

TATIELE CRISTINE DO CARMO BARBOSA

**AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE ÁREAS EM RECUPERAÇÃO NO VALE DO
RIBEIRA: ANÁLISE DA MACROFAUNA EDÁFICA**

Sorocaba
2019

TATIELE CRISTINE DO CARMO BARBOSA

**AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE ÁREAS EM RECUPERAÇÃO NO VALE DO
RIBEIRA: ANÁLISE DA MACROFAUNA EDÁFICA**

Dissertação apresentada como requisito para a obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” na Área de Concentração Diagnóstico, Tratamento e Recuperação Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Admilson Írio Ribeiro

Sorocaba

2019

B238a Barbosa, Tatiele Cristine do Carmo
Avaliação do desempenho de áreas em recuperação no Vale do Ribeira: análise da macrofauna edáfica / Tatiele Cristine do Carmo Barbosa. -- Sorocaba, 2019
73 p. : il., tabs., mapas

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Ciência e Tecnologia, Sorocaba
Orientador: Admilson Írio Ribeiro

1. Degradação Ambiental.. 2. Vale do Ribeira.. 3. Indicador Ambiental.. 4. Qualidade do solo.. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca do Instituto de Ciência e Tecnologia, Sorocaba. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

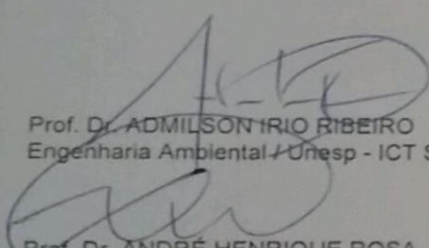
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

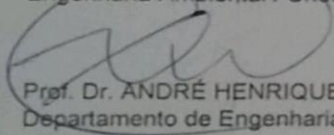
TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE ÁREAS EM RECUPERAÇÃO NO VALE DO RIBEIRA: ANÁLISE DA MACROFAUNA EDÁFICA

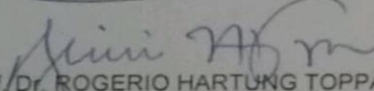
AUTORA: TATIELE CRISTINE DO CARMO BARBOSA

ORIENTADOR: ADMILSON IRIO RIBEIRO

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em CIÊNCIAS AMBIENTAIS, área: Diagnóstico, Tratamento e Recuperação Ambiental pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. ADMILSON IRIO RIBEIRO
Engenharia Ambiental / Unesp - ICT Sorocaba


Prof. Dr. ANDRÉ HENRIQUE ROSA
Departamento de Engenharia Ambiental / Unesp - ICT Sorocaba


Prof. Dr. ROGERIO HARTUNG TOPPA
Departamento de Ciências Ambientais / Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) - Câmpus Sorocaba

Sorocaba, 01 de fevereiro de 2019

Dedico a minha avó Isolina Senhorinha (*in memória*), que sempre teve muito orgulho em ver sua neta conquistando seus sonhos. Aos meus amados pais Carlito e Rosângela, a Ana Julia (minha irmã) e ao meu namorado Valdo Jr.

Com carinho e amor
Muito Obrigada!

Agradeço primeiramente a Deus por sua infinita bondade, por ser sido o meu suporte nos momentos que pareciam impossível de prosseguir, e saber que ele estava presente, me fazia forte.

Agradeço *in memorium* a minha avó que foi e é o motivo para que eu continue seguindo adiante. Com ela aprendi que quando amamos demasiadamente uma pessoa, os sonhos dela é tão grande ou maior que o nosso. Comigo foi assim, apesar do pouco letramento e sem a dimensão do que significava o mestrado na minha vida, ela esteve comigo segurando a minha mão. E por incrível que pareça mesmo que fisicamente a companhia dela não seja mais sentida, esse sonho e a concretização dele se tornaram maior porque agora não é mais meu mais sim dela também.

Para os meus pais, toda e qualquer palavra sempre serão pequenas e insuficientes para agradecer a presença de vocês em minha vida. Creio que nossa ligação já estava escrita bem antes de eu vim ao mundo. Vocês são os exemplos bons que levarei comigo durante toda minha jornada, pretendo ser uma professora em sala, assim como vocês são na minha vida e da Ana. Obrigada por sonharem meus sonhos e por permitirem que eles se tornassem reais.

