

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO AGROECOLOGIA  
MESTRADO PROFISSIONAL**

**RENAN GONÇALVES DA SILVA**

**FAUNA EDÁFICA PARA AVALIAÇÃO DO NÍVEL DE  
RECUPERAÇÃO DE NASCENTES NO ARENITO**

**Maringá  
2019**

RENAN GONÇALVES DA SILVA  
FAUNA EDÁFICA PARA AVALIAÇÃO DO NÍVEL DE RECUPERAÇÃO  
DE NASCENTES NO ARENITO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agroecologia, Mestrado Profissional, do Departamento de Agronomia, Centro de Ciências Agrárias da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Agroecologia, na área de concentração: Agroecologia.  
Orientador: Dr<sup>a</sup>. MARIA MARCELINA MILLAN RUPP  
Co-Orientador: Dr. HIGO FORLAN AMARAL

Maringá  
2019

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)  
(Biblioteca Central - UEM, Maringá - PR, Brasil)

S586f

Silva, Renan Gonçalves da

Fauna edáfica para avaliação do nível de recuperação de nascentes no arenito / Renan Gonçalves da Silva. -- Maringá, PR, 2019.  
viii, 71 f.: il. color., figs., tabs., maps.

Orientadora: Profa. Dra. Maria Marcelina Millan Rupp.

Coorientador: Prof. Dr. Higo Forlan Amaral.

Dissertação (Mestrado Profissional) - Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Agronomia, Programa de Pós-Graduação em Agroecologia - Mestrado Profissional, 2019.



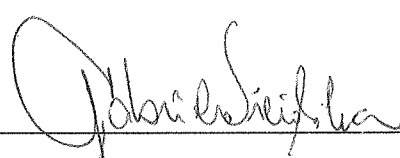
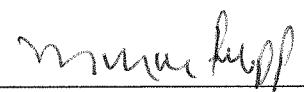
1. Fauna edáfica. 2. Nascentes no arenito - Paranavaí (PR). 3. Mesofauna. 4. Macrofauna. 5. Recursos naturais - Solo e água. I. Rupp, Maria Marcelina Millan, orient. II. Amaral, Higo Forlan, coorient. III. Universidade Estadual de Maringá. Centro de Ciências Agrárias. Departamento de Agronomia. Programa de Pós-Graduação em Agroecologia - Mestrado Profissional. IV. Título.

CDD 23.ed. 631.4

**RENAN GONÇALVES DA SILVA****Fauna edáfica para avaliação do nível de recuperação de nascentes  
no arenito**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Maringá, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agroecologia, para obtenção do título de mestre.

APROVADO em 26 de fevereiro de 2019.

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. José Ozinaldo Alves de Sena  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Higo Forlan Amaral  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Gabriela Vieira Silva  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Maria Marcelina Millan Rupp

Orientadora

## DEDICATÓRIA(S)

Exclusivamente a Deus, pela dádiva da vida e por iluminar todos os meus caminhos colocando pessoas especiais para fazer parte da minha história como familiares, professores e amigos.

## AGRADECIMENTO(S)

Agradeço primeiramente a Deus por sempre estar ao meu lado, dando vida, saúde, alegria, sabedoria e esperança.

A minha família que esteve sempre ao meu lado me apoiando e me orientando, agradeço assim a minha mãe (Maria Aparecida Gonçalves), irmã (Raquel Gonçalves da Silva Soares) e meus sobrinhos (Paulo Henrique Soares dos Santos e Rayane Soares dos Santos).

Sou eternamente grato a minha orientadora Dr.<sup>a</sup> Maria Marcelina Millan Rup que sempre foi pra mim um exemplo como profissional e principalmente como pessoa. A quem sempre terei eterna gratidão e admiração.

Agradeço de forma muito especial ao professor Dr. Higo Forlan Amaral meu co-orientador que esteve ao meu lado me apoiando e me ajudando desde o planejamento a análise dos dados. Além disso, o professor sempre me passou tranquilidade e me incentivou para conseguir vencer mais essa etapa da minha vida.

Demonstro também meus agradecimentos a todos os integrantes da banca, que contribuíram para a melhoria da qualidade deste trabalho.

Sou grato aos meus ex-alunos que agora são meus amigos Midyan Lais Y Giraldes dos Santos Alex Samir Attuy de Oliveira e Victor Hugo Viezorkosky que não mediram esforços me auxiliando na instalação de armadilhas, coletas e identificação das táxons de insetos.

Expresso minha gratidão ao colégio Enira de Paranavaí em especial a Valéria Bruning e Nislene Mendes Gonçalves Rodrigues que cederam de forma tão bondosa o uso do laboratório do colégio.

Agradeço ao Professor Dr. Virgílio Pereira Manuel Bernardinho que sempre me auxiliou na confecção dos mapas que foram essenciais para garantir a qualidade deste trabalho.

Quero expressar minha gratidão aos produtores rurais que permitiram o desenvolvimento dessa pesquisa de forma tão caridosa em suas propriedades.

Agradeço de forma especial o professor Dr. José Ozinaldo Alves de Sena que sempre proporcionou grandes ensinamentos que levarei por toda a vida.

Da mesma forma, agradeço a Leila Sena que sempre nos recebeu e nos auxiliou na secretaria do mestrado.

E por fim, agradeço também a minha namorada Jennifer Lorena de Souza da Silva que sempre teve paciência e sempre me apoiou em todas as minhas decisões e necessidades.

## EPÍGRAFE

"Mas graças a Deus, que nos dá a vitória por meio do nosso Senhor Jesus Cristo".

I Coríntios 15:57.

# FAUNA EDÁFICA PARA AVALIAÇÃO DO NÍVEL DE RECUPERAÇÃO DE NASCENTES NO ARENITO

## RESUMO

A preservação dos recursos naturais, como solo e água, é fundamental para manutenção da vida no ambiente urbano e adequado desenvolvimento rural, sendo fundamental o desenvolvimento de técnicas que auxilia o monitoramento e consequente tal preservação. Para isso, o uso de bioindicadores de solo pode ser útil por ter viabilidade de aplicação. Objetivo geral deste trabalho foi verificar o uso de fauna edáfica como bioindicadores em áreas de nascentes no arenito no município de Paranavaí/PR. Três áreas de nascente foram selecionadas de acordo com o grau de recuperação vegetal, denominado como, área A que estava contava com homogeneidade vegetativa, área B em início de estabelecimento das mudas de árvores inseridas e vegetação espontânea e área C sem vegetação inserida e pouca vegetação espontânea. Estas áreas foram georreferenciadas e definindo um raio de distância para estimar o tamanho igual da área a ser amostrada. A fauna foi amostrada via método “*pitfall*” e os organismos foram identificados segundo chave morfológica agrupando-os em “táxon”. Analisou-se frequência e índices ecológicos de Simpson e Shannon-Wiener, também se aplicou teste t de Student em técnica de bootstrap e análise de correspondência agrupando os taxa e as áreas. Em geral, os grupos de maior frequência foram hymenoptera, díptera e coleóptera e os de menor foram chilopoda, neuroptera e scorpiones. Os maiores valores do índice de Shannon de área  $A > B > C$ , porém, quanto ao índice de Simpson  $A > B=C$ . Pela análise de correspondências, e excluindo os grupos de maior ocorrência, observou-se que os grupos trichoptera e blattodea apresentaram maior associação com a área A, o grupo collembola para a área B e a dermaptera para C. A fauna do solo foi valiosa para discriminar as três áreas. A fauna edáfica foi útil para avaliar o nível de recuperação da nascente, que corroborou com os níveis de recuperação vegetal (previamente caracterizados).

**Palavras-chave:** Recursos naturais. Bioindicadores. Mesofauna. Macrofauna. Solo e água.



## EDAPHIC FAUNA TO EVALUATE THE REGENERATION LEVEL AROUND RIVER-SOURCE AREAS IN ARENITO

### ABSTRACT

Natural resources preservation is fundamental for the global environment and adequate agriculture development, and the monitoring tools are useful to the preservation of soil and water, and soil bioindicators should be useful and feasible. This study aimed to verify the use of edaphic fauna as bioindicators in areas of river-source in Arenito at Paranaíba/PR. Three areas of river-source were selected according to the degree of vegetation recovery, denominated: area A with a more homogeneity vegetative cover; other two areas were in inhomogeneity vegetal cover, that in B at the beginning of the establishment of the inserted tree (seedlings) and spontaneous vegetation, in area C was without planting of trees and spontaneous vegetation. These locals were georeferenced defining an equal distance related to the river-source point, and the field to the number sample of soil. The fauna was sampled using pitfall method, and the organisms were identified according to the morphological key. The frequency and Simpson and Shannon-Wiener indexes were calculated to biostatistical analyses, carried out the Student's t-test using in bootstrap technique; and correspondence analysis grouping taxa-areas. Overall the most numerous groups were hymenoptera, díptera and coleoptera and the smaller were chilopoda, neuroptera and scorpiones. The Shannon index values in descending order were of area  $A > B > C$  ( $>$  different by t-test), for the Simpson index  $A > B = C$ . By the analysis of correspondences, and excluding the groups with the highest occurrence, in the area the Trichoptera and Blattodea taxa with more association, the taxon collembola in the area B and the Dermaptera for C. The soil fauna was valuable to discriminate the three areas. The edaphic fauna was useful to evaluate the level of recovery of river-source, corroborating with levels state of vegetal recovery in arenito.

**Keywords:** Natural resources. Bioindicators. Mesofauna. Macrofauna. Soil and water.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Quadro ilustrativo dos fatores facilitadores e diretos para a degradação das terras e relação quanto às ações antrópicas e condições naturais.....	8
Tabela 2	Características dos bioindicadores e suas funcionalidades.....	17
Tabela 3	Quadro de categorização de bioindicadores e suas funcionalidades na avaliação de impactos ambientais.....	18
Tabela 4	Temperatura e umidade.....	34
Tabela 5	Número e frequência de táxons distribuídos nas diferentes áreas, onde A representa a melhor qualidade ambiental, B representa a área que recebeu ações de recuperação e C que representa a área em menor qualidade de conservação ambiental.....	40
Tabela 6	Índices ecológicos de macrofauna edáfica em áreas de nascentes em diferentes estádios de recomposição vegetal em solo de Arenito Caiuá na microbacia do município de Paranavaí, Paraná, Brasil.....	49
Tabela 7	Análise de solo das três áreas.....	60

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Mapa da localização do município de Paranavaí no estado do Paraná e Brasil. Na cor laranja o limite territorial do município.....	26
Figura 2	Foto aérea da área A com vegetação homogênea.....	28
Figura 3	Foto da área A que dispõe de vegetação consolidada.....	29
Figura 4	Localização da área B que conta com ações de recuperação ambiental.....	30
Figura 5	Demonstração arbórea da área B.....	31
Figura 6	Localização da área C onde dispõe mata ciliar consolidada.....	32
Figura 7	Demonstração vegetativa da área C.....	33
Figura 8	Confecção das armadilhas em garrafas pets.....	34
Figura 9	Armadilhas instaladas no solo.....	35
Figura 10	Distribuição das armadilhas em campo na área A, onde os pontos vermelhos representam as armadilhas, o azul a nascente, em laranja a área de experimentação e o raio de 50m em verde.....	36
Figura 11	Distribuição das armadilhas em campo na área B onde os pontos vermelhos representam as armadilhas, o azul a nascente, em laranja a área de experimentação e o raio de 50m em verde.....	36
Figura 12	Distribuição das armadilhas em campo na área C onde os pontos vermelhos representam as armadilhas, o azul a nascente, em laranja a área de experimentação e o raio de 50m em verde.....	37
Figura 13	Índices ecológicos de macrofauna edáfica em áreas de nascentes em diferentes estádios de recomposição vegetal em solo de Arenito Caiuá na microbacia do município de Paranavaí, Paraná, Brasil.....	47
Figura 14	Análise de correspondência para verificar o grau de associação entre os taxa e as áreas.....	51
Figura 15	Análise de correspondência entre as áreas e taxa de animais.....	53
Figura 16	Análise de correspondência entre as áreas e taxa de animais.....	54
Figura 17	Taxa com frequências de 1 a 3% (em relação ao total de dados) macrofauna edáfica em três áreas de Arenito Caiuá na microbacia do município de Paranavaí, Paraná.....	55
Figura 18	Taxa com frequências de 0,20 a 0,55% (em relação ao total de dados) macrofauna edáfica em três áreas de Arenito Caiuá na microbacia do município de Paranavaí, Paraná.....	56
Figura 19	Análise de correspondência entre as áreas e indicadores de qualidade de solo provenientes do Arenito Caiuá na microbacia do município de Paranavaí, Paraná.....	58

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	1
<b>2. REVISÃO DA LITERATURA</b> .....	2
2.1 Problemática ambiental.....	2
2.2 Conceitos e importância das bacias hidrográficas e áreas de nascentes .....	4
2.3 A importância das áreas ao entorno das nascentes .....	6
2.4 Legislação ambiental .....	10
2.5 Impactos ambientais .....	13
2.6 Bioindicadores Ambientais.....	15
2.7 Fauna edáfica .....	22
2.8 Teia alimentar .....	25
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	25
3.1 Caracterização da localidade e áreas.....	25
3.2 Descrição das áreas amostradas .....	28
3.2.1 Área A .....	28
3.2.2 Área B .....	29
3.2.3 Área C .....	31
3.3 Amostragem.....	33
3.4 Conservação pós-coleta .....	38
3.5 Método de contagem dos indivíduos capturados.....	38
3.6 Análises estatísticas .....	38
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	40
4.1 Taxa, frequências e papel ecológico no solo .....	40
4.1.1 Taxa que apresentam maior frequência.....	40
4.1.2 taxa de menor frequência.....	44
4.2 Índices ecológicos.....	47
4.3 Nível de degradação e indicadores edáficos .....	50
4.4 Análise de solo.....	58
<b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	59
<b>6. CONCLUSÃO</b> .....	60
<b>7. ANEXOS</b> .....	61
<b>8. REFERÊNCIAS</b> .....	63

# 1. INTRODUÇÃO

Uma das maiores dificuldades na atualidade é promover a gestão adequada dos recursos hídricos, embora este seja um recurso primordial para que o homem desenvolva suas atividades a preservação da qualidade e quantidade deste recurso tem sido ameaçada. Desta forma, o desafio deste século é promover o equilíbrio entre a utilização de forma sustentável da água com a finalidade de suprir as necessidades das atuais gerações, sem comprometer a capacidade de suporte das posteridades.

Dessa forma, tem se criado esforços para a proteção deste elemento. No entanto, algumas áreas já se encontram em estado de degradação ambiental, principalmente as áreas de nascentes por se tratarem de áreas com maior sensibilidade ficam suscetíveis a mudanças ambientais, chegando a muitos casos desaparecerem deixando de cumprir suas funções ambientais. Vale ressaltar que o manejo adequado do solo é primordial para alcançar a seguridade da disponibilidade e qualidade da água.

É necessário o desenvolvimento de planos que permitam a recuperação das áreas em estado de degradação. Estes planos permitem a reconstituição das funções ambientais das áreas de nascentes, devolvendo ao ambiente sua capacidade de fornecimento de água para os corpos hídricos. Desta maneira, é fundamental que esta atividade seja acompanhada por meio do desenvolvimento de programas de monitoramento ambiental, que permitem verificar ao longo de um horizonte temporal o nível de qualidade ambiental destas áreas.

Neste sentido, existem evidências que meso e macro fauna edáfica (constituídas pelas táxons: Aranea, Coleóptera, Collembola, Dermaptera, Dipitera, Isoptera, Oligochaeta entre outras) por serem sensíveis a mudanças nos níveis de qualidade ambiental, podem ser utilizados como bioindicadores em áreas de nascentes. É possível então, desenvolver avaliações que forneçam mecanismos para a realização do manejo adequado para estas áreas a partir da observação da interação destes organismos no ecossistema. Esses organismos desempenham um importante papel na manutenção da qualidade ambiental como: decomposição da matéria orgânica, polinização, controle natural de pragas e doenças etc. Além disso, são considerados “engenheiros do solo”, pois, suas ações desenvolvem a estruturação da estabilidade dos solos permitindo o equilíbrio da qualidade ambiental (BIGNELL; MOREIRA; HUSING, 2010).

Nesta perspectiva, vislumbrando promover a preservação das nascentes e consequentemente promover a qualidade das águas é necessário o desenvolvimento adequado do manejo dos solos, principalmente aos solos arenosos que já apresentam pré-disposição

para os fatores erosivos. Assim, como já mencionado é fundamental a promoção da preservação e recuperação da mata ciliar com o auxílio de ferramentas que permitam o biomonitoramento para acompanhar a evolução da qualidade do ecossistema de forma sistêmica. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi verificar o uso da fauna edáfica como bioindicadores em áreas de nascentes no arenito no município de Paranavaí/PR.

## **2. REVISÃO DA LITERATURA**

### **2.1 Problemática ambiental**

Desde os primórdios o ser humano busca desenvolver suas atividades próximas aos cursos hídricos em especial as nascentes, isso se justifica pelas suas necessidades essenciais que são a água, o ar e o alimento (Barreto et al. 2010). Ao longo da história as primeiras civilizações se desenvolveram as margens de rios (Tigre e Eufrates, Nilo, Indus e Amarelo) de onde garantiam o abastecimento de água, desenvolvimento social e econômico (KOBİYAMA; MOTA; CORSEUIL, 2008).

A água é um elemento em abundância na natureza, e durante muito tempo as civilizações tiveram a falsa percepção, de que a falta de água seria impossível, não se preocupando em respeitar a capacidade de suporte deste recurso, e com a contaminação ambiental (KOBİYAMA; MOTA; CORSEUIL, 2008). No entanto, com o uso intensivo dos recursos naturais instaurou-se em termos globais a atual crise hídrica. De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS) apud Jacobi et al. (2016), em 2014 mais de 750 milhões de pessoas sofriam com a falta de acesso a fontes adequadas para consumo de água e mais de 2,5 bilhões de pessoas não tinham condições adequadas de saneamento.

Segundo Santos et al. (2004), a água tem se tornado aos poucos uma mercadoria valiosa do século 21, transformando-se em um bem escasso, com demanda crescente para uma oferta cada vez mais reduzida, seja pela sua degradação ou pelo mau uso. Em termos gerais, existem três usos principais para os recursos hídricos no contexto global, onde se destina 69% para a área agrícola (irrigação e dessedentação animal), 23% para o uso industrial (lavagens e resfriamento) e somente 8% para o uso municipal (casa, escola, hospital, restaurante) (PHILIPPI; ROMÉRO; BRUNA, 2004).

Neste contexto, a água acaba sendo gerida e distribuída de forma inadequada, não respeitando a capacidade de regeneração destes recursos, fato que tem chamado a atenção dos

governantes mundiais, isso porque a falta de água limita o desenvolvimento social e econômico dos países (KOBİYAMA; MOTA; CORSEUIL, 2008).

Alguns fatores potencializados pelo ser humano acabam favorecendo o desrespeito aos limites de capacidade de suporte destes recursos. De acordo com Oliveira e Molica (2017), todos os ecossistemas naturais têm uma capacidade própria de decompor até certo limite a matéria orgânica gerada pelas atividades humanas. No entanto, ainda de acordo com os autores supracitados, quando a entrada de matéria orgânica é maior que a capacidade de regeneração dos sistemas naturais começa então o processo de degradação, em grande parte a matéria orgânica é de origem de efluentes e resíduos sólidos tratados de forma inadequada. Cabe ressaltar que, o excesso de matéria orgânica nos corpos hídricos favorece o processo de eutrofização das águas, o que causa impactos ambientais pela redução dos níveis de oxigênio dissolvido na água levando a morte de indivíduos da ictiofauna (MACEDO, SIPAÚBA-TAVARES, 2010).

Neste sentido, outro fator que gera pressão sobre o gerenciamento dos recursos hídricos é o crescimento desaxonado dos centros urbanos. De acordo com estudos de Bispo e Levino (2011), o crescimento urbano de forma desaxonada leva a criação de sistemas que possibilitam a impermeabilização das águas o que conseqüentemente leva a um processo de desabastecimento dos lenções freáticos. Estudos realizados por Serreti; Martins e Alves (2015), mostram indícios de alterações nos ciclos hidrogeológicos no município de BH em decorrência do crescimento desaxonado em habitações e infraestrutura da cidade. Os autores mencionados, apontam que o processo de urbanização impactou consideravelmente o ambiente da cidade, desde a oscilação de precipitação com picos de alta e baixa incidência de chuvas, além do aumento do período de estiagem.

O processo de urbanização provoca a aglomeração de casas e comércios, essas atividades por si só configuram-se como uma fonte de poluição, pois implica numerosos problemas ambientais, como o acúmulo de lixo, o enorme volume de esgotos, os congestionamentos de tráfego, etc. (LEAL; FARIAS; ARAUJO, 2008). Resultando assim, no processo de poluição das águas e conseqüentemente gerando impactos ambientais negativos.

A partir da revolução industrial a poluição tornou-se um problema para a humanidade, isso porque os impactos ambientais deixaram de ser locais e passaram para a escala global (LEAL; FARIAS; ARAUJO, 2008). Com o advento da dominação do sistema capitalista o ser humano deixou de fazer parte do ambiente natural de forma harmoniosa e passou a domina-la de forma predatória. (LEAL; FARIAS; ARAUJO, 2008). De acordo com

os autores supracitados, a indústria passou a esgotar a capacidade de regeneração dos corpos hídricos, lançando poluentes em grande quantidade e que não são biodegradáveis, inserindo em ambiente natural ainda: plásticos, pesticidas, detergentes, águas residuárias em temperatura elevada, diversos metais pesados entre outros. Todos estes elementos quando lançados em ambiente natural são causadores da redução da quantidade de espécies o que acaba comprometendo a manutenção dos estoques naturais da terra e consequentemente por um viés holístico acabam comprometendo a qualidade das nascentes.

O uso adequado do solo é um fator determinante para a preservação e manutenção da qualidade dos recursos hídricos. De acordo com Barreto; Ribeiro e Pilz (2010), a salinização do solo em áreas de cultivo irrigado e o rebaixamento do nível dos lençóis freáticos em regiões onde há superexploração de água subterrânea são apontados pelos autores como alguns dos principais fatores que limitam a manutenção da qualidade das nascentes, e consequentemente a qualidade das águas.

Neste aspecto, outro desafio relacionado com o manejo do solo é mitigação do processo de erosão, que muitas vezes compromete a qualidade ou até mesmo o soterramento das nascentes e calhas de rios. De acordo com Araujo; Almeida e Guerra (2010), a perda ou remoção da vegetação do solo pode resultar em processo de erosão hídrica ou eólica. O que consequentemente acaba gerando o processo de assoreamento dos rios chegando a alguns casos o solapamento das calhas fluviais causando alterações intensivas na bacia hidrográfica.

