. P.; SANTOS, G. G.; SANTOS, I. L.; SCHOSSLER, T. R.; NIVA, C. C.; MARCHÃO, R. L. Caracterização da macrofauna edáfica em sistemas de produção de grãos no Sudoeste do Piauí. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**. 2016;51:9:1466-1475. doi:10.1590/s0100-204x2016000900045
- SCORIZA, R. N.; CORREIA, M. E. F. Fauna do Solo como Indicadora em Fragmentos Florestais na Encosta de Morrotes. **Floresta e Ambiente**. 2016;23:4:598-601. doi:10.1590/2179-8087.135715
- SILVA, D. A. A.; SILVA, D. M.; JACQUES, R. J. S.; ANTONIOLLI, Z. I. Bioindicadores de qualidade edáfica em diferentes usos do solo. **Enciclopédia Biosfera**. 2015;11:22:3728-3736. doi:10.18677/Enciclopedia_Biosfera_2015_260
- SILVA, J.; JUCKSCH, I.; TAVARES, R. C. Invertebrados edáficos em diferentes sistemas de manejo do cafeeiro na Zona da Mata de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Agroecologia**. 2012;7:2:112-125. < <http://aba-agroecologia.org.br/revistas/index.php/rbagroecologia/article/view/10082>>
- SILVA, P. G.; SILVA, F. C. G. Besouros (Insecta: Coleoptera) utilizados como bioindicadores. **Revista Congrega URCAMP**. 2011;5:1:1-16. < http://www.academia.edu/8979664/Besouros_Insecta_Coleoptera_utilizados_como_bioindicadores>
- SILVA, R. F.; CORASSA, G. M.; BERTOLLO, G. M.; SANTI, A. L.; STEFFEN, R. B. Fauna edáfica influenciada pelo uso de culturas e consórcios de cobertura do solo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**. 2013;43:2:130-137. doi:10.1590/S1983-40632013000200001
- SIQUEIRA, G. M.; PAZ-FERREIRO, J.; SILVA, E. F. F. Land Use Intensification Effects in Soil Arthropod Community of an Entisol in Pernambuco State, Brazil. **The Scientific World Journal**. 2014;2014:1-7. doi:10.1155/2014/625856
- SIQUEIRA, G. M.; SILVA, E. F. F.; MOREIRA, M. M.; SANTOS, G. A. A.; SILVA, R. A. Diversity of soil macrofauna under sugarcane monoculture and two different natural vegetation types. **African Journal of Agricultural Research**. 2016;11:30:2669-2677. doi:10.5897/AJAR2016.11083
- SOCARRÁS, A. Mesofauna edáfica: indicador biológico de la calidad del suelo. **Pastos y Forrajes**. 2013;36:1:5-13. < http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942013000100001>
- TADIELLO, R. B.; COSTA, A. B.; LOBO, E. A.; SCHUCH, M.; PUTZKE, J. Utilização da *Tillandsia aeranthos* como bioindicador de poluição atmosférica, Santa Cruz do Sul, RS, Brasil. **Revista Tecnológica**. 2014;23:85-98. doi:10.4025/revtecnol.v23i1.20887
- TEIXEIRA, C. C. L., HOFFMANN, M. & SILVA-FILHO, G. Comunidade de Coleoptera de solo em remanescente de Mata Atlântica no estado do Rio de Janeiro, Brasil. **Biota Neotropical**. 2009;9:4:91-96. doi:10.1590/S0100-204X2011001000027
- TRIVIA, A. L. Diversidade de aranhas (Arachnida, Araneae) de solo na Mata Atlântica do Parque Municipal da Lagoa do Peri, Florianópolis, SC, Brasil. 2013, 66 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Ciências Biológicas) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

VEIGA, J. B.; SANTOS, R. C.; LOPES, M. P. M.; SILVA, R. R.; SILVA, A. C. S.; OLIVEIRA, A. S. Avaliação rápida da riqueza de formigas (Hymenoptera, Formicidae) em fragmentos de floresta ombrófila na região de Alta Floresta, MT. **Revista de Ciências Agroambientais**. 2015;13:2:13-18. < <https://periodicos.unemat.br/index.php/rcaa/article/view/1173/1247>>

VU, M. Q. Oribatid soil mites (Acari: Oribatida) of northern Vietnam: Species distributions and densities according to soil and habitat type. **Pan-Pacific Entomologist**. 2011;87:4:209-222. doi:10.3956/2011-21.1

ZARDO, D. C.; CARNEIRO, A. P.; LIMA, L. G.; SANTOS FILHO, M. Comunidade de artrópodes associada à serrapilheira de cerrado e mata de galeria, na estação ecológica Serra das Araras – Mato Grosso, Brasil. **Revista Uniara**, v. 13, n. 2, p. 105-113, 2010. doi:10.25061/2527-2675/ReBraM/2010.v13i2.143

ZEPPELINI, D.; BELLINI, B. C.; CREÃO-DUARTE, A. J.; HERNANDEZ, M. I. M. Collembola as bioindicators of restoration in mined sand dunes of Northeastern Brazil. **Biodiversity and Conservation**. 2009;18:5:1161-1170.