Para Ana Julia, que é minha caçulinha e foi com ela que aprendi a arte de cuidar, querer bem e amar incondicionalmente um outro ser. Você é a razão das minhas risadas exageradas, a menina que me faz ser mulher (através das maquiagens) é aquela que faz da vida uma festa e generosamente me permite bailar contigo. A você meu amor eterno.

Ao meu namorado Valdo (Dinho), que antes de ser o meu amor, foi e é meu amigo, companheiro e grande incentivador. Desejo que nossa trajetória seja cheia de comidas (kkkkk), viagens, abraços, comidas, sonhos, amigos, comidas. Te agradeço por ter suportado a saudade e pelas inúmeras vezes que veio a Sorocaba para me fazer feliz com sua presença e comendo é claro.

Ao meu orientador, por confiar no meu potencial e entender as minhas convicções, obrigada pelos conselhos e pela motivação.

Agradeço a Regina e a Joice pelos ensinamentos com a câmara hemisférica.

Agradeço de coração aos meus amigos Mayara Rangel, Erlon e Erillen, vocês foram essenciais nessa pesquisa, sou grata pelas risadas, conversas e pelas revisões. E aos que vieram com o mestrado para adicionar conhecimentos, risadas e carinho a Angelica, Katiane, Lucidalva, Benone, Narlon, Fabrício e Rosane, peço desculpas se esqueci de alguém.

Agradeço também as minhas amigas Carina e Jessica (biologuinhas) por todos os momentos vivenciados na faculdade com vocês a disciplina de química e estatística foi “mole” rs. Obrigada por todo o incentivo e apoio na realização desse sonho.

Agradeço a Angel, pela oportunidade precípua de vivenciar momentos de risos, choros, estudos, viagens e por todas as noites destinadas ao mestrado que compartilhamos. Assim como café será sua presença em minha vida e jornada. Sei que entenderá o que quis dizer. Muito obrigada!

Também agradeço a Sr. Oswaldo e Dona Lydia, donos da republica do sol, obrigada por me oferecer mais que um lar e sim uma família. Agradeço as meninas das repúblicas, a Dalila sempre com um pãozinho de queijo e um abraço gigante, a Dayanne, Angel, Polli, Amanda, Graci, Priscila, Ariane, Angelise, Carol e Thais. Vocês encheram meu coração de alegria.

Agradeço a todos os professores da fase escolar e da faculdade, que foram peças chaves para minha caminhada, e são à inspiração para seguir a carreira de docência.

Agradeço a bolsa do Programa de Pós- Graduação para a realização da coleta

Agradeço aos professores e funcionários do Instituto de Ciência e Tecnologia UNESP Câmpus de Sorocaba, por fazer dessa Universidade um espelho de produção científica e de grandes profissionais. Agradeço a Letícia e Susan dos laboratórios, por auxiliar em minha pesquisa.

Agradeço a Fundação Florestal/ Instituto Florestal, pela liberação da Unidade para minha pesquisa, principalmente ao Ocimar Bim, que não poupou esforços em acompanhar a parte em campo, agregando muito conhecimento a minha pesquisa, também ao Gestor Tiago Vick por disponibilizar veículos e funcionários para realização da coleta.

OBRIGADA!

“O mundo tornou-se perigoso, porque os homens aprenderam a dominar a natureza antes de dominarem a si mesmos”

Albert Schweitzer

BARBOSA, T.C.C. **Avaliação do desempenho de áreas em recuperação no Vale do Ribeira: Análise da macrofauna edáfica**. 2019. 73 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais). Instituto de Ciência e Tecnologia, UNESP - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Sorocaba, 2019.