## **2.2 Conceitos e importância das bacias hidrográficas e áreas de nascentes**

Em consonância com Schiavetti e Camargo (2002), pelo viés de um estudo hidrológico o conceito de uma bacia hidrográfica, envolve o conjunto de terras drenadas por um corpo d'água principal e seus afluentes, e representa a unidade mais apropriada para o estudo qualitativo e quantitativo da água e dos fluxos de sedimentos e nutrientes. Sendo assim, quando não se tem o uso adequado dos solos da bacia hidrográfica a quantidade e qualidade da água acaba sendo comprometida. O que consequentemente gera alterações nas composições químicas, físicas e biológica dos sistemas.

De acordo com Dashefsky (2003), bacia hidrográfica pode ser chamada de bacia de captação ou bacia de drenagem, esta área refere-se à área ao entorno de um corpo hídrico, sendo responsável pela maior parte da água que entra no sistema. De acordo o autor, a



precipitação cai sobre a bacia hidrográfica sendo encaminhada para um rio ou um lago por meio do escoamento superficial.

É definida como uma região sobre a terra, na qual o escoamento superficial em qualquer ponto converge para um único ponto fixo, chamado exutória. O fluxo de matérias como solo, água, nutrientes e poluentes é cotáxonados dentro dos contornos da bacia, em uma dinâmica estabelecida pelo comportamento das águas nessa unidade. Portanto, a bacia hidrográfica é a unidade ideal (ótima) para o gerenciamento integrado dos recursos naturais (KOBAYAMA, 1999).

Neste sentido, para que ocorra o gerenciamento integrado destes recursos é necessário estabelecer mecanismos que forneçam dados para o monitoramento das áreas de maior importância dentro de uma bacia hidrográfica. Desta forma, as áreas de nascentes por serem vulneráveis a alterações ambientais devem receber atenção especial, pois a manutenção destas áreas preservadas contribuirá com toda a bacia hidrográfica. Segundo Schiavetti e Camargo (2002), quando se adota o conceito de bacia hidrográfica para a conservação dos recursos naturais torna-se possível avaliar o potencial de desenvolvimento em uma determinada área geográfica, assim torna-se factível as melhores formas de aproveitamento dos recursos naturais e mitigação dos impactos ambientais.

Conforme relata Dashefsky (2003), o tamanho da região, a formação do solo e a vegetação irão influenciar na quantidade e tipo de água. Compreendido por Schiavetti e Camargo (2002), as formas de manejo em uma bacia hidrográfica irá determinar a produtividade biológica nestes sistemas. Assim é necessária, a criação de meios que facilitem o dimensionamento destas atividades nestas áreas com a atenção voltada para os pontos de maiores relevância para a manutenção da bacia. Deste modo o monitoramento e o controle da quantidade e da qualidade da água, é um dos principais elementos da gestão dos recursos hídricos, e ferramenta vital para a garantia da qualidade da água (BARRETO; RIBEIRO; PILZ, 2010). Na prática, a utilização do conceito de bacia hidrográfica consiste na determinação de um espaço físico funcional, sobre o qual devem ser desenvolvidos mecanismos de gerenciamento ambiental na perspectiva do desenvolvimento sustentável (SCHIAVETTI; CAMARGO, 2002).

Nesta perspectiva, sem dúvidas um dos pontos estratégicos para se realizar o monitoramento das áreas de relevância para a manutenção dos estoques hídricos são as áreas de nascentes. Atualmente no Brasil considera-se pela Lei Federal 12.651/2012 que uma nascente é o “afioramento natural do lençol freático que apresenta perenidade e dá início a um curso d’água” (BRASIL, 2012). De acordo com Davide (2004), “nascente é um ponto de onde a água jorra através da superfície do solo. São também conhecidas como olho d’água, fio d’

água, mina d' água, cabeceira e fonte". As águas surgentes nestes pontos irão formar córregos, ribeirões, rios e lagos que possibilitarão a distribuição da água por toda a bacia hidrográfica, sendo um elemento primordial e precioso para a garantia da sustentabilidade econômica, social e ambiental. Conforme relatos de Baggio et al. (2013), nascentes podem ser perenes, dando água o ano todo; intermitentes, vertendo por períodos variáveis ao longo do ano; e temporárias (ou efêmeras), que ocorrem apenas em períodos de chuvas.

As nascentes também podem ser classificadas conforme sua formação, onde pode ser encontradas nascentes de encostas, veredas e nascentes de fundo de vales. De acordo com Barreto; Ribeiro e Pilz, (2010), "onde não há acúmulo inicial de água (a água escorre), é típico da chamada nascente de encosta ou de contato (a camada rochosa sobre a qual corre o lençol freático é menos inclinada que o terreno e acaba encontrando a superfície)".

Já as nascentes de veredas ocorrem quando a superfície freática ou um aquífero artesiano interrompe a superfície do terreno e o escoamento é propagado em uma área, sendo formadas diversas e pequenas nascentes em todo o terreno dando origem as veredas (LINSLEY e FRANZINI, 1978 *apud* GONÇALVES; SANTOS e AGUIRRE, 2016).

Outro tipo de formação são as nascentes de fundo de vales.

"Se a vazão for pequena, estas nascentes apenas molham e amolecem o terreno, mas se for grande, criam o tipo de nascente com acúmulo inicial de água, comum quando a camada rochosa por baixo do lençol freático fica paralela à parte mais rasa do terreno e acaba formando um lago. Essas são as chamadas nascentes de fundo de vale e as que têm origens em rios subterrâneos" (Barreto; Ribeiro e Pilz, 2010).

Neste contexto, seja qual for à formação e tipo de nascente é necessário que as ações de gestão ambiental sejam realizadas em uma perspectiva holística considerando os aspectos químicos, físicos e biológicos que envolvem a manutenção do equilíbrio ecológico. As nascentes são pontos territoriais estratégicos para o atendimento de necessidades humanas básicas, no entanto, estas fontes d' água só poderão fornecer material de forma satisfatória somente se os ecossistemas que viabilizam sua existência forem protegidos (BARRETO; RIBEIRO E PILZ, 2010). Assim, estratégias para o monitoramento destas áreas são fundamentais em direção à conservação destes recursos.

### **2.3 A importância das áreas ao entorno das nascentes**

A conservação das áreas ao entorno das nascentes é fundamental para a manutenção do equilíbrio do ecossistema tanto em ambiente rural quanto urbano. Neste

sentido, as massas de vegetação natural são denominadas matas ciliares que se formam espontaneamente as margens dos rios, riachos e córregos (RECH; ALTMANN, 2009). Estas áreas configuram-se como um sistema constituído pela vegetação, pelo solo, pelo relevo e pelos demais componentes das áreas de recarga (SOUZA e FERNANDES, 2014). Diante deste aspecto, a mata ciliar desempenha importante função ambiental na manutenção da qualidade da água, estabilidade dos solos, regularização dos ciclos hidrológicos e conservação da biodiversidade (NACHTIGAL; MEDEIROS; MEDEIROS, 2008). Desta forma, a mata ciliar recebe este nome em decorrência de uma analogia entre a função dos cílios em proteger os olhos e a finalidade protetora das matas ciliares para os recursos hídricos (KUNTSCHIK; EDUARTE; UEHARA, 2011).

Quando não se tem a condição de mata ciliar estabelecida de forma adequada, as áreas de nascentes acabam ficando em um estado de vulnerabilidade a uma grande diversidade de impactos ambientais. De acordo com Araujo; Almeida e Guerra (2010), a retirada da vegetação arbórea pode desestabilizar o solo tornando-o mais suscetível a avarias em suas características físicas, químicas e biológicas. Diante deste aspecto, existe então uma gama de impactos negativos relacionados com a retirada das matas ciliares. De acordo com Kuntschik; Eduarte e Uehara (2011), os impactos negativos relacionados com a retirada da mata ciliar são: a fragmentação dos habitats que trazem como consequência a diminuição da vegetação natural e a utilização das terras para outras finalidades como: pastagens, áreas urbanas, lavouras entre outros. A retirada da mata ciliar também causa a disseminação de espécies invasoras, estas por sua vez podem gerar a substituição das espécies nativas e conseqüentemente ocasionar desequilíbrio no funcionamento dos ecossistemas (KUNTSCHIK; EDUARTE; UEHARA, 2011). Os autores supracitados, ainda relacionam a retirada da mata ciliar a três impactos ambientais negativos sendo eles: o estímulo a incêndios, poluição das águas e a elevação do processo de erosão do solo. Vele ressaltar que de acordo com os autores, quando os agrotóxicos chegam aos corpos hídricos trazem consigo diversos prejuízos aos ecossistemas aquáticos. Isso porque, quando é retirada esta vegetação perde-se a barreira de proteção contra a entrada de poluentes que seriam interceptadas pela mata ciliar.

Observa-se então que os impactos ambientais são de ordem cumulativos, onde a retirada das matas ciliares, causam a degradação dos solos e conseqüentemente acabam interferindo no volume e qualidade das águas das nascentes. Com relação à degradação dos

solos pode-se observar na tabela a seguir uma relação entre os fatores facilitadores e fatores diretos de degradação das terras e as condições naturais do ambiente.

**Tabela 1** – Quadro ilustrativo dos fatores facilitadores e diretos para a degradação das terras e relação quanto às ações antrópicas e condições naturais.

	Ações antrópicas	Condições naturais
Fatores facilitadores	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Desmatamento</li> <li>- Permissão de superpastejo</li> <li>- Uso excessivo da vegetação</li> <li>- Talude de corte</li> <li>- Remoção da cobertura vegetal para o cultivo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Topografia</li> <li>- Textura do solo</li> <li>- Composição do solo</li> <li>- Cobertura vegetal</li> <li>- Regimes hidrográficos</li> </ul>
Fatores diretos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Uso de máquinas</li> <li>- Condução do gado</li> <li>- Encurtamento do pousio</li> <li>- Entrada excessiva de água/drenagem insuficiente</li> <li>- Excesso de fertilização ácida</li> <li>- Uso excessivo de produtos químicos/estrupe</li> <li>- Disposição de resíduos doméstico/industriais</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Chuvas fortes</li> <li>- Alagamentos</li> <li>- Ventos fortes</li> </ul>

Fonte: FAO 1980 *apud* Araujo; Almeida e Guerra (2010)

De acordo com Tabela 1, as ações antrópicas potencializam a degradação do solo, e quando estes fatores ocorrem as nascentes acabam sendo afetadas de forma direta ou indireta. Logo é necessário o estabelecimento de ações que visam à manutenção das áreas conservadas e/ou a promoção de sua recuperação.

Em consonância com os estudos de Rech e Altmann (2009), as matas ciliares desempenha um importante papel na proteção das margens e na frenagem da erosão. Conforme conceituam Araujo; Guerra e Almeida (2010 p. 77), erosão superficial ou erosão do solo é a remoção das camadas superficiais do solo pelas ações do vento e da água (em países de Hemisfério Norte existe ainda o gelo). Deste modo, a erosão do solo ocorre principalmente em locais desmatados ou com o uso inadequado do solo para agricultura, podendo ocorrer à perda de solo por ação da água das chuvas (KUNTSCHIK; EDUARTE; UEHARA, 2011). Em concordância com Araujo; Guerra e Almeida (2010 p. 77), a erosão do solo envolve um processo de destacamento e transporte de partículas por esses agentes. Ainda de acordo com os autores, erosão é iniciada por forças de arrasto, de impacto ou de tração agindo em

partículas individuais da superfície do solo. Consoante com Kuntschik; Eduarte e Uehara (2011), os sedimentos são carregados para os corpos hídricos iniciando assim o processo de assoreamento o que influencia na redução da quantidade da água onde ela passa a fluir mais lentamente afetando todo o ecossistema.

A ação antrópica funciona como potencializadores deste processo, principalmente associada ao desmatamento e construção de vias de acesso, o que torna fator determinante na deflagração dos processos erosivos, desta forma, a falta de cautela com relação às condições naturais do solo tem provocado desequilíbrio ambiental resultando na movimentação das camadas superficiais (GERSCOVICH, 2016).

Desta maneira, a erosão inicia-se quando as gotas de água de chuva entram em coalisão ao solo desnudo, deslocando as partículas de solo a grandes distancia, iniciando assim as ravinas e podendo evoluir para as voçorocas (Araujo; Almeida; Guerra, 2010). A vegetação do solo funciona como uma interceptadora da água para o solo, permitindo assim que esta água chegue ao solo de forma menos abrupta e conseqüentemente reduzindo as chances da formação dos processos de assoreamento dos corpos hídricos.

Conforme destaca Kuntschik; Eduarte e Uehara (2011), outra função vital das matas ciliares é a função de fonte natural de captação de água para a manutenção dos estoques de águas subterrâneas, isso porque estas áreas possuem um potencial facilitador de permeabilização das águas pluviais, fator que irá refletir na vazão das nascentes.

Os lençóis freáticos dependem do regime anual de chuvas e condições físicas para que a água penetre no solo. O único elemento da natureza que facilita a penetração da água até camadas mais profundas do solo são as árvores, devido à constante renovação de suas raízes que, ao apodrecerem, formam verdadeiras redes de canais. Por isso, o desmatamento generalizado é a principal causa de redução da produção de água nas nascentes (BAGGIO et al., 2013).

Então, fica evidenciado que para o funcionamento adequado deste sistema é necessário promover o uso adequado da terra nas áreas que tangenciam o afloramento principal. Desta forma, conforme relatado Poletto, Tassi e Silveira (2010), é de extrema importância à promoção do gerenciamento adequado das bacias hidrográficas visando à sustentabilidade destes recursos. Além disso, os solos que tangenciam a bacia influenciam a qualidade da água e a sobrevivência dos ecossistemas aquáticos. Segundo Primavesi (2009), um solo saldável é aquele que possui características como boa agregação, grumosidade, possuindo um sistema poroso que permita a infiltração de ar, água, raízes e com elevado valor biológico. Ainda de acordo com a autora, um solo saldável não possui compactação, erosão,

contaminação de metais pesados, onde as plantas crescem sem pragas ou doenças. No entanto, para promover o gerenciamento adequado deste recurso, é necessário o desenvolvimento de mecanismos que permitam o acompanhamento da evolução da qualidade ambiental dos sistemas.

## 2.4 Legislação ambiental

A legislação brasileira determina uma série de normativas visando à proteção do meio ambiente, garantindo a manutenção dos estoques de recursos naturais vislumbrando a preservação da fauna e flora. Fator contribui para a garantia da qualidade de vida da população. Assim, a constituição federal de 1988 determina que:

Art. 225. Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações (BRASIL, 1988).

Conforme destaca Dobarro e Filho (2010), a utilização de “todos” no *caput*, leva ao entendimento de que este artigo não se refere apenas ao ser humano, mas a todo o meio ambiente natural e não somente a um direito antropocêntrico, levando ao entendimento uma visão sistêmica onde todos os recursos naturais devem ser preservados.

Desta maneira, com relação à detenção do recurso água, o Artigo 26 da constituição federal estabelece que os corpos hídricos sejam de origem subterrâneas e superficiais são bens do estado (BRASIL, 1988). Assim, conforme relata Souza e Fernandes (2014), isso significa que nenhum proprietário de terra, rural ou urbana, é dono da água que brota em seus terrenos na forma de nascente, olho-d’água ou surgência, pois a água é um bem coletivo, portanto de toda a sociedade. Destarte, toda a coletividade deve fazer parte do processo decisório com relação à gestão dos recursos hídricos.

Diante das exigências constitucionais, vislumbrado a preservação e manutenção dos estoques naturais para a utilização da água para a presente e futuras gerações, a se cumprir o Artigo 225 da constituição federal em 1997 foi sancionada a Lei N° 9.433. Esta lei institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal e da outras providencias (BRASIL, 1997). Esta legislação foi um marco histórico e constitucional na área ambiental onde pode-se implantar os princípios de uma gestão descentralizada e participativa.

Os objetivos da Política Nacional de Recursos Hídricos são definidos em seu artigo segundo, onde fica estabelecido:

“I - assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos; II - a utilização racional e integrada dos recursos hídricos, incluindo o transporte aquaviário, com vistas ao desenvolvimento sustentável; III - a prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais. IV - incentivar e promover a captação, a preservação e o aproveitamento de águas pluviais” (BRASIL, 1997).

Desta forma, conforme relata Polesso (2016), a obrigatoriedade da participação popular na gestão das águas foi assegurada na própria lei que impõe a participação dos usuários e das comunidades como um dos fundamentos da Política Nacional dos Recursos Hídricos.

Desta maneira, a outorga de uso dos recursos hídricos deverá preservar o uso múltiplo destes (BRASIL, 1997). Portanto vislumbrando o caráter múltiplo deste recurso a utilização da água pode ser destinada para o abastecimento público, abastecimento industrial, atividades agropastoris, incluindo irrigação e dessedentação animal, preservação da fauna e da flora aquática, recreação, geração de energia elétrica, navegação, diluição e transporte de efluentes (BASSOI; MENEGON JUNIOR, 2014).

Assim, para o desenvolvimento adequado das atividades que envolvam este recurso de forma direta, os corpos foram classificados de acordo com os usos previstos envolvendo aspectos de sua qualidade. A Resolução do CONAMA N° 357 dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. De acordo com esta mesma resolução, os corpos hídricos são classificados em: classe especial, classe 1, classe 2, classe 3 e classe 4 (CONAMA, 2005). As classificações das fazem referência às características químicas, físicas e biológicas das águas. Neste sentido, as atividades humanas não podem desempenhar funções que alterem o enquadramento das águas. Para isso é necessário buscar mecanismos que visam à preservação da qualidade das águas.

Outro marco importante para a preservação das áreas de nascentes foi o novo código florestal brasileiro foi estabelecido a partir da Lei 12.651 de 25 de Maio de 2012, configurando-se como um marco na área ambiental no Brasil.

Esta Lei estabelece normas gerais sobre a proteção da vegetação, áreas de Preservação Permanente e as áreas de Reserva Legal; a exploração florestal, o suprimento de matéria-prima florestal, o controle da origem dos produtos florestais e o controle e prevenção dos incêndios florestais, e prevê instrumentos econômicos e financeiros para o alcance de seus objetivos (BRASIL, 2012).

O novo código florestal configura-se então, como uma busca pelo desenvolvimento sustentável partindo de um amplo debate vislumbrando a conciliação dos interesses dos ambientalistas e dos ruralistas.

Fonseca (2012), ressalta os princípios no novo código florestal:

Dentre eles estão o reconhecimento das florestas e demais formas de vegetação como bens de interesse comum a todos os habitantes do país; o compromisso soberano do Brasil com a preservação das florestas, demais formas de vegetação, biodiversidade e recursos hídricos; o reconhecimento da função estratégica da produção rural na manutenção e recuperação das florestas e o papel destas na sustentabilidade da produção agropecuária; o compromisso do País com o modelo de desenvolvimento ecologicamente sustentável;

Neste sentido, buscando a sustentabilidade dos recursos naturais, sobretudo a preservação das áreas ao entorno dos corpos hídricos visto sua importância para o equilíbrio ambiental o novo código foi sancionado e tem sido aplicado. Desta forma, uma importante medida foi o CAR – Cadastro ambiental Rural que de acordo com a legislação que tem por objetivo:

(...) registro público eletrônico de âmbito nacional, obrigatório para todos os imóveis rurais, com a finalidade de integrar as informações ambientais das propriedades e posses rurais, compondo base de dados para controle, monitoramento, planejamento ambiental e econômico e combate ao desmatamento (BRASIL, 2012).

Para que o cadastro seja efetivado é necessário que o proprietário rural forneça as dimensões do imóvel constando áreas de Reserva Legal (RL), Área de Preservação Permanente (APP), Áreas de Uso Restrito (AUR), remanescentes de vegetação nativa, áreas consolidadas e antropizadas (construções, áreas de plantio e de pastagens, etc) (DOMPIERI; JÚNIOR; SILVA, 2015).

No entanto, este cadastro servirá para um levantamento das informações das propriedades rurais primeiramente. Assim, de acordo com o novo código florestal ficou estabelecido à necessidade de manutenção ou recuperação de áreas de interesse para a preservação dos recursos hídricos de acordo com o tamanho da calha do rio. Já para as áreas



de nascentes que considera-se Área de Preservação Permanente (APP) em torno das nascentes e dos olhos d'água perenes em qualquer que seja sua situação topográfica, no raio mínimo de 50 (cinquenta) metros (BRASIL, 2012).

§ 5º Nos casos de áreas rurais consolidadas em Áreas de Preservação Permanente no entorno de nascentes e olhos d'água perenes, será admitida a manutenção de atividades agrossilvipastoris, de ecoturismo ou de turismo rural, sendo obrigatória a recomposição do raio mínimo de 15 (quinze) metros.

Desta forma, é de suma importância a criação de planos que permitam a recuperação das áreas em estado de degradação ambiental. A recuperação dessas matas degradadas já figura entre as maiores preocupações da sociedade, principalmente por causa das ameaças aos mananciais hídricos (BARRETO; SOARES NETO, 2009). Além disso, é fundamental um programa de monitoramento que permita verificar a evolução temporal dos índices de qualidade ambiental das áreas de interesse, para promover a manutenção dos estoques dos recursos hídricos vislumbrando a redução dos impactos ambientais, gerados pelas atividades humanas.

## **2.5 Impactos ambientais**

As áreas de nascentes são impactadas de diversas formas como já mencionado, sejam a partir da potencialização de uma condição natural ou de uma ação direta pelo homem devido suas as atividades como: agricultura, urbanização, industrialização entre outros. Com a finalidade de proteger estas áreas, é necessário o desenvolvimento instrumentos que permitam a avaliação e monitoramento das áreas, vislumbrando a mitigação dos impactos gerados, sobretudo pelas atividades humanas. Desta maneira, conceitua-se como avaliação ambiental, um processo que visa incorporar um dado conjunto de valores ambientais, à tomada de decisão seja na construção de um empreendimento, seja em seu processo de planejamento (GARCIA, 2014).

Neste sentido, é necessário realizar a conceituação do termo impacto ambiental, a resolução Conama de nº 1 de 1986 estabelece este conceito em seu Art. 1:

(...) considera-se impacto ambiental qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam: I - a saúde, a segurança e o bem-estar da população; II - as atividades sociais e econômicas; III - a biota; IV - as condições

estéticas e sanitárias do meio ambiente; V - a qualidade dos recursos ambientais (CONAMA, 1986).