RESUMO

Os processos industriais e de urbanização promovidos nas últimas décadas geraram uma grande dualidade, visto que, proporcionaram o desenvolvimento econômico, em contrapartida suas atividades de implantação e operação ocasionaram diversos impactos ambientais negativos, comprometendo funções ecológicas em diferentes ecossistemas. Diante disso, ações voltadas para a recuperação das áreas degradadas consistem em medidas compensatórias para ambientes que perderam a capacidade de resiliência ou que demandem de um longo período para reestabelecimento das funcionalidades ecológicas e da biodiversidade. Dessa maneira, o monitoramento torna-se uma importante estratégia de gestão para avaliar a evolução da recuperação e verificar o quão próximo encontram-se das metas estabelecidas no Plano de Recuperação de Áreas Degradadas. Assim, além de mensurar aplicabilidade das ações e métodos de recuperação adotados o monitoramento das áreas auxilia na identificação de fatores que possam contribuir para a gestão da área, no decorrer do tempo. Durante essa fase, uma das principais necessidades está na escolha dos indicadores ambientais, pois eles são responsáveis por expressar as condições ambientais durante o processo de monitoramento. A utilização de bioindicador ambiental, relacionados com a macrofauna edáfica torna-se útil, tendo em vista sua capacidade e sensibilidade, as ações antrópicas. Dessa forma, essa pesquisa teve como objetivo avaliar a tendência da macrofauna edáfica em diferentes áreas de recuperação ambiental por meio de sua interação com a altura da serapilheira e o índice de área foliar. Foram selecionadas três áreas, sendo duas em diferentes estágios de recuperação e uma área como referência, onde foram definidos transectos com 200 metros de comprimento. Os pontos para as coletas obedeciam a um espaçamento de 8 m de qualquer lado da fita, totalizando 25 amostras por área amostral, visando à obtenção de dados da serapilheira, índice de área foliar, análise química e física dos solos e da macrofauna edáfica, todos os dados foram submetidos a análises estatísticas. No total foram coletados 1,087 macroinvertebrados nas três áreas amostrais, desses 33,24% encontravam-se na área 1, 30,51% na área 2, e 36,60% na mata. Os resultados obtidos para o índice de Shannon e Pielou sofreram alterações devido a dominância dos grupos Formicidae e Isoptera. Através da correlação de Spearman e da Análise de Componentes principais pode-se observar os indicadores de altura da serapilheira e o índice de área foliar das áreas em recuperação, com correlações positivas com maior parte dos macroinvertebrados. O índice V diagnosticou elevados graus de inibição nas áreas em recuperação. Os dados obtidos demonstraram a importância de estudos para o entendimento da composição das áreas em estado de recuperação, analisando os indicadores estruturais como o índice de área foliar e altura da serapilheira, assim como a intrínseca relação da macrofauna na qualidade ambiental do solo.

Palavras chave: Degradação Ambiental. Vale do Ribeira. Indicador Ambiental. Qualidade do solo.

BARBOSA, T.C.C. **Evaluation of the performance of areas undergoing recovery in the Vale do Ribeira: Analysis of the edaphic macrofauna.** 2019. 73 f. Dissertation (Master's degree Environmental Sciences). Institute of Science and Technology, UNESP - Paulist State University "Júlio de Mesquita Filho", Sorocaba, 2019.

ABSTRACT

The industrial and urbanization processes promoted in the last decades have generated a great duality, since they provided the economic development, in contrast its activities of implantation and operation caused several negative environmental impacts, compromising ecological functions in different ecosystems. In view of this, actions aimed at the recovery of degraded areas consist of compensatory measures for environments that have lost resilience or that require a long period to restore ecological functions and biodiversity. In this way, monitoring becomes an important management strategy to evaluate the evolution of the recovery and to verify how close they are to the targets established in the Recovery Plan for Degraded Areas. Thus, in addition to measuring the applicability of the adopted actions and recovery methods, the monitoring of the areas helps in the identification of factors that may contribute to the management of the area over time. During this phase, one of the main needs is in the choice of environmental indicators, since they are responsible for expressing environmental conditions during the monitoring process. The use of environmental bioindicator, related to the edaphic macrofauna becomes useful, considering its capacity and sensitivity, the anthropic actions. The objective of this research was to evaluate the trend of soil macrofauna in different areas of environmental recovery through its interaction with litter height and leaf area index. For this, three areas were selected, two in different stages of recovery and one area as reference, where transects with 200 meters in length were defined. The sampling points were 8 m spaced on either side of the tape, totaling 25 samples per sampling area, aiming to obtain litter data, leaf area index, chemical and physical analysis of soils and soil macrofauna. In total, 1,087 macroinvertebrates were collected in the three sampled areas, of which 33.24% were in area 1, 30.51% in area 2, and 36.60% in the forest. The results obtained for the Shannon and Pielou index underwent changes due to the dominance of the groups Formicidae and Isoptera. Through the correlation of Spearman and the Analysis of main components can be observed the indicators of litter height and the leaf area index of the areas in recovery, with positive correlations with most macroinvertebrates. The V index diagnosed high degrees of inhibition in the areas undergoing recovery. The data obtained demonstrated the importance of studies to understand the composition of the areas in a state of recovery, analyzing the structural indicators such as leaf area index and litter height, as well as the intrinsic relationship of macrofauna to the environmental quality of the soil.

Keywords: Environmental degradation. Vale do Ribeira. Environmental Indicator. Soil quality.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Localização do Mosaico de Unidades de Conservação de Jacupiranga	25
Figura 2- Diagrama de médias anuais de precipitação e temperatura de Cajati/SP	26
Figura 3- Áreas amostrais e delimitação dos transectos para realização da coleta de macrofauna edáfica, índice de área foliar e serapilheira	28
Figura 4 - Triângulo Textural do Solo.....	30
Figura 5- Método dos Trapézios para avaliação da altura da serapilheira	30
Figura 6- Etapas realizadas para determinação da altura da serapilheira	32
Figura 7- Etapas de secagem e quantificação da serapilheira coletadas nas áreas amostrais...	33
Figura 8- Etapas para obtenção do índice de área foliar.....	34
Figura 9- Armadilhas de PROVID	35
Figura 10- Etapas realizadas na coleta	35
Figura 11- Boxplots da altura da serapilheira (cm) nas áreas amostrais em recuperação e área natural	44
Figura 12- Fotografias hemisféricas obtidas nas áreas de estudo.....	47
Figura 13- Resultado das diferenciações entre as áreas através dos boxplots.....	48
Figura 14- Análise de Componentes Principais para avaliação da relação entre os parâmetros do índice de área foliar com os principais grupos da macrofauna edáfica nas três áreas amostrais.....	58

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Metodologias EMBRAPA (1997) utilizadas para a determinação dos nutrientes do solo	29
Tabela 2- Classificação da abundância da macrofauna edáfica nas áreas amostrais.....	37
Tabela 3- Categorias do índice V para avaliação da modificação do solo	38
Tabela 4- Características químicas dos macro e micronutrientes das áreas amostrais.....	40
Tabela 5- Análise textural do solo	42
Tabela 6- Resultados da altura da serapilheira obtidos através da Regra dos Trapézios	43
Tabela 7- Estatística descritiva das alturas da serapilheira (cm) encontradas nas áreas amostrais e as diferenciações encontradas através do Teste de Tukey a 5%	44
Tabela 8- Índices de área foliar medidos nas áreas de estudo	46
Tabela 9- Análises estatísticas descritivas do índice de área foliar, obtidos através do Teste de Tukey, visando verificar diferenças entre as áreas em recuperação.	48
Tabela 10- Resultado da avaliação do Índice de Shannon, riqueza e uniformidade para as três áreas amostrais.....	50
Tabela 11- Análise estatística dos grupos taxonômicos encontrados nas áreas de estudo	52
Tabela 12- Classificação da macrofauna edáfica conforme a sua abundância nas áreas amostrais.....	53
Tabela 13- Coeficiente de correlação de Spearman para parâmetros de índice de área foliar, altura de serapilheira e a macrofauna edáfica das áreas amostrais.....	57
Tabela 14- Resultado obtido pelo índice (V) de mudança da fauna edáfica	59

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1 Mata Atlântica	16
2.2 Recuperação e restauração de áreas degradadas	17
2.3 Indicadores ambientais	19
2.4 Ciclagem de nutrientes e a serapilheira	20
2.5 Macrofauna do solo como bioindicador da qualidade ambiental	22
2.6 Unidade de Conservação e as condições locais do estudo	23
3. OBJETIVO	24
3.1 Objetivo Geral	24
3.2 Objetivos Específicos	24
4. METODOLOGIA	25
4.1 Área de estudo	25
4.1.1 Histórico de recuperação das áreas amostrais	26
4.2 Levantamento das parcelas amostrais	27
4.3 Análises e descrição dos procedimentos amostrais	28
4.3.1 Caracterização química e textural do solo nas áreas amostrais	28
4.3.2 Determinação da altura e quantidade acumulada de serapilheira produzida.....	30
4.3.3 Determinação do Índice de Área Foliar (IAF).....	33
4.3.4 Coleta da macrofauna edáfica.....	34
4.3.5 Identificação e abundância da macrofauna edáfica	35
4.4 Análise Faunística	36
4.4.1 Determinação da diversidade, uniformidade e abundância	36
4.4.2 Classificação da abundância relativa da macrofauna edáfica nas áreas amostrais ..	37
4.4.3 Índice de mudança da macrofauna edáfica nas áreas amostrais	37
4.5 Análise estatística	38
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	40
5.1 Caracterização química e textural do solo nas áreas amostrais	40
5.1.1 Análise química das áreas amostrais	40
5.1.2 Análise textural das áreas amostrais	42
5.2 Avaliação dos parâmetros referentes a altura da serapilheira, quantidade acumulada e índice de área foliar	43