A ISO 14001 que é uma norma técnica para os sistemas de gestão ambiental, que caracteriza impacto ambiental como sendo qualquer modificação do meio ambiente, adversa ou benéfica, que resulte, no todo ou em parte, da organização dos aspectos ambientais (ABNT, 2004). Em consonância com a normativa Cunha e Guerra (2009), apontam que os impactos ambientais podem seguir diversas táxons configurando-se como diretos, indiretos, temporários, permanentes, reversíveis, irreversíveis, benéficos, adversos, locais, regionais e estratégicos.

Uma avaliação de impacto ambiental auxilia na tomada de decisão com relação à concepção de um projeto, configurando-se como um ato preventivo contando com medidas mitigadoras e compensatórias, além de programas de monitoramento para acompanhar a evolução dos impactos (GARCIA, 2014).

Atualmente no Brasil, em um processo de licenciamento ambiental é necessário o desenvolvimento de uma avaliação de impacto ambiental, como uma medida preventiva que visa à preservação dos recursos naturais. Assim, de acordo com a resolução CONAMA 237 define licenciamento ambiental como:

(...) procedimento administrativo pelo qual o órgão ambiental competente licencia a localização, instalação, ampliação e a operação de empreendimentos e atividades utilizadoras de recursos ambientais, consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras ou daquelas que, sob qualquer forma, possam causar degradação ambiental, considerando as disposições legais e regulamentares e as normas técnicas aplicáveis ao caso.

De acordo com Feitosa, Lima e Fagundes (2004), é obrigação do empreendedor, prevista em lei, buscar o licenciamento ambiental junto ao órgão competente, desde as etapas iniciais de seu planejamento e instalação até a sua efetiva operação. Basicamente o processo de licenciamento ambiental é dividido em três etapas compreendendo a Licença Prévia (LP), Licença de Instalação (LI) e Licença de Operação (LO) (CUNHA E GUERRA, 2009). Segundo Garcia (2014), as licenças ambientais poderão ser expedidas isoladas ou sucessivamente de acordo com a natureza, as características e a fase do empreendimento ou atividade. Neste sentido, a LP tem por objetivo aprovar o local do empreendimento podendo ser solicitadas algumas pesquisas como Estudo de Impacto Ambiental e Relatório de Impacto Ambiental (EIA/RIMA) (CUNHA E GUERRA, 2009). Ainda de acordo com os autores supracitados, a LI tem por finalidade aprovar o início da implantação do empreendimento

após a aprovação das pesquisas ambientais, já a LO é concedida após a confirmação do funcionamento dos sistemas de proteção ambiental.

Desta maneira, diversos empreendimentos poderão ser submetidos ao processo de licenciamento ambiental como: indústrias em geral, obras civis, serviços de utilidades, transportes, turismo, parcelamento do solo, atividades agropecuárias, supressão vegetal, silvicultura entre outros (FEITOSA; LIMA; FAGUNDES, 2004). Durante o processo de licenciamento ambiental o órgão ambiental poderá solicitar alguns documentos técnicos como: Plano de Controle Ambiental (PCA), Relatório de Controle Ambiental (RCA), Plano de Recuperação de Área Degradada (PRAD) entre outros (CUNHA e GUERRA, 2009). O sistema de licenciamento ambiental tem por finalidade o assegurar que o meio ambiente seja devidamente respeitado desde as etapas de planejamento, instalação e funcionamento dos empreendimentos assegurando assim a credulidade do caput 225 da Constituição Federal (FARIAS, 2016).

Desta forma, o sistema de licenciamento ambiental, bem como o novo código florestal configuram-se em importantes instrumentos que vislumbram a preservação e proteção dos recursos naturais inclusive em áreas de nascentes. No entanto, para que este instrumento seja aplicado de maneira adequada é necessário o desenvolvimento do monitoramento das atividades. De acordo com Farias (2016), o monitoramento é realizado por meio de programas ambientais que permitem avaliar a evolução dos impactos ambientais identificados, e também monitorar a qualidade ambiental do entorno, subsidiando assim as melhores tomadas de decisões com relação à gestão ambiental das áreas analisadas.

## **2.6 Bioindicadores Ambientais**

Para realizar o acompanhamento da evolução da qualidade ambiental das áreas de nascentes, é necessário estabelecer planos de recuperação contendo programas de monitoramento ambiental. Neste sentido, os bioindicadores por serem sensíveis a mudanças no ambiente natural, podem contribuir para o monitoramento desses impactos. Os organismos, ou comunidades passíveis de serem utilizadas como bioindicadores possuem suas funções vitais rigorosamente relacionadas aos fatores ambientais na área a ser avaliada, por esse motivo são representativas para a qualidade ambiental (SCHUBERT, 1991 *apud* KAPUSTA e FREITAS, 2010).

“Bioindicadores são espécies, grupos de espécies ou comunidades biológicas cuja presença, abundância e condições são indicativos biológicos

de uma determinada condição ambiental. Os bioindicadores são importantes para correlacionar com um determinado fator antrópico ou um fator natural com potencial impactante, representando importante ferramenta na avaliação da integridade ecológica (condição de “saúde” de uma área, definida pela comparação da estrutura e função de uma comunidade biológica entre uma área impactada e áreas de referência) (CALLISTO e GOULART, 2003 *apud* ANDRADE 2010)”.

Estes organismos podem ser também definidos como uma resposta a um contaminante ou stress ambiental ao nível individual, medidos no organismo ou matriz biológica, indicando um desvio do status normal que não pode ser detectado no organismo intacto (ARIAS et al., 2007). Nesta perspectiva, os bioindicadores são capazes de corresponder a estas variações ambientais. Conforme relata Kapusta e Freitas (2010), as espécies indicadoras se manifesta de acordo com alguma condição ou conjunto de condições físicas, químicas ou biológicas particulares, sendo então utilizada para indicar uma dada condição no local de estudo. Desta maneira, os bioindicadores de áreas degradadas se manifestam de formas diferentes variando de acordo com o grau de perturbação ambiental.

Os indicadores podem ser divididos em três grandes grupos: (a) os efêmeros, cujas alterações ocorrem em curto espaço de tempo ou são modificados pelas práticas de cultivo, tais como: umidade do solo, densidade, pH, disponibilidade de nutrientes; (b) os permanentes, que são inerentes ao solo, tais como: profundidade, camadas restritivas, textura, mineralogia; (c) os intermediários, que demonstram crítica influência da capacidade do solo em desempenhar suas funções, como: agregação, biomassa microbiana, quociente respiratório e carbono orgânico total (WEIL, 2000b *apud* SANTOS e MAIA 2013).

De acordo com Kapusta e Freitas (2010), a observação contínua de uma área, com a utilização de bioindicadores é conhecida como biomonitoramento. Compreendido por Silveira (2004), o princípio básico do monitoramento biológico ou biomonitoramento é a comparação entre uma área controle não impactada chamada de “pontoreferência” em oposição a um dado local em que se pretende avaliar a condição ambiental. Em conformidade com Kapusta e Freitas (2010), o biomonitoramento pode ser realizado de duas formas, sendo a primeira o monitoramento passivo enquadrando organismos que já existem no local naturalmente. E ainda de acordo com os autores, o monitoramento ativo que é quando se introduz e expõe organismos na área a ser avaliada.

O uso de bioindicadores da qualidade do solo é uma ferramenta promissora visando à preservação da qualidade das áreas de nascentes. Isso porque, a qualidade do solo encontra-se em um estado funcional sendo o resultado da interação dos atributos químicos,

físicos e biológicos não sendo possível mensura-la de forma direta então se torna necessário relacionar respostas funcionais a cada atributo (DORAN et al. 1996 *Apud* SANTOS e MAIA, 2013). Sendo assim, é possível substituir a quantificação das interações que são adimensionais por bioindicadores mensuráveis, podendo então revelar as características da qualidade da área em estudo, além disso, é possível caracterizar, acompanhar e avaliar as interações ocorridas (ANDREWS et al., 2004 *Apud* SANTOS e MAIA, 2013).

Segundo Kapusta e Freitas (2010), os organismos que podem ser utilizados como bioindicadores apresentam exigências específicas com relação às variáveis ambientais indicando que o meio está ou não dentro de seus limites de tolerância. Tal condição faz com que os organismos apresentem alterações em seu comportamento, morfologia, fisiologia, densidade entre outros (KAPUSTA e FREITAS, 2010). De acordo com Primavesi (2009), olhando a natureza fator por fator, nunca se compreenderá suas inter-relações, engrenamentos, relatividades e funcionamento. Por esse motivo a bioindicação constitui-se como uma importante ferramenta para mensurar o que ocorre no ambiente de uma forma sistêmica.

Embora os bioindicadores sejam uma ferramenta promissora para a realização de avaliação e acompanhamento da evolução dos impactos ambientais, estes organismos necessitam dispor de algumas características conforme apresentado tabela a seguir:

Tabela 2 - Características dos bioindicadores e suas funcionalidades

<b>Características</b>	<b>Funcionalidade</b>
Relevância biológica	Importância na manutenção de uma comunidade balanceada.
Relevância Social	Que tenha valor óbvio e observável pelos tomadores de decisão.
Sensível	Sensibilidade a estressores.
Variabilidade de aplicações	Aplicável a muitos estressores locais.
Diagnose	Diagnóstico de um estressor particular causador de problema.
Mensurável	Utilizando um procedimento-padrão e baixo erro.
Interpretável	Capacidade de distinguir condições aceitáveis de não aceitáveis.
Custo-benefício	Barato para mensuração, provendo o máximo de informações por unidade amostral.
Integrativa	Resume informações de muitos indicadores não analisados
Disponibilidade de dados históricos	Analisados para definir sua variabilidade natural, tendências e possibilidade de aceitar ou não aceitar condições (tolerância, sensibilidade).
Premonitório	Capaz de mostrar indicações de degradação antes que ocorram sérias consequências; prevenção.
Não destrutivo	Mínimo distúrbio no sistema, quando ocorre a amostragem.
Monitor	Potencial para a continuidade de medição ao longo do tempo.
Representativo	Escala apropriada para o problema.
Rápido	Fornece informações rápidas e seguras para o início das ações antes de danos inaceitáveis.

Fonte: Adaptado de (CAIRNS et al., 1993 *apud* Kapusta e Freitas, 2010)

De acordo com Arias et al. (2007), estes organismos devem possuir duas características importante sendo a permissão para identificar as interações que ocorrem entre os contaminantes e os organismos vivos. E ainda de acordo com os autores possibilitar a mensuração de efeitos sub-letais, o que permitirá colocar em prática ações remediadoras e/ou preventivas. Um indicador ideal necessita ser preciso para descrever uma função particular do ambiente servindo para indicar as mudanças desejáveis e indesejáveis que já ocorreram ou que ainda possam ocorrer no futuro (WALKER et al., apud LEONARDO, 2003).

Dessa forma, os bioindicadores podem seguir uma categorização que pode ser analisada na Tabela a seguir:

Tabela 03 – Quadro de categorização de bioindicadores e suas funcionalidades na avaliação de impactos ambientais

<b>Categorização de bioindicadores</b>	<b>Função</b>
Concordância	Avaliam desvios a partir de limites previamente definidos
Diagnóstico	Identificam as causas dos desvios
Prevenção	Indicam tendências de desvios
Condição	Avaliam o estado de um sistema ou componente natural defrontando a uma condição desejada
Tendência biofísica	Indicam mudanças biofísicas no curto prazo
Produtividade agrícola, financeiro e de qualidade.	Avaliam o histórico do produtor, assistência técnica e compradores dos produtos
Propriedade agrícola, gleba ou talhão de manejo.	Avaliam a saúde do solo através dos valores de atributos
Microbacia hidrográfica	Oferecem uma resposta global que possibilita fazer inferências sobre a saúde da microbacia.

Fonte: Adaptado de (LEONARDO, (2003) apud (WALKER et al.(1996)

Observa-se de acordo com a Tabela 3 que os bioindicadores podem ser categorizados de acordo com as suas funcionalidades, sempre buscando utilizar esses mecanismos para obter respostas das principais propensões e circunstâncias do sistema submetidos a avaliação.

Nesta perspectiva, os bioindicadores configuram-se como uma ferramenta capaz de avaliar o solo em uma perspectiva holística representando as interações dos sistemas. Isso ocorre porque de acordo com Odum (1972), os ecossistemas são caracterizados pela magnitude dos processos ecológicos, realizando trocas e interações entre o os fatores químicos, físicos e biológicos. O que acaba retratando os parâmetros que configuram um

impacto ambiental como aqui mencionado. A multiplicidade destes fatores controla os processos biogeoquímicos e suas variações em função do tempo e espaço, aliados à complexidade do solo acabam dificultando a capacidade de obter informações de sua qualidade e identificar parâmetros-chave que possam servir de indicadores do seu funcionamento (MENDES et al., 2009).

Os ecossistemas podem ser vistos como sistemas abertos, pois constantemente elementos entram e saem dele, mesmo com sua aparência geral e suas funções básicas permanecendo constantes ao longo do tempo (GODEFROID, 2016). Quando ocorre algum tipo de perturbação no sistema os bioindicadores detentores das características mencionadas na Tabela 2, conseguem retratar as condições ambientais de forma a auxiliar na tomada de decisões. Vale ressaltar que de acordo com Odum (2001), nenhum organismo pode existir por si ou sem um ambiente, baseado no princípio da inter-relação e o princípio da totalidade.

Atualmente tem sido amplamente utilizado bioindicadores para o desenvolvimento da avaliação da qualidade da água. Estudos de Dias, Wieloch e D'Agosto (2007), relatam a influência das características ambientais sobre distribuição dos ciliados (Protozoa, Ciliophora) em um córrego urbano no sudeste brasileiro. Este estudo objetivou desenvolver observação da comunidade de protozoários ciliados em três estações amostrais, que recebem diferentes níveis de esgoto doméstico, onde foram considerados o ponto 1 em uma região rural com baixa carga de poluentes, o ponto 2 e 3 em regiões onde existe ampla ocupação humana, todos ao longo do córrego São Pedro (DIAS; WIELOCH; D'AGOSTO, 2007). De acordo com os autores supracitados, para este estudo foram realizadas amostragens de parâmetros físico-químicos como: oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, pH e temperatura. Foram encontrados organismos tolerantes a perturbações ambientais severas nos pontos 2 e 3, diferindo-se significativamente do ponto 1, caracterizando o ambiente como polissacarico, onde estes níveis de saprobidade correspondem às águas de classe III e IV, com baixo ou nenhum teor de oxigênio, caracterizando ambientes politróficos (DIAS, WIELOCH; D'AGOSTO, 2007). Isso ocorre porque de acordo com a “Lei do Mínimo”, existe uma quantidade mínima de elementos essenciais para a reprodução e desenvolvimento dos organismos, requisitos básicos que variam com as espécies (LIEBIG, 1840 apud KAPUSTA e FREITAS, 2010). De acordo com Dias, Wieloch e D'Agosto (2007), ficou confirmada às altas cargas de esgoto recebidas nestas estações, e ainda que a união das análises físico-química aliada a métodos de avaliações biológicas tem um grande potencial para utilização em

tomadas de decisões relativas à conservação de nascentes e recuperação de ambientes degradados.

Os bioindicadores também têm sido utilizados para a avaliação da qualidade do ar. Estudos de Costa e Mineo (2013), sobre os líquens como bioindicadores de poluição atmosférica no município de Uberaba em Minas Gerais, também exibem o potencial para a utilização dos bioindicadores. De acordo com os autores, foram selecionados sete pontos amostrais em diferentes graus de urbanização, sendo identificados seus táxons, distribuídos em famílias e gêneros. Após ser realizada esta classificação e análises estatísticas, ficaram evidenciadas que as áreas onde possui o menor nível de poluentes atmosféricos são as áreas que apresentam maiores diversidade de líquens, e que a de menores diversidades de líquens provavelmente foi aquela que apresentou maior grau de poluição (COSTA e MINEO, 2013). Isso se explica porque de acordo com Odum (2001), que para um organismo se desenvolver e prosperar é necessário encontrar condições essenciais para o seu crescimento e reprodução, e quando isso não ocorre torna-se então um fator limitante. Em conformidade com Costa e Mineo (2013), este estudo com bioindicadores pode contribuir com o delineamento de políticas públicas e com o controle da poluição ambiental.

Além do uso dos bioindicadores para o desenvolvimento da avaliação da qualidade da água e do ar, eles têm sido agora utilizados como já mencionado para o desenvolvimento de análise da qualidade dos solos. Estudos de Crepaldi et al. (2014), utilizaram formigas como bioindicadores da qualidade do solo em sistema integrado lavoura-pecuária, o objetivo deste estudo foi realizar uma avaliação da distribuição da comunidade de formigas em sistemas envolvendo a rotação entre lavoura e pecuária, sob plantio direto, comparado a outros sistemas de manejo como a pastagem contínua. Para a realização da amostragem da serapilheira foi utilizado de extratores do tipo mini-Winkler, seguindo o protocolo ALL (*Ants of the Leaf Litter*), em seguida os indivíduos foram coletados, quantificados e identificados em nível trófico (CREPALDI et al., 2014). De acordo com os autores supracitados, o sistema integrado lavoura-pecuária e o rotacionado podem favorecer a diversidade da comunidade de formigas, além de proporcionar maior equilíbrio dinâmico e a manutenção da qualidade do solo. Os autores frisam que foram encontradas as morfoespécies de *Strumigenys* sp. e *Hypoconerina* sp. apenas nos manejos de integração lavoura-pecuária e sistema plantio direto, o que indicam maior estabilidade nas relações tróficas para coexistência no local.



Além da utilização das formigas como bioindicadoras da qualidade do solo, outros organismos da fauna edáfica também têm sido empregados como ferramentas para bioindicação. Estudos de Gomes et al (2012), realizados no município de Ivinhema/MS durante o ano de 2010 utilizou a fauna edáfica como bioindicadores da qualidade do solo em diferentes tipos de uso sendo elas: Café Convencional (CC), Café em Conversão Orgânica (CO), Cultivo de Goiaba (GO), pastagem contínua (P), Cultivo de Eucalipto (E) e área com fragmento de vegetação nativa (VN). O objetivo do estudo foi avaliar a biomassa microbiana do solo e a fauna epígea em sistemas sob diferentes tipos de uso. De acordo com os autores supracitados, para o desenvolvimento desta pesquisa foi distribuídas armadilhas do tipo “*pitfall*” em cinco pontos equidistantes de 10m e também foi avaliado o carbono da biomassa e atividade microbiana pelos métodos de fumigação extração e respirometria (GOMES et al, 2012). Os autores encontraram como resultado, que todos os diferentes sistemas de cultivo, apresentaram diferenças estatísticas se relacionadas a vegetação nativa, e que a fauna edáfica apontam potencial para serem utilizadas como bioindicadores da qualidade ambiental para os diferentes tipos de uso de solo (GOMES et al, 2012).

Diante destes estudos, fica evidenciado que existe potencial para a utilização dos bioindicadores vislumbrando o desenvolvimento de análises ambientais de forma sistêmica. Desta forma, vale ressaltar que um dos grupos que podem ser utilizados como ferramenta é a fauna edáfica. De acordo com Vargas e Hungria (1997), os organismos presentes no solo são afetados por diversos fatores como: compactação, porosidade, disponibilidade material orgânico, estresse hídrico, queimadas entre outros. Ainda segundo os autores supracitados, estes efeitos podem causar a redução da diversidade da população podendo representar um indicador de degradação do solo e de sua sustentabilidade. Além da presença e diversidade destes organismos representarem alterações da qualidade ambiental, eles também desempenham um o papel de decompositores da matéria orgânica, ciclagem de nutrientes, bioturbação e controle de pragas e doenças, fatores que promovem o equilíbrio dos ecossistemas (BIGNELL; MOREIRA; HUSING, 2010). Nesta perspectiva, a fauna edáfica participa ativamente na composição das características físicas, químicas e biológicas do solo, e estes organismos por sofrerem influência direta da qualidade ambiental podem ser considerados bioindicadores da qualidade do solo.

## 2.7 Fauna edáfica

Fauna do solo é o termo utilizado quando se deseja referenciar a comunidade de invertebrados que vive permanentemente, ou que passa um ou mais ciclos de vida no solo (AQUINO, 2006). Por sua vez, a constituição do solo esta baseada em uma junção de elementos naturais dinâmicos, influenciada pelo próprio relevo, ações climáticas, e a ação de organismos sobre o material de origem, neste sentido o solo está em constante transformação a partir da matéria viva presente neste sistema. (LEPSCH, 2010). De acordo com Vargas e Hungria (1997), o solo possui uma diversidade muito grande de organismos vivos que constitui a fauna edáfica de variados tamanhos, desde bactérias com cerca de  $1\mu\text{m}^3$  e até insetos e vermes anelados com diâmetros superiores a 1mm. Neste sentido, Hoffmann et al. (2009), ressalta que a diversidade biológica é definida como a variabilidade entre os organismos vivos, e geralmente está atribuída a diversidade de espécies que ocupam os diversos nichos ecológicos. Estes organismos possui papel fundamental no equilíbrio e manutenção ecológica deste sistema. Em consonância com Correa (2002), vários processos desempenhados por estes organismos contribuem para a fertilidade do solo, mineralização de nutrientes a partir da matéria orgânica, pela fixação de hidrogênio ou pela solubilização do fosfato, contribuindo assim com o equilíbrio do ecossistema, e conseqüentemente com a preservação das nascentes.

Desta forma, vale ressaltar que diversos autores tem proposto a classificação dos organismos da fauna do solo. Compreendido Lavelle et al. (1994) apud Vargas e Hungria (1997), a fauna edáfica podem ser classificada em: indivíduos da microfauna com o tamanho menor que 02 mm, caracterizando-se por ser ligeiramente mais móveis que a microflora; indivíduos da mesofauna 0,2 a 4 mm que movimentam-se em fissuras, poros e na interface serapilheira/solo. Os mesmos autores, compreendem que a macrofauna seja compostas por indivíduos maiores que 4mm, apresentando como característica a construção de ninhos, cavidades, galerias e transposição de material no solo. Os autores Bachelier (1978) e Brthelin et al. (1994) apud Vargas e Hungria (1997), entendem que existe ainda mais uma escala a megafauna em indivíduos maiores que 80mm.