5.2.1 Altura da serapilheira	43
5.2.2 Serapilheira acumulada	45
5.2.3 Índice de área foliar	46
5.3 Macrofauna edáfica	49
5.3.1 Avaliação do Índice de diversidade Shannon-Weaver, Riqueza e Uniformidade de Pielou	50
5.3.2 Análise da abundância da macrofauna edáfica nas áreas amostrais	52
5.3.3 Relação entre os parâmetros do índice de área foliar e altura da serapilheira com a macrofauna edáfica nas áreas em recuperação, através da Análise Multivariada de Componentes Principais.	56
5.3.4 Índice de mudança da fauna do solo	59
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	61
7. REFERÊNCIAS	63

1. INTRODUÇÃO

A Mata Atlântica caracteriza-se como o terceiro maior bioma brasileiro, estendendo-se a dezessete estados, permeando a costa litorânea do Rio Grande do Norte ao Rio Grande do Sul. Sendo considerada como Patrimônio Natural pela Constituição Federal no art. 225, 4º§, possui fisionomias e estruturas florestais singulares, além de envolver diferentes ecossistemas associados como áreas de restinga, campos de altitude e manguezais, com alta biodiversidade e endemismo mundial (GOMES *et al.*, 2010; MUYLAERT *et al.*, 2018).

Entretanto, os processos industriais e de urbanização promovidos nas últimas décadas geraram uma grande dualidade, visto que proporcionou o desenvolvimento econômico, em contrapartida suas atividades ocasionaram diversos impactos ambientais negativos, como a supressão da vegetação. Atualmente restam aproximadamente 5% de vegetação nativa distribuídas em fragmentos menores a 100 hectares, e parte dessas sofrem com o processo de interferência antrópica (RIBEIRO, 2009; AGUIAR; STEINMETZ, 2013).

Nesse cenário, o Vale do Ribeira localizado no sul do estado de São Paulo, exerce importante papel para a manutenção da biodiversidade, pois detém cerca de 60% de remanescentes de Mata Atlântica sendo aproximadamente 2,1 milhões de hectares de floresta existente do bioma, além de 150 mil hectares de restingas e 17 mil hectares de manguezais (PASINATO, 2009; CORADIN *et al.*, 2018).

No entanto, vem sofrendo com processos de degradação ambiental oriundos dos cultivos convencionais realizados na região, onde a principal fonte de renda baseia-se na monocultura de chá, palmito e banana, além de atividades extrativistas de retirada de madeira, implantação de pastagem e a mineração (calcário) (ARANTES *et al.*, 2017).

As atividades antrópicas geram impactos negativos sobre o solo e a paisagem e, conseqüentemente, modificações químicas, físicas e biológicas nesses ambientes, favorece processos como erosão, lixiviação, perda da fertilidade do solo, e a diminuição da biodiversidade e a capacidade de resiliência dos habitat (RIBEIRO, 2005; PEREIRA *et al.*, 2017).

Diante disso, a recuperação ambiental de áreas degradadas trata-se de uma medida que visa o reestabelecimento das funcionalidades ecológicas e a manutenção da biodiversidade. Assim, faz-se necessário à promoção de projetos que elenquem as etapas e os procedimentos que serão desenvolvidos através de um Plano de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD). Dentre essas etapas a fase de monitoramento consiste na avaliação do grau de evolução do processo de recuperação e acompanhamentos dos objetivos propostos, bem como, possibilita

a mensuração da eficiência do método estabelecido e os fatores que possam implicar no sucesso da prática. Durante essa fase, torna-se necessário estabelecer os indicadores, esse serão responsáveis de prover informações das condições ambientais durante o processo descrito.

Existe uma variedade de indicadores ambientais que podem ser utilizados na fase de monitoramento de áreas em recuperação. No entanto, a aplicabilidade e seleção desses indicadores exigem o entendimento do grau de degradação que a área foi submetida e ecossistema de referência local. Assim, um bom indicador deve ser de fácil entendimento, eficiente, objetivo, possuir baixo custo e sensível às mudanças da recuperação (LOURENÇO *et al.*, 2016; CAVALHEIRO *et al.*, 2018). Possibilitando a avaliação de características estruturais, da composição e funcionalidade.

Considerando a necessidade do indicador para expressar as mudanças da recuperação ambiental, a utilização de bioindicadores relacionados com a macrofauna edáfica torna-se útil, diante da capacidade de expor as condições da recuperação e o grau de sustentabilidade do habitat analisados, além de refletir as modificações promovidas pela ação antrópica, que ocasionam alterações consideráveis em sua abundância e diversidade (SANTA ROSA *et al.*, 2018).

Diante disso, torna-se fundamental o estudo de bioindicadores ambientais em áreas de diferentes estágios de recuperação. Apesar do surgimento crescente de pesquisas voltadas para analisar a contribuição dos bioindicadores para avaliação de áreas em recuperação, ainda existe escassez desses trabalhos voltados para a região do Vale do Ribeira.

Nesse contexto, essa pesquisa vem verificar se existe influência do índice de área foliar e quantidade de serapilheira para o desempenho da macrofauna edáfica em áreas de recuperação.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Mata Atlântica

A palavra bioma tem origem grega Bio = vida + Oma = grupo ou massa. Os biomas são agrupamentos de vegetações com condições e mudanças geoclimáticas similares, resultando em uma diversidade biológica, permitindo características únicas, sendo elas estruturais, funcionais e ecológicas (IBGE, 2004; BOAVENTURA *et al.*, 2017).

O Brasil apresenta seis diferentes biomas: Amazônia, Cerrado, Caatinga, Mata Atlântica, Pampa e Pantanal, detendo uma porção significativa de biodiversidade e endemismo mundial. A Constituição Federal, o art. 225, § 4º, define os biomas como Patrimônio Natural, assegurando a preservação de seus recursos naturais (IBGE, 2004; VALE *et al.*, 2010; MMA, 2015)

A Mata Atlântica é o terceiro maior bioma brasileiro, abrangendo 13,04% do território nacional, percorrendo a costa litorânea do Rio Grande do Norte ao Rio Grande do Sul, engloba estruturas florísticas e ecológicas distintas, além de ecossistemas associados. Esse bioma apresenta parte relevante da diversidade biológica e endemismo do país, estimado em cerca de 2.300 espécies de vertebrados e 20.000 espécies de plantas vasculares, com clima predominante tropical úmido, marcado por elevadas taxas de temperatura e umidade relativa do ar, com chuvas bem distribuídas durante o ano (FONSECA *et al.*, 2004; GELAIN *et al.*, 2012).

Entretanto atividades antrópicas ocasionadas nas últimas décadas, resultou diferentes consequências, dentre elas a eliminação de partes da vegetação nativa. Anteriormente a área original de floresta envolvia mais de 130 milhões de hectares, presentemente, encontra-se reduzidas a 7,6% de remanescentes de vegetação nativa, conservada em fragmentos menores que 100 ha centralizados em maior parte na região Sudeste e Sul. O estado de São Paulo não destoa dessa situação, a região concentrava cerca de 82% de cobertura florestal de Mata Atlântica. Atualmente restam 13,70 % de cobertura florestal e desses somente 5% são nativos (SOS MATA ATLÂNTICA, 2012)

Diante dessa conjuntura, no ano de 2000 a Mata Atlântica foi classificada como um dos 25 *hotspots* mundiais, devido a sua elevada biodiversidade de fauna e flora ameaçadas por pressões antrópicas (MYERS *et al.*, 2000; RIBEIRO, 2011).

Diante ao cenário de degradação da Mata Atlântica, Dean (1996) discorreu sobre o início da degradação do bioma, e segundo o autor o processo ocorreu durante o período após a chegada de portugueses no Brasil, com a exploração do pau-brasil (*Caesalpinia echinata*) e essências nobres, estendendo-se até a era colonial. Durante a expansão econômica áreas foram disseminadas para a inserção de espécies exóticas, em maioria a cana-de-açúcar no Nordeste, café no Sudeste e o cacau na Bahia, bem como, as ações de exploração mineral centralizadas nas regiões do Sul e Sudeste, gerando a perda da vegetação natural e a remoção do solo.