Desta maneira, dentro da classificação do solo Swift et al. (2010), compreendem que microfauna é composta por nematoides e protoctistas (amebadas, flageladas e ciliados), grupos que influenciam na transformação como herbívoros de raízes, configurando-se como: fungívoros, bacterívoros, onívoros e predadores. De acordo com os autores, estes organismos tem uma vasta riqueza de espécie, possuindo papel na regulação e atividade microbiana,

funcionando como patógenos de insetos, portanto, também podem ser utilizados no controle biológico. A microfauna também é composta secundariamente por rotíferos, tardígrados, gastróficos, hidrófilos e pequenos turbelários (BACHELIER, 1978 e BRTHELIN et al. 1994 *apud* VARGAS e HUNGRIA 1997). Além desses organismos, pode ser encontrados na microfauna fungos micorrízicos arbusculares, que se associam a raízes das plantas melhorando a absorção de nutrientes e aumentando a tolerância a stress ambiental, podem ser encontradas também bactérias nodulíferas em leguminosas que transforma o N<sub>2</sub> em NH<sub>3</sub> tornando-os disponíveis para as plantas (SWIFT et al. 2010). De acordo com os autores supracitados, podem ser também fitados fungos fitopatogênicos, saprofíticos e antagonistas que são capazes de serem causadores de doenças em plantas, ou em alguns casos até melhorar o desenvolvimento das plantas já que podem contribuir para o controle biológico, atuando agente potencial de mitigação de doenças e pragas.

Nesta perspectiva Bachelier, (1978) e Brthelin et al. (1994) *apud* Vargas e Hungria (1997), relatam que a mesofauna edáfica que possui organismos constituída por ácaros e colêmbolos, e secundariamente inclui proturos, dipluros, miriápodes e pequenos insetos. De acordo com Brown et al (2015), a mesofauna também é constituída por enquitreídeos, sínfilos, pseudo-escorpiões e outros animais. Conforme relatos de Swift et al (2010), estes organismos atuam como transformadores e micropredadores que se alimentam de fungos, bactéria, contribuindo com o processo de degradação da matéria orgânica possuindo o papel funcional de regulador da biota do solo. Os ácaros têm uma imensa diversidade de níveis funcionais, estando representados principalmente enquanto predadores ou detritívoros, já os colêmbolos possui importância para a degradação da matéria orgânica e controle da população de fungos (BROWN et al. 2015).

Já a macrofauna edáfica, que possui organismos de tamanhos maiores são compostos pelos grupos de anelídeos, térmitas, formigas, besouros, cupins inclui secundariamente moluscos, crustáceos e aracnídeos (BACHELIER, 1978 e BRTHELIN et al. 1994 *apud* VARGAS e HUNGRIA, 1997). De acordo com Swift et al (2010), os organismos da mesofauna possui papel de importância que influenciam na porosidade e textura do solo, ciclagem de nutrientes através do transporte, fragmentação e digestão da matéria orgânica e ainda no controle biológico predadores. A mesofauna exerce influencia nas propriedades do solo como mencionado, porque os animais confeccionam ninhos, tocas e galerias alcançando profundidades variadas no solo (VARGAS e HUNGRIA, 1997). Alguns indivíduos das táxons Isopoda e Diplopoda como exemplo atuam na transformação da serapilheira, com

importante ação e fragmentação sobre os tecidos mortos das plantas e também sobre seus predadores (SWIFT et al. 2010). E por fim, a megafauna edáfica é constituída por répteis, batráquios, mamíferos como tatus e ratos (BACHELIER, 1978 e BRTHELIN et al. 1994 *apud* VARGAS e HUNGRIA, 1997). Estes indivíduos também atuam na regulação dos sistemas biológicos influenciando na qualidade dos solos, o que dentro de uma visão macroscópica de forma sistêmica indireta acaba interferindo na qualidade das águas.

Neste sentido, os organismos que vivem no solo possui grande potencial para serem utilizados como ferramenta indicadora de qualidade do solo, uma vez que estes indivíduos respondem rapidamente as mudanças a ele impostas, seja ela de ordem natural ou antrópica (SANTOS e MAIA, 2013). Para realizar a amostragem dos artrópodes existem algumas dificuldades como o ciclo de vida curto dos insetos entre outros, para suavizar estas dificuldades as podem ser realizadas coletas únicas, existem diversos meios de se realizar a coleta dos indivíduos, seja através da retirada do folhíço para posterior contagem, ou ainda a instalação de armadilhas de solo (CRANSTON, 2012). Um método que vem sendo utilizado para o desenvolvimento da amostragem são as armadilhas do tipo *pitfall*, esta armadilha fundamenta-se na inserção de um recipiente no solo no qual o animal uma vez capturado pela queda não possuam mecanismos para não esquivar-se (ALMEIDA et al., 2003). Estas armadilhas são destinadas principalmente para animais que vivem no solo porque normalmente não voam ou passam alguma fase da vida no solo (AQUINO; MENESES; QUEIROZ, 2006). As armadilhas podem ser alinhadas ao longo de um transecto ou ainda com método do padrão quadrado, em seguida as armadilhas são deixadas *in situ* por vários dias ou semanas (CRANSTON, 2012). Ainda de acordo com os autores supracitados, geralmente as coletas dos artrópodes por estes métodos podem ser dominadas por Collembola, Formicidae e Coleopteras, em particular besouros Carabidae, Tenebrionidae, Scarabaeidae e Staphylinidae e representantes de diversas táxons. Estudos de Lavelle et al. (2010), sobre a relação entre a macrofauna edáfica e atributos químicos do solo em diferentes agroecossistemas, demonstram que os sistemas de manejo e de preparo do solo afetam a estrutura dos grupos taxonômicos dominantes da macrofauna edáfica, ou seja os indivíduos que habitam o solo estabelece relação direta com o ambiente. Quando um animal ou planta estão estreitamente ligados à determinada condição de maiores ou menores stress ambientais estes organismos configuram-se como organismos saprobióticos ditos como bioindicadores. Diante do exposto, fica evidenciado que a fauna do solo por possuírem as características

elencadas podendo ser utilizada como ferramentas para avaliação de impactos ambientais vislumbrando o biomonitoramento em áreas de nascentes.

## 2.8 Teia alimentar

Para se trabalhar com bioindicadores da qualidade ambiental é necessário se observar as teias e cadeias alimentares. Isso porque, uma vez que a população dos indivíduos utilizados como bioindicadores esta relacionada com a quantidade de presas e predadores disponíveis no ambiente. Conforme relata Odum (1988), as cadeias alimentares são compreendidas pela transferência da energia alimentar desde a fonte nos autótrofos através de uma serie de organismos que consomem e são consumidos.

Desta maneira, as cadeias alimentares podem ser divididas em três categorias sendo elas:

- **Cadeia de predador:** começa no nível trófico produtor, do inseto menor (consumidor primário) para o maior (predador). Exemplo: nível produtor – eucalipto: nível consumidor – Thyrinteina arnobia; predador primário – aranhas; predador secundário – pássaros;
- **cadeia de parasitoide:** é inversa à anterior, inicia do inseto maior (hospedeiro) para o menor (parasitoide). Exemplo: a lagarta Thyrinteina arnobia (Lepdoptera: Geometridae) é parasitada por Apanteles sp. (Hymenoptera: Braconidae);
- **cadeia saprofítica:** é um processo que ocorre de uma forma natural, particularmente em ambientes florestais, tendo como ponto inicial um material vegetal morto que é decomposto pelos microrganismos.

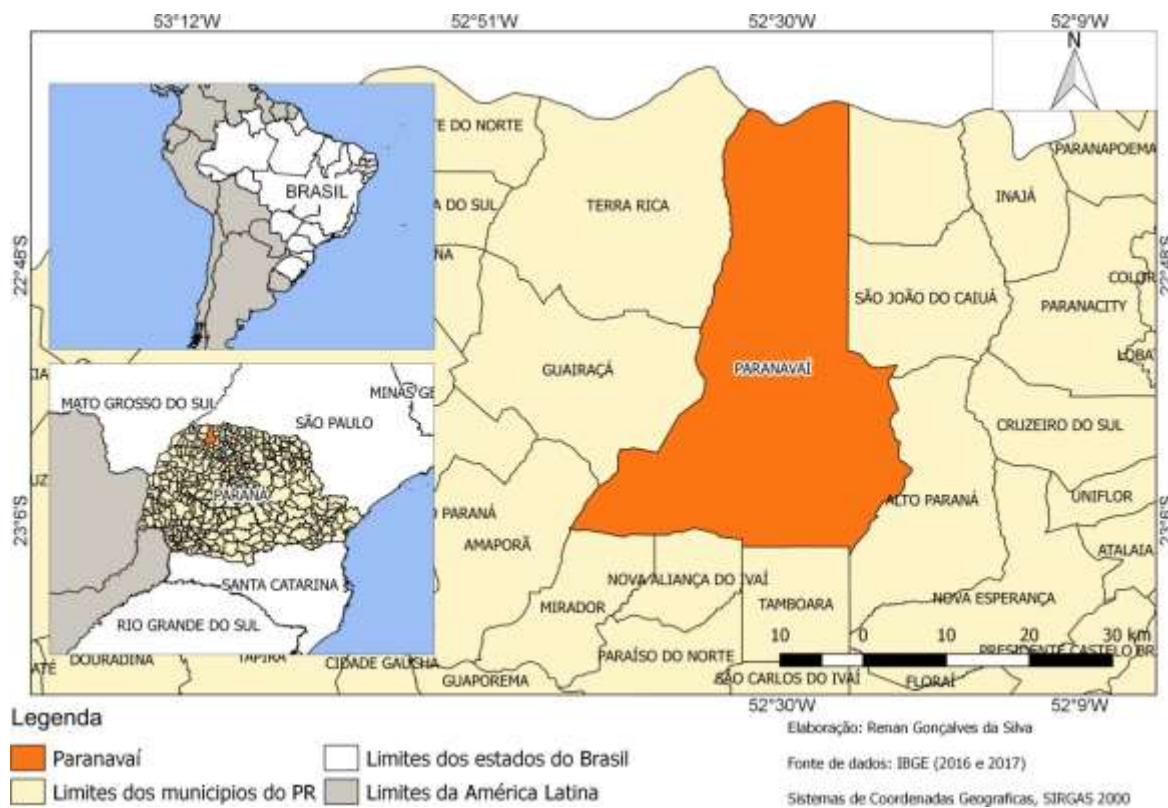
Vale ressaltar que as cadeias alimentares não são sequencias isoladas, desta forma o padrão de interconexões amiúde são chamadas de rede alimentar ou rede trófica (ODUM, 1998). O entendimento das redes alimentares são importantes para o estabelecimento de um programa de monitoramento baseado em bioindicadores, pois a carência a superpopulação de indivíduos podem revelar algum tipo de desequilíbrio ambiental em dado sistema.

## 3. MATERIAL E MÉTODOS

### 3.1 Caracterização da localidade e áreas

Este trabalho foi desenvolvido no ano de 2018 em três áreas de nascentes localizadas no município de Paranavaí/PR. O município encontra-se na região noroeste do

Paraná entre as coordenadas de 23° 04' 23'' S de latitude e 52° 47' 00'' 55 de longitude, em uma altitude em relação ao nível do mar de 470 m, contando com a área territorial de 1.202,151 Km<sup>2</sup> (Figura 1).



Fonte: IBGE (2016 e 2017).

Figura 1. Mapa da localização do município de Paranaíba no estado do Paraná e Brasil. Na cor laranja o limite territorial do município.

A história da região de Paranaíba/PR iniciou-se por volta de 1501 quando os colonizadores espanhóis, portugueses e bandeirantes paulistas desbravaram matas e a região tornando-se palco de muitas lutas por terras, a colonização teve início na década de 20 e a região do Vale do Ivaí era totalmente despovoada (ALÉCIO et al., 2010 ). Em 1910 a Companhia Brasileira de Viação e Comércio (Braviaco), começou a desbravar a região noroeste do Paraná para a produção e café, sendo denominada a região de Gleba Pirapó

(ARIOCH, 2017). A partir de 1924 iniciou-se o povoamento da região com a visita do engenheiro Dr. Joaquim da Rocha Medeiros que abriu o picadão que ligava a região a Presidente Prudente/SP. Em 1930, todos os títulos de terras expedidos em favor da Braviaco, inclusive da Gleba Pirapó, foram anulados e na região, e o Governo Federal retomou a concessão de terras (DORIGON; AMORIM, 2011). De acordo com Alécio et al., o governo de Getúlio Vargas desestimulou os trabalhos da Braviaco, o que resultou em um grande despovoamento da região, no entanto em 1944 o governo do Paraná se interessou pelo território concedendo novos estímulos para o seu desenvolvimento. O município posteriormente foi criado com o desmembramento de Mandaguari em 1952 (ALÉCIO et al., 2010).

Atualmente de acordo com IBGE (2017), este município possui uma população estimada em 87.850 pessoas, apresentando 77,2% dos domicílios com esgotamento sanitário adequado 91,5% de domicílios urbanos em vias públicas com arborização e 50% de domicílios urbanos em vias públicas com urbanização adequada. A taxa de mortalidade infantil média na cidade é de 12,08 para 1.000 nascidos vivos, já as internações devido a diarreias são de 0.2 para cada 1.000 habitantes (IBGE, 2017). Com relação à climatologia o noroeste paranaense caracteriza-se por obter valores médios da região entre 22°C a 24°C e a precipitação varia de 1.200 mm a 1.600 mm anuais (DORIGON; AMORIM, 2011).

No noroeste do estado do Paraná, e na microbacia do município de Paranavaí, os solos são derivados de duas alterações rochosas uma da formação Serra Geral que são profundos, permeáveis, bem drenados e ocorrem sobre topografia plana a ondulada, com alta capacidade de absorção de água e boas características físicas para o desenvolvimento dos vegetais. Já outra origem da formação dos solos é do Arenito Caiuá, estes solos apresentam textura que varia de arenosa à média, com elevado teor de areia abrangendo as classes de Latossolos e Argissolos (CURSIO, et al., 2012). Os Latossolos são de textura Textura francoarenosa ou mais fina, são profundos com >50 cm do horizonte diagnóstico, bem desenvolvido e variam quanto a fertilidade, podendo assumir classificação distrófica e estrófica (DORIGON; AMORIM, 2011). Já os Argissolos são solos constituídos por material mineral, apresentando horizonte B textural imediatamente abaixo do A ou E, com mudança abrupta de textura e com textura franco-arenosa ou mais fina, por isso, são susceptíveis a erosão quando em relevo ondulado (LIMA, LIMA, MELO, 2012).

### 3.2 Descrição das áreas amostradas

O trabalho foi desenvolvido em três áreas ao redor de nascentes do rio Ivaí, onde a escolha da área em estudo foi delimitada de acordo com a atual forma de manejo e conservação do solo. Assim, foram escolhidas três áreas onde se desenvolve diferentes formas de manejo ambiental.

#### 3.2.1 Área A

A área denominada “A” encontra-se com cobertura florestal e arborização já consolidada formando a mata ciliar. Essa área localiza-se sob as coordenadas E= -5841954.6 / N= -2637835.4 (Datum: WGS 84 / Pseudo-Mecator) (Figura 2).



Elaboração: Renan Gonçalves da Silva (2019)

Figura 2. Foto aérea da área A com vegetação homogênea.

De acordo com informações do proprietário Virgílio Vendramin Neto (Fazenda Santa Luiza) a área foi recomposta há 30 anos, foi isolada por cerca e não permitindo a entrada de animais de criação e circulação de pessoas não autorizadas (Figura 3).





Figura 3. Foto da área A que dispõe de vegetação consolidada.

### ***3.2.2 Área B***

A área denominada B recebeu ações de recuperação ambiental visando à formação de mata ciliar. Essa área fica localizada no município de Paranaíba/PR sob as coordenadas E = -5830001.6 / N = -2636081.7 (Datum: WGS 84 / Pseudo-Mecator), conforme pode ser observado na imagem a seguir:



Elaboração: Renan Gonçalves da Silva (2019)

**Figura 04:** Localização da área B que conta com ações de recuperação ambiental

Pode ser observado no levantamento do histórico da área, onde o produtor rural José Luiz Barbieri (Sítio Santa Rosa) relatou que este solo sofreu com o processo de erosão culminando no assoreamento da nascente. O produtor rural optou por criar então um programa de plantio de árvores no intuito de recuperá-la, vislumbrando devolver sua vegetação arbórea reestabelecendo suas funções ecológicas. No entanto, a área encontra-se aberta. A propriedade também recebeu novas curvas de nível, para evitar eventos intensos de processos erosivos ocorram. Vale ressaltar que o processo de erosão nessa região é muito comum pelo fato do solo possuir características arenosas. Observa-se na figura abaixo a imagem da área em estudo.



**Figura 05:** Demonstração arbórea da área B.

### ***3.2.3 Área C***

Já a área denominada “C” foi selecionada para o estudo porque no local tangenciando a nascente em um raio de 50m não apresenta uma vegetação arbórea consolidada. Esta área esta localizada no município de Paranaíba/PR sob as coordenadas E = -5840847.2 / N = -2626927.4, conforme pode ser observado na imagem abaixo:



**Elaboração:** Renan Gonçalves da Silva (2019)

Figura 06: Localização da área C onde indispõe mata ciliar consolidada

Esta nascente diferente das anteriores configura-se em uma nascente difusa, para o desenvolvimento deste trabalho escolheu-se a nascente principal para demarcar o raio de 50m. Foi observado em campo que a área encontra-se com a vegetação basicamente tomada de capim colonião, e em alguns pontos o desenvolvimento de taboa. Portanto, não dispõe de mata ciliar consolidada na área de nascente. Em levantamento do histórico da área em estudo o produtor rural Elias de Souza Junior, relatou que uma universidade desenvolveu um projeto de recuperação da mata ciliar do riacho, que é formado pelas nascentes existentes na propriedade. Em campo constatou-se que ao longo do riacho o desenvolvimento de árvores já consolidadas. Á área de nascente encontra-se em parte cercada para evitar que o gado não entre e outra parte onde ocorre o plantio da cultura de mandioca encontra-se aberta.





**Figura 07:** Demonstração vegetativa da área C.

Evidentemente as áreas encontram-se em diferentes estágios de conservação ambiental, fator que possibilitará observar o comportamento dos indivíduos da fauna edáfica e se estes indivíduos podem ser utilizados como biondicadores para avaliação de impactos ambientais.

### 3.3 Amostragem

As amostragens em campo ocorreram entre o período de 28 de agosto de 2018 a 9 de setembro de 2018. Assim, com o auxílio de um termo-higrômetro foi acompanhado as temperaturas e umidades das áreas em estudo, conforme pode ser observada na tabela a baixo:

Tabela 4: Temperatura e umidade

Área	Temperatura		Umidade	
	máxima (°C)	mínima (°C)	máxima (%)	mínima (%)
A	25,5	13,6	72,0	50,0
B	30,0	15,0	66,0	35,0

---

C	28,8	15,0	63,0	38,0
---	------	------	------	------

---

Já para realizar a amostragem foi utilizado o método de “*pitfall*”, isso porque o solo apresentar característica arenosa inviabilizando a utilização de anéis para a coleta. Desta forma, o método “*pitfall*” consiste na construção de armadilhas para a captura dos agentes da fauna edáfica através da queda em frasco.

Nesta perspectiva, as armadilhas foram confeccionadas utilizando garrafas pet de dois litros, esta metodologia foi escolhida ser um instrumento bastante acessível e de baixo custo, podendo ser popularizada. Essas armadilhas foram confeccionadas abrindo-se as garrafas com quatro orifícios retangulares com abertura de 6x4 cm, na altura de 20 cm de sua base, conforme pode ser observado na Figura 8.



Figura 8. Confeção das armadilhas em garrafas pets.

No interior da garrafa foram adicionadas um meio fluido composto por 250 ml de água e 3 a 5 gotas de detergente com a finalidade de quebrar a tensão superficial da água, proporcionado a queda dos indivíduos no fundo do recipiente.

Após o processo de confecção das armadilhas, em cada área de nascentes foram demarcadas um quadrado central com o auxílio de balizas de madeira e uma trena de

50metros. Para auxiliar no planejamento das armadilhas e confecção dos mapas foi utilizado o programa QGis. Em seguida, foi estabelecido um transecto, e deste transecto foram realizadas linhas em zigzague para a distribuição das armadilhas em campo.

Na sequência, o solo então foi perfurado em 20cm de profundidade com o auxílio de uma cavadeira, nestas trincheiras as armadilhas foram introduzidas de modo que sua estrutura de base permaneceu enterrada e as janelas ficaram livres, ou seja, ao nível do solo, conforme pode ser observado na Figura 9.



Figura 9. Armadilhas instaladas no solo.

Após este processo, foram então inseridas 20 armadilhas em cada área experimental. A distribuição das armadilhas foram nos transectos e nas linhas de zigzague, mantendo o mesmo tamanho para os três tipos de áreas, conforme pode ser observadas nas Figuras 10, Figura 11 e Figura 12.





Legenda

- Pontos amostrais
- Nascente
- Área de experimentação
- Raio de 50m

Figura 10. Distribuição das armadilhas em campo na área A, onde os pontos vermelhos representam as armadilhas, o azul a nascente, em laranja a área de experimentação e o raio de 50m em verde.



Legenda

- Pontos amostrais
- Nascente
- Área de experimentação
- Raio de 50m



Figura 11. Distribuição das armadilhas em campo na área B onde os pontos vermelhos representam as armadilhas, o azul a nascente, em laranja a área de experimentação e o raio de 50m em verde.



- Legenda
- Pontos amostrais
  - Nascente
  - Área de experimentação
  - Raio de 50m

Figura 12. Distribuição das armadilhas em campo na área C onde os pontos vermelhos representam as armadilhas, o azul a nascente, em laranja a área de experimentação e o raio de 50m em verde.

Depois de distribuídas as armadilhas permaneceram no solo por um período de 15 dias. Desta forma, a fauna edáfica presente na área ao se locomover caíram dentro das armadilhas, sendo conservada até a data de coleta. Para a realização da coleta foram utilizados frascos vedados com capacidade de 500 ml para a realização do translado até o laboratório. Este procedimento foi importante para promover a integridade das amostras até o laboratório, para posteriormente ser realizada a triagem dos indivíduos.

### **3.4 Conservação pós-coleta**

Para a manutenção da integridade dos indivíduos foi retirada a maior quantidade de água possível assim que as amostras chegaram ao laboratório. Em seguida os frascos foram completados com álcool 70%.

### **3.5 Método de contagem dos indivíduos capturados**

Para realizar a contagem da fauna edáfica presente nas amostras, os indivíduos de tamanho maior foram retirados do meio fluido com o auxílio de uma pinça ou pincel e posteriormente identificados, contados e encaminhados para a coleção.

No entanto, estiveram presentes no líquido outros tipos de indivíduos de tamanhos menores, desta forma foi necessário à utilização de uma lupa para realizar sua quantificação e identificação. O líquido conservante contendo os indivíduos foi despejado em uma placa de Petri para serem visualizadas com o auxílio de uma lupa. Os indivíduos visualizados foram então capturados com o ajuda de um pincel e encaminhados para uma placa Petri devidamente identificada. Em seguida, usando um pincel os indivíduos capturados foram posicionados nesta placa, onde foi possível com o auxílio de literatura específica realizar sua identificação.

Após esta etapa, as espécies capturadas foram identificadas e mantidas em frascos contendo álcool 70% para a sua conservação. O material coletado foi encaminhado para a coleção entomológica do Colégio Estadual Enira Moraes Ribeiro que ficará disponível para ser utilizado em aulas de biologia e em cursos técnicos.

### **3.6 Análises estatísticas**

Obtido os dados, foram realizadas análises de frequência absoluta e relativa em percentual. Na sequência, foram calculados os índices de Simpson e Shannon-Wiener para analisar a biodiversidade em termos de abundância e riqueza, Segundo Zanzini (2005), o índice de diversidade proposto por Simpson fornece uma medida inversa da diversidade, assim, quanto maior o valor assumido pelos índices, menor é a diversidade. Então para melhorar a interpretação e convencionar os valores diversos autores tem usado a seguinte fórmula:

---

onde:

$D_S$  = índice de diversidade de Simpson

$n_i$  = número de indivíduos da i-ésima espécie na amostra

$N$  = número total de indivíduos na amostra

Dessa forma, este índice varia de 0 a 1, onde os valores próximos a 0 representam baixa diversidade e os valores próximos a 1 apresentam alta diversidade (GORENSTEIN, 2002).

Para Zanzini (2005) o índice de diversidade de Shannon-Wiener é um dos mais amplamente empregados em ecologia de comunidades, sendo apresentado em 1949, a partir da teoria da informação publicada em *The mathematical theory of communication*. Assim, quanto mais alto for o índice maior será a diversidade da amostra.

---

onde:

$H'$  = índice de diversidade de Shannon-Wiener

$n_i$  = número de indivíduos da i-ésima espécie na amostra

$N$  = número total de indivíduos na amostra

$\ln$  = logaritmo neperiano (base e)

Além do cálculo dos índices mencionados, foram realizados os testes t de Student, assim como o teste de permuta ambos com grau de confiança de 95%, assim, verificar a estabilidade em n=9999 vezes de reamostragem (TRIOLA, 2014).

por fim, foram realizadas análises multivariadas de correspondência com o auxílio de software de estatística denominado *Past v.3.2*. A finalidade de verificar o grau de associação entre os taxa de animais e insetos e as áreas em estudo.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Taxa, frequências e papel ecológico no solo

Ao todo foram coletados 7.708 espécimes de fauna edáfica, foram identificados 19 taxa (Tabela 5). Das três áreas, na área A foram observados maior número de indivíduos e na C o menor número. O táxon Hymenoptera demonstrou 83,71% de frequência, sendo o maior %, já Chilopoda, Dermaptera, Neuroptera, Scorpiones foram de menor % (Tabela 5).

**Tabela 5** – Número e frequência de táxons distribuídos nas diferentes áreas, onde A representa a melhor qualidade ambiental, B representa a área que recebeu ações de recuperação e C que representa a área em menor qualidade de conservação ambiental.

Táxon	A	B	C	Total (n)	Fr(%)
Acarina	18	9	3	30	0,39
Araneae	132	49	16	197	2,56
Blattodea	14	0	3	17	0,22
Chilopoda	4	0	0	4	0,06
Coleoptera	106	54	53	213	2,76
Collembola	24	57	18	99	1,28
Dermaptera	1	4	2	7	0,09
Diptera	185	142	184	511	6,63
Hemiptera	16	3	1	20	0,26
Hymenoptera	4529	1381	539	6449	83,71
Lepdoptera	15	4	3	22	0,28
Neuroptera	1	2	2	5	0,06
Orthoptera	45	27	12	84	1,09
Scorpiones	3	2	0	5	0,06
Trichoptera	34	7	0	41	0,53
Total	5127	1741	836	7704	100%

Fr (%) = frequência relativa em percentual

#### 4.1.1 Taxa que apresentam maior frequência

O táxon Hymenoptera foi de maior frequência, de 83,7% do total de indivíduos coletados. Este táxon, segundo Camargo 2018, de forma geral é representado por formigas,

abelhas, vespas das quais vivem em colônias ou de forma solitária, constroem ninhos utilizando vários substratos como cera, terra, resinas, celulose e outros materiais; esse táxon pode ser de relevância econômica positiva, comportando-se como agentes da polinização, controle biológico, produção de cera e mel, ou ainda negativa, na forma de pragas agrícolas. A maioria dos indivíduos encontrados desse táxon foi da família Formicidae, popularmente conhecidas como formigas cortadeiras. De acordo com Michereff e Filho (2018), esses insetos são desfolhadores considerados pragas agrícolas que habitam em ninhos subterrâneos, cortam plantas e transportam o material vegetal para o interior da colônia, que é utilizado como substrato para cultivo de um fungo, do qual se alimentam.

Verificou-se também que 70,23% dos indivíduos desse táxon foram encontrados na área A. Na área B, foram coletados 21,41% e da C, 8,36% (Tabela 5). A área A dispunha de maior quantidade de substrato, como árvores, arbustos, gramíneas que são base para alimentação desses indivíduos, esse fato reforça maior frequência destes espécimes o porquê esses indivíduos foram encontrados com grande frequência nessa área. Fonseca et al (2013), realizou um estudo onde comparou o desenvolvimento de colônias de *Atta sexdens rubropilosa* em laboratório onde dispunha de maior quantidade de alimentação, em relação a colônias da mesma espécie em campo onde considerou que estas dispunham de menor quantidade de alimentos. De acordo com os autores, as colônias de laboratório apresentaram em média uma maior população quando comparadas às colônias de campo, com a maior disponibilidade de alimentos aumentou a biomassa fungica que faz parte da alimentação das rainhas. Portanto, Fonseca et al (2013), evidenciou que o ambiente exerce forte influência no desenvolvimento das colônias no período de fundação, e sobre o status fisiológicos das rainhas, o que evidentemente influencia no desenvolvimento da taxa populacional.

Analisando o histórico da propriedade rural verifica-se que a área sofreu com o processo de desmatamento e foi gradativamente recomposta ao longo de aproximadamente 30 anos, pelo atual proprietário. Esse fato pode indicar que o ambiente ainda não está clímax, e possivelmente com o passar dos anos esses indivíduos irá encontrar seus inimigos naturais que auxiliará no controle populacional.

Do total, expresso na tabela 5, verifica-se ainda um decréscimo populacional entre as áreas B e C isso pode ser explicado pelo fato de que o ambiente dispõe de menor quantidade de substrato para a alimentação, fator que implica na queda populacional.

Outro táxon, Diptera foi encontrado em 6,6% do total de amostras (Tabela 5). Esse táxon, é composta por moscas, mosquitos, varejeiras, pernilongos, borrachudos e mutucas (CAMARGO, 2018). De acordo com Brito et al (2008), a táxon Diptera apresenta distribuição cosmopolita configurando-se em uma das maiores taxa de insetos. Esses indivíduos habitam em diversos nichos alimentares, podendo ser parasitas, hematófagos, predadores, além de se alimentarem de folhas, frutos, flores, néctar e outras substâncias açucaradas (CAMARGO, 2018). Vários indivíduos deste táxon desenvolvem um importante papel ecológico como inimigos naturais de vários organismos principalmente através do parasitismo (CAMARGO, 2018). Verifica-se que entre as áreas o número de espécimes houve pouca variação com relação ao tamanho populacional entre as áreas, respectivamente A, B e C (Tabela 5). Esse fato deve ser explicado porque essa táxon de insetos possui uma vasta possibilidade de alimentação fator que configura resistência à queda populacional, sendo neste trabalho encontrado em grande frequência em todas as áreas analisadas.

Observa-se também na Tabela 5 que em terceiro lugar foi encontrado em maior frequência a táxon coleóptera representando aproximadamente 2,8% da amostra coletada. A táxon coleóptera possui papel importante no ecossistema uma vez que atua na decomposição de fezes de animais, controle de insetos considerados pragas e na ciclagem de nutrientes (MONÇÃO et al, 2011). De acordo com Audino et al (2007), a táxon coleóptera constitui-se como um dos maiores grupos de insetos, com aproximadamente 400 espécies conhecidas, eles ocupam praticamente todos os ambientes por se alimentares das mais variadas fontes de alimentos. A diversidade de possibilidades de alimentação desses indivíduos pode explicar o motivo de serem encontrados em todas as áreas analisadas neste trabalho. Desta maneira, algumas espécies dessa táxon podem ser consideradas fitófagas, outras predadoras de outros insetos, algumas necrófagos, outras micetófagos, algumas coprófagas e outras são parasitas (MONÇÃO et al., 2011). Essa vasta variedade alimentar possibilita a ocupação desses indivíduos em áreas em diferentes estágios de conservação ambiental.

Seguidamente, constata-se de acordo com a Tabela 5 a táxon Aranea representando aproximadamente 2,5% da amostra. Esse táxon compõe o mais numeroso entre os aracnídeos sendo considerada válida cerca de 35.000 espécies (CANTE; KNYSAK, 2008). Esses indivíduos possui como habitat o meio terrestre, desenvolvendo teias geométricas ou irregulares, em buracos, cupinzeiros, troncos caídos, cascas de árvores, próximo e dentro de moradias (CANTE; KNYSAK, 2008). Esses animais possuem importância para a manutenção do equilíbrio ecológico, alguns se configuram e como predadores, que percorrem caminhos

em busca de insetos (SILVA et al, 2005). Esses animais são carnívoros, alimentando-se de insetos e pequenos invertebrados (CANTE; KNYSAK, 2008). Considerando, a perspectiva de bioindicadores de solo, este táxon apresentou considerável sensibilidade, observa-se frequência de 67% em A, 24,87% em B e 8,12% em C (Tabela 5). Resultados semelhantes foram encontrados em estudos de Francisco (2011), que revela que as aranhas de solo possuem potencial como ferramenta de diagnóstico ambiental, para o desenvolvimento dessa pesquisa o autor utilizou armadilhas de queda livre do tipo “pitfall” sendo instaladas em áreas com diferentes tipos de ocupação. Estes autores apontaram que indivíduos Aranea essa responderam significativamente a complexidade estrutural da vegetação, e que as comunidades pertencentes aos ambientes mais heterogêneos apresentam melhores índices ecológicos comparados aos ambientes antropizados.

Verificou-se (tabela 5) quanto ao táxon Collembola houve 1,3% de Fr(%) no total coletado. Os organismos deste grupo vivem tanto na serapilheira quanto no solo, contribuindo com a detritação do material orgânico, favorecendo os processos de humificação, fragmentação dos restos vegetais, favorecendo a estruturação do solo, a fixação de bases trocáveis e melhorando a dinâmica da matéria orgânica (FILHO e BARRETA, 2016). Estes organismos são numerosos em áreas de florestas se comparada a áreas de cultura, e possui a alimentação baseada em fungos, restos de folhas e tecidos vivos (VARGAS; HUNGRIA, 1997). No entanto, nesse estudo foi observado que a área que apresentou a maior quantidade de indivíduos dessa táxon foi à área B correspondendo a 57,57% da amostra coletada. Já a área A apresentou 24,24% e na área C foi coletada 18,18% da amostra (Tabela 5).

A ocorrência do táxon Orthoptera correspondendo aproximadamente 1,1% de amostras do total coletado. De acordo com Camargo (2018), os ortópteros são de predominância das regiões tropicais, atualmente existem cerca de 33 mil espécies no mundo, das quais 1.480 ocorrem no Brasil. Organismos deste grupo são popularmente conhecidos como gafanhotos, esperanças, grilos, paquinhos e taquaras (COSTA-NETO, 1998). Esses organismos em sua grande maioria são fitófagos, de grande importância econômica, quando na sua fase gregária, forma nuvens, e se alimentam de maneira muito intensa configurando-se como uma praga agrícola (CAMARGO, 2018). Do total, 53,57% foram observados na área A, 32,14% em B e 14,28% em C. Verifica-se então um decréscimo populacional entre as áreas em diferentes formas de manejo. Isso pode ser explicado porque a área A apresenta maior heterogeneidade vegetativa, e como esses organismos em geral são fitófagos acabam dispondo de maior variabilidade alimentar.

#### **4.1.2 taxa de menor frequência**

Os grupos de frequência de >1% foram: aranea, coleóptera, collembola, díptera, hymenoptera e orthoptera. Já os que apresentaram frequência abaixo de 1% são: acarina, blattodea, chilopoda, dermaptera, hemíptera, lepdoptera, neuroptera, scorpiones e trichoptera.

O grupo de Chilopodas tiveram 0,05% do total de amostras. Este grupo são compostos por indivíduos exclusivamente terrestres, vivem em lugares úmidos sob folhas, pedras e outros (CERQUEIRA; FERREIRA, 2017). São insetos predadores alimentando-se de larvas de insetos como, de díptera, coleoptera, lepidoptera e neuroptera (MOCO et al, 2005). É importante destacar que organismo deste táxon de insetos foi encontrado somente na área A, com 4 espécimes identificadas. Vale lembrar que o ambiente onde estes indivíduos foram encontrados dispõe de cobertura vegetal mais consolidada. Estudos realizados por Moreira et al. (2000) que comparou a população de vários indivíduos do solo, contendo o grupo chilopoda em três diferentes áreas (floresta, sistemas agroflorestais e capoeira), e portanto, diferentes níveis de densidade de plantas. Estes autores apontaram os chilopodas estavam em maior frequência em área de floresta.

Analisando ainda os grupos que aparecem em menores frequências, notou-se que táxon Neuroptera teve 0,06% ao total. Esses organismos são popularmente conhecida como crisopídeos, bicho-lixeiro e formiga-leão (CAMARGO, 2018). Segundo Soares e Macedo (2000); Carvalho (2009), estes são predadores quando em estádios larvais, também, tem alto potencial para se reproduzir, alimentando-se de várias espécies como cochonilhas, pulgões, mosca branca, ácaros e tripses, além de ovos e larvas de diversas espécies de lepidópteros. Observa-se que a frequência da táxon neuroptera foi baixa nas três áreas analisadas onde a área B e C apresentaram frequência de 40% da amostra coletada desta táxon, e observa-se também que a área A apresentou frequência foi menor, de 20%. Resultados semelhantes foram encontrados por Carvalho (2009), que buscou bioindicadores de qualidade edáfica com base na macrofauna para monitoramento e remediação de áreas degradadas e em transição agroecológica. Para isso o autor selecionou uma área de fragmento de mata atlântica, área diversificada em conversão agroecológica, área degradada por antrópica e área cultivada com monocultura de eucalipto. De acordo com o autor, a táxon neuroptera também apareceu em todas as áreas selecionadas apresentando baixa frequência em ambas, apenas de 0,02%.



Ainda na análise de frequência de menor ocorrência pode-se observar a táxon scorpiones apresentando a equivalência de 0,06% ao total. Observou-se que 60% dos indivíduos coletados foram capturados na área A e 40% na área B, já na área C não foram encontrados indivíduos dessa ordem. Atualmente são conhecidas cerca de 1600 espécies de escorpiões, onde aproximadamente 100 espécies habitam no Brasil (CANTE; KNYSAK, 2008). A alimentação desses animais é composta basicamente por insetos como cupins, moscas, grilos, baratas, entre outros, na falta de outros alimentos eles podem praticar o canibalismo (LOUREDO, 2018). Este grupo pode sofrer a predação de vários indivíduos como lacraias, louva-deus, macacos, aranhas, sapos, lagartos, seriemas, corujas, gaviões, quatis, galinhas, camundongos, algumas formigas e os próprios escorpiões (CANTE; KNYSAK, 2008).

O principal predador desses organismos é a destruição de seus habitats (MONTEIRO-FILHO; CONTE, 2018). Como a área C não possui heterogeneidade vegetativa na área de nascente, os escorpiões acabam possuindo menor disponibilidade de habitats, já que em ambiente natural esses indivíduos vivem sob fendas de árvores, troncos caídos e debaixo de pedregulhos. Esse fato deve explicar porque a área A apresentou a maior frequência de indivíduos seguidos pela área B.

Constatou-se, também, a ocorrência de táxon dermaptera, correspondendo a 0,09% da amostra coletada. A táxon dermaptera habitam em lugares sombreados e úmidos, como casca de árvores, madeiras, pedras ou no meio da vegetação (CAMARGO, 2018). Também de acordo com Camargo 2018, estes organismos são onívoros e predadores de ovos e lagartas de alguns lepidópteros e também podem consumir inflorescências. Segundo Marques (2011), os organismos deste grupo podem se alimentar via canibalismo, fator que pode causar a redução da população desses insetos, influenciando sua dinâmica populacional. Dos ambientes estudados, a área de maior incidência da táxon dermaptera foi a área B, seguidos pelas áreas C e A respectivamente (Tabela 5). Constata-se que a topografia das áreas B e C possui um maior alagado, tornando o terreno mais úmido e conseqüentemente criando condições para o desenvolvimento de indivíduos dessa espécie.

O táxon Blattodea vive hegemonicamente em ambientes terrestres podendo constata-las em solo e serapilheira, são representantes, os organismos popularmente conhecidos como baratas (NESSIMIAN, 2018). Enumerou-se a frequência de 0,22% no total de amostras (Tabela 5), sendo que desta frequência, 82,35% dos indivíduos foram encontrados na área A, 17,65% na área C e zero na área B (Tabela 5). Esses organismos tem

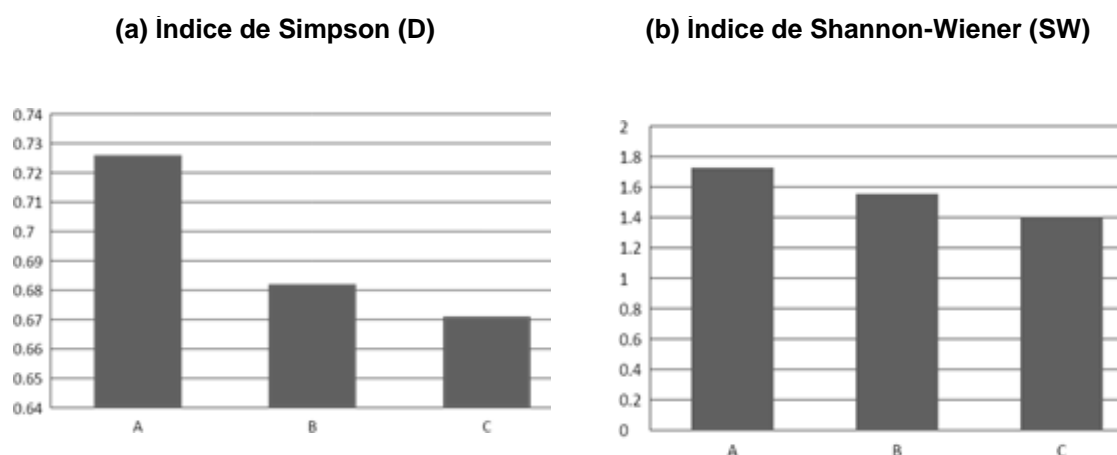
hábito alimentar de detritição, o que explicaria maior frequência em A, e sua presença em C. Mesmo que a área C estava em recomposição vegetal, houve áreas de recarga tangenciais à nascente pontos de descarte de resíduos sólidos urbanos. Como explicado por Fox (2011) os organismos do grupo Blattodea são insetos onívoros e possui papel importante na decomposição da matéria orgânica, consumindo fezes, cadáveres, restos alimentares e até papel, cigarros e plásticos. Ainda de acordo com o autor, este táxon faz parte da dieta de outros animais como aves, aranhas, lacraias e escorpiões. A alta incidência da táxon blattodea na área A relacionados às demais áreas é um indicativo de qualidade ambiental, uma vez que estes organismos em sua pluralidade constituem-se em decompositores. Ressalta-se que em visita de campo não foram evidenciados pontos de descartes de resíduos sólidos nas áreas que tangenciam à nascente.

Na tabela 5 foi enumerado o táxon Hemiptera de 0,23% no total das amostras coletadas, sendo que desta frequência, 80% dos indivíduos encontrados foram da área A, enquanto 15% da área B e 5% da área C. Fazem parte desta táxon organismos conhecidos com predominância edáfica e são popularmente conhecidos como percevejos, barbeiros, baratas d'água, cigarras, cigarrinhas, pulgões, cochonilhas e mosca-branca (LIMA, 1940; CAMARGO, 2018). Algumas espécies deste táxon são fitófagos como *Nezara viridula*, *Piezodorus guildinii*, *Phthia picta*, *Crinocerus sanctus*, *Corythaica cyathicollis* entre outras, causando grandes danos a plantas cultivadas, e alguns gêneros também podem ser predadores em sua maioria atacando outros insetos para sugar a hemolinfa (LIMA, 1940). Desta forma, os hábitos alimentares pode ter sido fator determinante da incidência de maioria dos indivíduos dessa táxon na área A de maior diversidade vegetal. Resultados diferentes foram encontrados por Thomazini e Barros (2002), que desenvolveram estudo de entomofauna em diferentes áreas como florestas, capoeira, e pastagem no sudeste do Acre-BR. Os autores supracitados observaram que o número da táxon hemíptera subordem homóptera, foi maior na pastagem se comparada a área de mata fragmentada. Observa-se que do ponto de vista ambiental a área de pastagem possui menor qualidade ambiental se comparada a área de mata fragmentada. É importante salientar que de acordo com os autores, a diversidade de espécies foi menor na área de pastagem. Diante destes fatos, fica evidenciado que os resultados encontrados pelos autores, podem ter sido divergentes dos graças ao desequilíbrio ambiental, proporcionado pela supressão vegetal para subsidiar a pastagem. Este fator pode ter favorecido o desenvolvimento desses indivíduos através oferta de alimentos, abrigos e a indisponibilidade de inimigos naturais. Observando a Tabela 5 afere-se que a

maior disponibilidade de substrato para alimentação e maior níveis de rede trófica favorecem a presença destes organismos, o que reforça a presença na área A.

#### 4.2 Índices ecológicos

Com a finalidade de demonstrar a diversidade ecológica em termos de abundância, riqueza e equitabilidade podem ser observadas os gráficos que representam os índices de Simpson (D) e o índice de Shannon-Wiener (SW) (Figura 13).



**Figura 13** – Índices ecológicos de macrofauna edáfica em áreas de nascentes em diferentes estádios de recomposição vegetal em solo de Arenito Caiuá na microbacia do município de Paranavaí, Paraná, Brasil.

Observa-se que na Figura 13a está representada o índice de Simpson das três áreas em diferentes estágios de conservação ambiental. Verifica-se que o índice ecológico na área A apresentou maior valor, e a área C apresentou os menores índices.

O índice de Simpson (D) é resultado das teorias das probabilidades sendo utilizados em análises quantitativas de comunidades biológicas (SCOLFORO et al, 2008). Assim, refere-se a abundância de espécies, compreendendo o resultado deve ser compreendido como a probabilidade em coletar 2 indivíduos de uma comunidade, desde que pertencentes a espécies diferentes (GORENSTEIN, 2002). Este índice é mais sensível às mudanças nas espécies mais abundantes (PERONI e HERNÁNDEZ, 2011).

Neste estudo, como pode ser observada na Figura 13 a área que apresentou maior nº de indivíduo e dominância foi à área A, enquanto que as áreas B e C se comparadas à área A apresentaram menores diversidades de acordo com a análise do índice D. Segundo, Cristina e Marques (2015), que avaliando a relação entre parâmetros químicos do solo e serrapilheira com a macrofauna edáfica em floresta nativa e agrofloresta, observaram que no solo da floresta o índice de dominância Simpson foi de 0,35, serapilheira da floresta o índice foi de 0,64, solo da agrofloresta foi de 0,92 e serapilheira da agrofloresta de 0,36. Obteve-se como resultado que o índice de Simpson apresentou menor dominância de espécies na área com cobertura vegetal em floresta nativa, ou seja, apresenta melhores condições do ponto de vista ambiental. Assim como Cherubin et al. (2015), que comparou diferentes tipos de manejo do solo e obteve como resultado que área onde recebeu a escarificação apresentou o índice de dominância Simpson de 0,49, o plantio direto de 0,37, cultivo mínimo foi de 0,32 e a mata nativa de 0,33. Percebe-se que a dominância foi menor nas áreas onde houve manejos mais conservacionistas e a floresta nativa. Os autores observaram também que a área de escarificação obteve menor índice de diversidade. Estes resultados evidenciam que as áreas onde receberam manejos conservacionistas, dispõem de habitats que disponibilizam condições mais adequadas, como alimentos e abrigos para o desenvolvimento da fauna edáfica, contribuindo com o equilíbrio ambiental dessas áreas.

Conforme pode ser verificada na Figura 13 a área A também apresentou maior valor SW, enquanto que a área C apresentou os menores valores. O índice de SW é o índice mais popular entre os ecólogos, levando em consideração tanto a riqueza quanto a equitabilidade das espécies, portanto, utilizado como índice de diversidade ecológica (ZIMMER, 2007), sendo mais sensível às mudanças nas espécies raras da comunidade (PERONI; HERNÁNDEZ, 2011). Desta forma, ao analisarmos SW e as frequências verificou-se a área A também apresentou maior diversidade com relação à área B e C.

Segundo Crui, Maschio e Brown (2010), buscando identificar a diversidade da fauna edáfica áreas com fragmentos florestas nativas comparadas a áreas de reflorestamento com araucária, observaram que as áreas com fragmentos de floresta nativa tiveram maior valor de SW em relação ao fragmento de reflorestamento. Da mesma maneira Moço et al. (2005), também utilizou o índice SW para verificar a diversidade da macrofauna edáfica entre floresta natural preservada, floresta natural não preservada, povoamento de eucalipto, capoeira e pasto. Notaram que o índice SW obtivo no solo da floresta não preservada, floresta preservada e plantio de eucalipto apresentaram os números mais elevados e com similaridade

se comparado às demais áreas de estudo. Os autores sugerem que a alta densidade apresentada nas amostras das florestas preservadas, pode ter influenciado na queda do número da diversidade da fauna se comparada à floresta não preservada. No entanto, de forma geral, observa-se que as áreas que dispõem robustez vegetativa e/ou com relações mais complexas apresentaram maiores valores dos índices de SW. Diante do exposto, fica evidenciado a homogeneidade vegetativa pode influenciar nos índices de diversidade da fauna edáfica.

Para verificar a significância dos valores médios dos índices foi representado na tabela 6 os resultados do teste t-Student e teste de permuta.

**Tabela 6** - Índices ecológicos de macrofauna edáfica em áreas de nascentes em diferentes estádios de recomposição vegetal em solo de Arenito Caiuá na microbacia do município de Paranavaí, Paraná, Brasil.

<b>Teste t-Student (dois a dois)</b>			
<b>Índices</b>	<b>A vs. B</b>	<b>B vs. C</b>	<b>A vs. C</b>
Simpson	0.0181*	0.5894 <sup>ns</sup>	0.0048*
Shannon	0.0013*	0.0118*	0.0012*
<b>Teste de permuta (dois a dois)</b>			
Simpson	0.0173*	0.5924 <sup>ns</sup>	0.003*
Shannon	0.0019*	0.0138*	0.0001*

Sendo: (\*) os valores médios dos índices diferem à p-valor < 0,05 e "ns" não diferem à p-valor < 0,05.

Desta maneira, com um grau de 95% de confiança foi realizada uma análise pelo teste t de Student com a finalidade de verificar quais as áreas difere-se entre si na relação de diversidade de indivíduos conforme pode ser observado na Tabela 6. Confrontado os resultados observa-se que pelo índice de Simpson a área A apresentou os maiores valores

ecológicos. Portanto, demonstrou maior diversidade e abundância, onde a área A difere-se e superam as áreas B e C. Já comparando os índices de Simpson para as áreas B e C essas áreas não apresentaram diferenças significativas pelo teste t.

Analisando o comparativo das áreas para o índice ecológico de Shannon, observa-se que a área A difere-se e supera os valores das áreas A e C. Consequentemente pelo índice de Shannon a área A apresentou a maior riqueza e equitabilidade de espécies. Observar-se também que se comparado às áreas B e C essas áreas também apresentaram diferenças significativas, onde a área B apresenta o maior valor para o índice ecológico de Shannon.

O teste de permuta é mais uma ferramenta utilizada para verificar o nível de significância para uma hipótese nula em estatística (SILVEIRA, 2018). Neste teste foi realizada uma combinação de 9999 usando permutações aleatórias com a finalidade de verificar a significância dos índices de diversidades.

Assim como no teste t, verifica-se que pelo teste de permuta a área A diferiu-se e superou as áreas B e C, nos dois índices ecológicos analisados. Observa-se também que não houve diferença significativa pelo índice de Simpson entre as áreas B e C.

Sendo assim, analisando os índices ecológicos bem como os testes de significância espera-se que a área B ao longo do tempo com as medidas de recuperação ambiental que estão sendo desenvolvidas possa dispor de maior diversidade da taxa populacional. Em trabalho semelhante Candido et al (2002), analisando a diferença da presença de organismos na mata ciliar e uma área em recuperação verificou que os índices de diversidade foram mais baixos na área em estado de recuperação, pelo fato do ambiente ainda estar em processo de homeostase recuperando suas atividades ecológicas. Isso indica que a área em recuperação aqui analisada, também poderá atingir diferenças significativas na população de indivíduos ao longo do tempo.

### **4.3 Nível de degradação e indicadores edáficos**

Para verificar o grau de associação entre as taxa de animais com as diferentes áreas analisadas utilizou-se a análise de correspondência. Essa análise é uma técnica estatística multivariada que permite o desenvolvimento da verificação concomitantemente de diferentes variáveis categóricas, configurando-se como uma análise exploratória e descritiva dos dados que permite observar as inter-relações ou correspondências entre as variáveis

(SILVA, 2012). Desta forma, a imagem abaixo representa a análise de correspondência entre os taxa das áreas A, B e C (Figura 14).

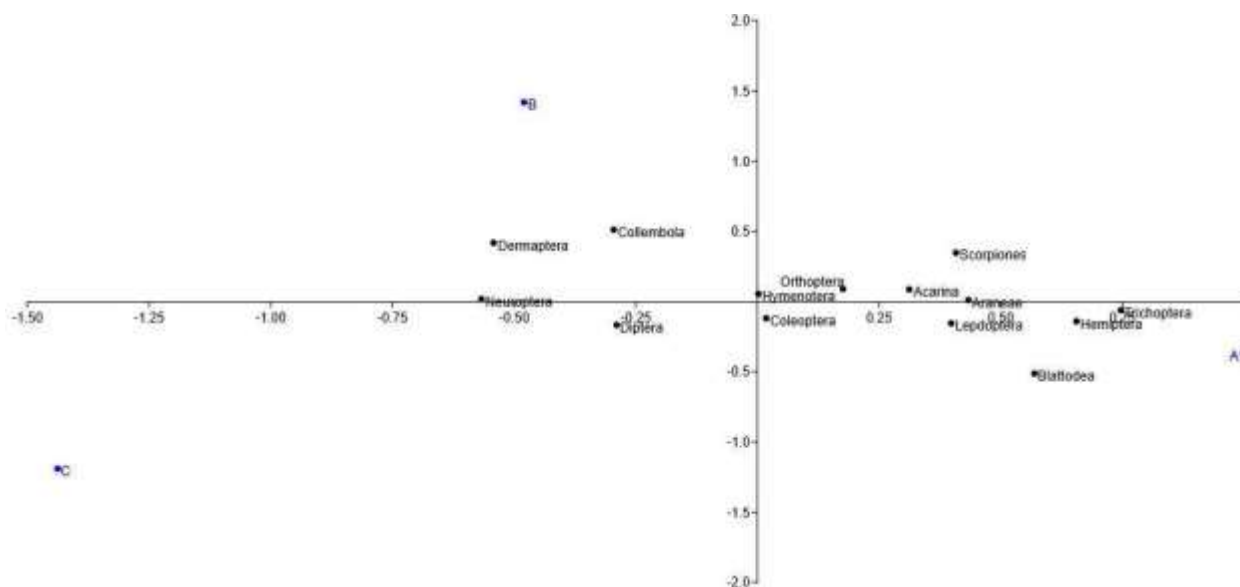


Figura 14- Análise de correspondência para verificar o grau de associação entre os taxa e as áreas

Houve clara separação das três áreas (Figura 14). No quarto quadrante a táxon trichoptera apresentou o maior grau de associação com a área A, seguidas das taxa hemípteras e blattodea. Verifica-se também que a taxa araneae, lepdoptera, scorpiones e acarina, também ficaram mais próximas da área A. Estudos de Nogueira; Cabette; Juen (2011), verificaram que as larvas da táxon trichoptera perdeu riqueza de espécies em ambientes impactados. Da mesma maneira, compreendeu Pimenta et al. (2016), que onde ocorreu maior presença da táxon trichoptera nas amostragens realizados com invertebrados bentônicos, evidenciou ambientes com melhor qualidade ambiental. Então, considerando as informações das condições ambientais das áreas em estudo, possivelmente a maior associação da táxon trichoptera pode estar relacionada ao grau de preservação da área A. Já Wink et al., (2005) e Santos et al. (2017), relacionam hemípteras e blattodea como indicadores de qualidade ambiental por serem sensíveis a alterações no ecossistema.

Observa-se também que a táxon hymenoptera próximos ao centroide apresentou a menor associação entre as áreas em estudos, seguidos das taxa coleóptera e orthoptera. Isso

ocorre porque essas taxa apresentaram menor grau de variabilidade populacional entre as áreas em estudo. Isso denota que essas taxa por aparecerem com baixa variabilidade populacional considerando que as áreas estavam em diferentes níveis de conservação ambiental, não correspondem a um bom bioindicador para avaliar a qualidade ambiental.

Verifica-se também que as taxa collembola e dermaptera apresentaram maior grau de associação com a área B, seguidas da táxon neuroptera e díptera. De acordo com Baretta et al. (2008), diversas taxa collembolas são sensíveis a mudanças da qualidade ambiental podendo ser utilizadas como bioindicadores de distúrbios bem como da qualidade do solo. Esse fato pode ser um indicativo que as ações de recuperação desenvolvidas na área B que podem estar auxiliando no processo do desenvolvimento das taxa collembolas que participam da degradação da matéria orgânica melhorando assim a qualidade do solo. O que consequentemente auxiliará no processo de recuperação da qualidade ambiental do ecossistema.

Já a área C localizada no terceiro quadrante, apresentou o menor grau de associação entre as taxa coletadas de acordo com a análise de correspondência. Como mencionado observou-se em vista *in loco* que a área C apresentou a menor diversidade vegetativa e que a área de nascente não possuía mata ciliar homogênea. Esse fator pode ter colaborado para que as taxa de insetos não criasse associação com essa área. Conforme relata Odum (2001), para que um organismo prospere no ambiente é necessário que ele encontre condições mínimas, ou seja, os materiais mínimos para seu crescimento e reprodução, isso ocorre porque em condições de equilíbrio, o material essencial disponível em quantidades que mais se aproxima do mínimo crítico indispensável tende a ser o material limitante. Esse fato deve explicar porque a Área C apresentou a menor associação entre os indivíduos. O oposto ocorre na Área A onde os organismos encontram as condições mínimas para o seu desenvolvimento conforme pode ser observado na Figura 14.

Da mesma forma, foi realizada também uma análise de correspondência relacionando as áreas A, B e C entre as taxa encontradas. Esta análise teve por finalidade verificar quais as áreas dispunha de maior associação com as taxa, conforme pode ser observado na imagem abaixo:



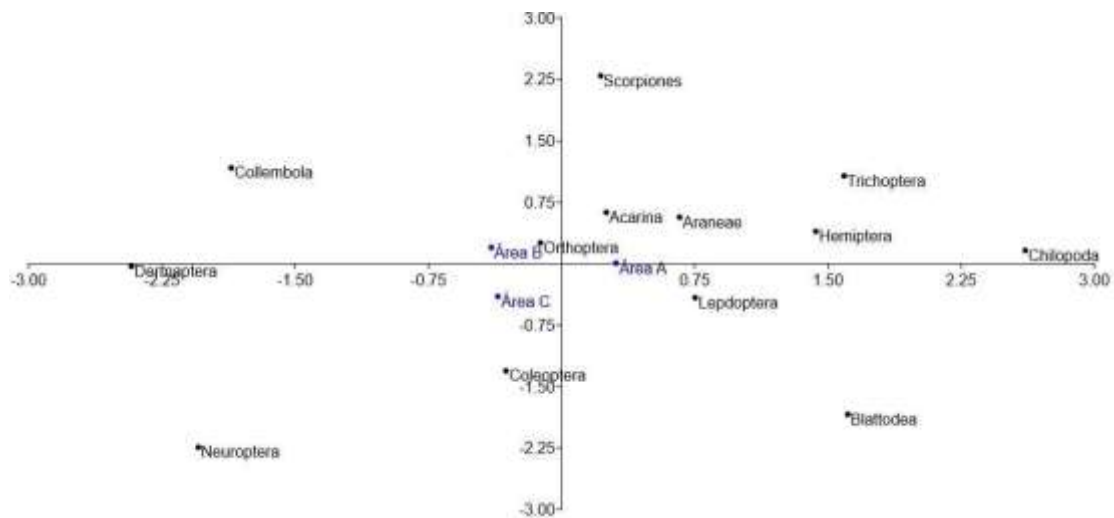


Figura 15: Análise de correspondência entre as áreas e taxa de animais

De acordo com a Figura 15, verifica-se que a área A possui maior associação com as taxa acarina, aranea e lepdoptera. Verifica-se ainda que o campo onde esta localizada a área A especificamente entre o I e o IV quadrantes é justamente onde ocorre a maior diversidade de taxa de insetos.

Já a área C possui maior associação com a táxon coleóptera, e a área B possui maior correlação com a táxon orthoptera. Verifica-se ainda que as áreas C e B possui menor associação com as demais taxa de insetos. Dessa maneira, fica evidenciada mais uma vez que as áreas C e B possuem menor diversidade ecológica se comparadas a área A.

Como as taxa hymenoptera e díptera tiveram grande ocorrência em todas as áreas analisadas, considera-se então que estes organismos não são bons bioindicadores de qualidade ambiental, por serem amplamente frequentes nas áreas A, B e C. Nesse sentido, com a finalidade de investigar quais as melhores taxa para serem utilizadas como bioindicadores da qualidade ambiental, retiraram-se essas taxa e obteve-se a conformidade do seguinte gráfico:

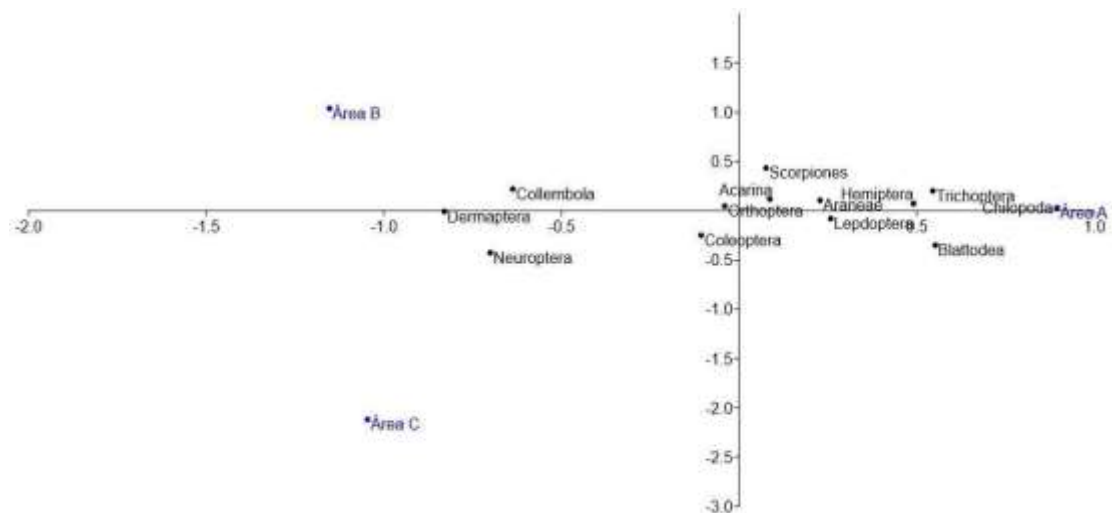


Figura 16: Análise de correspondência entre as áreas e taxa de animais

Nesta conformação, observa-se que a maior parte dos indivíduos se associou com maior intensidade a área A, relevando conforme já esperado que a área A apresenta maior diversidade que as demais áreas em estudo. Dentre as taxa que apresentaram maiores graus de associação apresenta-se as taxa chilopodas, seguidas de trichoptera e blattodea. Resultados semelhantes foram encontrados por Maestri et al (2013), onde a táxon chilopoda apareceu em uma área nativa em estudos comparativos entre bosque de eucalipto e área nativa. Já as taxa trichoptera e blattodea apresentou maior associação com a área A possivelmente em decorrência das adequadas condições ambientais encontradas pelas espécies. Como já mencionado anteriormente a espécie trichoptera é sensível a alterações da qualidade ambiental impossibilitando o seu desenvolvimento. E a táxon blattodea por atuar na decomposição da matéria orgânica necessita de substrato para sua subsistência. Obviamente, por encontrar condições favoráveis na área A esses indivíduos se associaram nessa área.

Pode-se analisar também que somente três taxa se associaram as áreas B e C. Onde a táxon collembola apresenta maior similaridade com a área B e a táxon dermaptera foi a que mais se associou a área C. A táxon dermaptera de acordo com Constantino et al. (2002), é predominantemente noturna e detritívora, mas alguns se alimentam de plantas vivas ou são predadores. O fato de que a maioria das espécies da táxon dermaptera serem detritívoras, ou seja, alimentam-se de materiais em estado de decomposição pode explicar a causa de que a área C apresentar a maior associação entre essa ordem. Como elucidado anteriormente

embora a área C esteja em estado de inferioridade com relação à qualidade ambiental esta área apresenta material em estado de decomposição, incluindo folhas, capim, galhos e até animais. Porém um aspecto que chama a atenção é que a área também conta com pontos de descarte de resíduos sólidos urbanos que podem favorecer o processo de desenvolvimento dessas espécies, pois esses resíduos podem oferecer substratos para o desenvolvimento dessa táxon de insetos.

As taxa Araneae, Coleoptera, Collembola e Orthoptera apresentaram frequências de 1% a 3% (Tabela 5 e Figura 17).

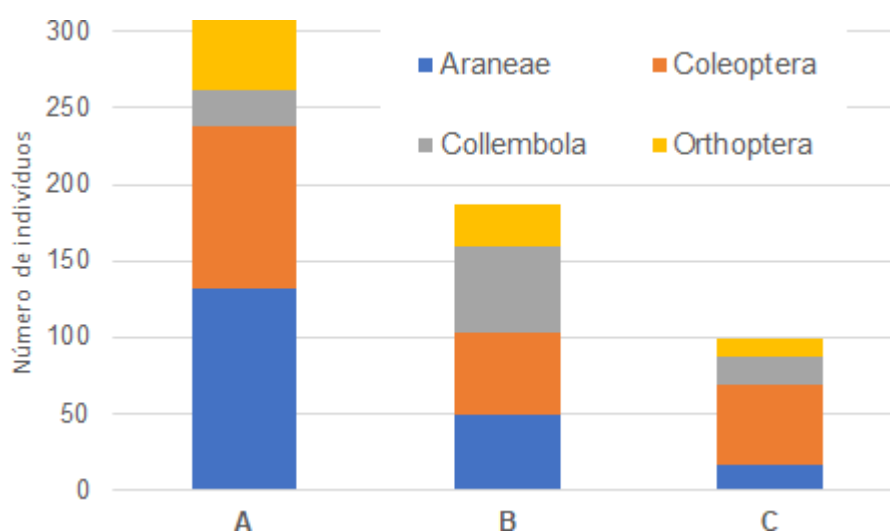


Figura 17. Taxa com frequências de 1 a 3% (em relação ao total de dados) macrofauna edáfica em três áreas de Arenito Caiuá na microbacia do município de Paranavaí, Paraná.

As taxa Acarina, Blattodea, Chilopoda, Dermaptera, Hemiptera, Lepdoptera, Neuroptera, Scorpiones e Trichoptera apresentaram frequência (no total) entre 0,20 à 0,55% (Tabela 5 e Figura 17).

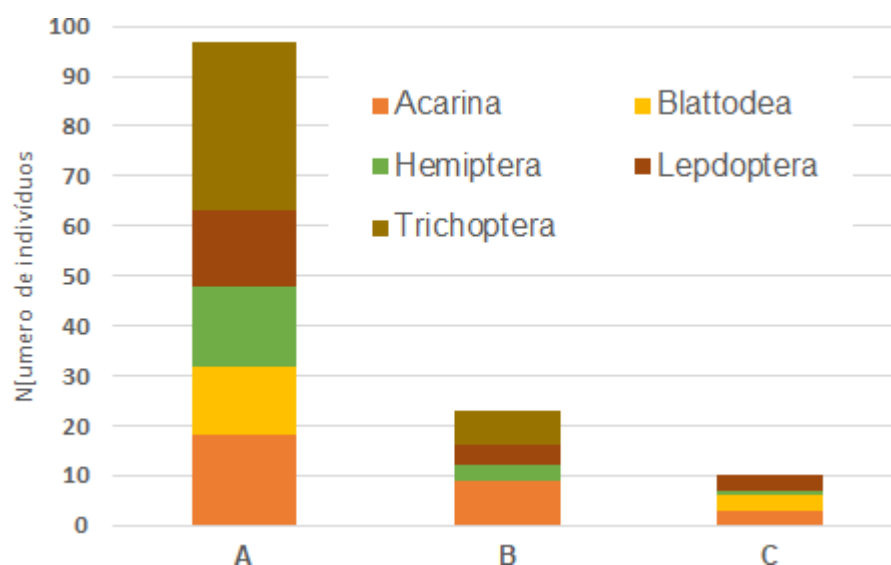


Figura 18. Taxa com frequências de 0,20 a 0,55% (em relação ao total de dados) macrofauna edáfica em três áreas de Arenito Caiuá na microbacia do município de Paranavaí, Paraná.

A taxa de insetos trichoptera constitui-se como holometábolos (metamorfose completa), onde em fase larval vivem em água com alta concentração de O<sub>2</sub> (ambientes lóticos) (CALOR, 2007). Esse táxon apresenta um papel ecológico importante, pois são detritívoros, participando ativamente no processo de decomposição da matéria orgânica (HOLZENTHAL et al, 2010). Além disso, a taxon trichoptera na fase larval serve de alimentos para indivíduos que vivem em ambiente aquático. Vale ressaltar que em ambientes que possui perturbações que comprometem a qualidade ambiental, as populações desses insetos acabam ficando mais suscetíveis ao declínio (ROSS, 1967; ROSENBERG; RESH, 1993; MORSE, 1997 apud CALOR, 2007). Esse fato deve elucidar porque 82,93% da amostra foram coletadas na área A, sendo que a área C não apresentou nenhum indivíduo dessa ordem.

Verificou-se que o táxon acarina conformando-se em 0,39% do total da amostra coletada aproximadamente. Dentre os acarinos encontrados, 60% estavam dispostos na área A, 30% na área B e 10% na área C. A taxon acarina alimenta-se de uma grande variedade de substrato, sendo divididas em duas categorias, as de vida livre e parasitas (AGUIAR-MENEZES et al., 2007). Neste trabalho, os ácaros encontrados foram os de vida livre. A população de organismos deste grupo afeta-se devido ao manejo do solo, assim como temperatura e umidade do solo (VARGAS e HUNGRIA, 1997). Os ácaros filófagos são os

indivíduos que se alimentam da parte aérea e subterrânea das plantas, em lavouras podem representar prejuízos econômicos no caso de descontrole da população (AGUIAR-MENEZES, 2007 et al). Esses indivíduos tem a capacidade de multiplicar a superfície de restos orgânicos, o que facilita o processo de degradação, favorecendo a ação dos microrganismos (VARGAS e HUNGRIA, 1997). Os ácaros além de participarem do processo de degradação da matéria orgânica, também servem de alimentos para outros ácaros, os chamados ácaros predadores (AGUIAR-MENEZES, 2007 et al). De acordo com Ramadan (2004), o principal rol de alimentação desses indivíduos são detritos vegetais e fungos, configurando-se como um importante elemento na cadeia alimentar. Dessa forma, como a área A possui a maior quantidade de matéria orgânica em estado de decomposição, onde os indivíduos acabam encontrando maiores quantidades de substratos, que possibilita o desenvolvimento de sua capacidade reprodutiva bem como de sua subsistência. E também, as áreas B e C por apresentarem menor densidade vegetal, expõe o solo a maior incidência de temperatura.

Na sequência, entre os taxa que apresentam maiores variabilidade populacional verifica-se o táxon lepidoptera (Figura y e tabela 5), conformando-se em 0,28% do total da amostra coletada aproximadamente. Onde 68,19% dos indivíduos dessa táxon foram encontradas na área A, já na área B foi 18,18%, e por fim na área C foram encontrados 13,62% dos indivíduos.

A taxon lepidoptera é popularmente conhecida como borboletas e mariposas, são insetos holometábolos, onde os adultos podem se alimentar de néctar, pólen, líquidos de frutos fermentados, excretas e resinas vegetais (CAMARGO, 2018). O estágio larval é o período onde esses insetos ficam mais suscetíveis à predação e ao parasitismo, onde a maioria das espécies é parasitada por moscas e vespas, e também por vespas, aranhas e reptéis (RAFAEL et al, 2012). Já na fase adulta esses insetos podem ser predados por libélulas, moscas, louva-a-deus, aves, aranhas, anfíbios, morcegos e outros pequenos mamíferos (RAFAEL et al, 2012). Barlow et al. (2007), desenvolveu um estudo que objetivou realizar uma quantificação do valor da biodiversidade de florestas tropicais primárias, secundárias e plantadas, obtiveram como respostas que indivíduos da táxon lepidoptera foi o melhor preditor a mudanças com relação ao uso da terra (BARLOW et al., 2007, PEREIRA; REZENDE; CÂMARA, 2018).

#### 4.4 Análise de solo

A Tabela 7 em anexo corresponde aos valores referentes à análise de solo que foi realizada das áreas A, B e C, com a finalidade de verificar as condições químicas, físicas e biológicas do solo.

Com base nas análises do solo foi realizada uma análise de correspondência das três áreas em estudo conforme pode ser verificado na figura abaixo:

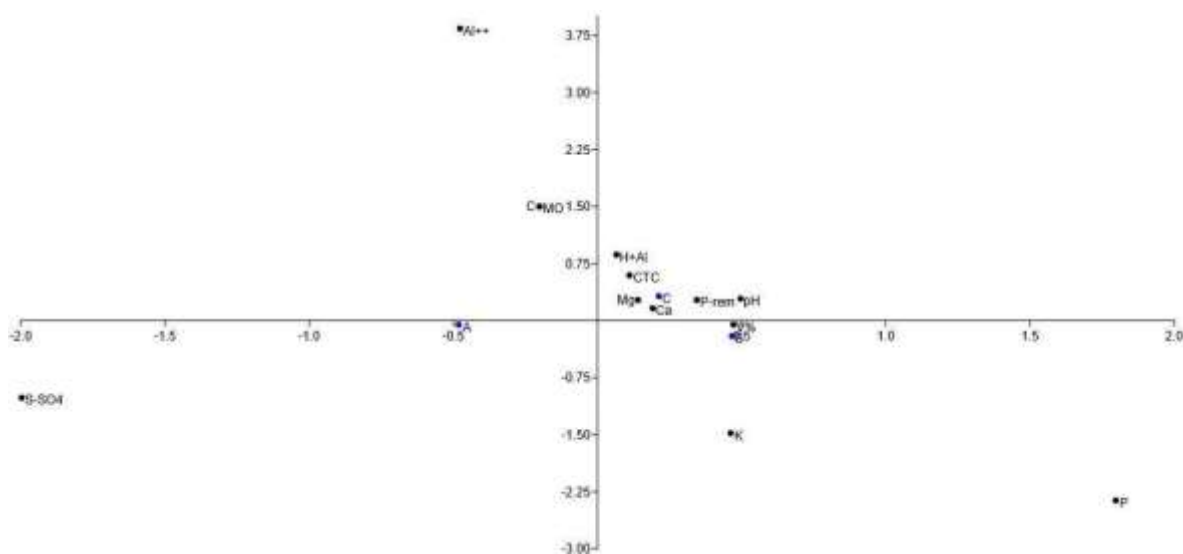


Figura 19: Análise de correspondência entre as áreas e indicadores de qualidade de solo provenientes do Arenito Caiuá na microbacia do município de Paranavaí, Paraná.

Observa-se que no quadrante I existe uma alta associação entre os nutrientes Cálcio (Ca), Magnésio (Mg) e com o Fósforo remanescente com a área C. Verifica-se também que esta área possui relação com a CTC e pH.

No quadrante II verifica-se que com o carbono (C) e com a matéria orgânica. Além disso, observa-se uma associação com o  $Al^{3+}$  que possui bases trocáveis. Vale ressaltar que a área A apresentou uma população com maior quantidade e maior diversidade de taxa entre insetos e animais, isso pode ser explicada pela interação entre estes organismos e a

matéria orgânica. De acordo com Bignnel et al (2010), a macrofauna edáfica atua triturando a matéria orgânica desenvolvendo um importante papel nos processos do ecossistema e apresentam sensibilidade às condições ambientais configurando-se como indicadores da qualidade do solo.

Verifica-se também no quadrante III que existe uma associação entre a área A com o enxofre S-SO<sub>4</sub>.

E por fim, no quadrante IV verifica-se que a área B relaciona-se com o V% e potássio (K), e que fósforo possui a mais fraca associação entre as áreas analisadas.

## **5. Considerações finais**

Em virtude da aprovação da Lei 12.651 ficou estabelecido a necessidade de promover a recuperação das áreas de nascentes criando ou mantendo espaços denominados APA – Área de Proteção Permanente. No entanto, para atingir o sucesso na recuperação ou implantação dessas áreas é fundamental o desenvolvimento de programas de monitoramento vislumbrando promover a avaliação de impactos ambientais. Para isso, é essencial desenvolver ferramentas que sejam capazes de revelar as inter-relações que ocorrem no meio. Diante do exposto, os bioindicadores de qualidade ambiental demonstram potencial para serem utilizados em avaliação de impactos ambientais.

Comprovando isto, verificou-se que as áreas em diferentes níveis de preservação ambiental apresentaram diferenças significativas em termos de diversidade e quantidade de taxa de insetos. Desta maneira, as áreas com melhor qualidade do ponto de vista ambiental apresentou níveis mais elevados de diversidade e riqueza de espécies. Além disso, verificou-se também que uma grande quantidade da amostra tinha associação com a área com mata homogênea ao longo da nascente. E que as áreas onde não dispunham de vegetação consolidada, ou seja, mais impactada apresentou mais baixa associação comparada à área com vegetação homogênea.

Neste sentido, em virtude dos fatos mencionados verificam-se diferentes respostas no comportamento da populacional da meso e macrofauna. Desta forma, constata-se que existem evidências de que a fauna edáfica, apresenta potencial para serem utilizadas como ferramentas na forma de bioindicadores da qualidade ambiental, em programas de monitoramento.

## **6. CONCLUSÃO**

Diante do exposto, verifica-se que os grupos taxonômicos compostos pela fauna edáfica possui potencial ser utilizadas como bioindicadores para avaliação do nível de recuperação em áreas de nascentes situadas no arenito. Onde os grupos taxonômicos associados às mais altas diversidade que indicam as melhores condições do ponto de vista ambiental são: os chilopodas, tricópteros seguidos de hemiptera e blattodea. Os grupos taxonômicos associados à diversidade intermediária que apontam recuperação ambiental são os collembolas e dermatites. E por fim, os grupos taxonômicos associados à baixa diversidade que representam piores condições de qualidade ambiental são os neurópteros e dermapteras.



## 7. ANEXOS

**Tabela 7:** Análise de solo das três áreas

Análise Básica	A	B	C	Unidade de medida
pH (CaCl <sub>2</sub> )	4,20	4,90	4,30	
Acidez potencial (H+Al)	3,69	2,54	3,30	cmol dm <sup>3</sup>
Alumínio (Al ++)	0,30	0,00	0,40	cmol dm <sup>3</sup>
Cálcio (Ca)	1,24	1,08	0,96	cmol dm <sup>3</sup>
Magnésio (Mg)	0,49	0,40	0,38	cmol dm <sup>3</sup>
Potássio (K)	0,13	0,17	0,06	cmol dm <sup>3</sup>
Fósforo (P)	4,00	26,00	6,00	mg dm <sup>3</sup>
Enxofre (S-SO <sub>4</sub> )	67,60	6,80	5,30	mg dm <sup>3</sup>
Carbono (C)	11,25	4,95	10,17	g dm <sup>3</sup>
Matéria orgânica (MO)	19,40	8,53	17,53	g dm <sup>3</sup>
CTC (pH7,0)	5,55	4,19	4,70	cmol dm <sup>3</sup>
Saturação das bases (V%)	33,51	39,38	29,79	%
Micronutrientes				
Ferro (Fe)	70,0	56,00	300,00	mg dm <sup>3</sup>
Manganês (Mn)	58,00	67,00	86,00	mg dm <sup>3</sup>
Cobre (Zn)	0,90	1,50	11,40	mg dm <sup>3</sup>
Boro (B)	1,60	3,10	2,50	mg dm <sup>3</sup>
	0,05	0,05	0,05	mg dm <sup>3</sup>
Saturação do complexo de troca				
Cálcio (Ca)	22,34	25,78	20,43	%
Magnésio (Mg)	8,83	9,55	8,09	%
Potássio (K)	2,34	4,06	1,28	%
Alumínio (m%)	13,89	0,00	22,22	%
Hidrogênio (H)	61,08	60,62	61,70	%
Relação				
Ca/Mg	2,53	2,70	2,53	
Ca/K	9,54	6,35	16,00	
Mg/K	3,77	2,35	6,33	
Ca+Mg/K	9,54	6,35	16,00	
Análise granulométrica física				

Areia	824,00	856,00	856,00	g Kg <sup>1</sup>
Silte	34,00	34,00	34,00	g Kg <sup>1</sup>
Argila	142,00	110,00	110,00	g Kg <sup>1</sup>
Classificação do solo M.A.P.A				
Solo Tipo	1,00	1,00	1,00	
Fósforo Remanescente				
P-Rem (60 mg l-1 P)	51,00	51,00	46,00	mg dm <sup>3</sup>
Nível Crítico Fósforo	25,36	25,36	22,96	mg dm <sup>3</sup>
Nível Crítico Enxofre	15,19	15,19	13,74	mg dm <sup>3</sup>
Nível Crítico Zinco	2,19	2,19	2,07	mg dm <sup>3</sup>
P-Relativo	15,77	102,52	26,13	%
S-Relativo	445,03	44,77	38,57	%
Zn-relativo	73,06	141,55	120,77	%

## 8. REFERÊNCIAS

- ARIAS, Ana Rosa Linde et al. **Utilização de bioindicadores na avaliação de impacto e no monitoramento da contaminação de rios e córregos por agrotóxicos.** Ciênc. saúde coletiva, Rio de Janeiro, v. 12, n. 1, p. 61-72, Mar. 2007. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1413-81232007000100011&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-81232007000100011&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 19 Jul. 2018.
- ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT NBR ISO 14001: Sistemas de gestão ambiental requisitos com orientação para uso.** 2 ed. Rio de Janeiro: Abnt, 2004. Disponível em: <<http://www.madeira.ufpr.br/disciplinasghislaine/iso-14001-2004.pdf>>. Acesso em: 11 jul. 2018.
- AUDINO, Livia Dornele et al. **Identificação dos coleópteros (Insecta: Coleoptera) das regiões de Palmas (município de Bagé) e Santa Barbinha (município de Caçapava do Sul), RS.** Pecuária Sul Bagé: Embrapa, 2007. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/219052/1/DT70.pdf>>. Acesso em: 14 Jan. 2019.
- BAGGIO, Amilton João et al. **Recuperação e proteção de nascentes em propriedades rurais de Machadinho, RS.** Brasília: Embrapa, 2013. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/971488/recuperacao-e-protecao-de-nascentes-em-propriedades-rurais-de-machadinho-rs>>. Acesso em: 20 jun. 2018.
- BARETTA, Dilmar et al. **Colêmbolos (hexapoda: collembola) como bioindicadores de qualidade do solo em áreas com araucária angustifolia.** Revista Brasileira Ciência do Solo, Viçosa, v. 8, n. 1, p.1-8, dez. 2008. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v32nspe/12.pdf>>. Acesso em: 17 fev. 2019.
- BARLOW, J. et al. **Quantifying the biodiversity value of tropical primary, secondary, and plantation forests.** Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, n 104, p. 18855-18560, 2007.
- Barreto R. B; Ribeiro S. A.; BORBA, M. P. **Nascentes do Brasil: estratégias para a proteção de cabeceiras em bacias hidrográficas.** São Paulo: WWF - Brasil: Imprensa Oficial do Estado de São Paulo, 2010.
- BARRETO, Danillo Leobas; SOARES NETO, José Lopes. **Proposta de Recuperação da Mata Ciliar do Córrego Brejo Comprido Palmas - TO.** Palmas: Facto, 2009. Disponível em: <[http://www.catolica-to.edu.br/portal/portal/downloads/docs\\_gestaoambiental/projetos2009-2/4-periodo/Proposta\\_de\\_recuperacao\\_da\\_mata\\_ciliar\\_do\\_corrego\\_brejo\\_comprido\\_palmas-to.pdf](http://www.catolica-to.edu.br/portal/portal/downloads/docs_gestaoambiental/projetos2009-2/4-periodo/Proposta_de_recuperacao_da_mata_ciliar_do_corrego_brejo_comprido_palmas-to.pdf)>. Acesso em: 04 jul. 2018.
- BARRETO, Samuel Roiphe; RIBEIRO, Sergio Augusto; PILZ, Mônica. **Nascentes do Brasil: estratégias para a proteção de cabeceiras em bacias hidrográficas.** São Paulo: Wwf:brasil, 2010.
- BASSOI, Lineu; MENEGON JUNIOR, Nelson. Controle ambiental da água. In: PHILIPPI JUNIOR, Arlindo (Org.). **Curso de Gestão Ambiental.** 2. ed. Barueri: Manoele, 2014. p. 87-142.

BIGNELL, M. J. S.; MOREIRA, F. M. S.; HUSING, J. O inventario da diversidade biológica do solo: conceitos e orientações gerais. In: BIGNELL, M. J. S.; MOREIRA, F. M. S.; HUSING, J. **Manual de biologia dos solos** p. 23-26. Lavras: UFLA, 2010.

BISPO, T. C; LEVINO, N. A. **Impactos ambientais decorrentes do uso e ocupação destáxonada do solo: um estudo da região da periferia de Maceió/AL**. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 31, 2011, Belo Horizonte: ABEPRO, 2011.

BORBA, Mônica Pilz. **Nascentes do Brasil**. São Paulo: WWF:Brasil, 2007. Disponível em: <[http://www.5elementos.org.br/5elementos/files/pdf/downloads/nascentes\\_do\\_brasil.pdf](http://www.5elementos.org.br/5elementos/files/pdf/downloads/nascentes_do_brasil.pdf)>. Acesso em: maio 2018.

BRASIL. Lei Nº 12.651, de Maio de 2012. **Dispõe sobre a vegetação nativa e dá outras providencias**. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/Lei/L12651compilado.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/Lei/L12651compilado.htm)> Acesso em: 05 de Jul. 2017.

BRASIL. **Lei Nº 12.651, de 25 de Maio de 2012**: Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências.. Brasília, Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm)>. Acesso em: 31 maio 2018.

Brasil. Ministério da Saúde. **Manual de controle de escorpíões**. Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Departamento de Vigilância Epidemiológica. – Brasília : Ministério da Saúde, 2009.

BRASIL. **Constituição** (1988). **Constituição** da República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Senado **Federal**: Centro Gráfico, 1988.

CALLISTO, M.; Moretti, M. & GOULART, M. 2001. **Macroinvertebrados bentônicos como ferramenta para avaliar a saúde de riachos**. Revta. Bras. Rec. Hid. 6 (1): 71-82. Apud Bioindicadores de qualidade da água como ferramenta em estudo de impacto ambiental., ano 2, no 1. Pará de Minas: Revista da FAPAM, 2010. Disponível em: <<https://www.abrh.org.br/SGCv3/index.php?PUB=1&ID=42&SUMARIO=624>> Acesso em: 27 Maio. 2017.

Calor, A.R. 2007. Trichoptera. In: **Guia on-line de Identificação de larvas de Insetos Aquáticos do Estado de São Paulo**. Disponível em: <[http://sites.ffclrp.usp.br/aguadoce/index\\_trico](http://sites.ffclrp.usp.br/aguadoce/index_trico)> Acesso em: 10 jan. 2019.

CAMARGO, Amabilio J. A. de. **TáxonHymenoptera**. Brasília: Embrapa: 2018. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/cecrados/colecao-entomologica/hymenoptera>> Acesso em 22 jan. 2019.

CAMARGO, Roberto da Silva et al . **Influência do ambiente no desenvolvimento de colônias iniciais de formigas cortadeiras (Atta sexdens rubropilosa)**. Cienc. Rural, Santa Maria , v. 43, n. 8, p. 1375-1380, Aug. 2013 . Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-84782013000800006&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782013000800006&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em 17 de Junho de 2019.

CÂNDIDO, A. K. A. A. et al. Fauna edáfica como bioindicadores de qualidade ambiental na nascente do rio São Lourenço, Campo Verde –MT, Brasil. v. 9, n. 1, p. 067-082 Espírito Santo do Pinhal: Engenharia Ambiental, 2012.

CARVALHO, Romulo da Silva. **Bioindicadores de qualidade edáfica com base na macrofauna para monitoramento e remediação de áreas degradadas e em transição agroecológica.** Projeto Transição Agroecológica, Brasília, p.165-169, dez. 2009. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/935554/1/BIOINDICADORESDEQUALIDADEEDAFICACOM.0001.pdf>>. Acesso em: 13 fev. 2019.

CHERUBIN, Maurício Roberto et al. QUALIDADE FÍSICA, QUÍMICA E BIOLÓGICA DE UM LATOSSOLO COM DIFERENTES MANEJOS E FERTILIZANTES. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [s.l.], v. 39, n. 2, p.615-625, abr. 2015. FapUNIFESP (SciELO).

COGO, N. P.; LEVIEN, R.; SCHWARZ, R. A.. **Perdas de solo e água por erosão hídrica influenciadas por métodos de preparo, classes de declive e níveis de fertilidade do solo.** Rev. Bras. Ciênc. Solo, Viçosa , v. 27, n. 4, p. 743-753, Ago. 2003. Disponível em:<[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-06832003000400019&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832003000400019&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 27 Maio. 2017.

CONAMA, Conselho Nacional de Meio Ambiente. **CONAMA 001: LICENCIAMENTO AMBIENTAL – Normas e procedimentos.** Brasília: Mma, 1986. Disponível em: <[http://www.mma.gov.br/port/conama/legislacao/CONAMA\\_RES\\_CONS\\_1986\\_001.pdf](http://www.mma.gov.br/port/conama/legislacao/CONAMA_RES_CONS_1986_001.pdf)>. Acesso em: 04 jul. 2018.

CONAMA, Conselho Nacional do Meio Ambiente. **CONAMA 357: RESOLUÇÃO N? 357, DE 17 DE MARÇO DE 2005.** Brasília: Planalto, 2005. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em: 28 jun. 2018.

CONSTANTINO, Reginaldo et al. **Textos de Entomologia.** Brasília: Departamento de Zoologia da Universidade de Brasília, 2002. Disponível em: <<http://www.bionica.info/biblioteca/Constantino2002Entomologia.pdf>>. Acesso em: 17 fev. 2019.

CORREA, Maria Elizabeth Fernandes. **Relações entre diversidade da fauna de solo e o processo de decomposição e seus reflexos sobre a estabilidade dos ecossistemas.** Seropédica: Embrapa, 2002. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/597327/1/doc156.pdf>>. Acesso em: 24 jul. 2018.

COSTA, William Raimundo. **Os líquens como bioindicadores de poluição atmosférica no município de Uberaba, Minas Gerais.** Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental, [s.l.], v. 13, n. 13, p.2610-2700, 30 ago. 2013. Universidad Federal de Santa Maria.

COSTA-NETO, Eraldo Medeiros. **O significado dos orthopteras (arthropoda insecta ) no estado de Alagoas.** Sitenbus, Feira de Santana, n18 p. 9-17. 1998. Disponível em: <[http://www2.uefs.br/sitientibus/pdf/18/o\\_significado\\_dos\\_orthoptera.pdf](http://www2.uefs.br/sitientibus/pdf/18/o_significado_dos_orthoptera.pdf)> Acesso em: 23 Jan. 2018.

CREPALDI, Rafael Aparecido et al. **Formigas como bioindicadores da qualidade do solo em sistema integrado lavoura- pecuária.** Ciência Rural, Santa Maria, v. 44, n. 5, p.781-787, 18 mar. 2014.

CRUI, Mariane Gioppo M. da; MASCHÍO, Marcelo Silverio Wagner; BROWN, George G.. **Diversidade da Fauna Edáfica em Floresta Ombrófila Mista e Reflorestamento com Araucaria angustifolia, Embrapa Florestas - PR.** Embrapa: FertBio, Guarapari, v. 1, n. 1, p.1-3, set. 2010. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/56506/1/SP5642.pdf>>. Acesso em: 15 fev. 2019.

Cunha, S. B; Guerra, A. J. **Avaliação e perícia ambiental** 9 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009.

DAVIDE, Antonio Claudio et al. **Nascente o verdadeiro tesouro da propriedade rural.** 2. ed. Belo Horizonte: Cemig, 2004.

DIAS, RJP.; WIELOCH, AH.; D'AGOSTO, M.. **The influence of environmental characteristics on the distribution of ciliates (Protozoa, Ciliophora) in an urban stream of southeast Brazil.** Braz. J. Biol., São Carlos , v. 68, n. 2, p. 287-295, May 2008 . Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1519-69842008000200009&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1519-69842008000200009&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em 19 Julho 2018.

DOMPIERI, Márcia Helena Galina; NOGUEIRA JÚNIOR, Lauro Rodrigues; SILVA, Marcos Aurélio Santos da. **Cadastro Ambiental Rural e Inscrição dos Campos Experimentais da Embrapa Tabuleiros Costeiros, Sergipe.** Aracaju, Se: Embrapa, 2015. 68 p. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/142461/1/Doc-191.pdf>>. Acesso em: 03 jul. 2018.

FARIAS, Talden. **Pontos relevantes do licenciamento ambiental.** In: PHILIPPI JUNIOR, Arlindo;

FREITAS, Vladimir Passos de; SPÍNOLA, Ana Luiza Silva. Direito ambiental e sustentabilidade. Barueri: Manole, 2016. p. 251-278.

FEITOSA, Isabelle Ramos; LIMA, Luciana Santana; FAGUNDES, Roberta Lins. **Manual de Licenciamento Ambiental.** Rio de Janeiro: Gma, 2004.

FILHO, Iuñes Oliveira; Barreta, Luís Carlos Dilmar. **Por que devemos nos importar com os colêmbolos edáficos?.** Scientia Agraria, abril-maio, 2016. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=99549536003>> Acesso em 21 de Jun. 2019.

FONSECA, Beatriz da Costa Reis Valladares. **As Principais Alterações Trazidas Pelo Novo Código Florestal Brasileiro.**2012. 26 f. Artigo (Especialização) - Curso de Direito, Escola da Magistratura do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: <[http://www.emerj.tjrj.jus.br/paginas/trabalhos\\_conclusao/2semestre2012/trabalhos\\_22012/BeatrizCostaReisValladaresFonseca.pdf](http://www.emerj.tjrj.jus.br/paginas/trabalhos_conclusao/2semestre2012/trabalhos_22012/BeatrizCostaReisValladaresFonseca.pdf)>. Acesso em: 28 jun. 2018.

FOX, E. **Nojentas mas úteis.** Rio de Janeiro: Ciência hoje Disponível em: <<http://cienciahoje.org.br/artigo/nojentas-mas-uteis>> Acesso em: 10 jan. 2019.

FRANCISCO, Rafael Carlo. **Estudo da comunidade de aranhas (araneae: arachnida) de solo como ferramenta de diagnostico ambiental.** 2011. 75 f. Tese (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Zoologia, Puc, Porto Alegre, 2011. Disponível em: <<http://repositorio.pucrs.br/dspace/bitstream/10923/5344/1/000431485-Texto%2bCompleto-0.pdf>>. Acesso em: 12 fev. 2019.

GARCIA, Katia Cristina. **Avaliação de impactos ambientais.** Curitiba: Intersaberes, 2014.

- GERSCOVICH, Denise M. S.. **Estabilidades de taludes**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2016.
- GOMES, Simone da Silva et al. **Bioindicadores de Qualidade do Solo sob Diferentes Tipos de Uso**. Maceió/AL. FERTIBIO, 2012. Disponível em:  
<<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/126697/1/FERTBIO-1035.pdf>> Acesso em: 10 fev. 2019.
- GONÇALVES, M. M.; MEDEIROS, C. A. B.; NACHTIGAL, J. C. **Restauração de matas ciliares: um tributo à vida**. Pelotas: EMBRAPA, 2009.
- GORENSTEIN, M. R. **Métodos de Amostragem no Levantamento da Comunidade Arbórea em Floresta Estacional Semidecidual**. Piracicaba-SP: 2002. 92 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- HOFFMANN, Ricardo Bezerra et al. **Diversidade da mesofauna edáfica como bioindicadora para o manejo do solo em areia, paraíba, brasil**. Revista Caatinga, Mossoró, v. 22, n. 3, p.117-121, jul. 2009. Bimestral. Disponível em:  
<<https://periodicos.ufersa.edu.br/index.php/caatinga/article/download/1015/pdf+&cd=6&hl=en&ct=clnk&gl=br>>. Acesso em: 26 jul. 2018.
- JACOBI, P. R et al. **Scarcity and Human Rights**. Ambient. soc. . 2016, vol.19, n.1 [cited 2018-05-11]. Disponível em: : <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1414-753X2016000100001&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1414-753X2016000100001&lng=en&nrm=iso)>. ISSN 1414-753X. <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4422asoceditorialv19i2016>.
- KOBIYAMA, M. **Ruralização no meio urbano: Ciência e cultura no uso da água**. In: Seminario de Ciência e Tecnologia. Niterói: Secretaria de Ciencia e Tecnologia, Anais, 199. P. 78-86. Disponível em <http://www.labhidro.ufsc.br/Artigos/bacia.pdf>. Acesso em: 12 de jun 2018.
- KOBIYAMA, M.; MOTA, A. A.; CORSEUIL, C. W. **Recursos Hídricos e Saneamento**. Curitiba: Ed. Organic Trading, 2008. 160p. Disponível em:  
[http://www.labhidro.ufsc.br/Artigos/recursos\\_hidricos\\_saneamento.pdf](http://www.labhidro.ufsc.br/Artigos/recursos_hidricos_saneamento.pdf). Acesso em: 10 maio 2018.
- KUNTSCHIK, Daniela Petenon; EDUARTE, Marina; UEHARA, Thiago Hector Kanashiro. **Matas ciliares**. 2. ed. São Paulo: Sma, 2011.
- LEAL, G. C. S. G.; FARIAS, M. S. S.; A. A. F. **O processo de industrialização e seus impactos no meio ambiente urbano**. V7.n.1. Ano 2008. Disponível em:  
<http://www.ceap.br/material/MAT2004201302831.pdf>. Acesso em: 12 de jun 2018.
- LEPSCH, Igo F.. **Formação e consevração dos solos**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.
- LIMA, Costa. **Insetos do Brasil**. Escola nacional de Agronomia, Rio de Janeiro: 1940. Disponível em:  
<<http://www.ufrj.br/institutos/ib/ento/tomo02.pdf>> Acesso em: 10 jan. 2019.
- LOUREDO Paula. **Escorpiões. Escola Kids**. Disponível em:  
<<https://escolakids.uol.com.br/ciencias/escorpioes.htm>> Acesso em: 25 Jan. 2018.
- MACEDO, Carla Fernandes; SIPAÚBA-TAVARES, Lúcia. **Eutrofização e qualidade da água na piscicultura: consequências e recomendações**. Bol. Inst. Pesca, São Paulo, 36(2): 149 – 163, 2010. Disponível em: [https://www.pesca.sp.gov.br/36\\_2\\_149-163rev.pdf](https://www.pesca.sp.gov.br/36_2_149-163rev.pdf). Acesos em: 07 abril 2019.

MAESTRI, R et al. **Efeito de mata nativa e bosque de Eucalipto sobre a riqueza de artrópodos na serra**. Perspectiva, Florianópolis, v. 37, n. 1, p.31-40, mar. 2013. Disponível em: <[http://www.uricer.edu.br/site/pdfs/perspectiva/1\\_338.pdf](http://www.uricer.edu.br/site/pdfs/perspectiva/1_338.pdf)>. Acesso em: 17 fev. 2019.

MARCO Serreti, M. T.; MARTINS, R. C.; FABIANA, A. **Influência da impermeabilização no ciclo hidrológico da cidade de Belo Horizonte/MG**. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.15601/2359-5302/ptr.v1n2p311-327>. Acesso em 10 de out. 2018. Acesso em: 11 maio 2018.

MARQUES, Ana Souza. **Aspectos bioecológicos de dermapteros (insecta, Dermaptera) presentes em canaviais na região de Piracicaba**. USP: 2011. Disponível em: <[https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/91/91131/tde-19092011-093107/publico/Ana\\_Souza\\_Marques.pdf](https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/91/91131/tde-19092011-093107/publico/Ana_Souza_Marques.pdf)> Acesso em: 25 Jan. 2018.

MENDES, Jeda Carvalho et al. **Bioindicadores para avaliação de qualidade dos solos tropicais: utopia ou realidade?** Planaltina: Embrapa Cerrados, 2009. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/856406/1/bioindicadores.pdf>>. Acesso em: 18 jul. 2018.

MICHEREFF, Mirian F. F.; FILHO, Miquel M. **Árvore do conhecimento**. Brasília: Embrapa: Parque Estação Biológica, 2018. Disponível em: <<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/mangaba/arvore/CONT000g2xc7yk802wx5ok0r2ma0niz1uyxt.html>> Acesso em 23 Jan. 2018.

MOÇO, Maria Kellen da S. et al. **Caracterização da fauna edáfica em diferentes coberturas vegetais na região norte Fluminense**. Rev. Bras. Ciênc. Solo, Viçosa, v. 29, n. 4, p. 555-564, July 2005. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-06832005000400008&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832005000400008&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em 15 Feb. 2019.

MONÇÃO, Oziel P. et al. **Importância agrônômica de coleópteros coprófagos**. ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, Centro Científico Conhecer - Goiânia, vol.7, N.12; 2011. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/277720397\\_IMPORTANCIA\\_AGRONOMICA\\_DE\\_COLEOPTEROS\\_COPROFAGOS/download](https://www.researchgate.net/publication/277720397_IMPORTANCIA_AGRONOMICA_DE_COLEOPTEROS_COPROFAGOS/download)> Acesso em: 14 Jan. 2019.

MOREIRA, Marcos Antônio Barbosa et al. **Análise da macro fauna do solo como bioindicador da sustentabilidade em diferentes usos da terra em Roraima, Brasil**. In: III CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 3., 2000, Manaus. Anais. Manaus: Embrapa, 200. p. 24 - 25.

NACHTIGAL, Jair da Costa; MEDEIROS, Carlos Alberto Barbosa; MEDEIROS, Márcio de. **Restauração de matas ciliares: um tributo a vida**. Monte Bonito: Embrapa, 2008.

NESSIMIAN, Jorge Luiz. Táxon Blattodea. **Insetos Aquáticos na Amazônia Brasileira: Taxonomia, Biologia e Ecologia**, Rio de Janeiro, v. 1, n. 1, p.289-295, dez. 2018. Disponível em: <<https://bioforum.files.wordpress.com/2018/05/16-blattodea.pdf>>. Acesso em: 13 fev. 2019.

NOGUEIRA, Denis Silva; CABETTE, Helena Soares Ramos; JUEN, Leandro. **Estrutura e composição da comunidade de Trichoptera (Insecta) de rios e áreas alagadas da bacia do rio Suiá-Miçú, Mato Grosso, Brasil**. Iheringia: Série Zoologia, Porto Alegre., v. 1, n. 1, p.173-180, jul. 2011.

ODUM, E. P. **Ecologia**. 3. Ed. México: Nueva editora Interamericana, 1972.



ODUM, Eugene P.. **Fundamentos de ecologia**. 6. ed. São Paulo: Fundação Calouste, 2001.

of Sciences of the United States of America, n. 104, p. 18555-18560, 2007.

OLIVEIRA, E. J. A.; MOLICA, R. J. R. **A poluição das águas e as cianobactérias**. Recife : IFPE, 2017. Disponível em:

<https://capacitacao.ead.unesp.br/dspace/bitstream/ana/195/1/Cartilha%20a%20Polui%C3%A7%C3%A3o%20das%20C3%81guas%20IFPE.pdf>. Acesso em: 11 maio 2018.

PEREIRA, S., W.M.A. Rezende & J.T. Câmara, 2018. **Borboletas (Lepidoptera: Papilionoidea e Hesperioidea) da Reserva Biológica do Gurupi**, Maranhão, Brasil. EntomoBrasilis, 11 (2): 124-138.

PERONI, Nivaldo. **Ecologia de populações e comucrinidades**. Florianópolis : CCB/EAD/UFSC, 2011. 123 p. : il. inclui bibliografia. Licenciatura em Ciências Bioló 2011

PHILIPPI, A. Jr.; ROMÉRO, M. A.; BRUNA, G. C. **Curso de gestão ambiental**. São Paulo: Manole, 2004.

PIMENTA, Sandro Morais et al. **Estudo da qualidade da água por meio de bioindicadores bentônicos em córregos da área rural e urbana**. Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal Of Applied Science, Taubaté, v. 11, n. 1, p.198-2010, jan. 2016. Disponível em:

<<http://www.scielo.br/pdf/ambiagua/v11n1/1980-993X-ambiagua-11-01-00198.pdf>>. Acesso em: 17 fev. 2019.

PINTO, L. V. A.; BOTELHO, S. A.; DAVIDE, A. C.; FERREIRA, E. **Estudo das nascentes da bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG**. In: Scientia Forestalis, Piracicaba (SP), n.65, p. 197-206, jun.2004. Disponível em: <<http://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr65/cap19.pdf>>. Acesso em: 10 maio 2018.

PINTO, Lilian Vilela Andrade et al. Estudo das nascentes da bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 1, n. 65, p.197-206, jun. 2004. Disponível em: <<http://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr65/cap19.pdf>>. Acesso em: 16 jul. 2018.

POLESSO, Paulo Roberto. Participação popular ambiental: breve teorização acerca dos recursos hídricos. In: BUHRING, Marica Andrea; SOUZA, Leonardo da Rocha de; SILVEIRA, Clóvis Eduardo Malinverni da (Org.). **Direito Ambiental: um transitar pelos direitos humanos e o processo**. 2. ed. Caxias do Sul: Educs, 2016. Cap. 19. p. 225-235.

POLETO, Cristiano; TASSI, Rutinéia; SILVEIRA, André Luiz Lopes da. Gestão de Recursos Hídricos. In: POLETO, Cristiano. **Introdução ao gerenciamento ambiental**. Rio de Janeiro: Interciência, 2010. Cap. 1, p. 19.

PRIMAVESI, Ana. **Cartilha do solo como reconhecer e sanar seus problemas**. São Paulo: Fundação Mokiti Okada, 2009. Disponível em:

<[http://www.mstemdados.org/sites/default/files/Cartilha%20Inspe%C3%A7%C3%A3o%20do%20sol](http://www.mstemdados.org/sites/default/files/Cartilha%20Inspe%C3%A7%C3%A3o%20do%20solo%20-%20Ana%20Primavesi.PDF)o%20-%20Ana%20Primavesi.PDF>. Acesso em: 17 jul. 2018.

RAFAEL, José Albertina (ed.) **Insetos do Brasil: Diversidade e Taxonomia**. Ribeirão Preto : Halos, Editora, 2012.

RECH, Adir Ubaldo; ALTMANN, Alexandre. **Pagamentos por serviços ambientais: imperativos jurídicos e ecológicos para a preservação e restauração de matas ciliares**. Caxias do Sul: Educus, 2009.

SANTOS, A. C.S.; MAIA, T. M. P.; KROM, V. **Água: uma fonte de vida que vem causando preocupações**. Disponível em: [http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC\\_2004/trabalhos/inic/pdf/IC6-33.pdf](http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2004/trabalhos/inic/pdf/IC6-33.pdf) Acesso em: 10 maio 2018.

SANTOS, Everaldo dos; SANTOS, Renata Cristina dos; MARQUES, Renato. **Macrofauna edáfica na interface solo-serrapilheira e a relação com atributos químicos de um espodossolo sob dois diferentes sistemas de conservação e uso do solo no município de Paranaguá-pr**. Euciclopédia Biosfera, Goiânia, v. 11, n. 21, p.2294-2307, mar. 2015. Disponível em: <<http://www.conhecer.org.br/enciclop/2015b/biologicas/macrofauna%20edafica.pdf>>. Acesso em: 15 fev. 2019.

SANTOS, Islandia Jesus et al. **Invertebrados bioindicadores de qualidade do solo no Centro de Agroecologia Rio Seco, Amélia Rodrigues, Bahia**. VI - Congresso Latino Americano: agroecologia 2017, Brasília, v. 13, n. 1, p.1-7, jul. 2017. Disponível em: <<http://cadernos.aba-agroecologia.org.br/index.php/cadernos/article/view/1914/62>>. Acesso em: 17 fev. 2019.

SANTOS, V. M.; MAIA, L. C. **Bioindicadores de qualidade do solo**. Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica, Recife, vol. 10, p.195-223, 2013. Disponível em: <[www.journals.ufrpe.br/index.php/apca/article/download/397/349+&cd=1&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br](http://www.journals.ufrpe.br/index.php/apca/article/download/397/349+&cd=1&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br)> Acesso em: 29 Maio. 2017.

SCHIAVETTI, A.; CAMARGO, A. F. M. **Conceitos de bacias hidrográficas: teorias e aplicações Ilhéus, Ba** : Editus, 2002. 293p. : il. Disponível em: [http://www.uesc.br/editora/livrosdigitais2015/conceitos\\_de\\_bacias.pdf](http://www.uesc.br/editora/livrosdigitais2015/conceitos_de_bacias.pdf). Acesso em: 12 de maio 2018.

SCHIAVETTI, Alexandre; CAMARGO, Antonio F. M. (Ed.). **Conceitos de Bacias Hidrográficas Teorias e Aplicações**. Ilhéus: Editos, 2002.

SCOLFORO, J. R. et al. **Diversidade, equabilidade e similaridade no domínio da caatinga**. In: MELLO, J. M.; SCOLFORO, J. R.; CARVALHO, L. M. T.(Ed.). Inventário Florestal de Minas Gerais: Floresta Estacional Decidual - Florística, Estrutura, Similaridade, Distribuição Diamétrica e de Altura, Volumetria, Tendências de Crescimento e Manejo Florestal. Lavras: UFLA, 2008. cap. 6, p.118-133.

SILVEIRA, Fábio Veríssimo Jaques da. **Testes de permutação e bootstrap em análise estatística de formas: aplicações à zoologia**. 2008. 60 f. Tese (Doutorado) - Curso de Mestrado em Estatística, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2008. Disponível em: <<https://www3.ufpe.br/ppge/images/dissertacoes/dissertacao085.pdf>>. Acesso em: 15 fev. 2019.

SILVEIRA, Mariana Pinheiro. **Aplicação do Biomonitoramento para Avaliação da Qualidade da Água em Rios**.Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2004. Disponível em: <[http://www.cnpma.embrapa.br/download/documentos\\_36.pdf](http://www.cnpma.embrapa.br/download/documentos_36.pdf)>. Acesso em: 17 jul. 2018.

THOMAZINI, Marcílio José; BBARROS, Ariane Paees de Barros W. **Levantamento de insetos e análise entomofaunística em floresta, capoeira e pastagem no sudeste acreano.** Boletim e Desenvolvimento, Rio Branco, v. 1, n. 1, p.1-2, dez. 2002. Disponível em: <[https://www.passeidireto.com/arquivo/2118567/levantamento-de-insetos-e-analise->](https://www.passeidireto.com/arquivo/2118567/levantamento-de-insetos-e-analise-). Acesso em 14 fev. 2019.

VARGAS, M.A.T.; HUNGRIA, M. ed. **Biologia dos solos dos cerrados.** Planaltina: Embrapa, 1997. 530p.

VILELA, Daniel Figueiredo. **Estratégias para recuperação da vegetação em torno das nascentes.** Lavras, MG. Originalmente apresentada como dissertação de mestrado, Universidade Federal de Lavras, 2006.

ZANZINI, Antônio Carlos da Silva. **Descritores Quantitativos de Riqueza e Diversidade de Espécies.** Lavras: UFLA/FAEPE, 2005

ZIMMER, Adriane Ramos. **Ecologia das populações e comunidades.** Universidade Luterana do Brasil- ULBRA: Canoas, 2007.