No XVIII, pressões antrópicas oriundas do processo da revolução industrial ocasionaram o aumento no quadro urbano, desencadeando a diminuição da qualidade ambiental, gerando impactos negativos sob o solo, ar e a água. A paisagem natural foi substituída por cidades, demandando de maior infraestrutura de estradas, hidrelétricas, reservatórios, agricultura e pecuária (JOLY *et al.*, 2014).

No Vale do Ribeira, o histórico de degradação não se diferenciou do restante do país, com a ocupação urbana aliada às atividades extrativistas ocasionando a supressão da vegetação nativa, devido ao cultivo de monocultura como o chá, banana e palmito, a criação de pastagens para práticas de pecuárias e a mineração (ALMEIDA *et al.*, 2017).

2.2 Recuperação e restauração de áreas degradadas

A retirada da vegetação resulta em áreas degradadas com alterações químicas, físicas e biológicas no ambiente do solo, afetando diretamente os processos de infiltração da água, aeração, formação radicular, compactação, erosão, desertificação, lixiviação, diminuindo a taxa de produtividade e biota existente (RIBEIRO *et al.*, 2005; SILVA *et al.*, 2018).

Áreas degradadas são definidas segundo o Manual de Recuperação de áreas degradadas pela mineração do Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA (1990), como ambientes que advieram da perda de vegetação, da fauna, diminuição na fertilidade do solo e alterações do sistema hídrico. A legislação brasileira através do Decreto nº 97.632, de 10 de abril de 1989, define áreas degradadas, como resultantes de algum dano antrópico ou natural, que proporcionou a perda ou a redução de suas propriedades, qualidade ou capacidade produtiva dos recursos ambientais.

As áreas degradadas são caracterizadas pela alteração da capacidade de resiliência, ou seja, de auto-recuperação, passando de um estado de perturbado para degradado, necessitando geralmente de intervenções antrópicas para seu reestabelecimento (ATTANASIO *et al.*, 2006; FONSÊCA *et al.*, 2017)

Dados disponibilizados pelas Organizações das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (2015), levantaram que 33% dos solos do mundo encontram-se sob algum estágio de degradação e desses, 14% estão localizadas na América do Sul, e somente 10% do total estão em processo de recuperação.

A recuperação das áreas degradadas consiste em uma medida compensatória para os ambientes que perderam a capacidade de resiliência ou que demandem de um longo período para reestabelecimento das funcionalidades ecológicas e da biodiversidade (BRESSANE *et al.*, 2016).

A prática da recuperação ambiental no Brasil teve início no ano de 1862, no estado do Rio de Janeiro, repondo a vegetação das nascentes da Floresta Nacional da Tijuca. Após essa recuperação foram realizados diversos outros projetos, entretanto as técnicas utilizadas na época eram rústicas, e com poucas informações, geralmente inviabilizando o sucesso da operação (NORDER, 2017).

Com o intuito de formalizar essa prática, durante a conferência de Estocolmo em 1972, instituiu-se a Carta da Terra, que dentre os principais objetivos trazidos em prol da sustentabilidade ambiental, enfatiza a necessidade da recuperação ambiental como uma medida mitigadora no reestabelecimento da vegetação e da sua biodiversidade. Com isso, nos anos 80 foi inserido o conceito da ecologia da restauração, incorporado à ecologia florestal, potencializando diferentes métodos para processos da recuperação. (BELLOTO *et al.*, 2011).

No Brasil a Lei Federal 6938/81 que instituiu a Política Nacional de Meio Ambiente, Art. 2º parágrafo VIII, determina a prática da recuperação ambiental a fim de atingir melhorias da qualidade ambiental. Entretanto o conceito de recuperação e restauração ambiental é normalmente confundido, e a lei nº 9.985 do Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), em seu art. 2º, no § XIV define restauração como a “restituição de um ecossistema ou de uma população silvestre degradada o mais próximo possível da sua condição original”, já a recuperação se dá pela “restituição de um ecossistema ou de uma população silvestre degradada a uma condição não degradada, que pode ser diferente de sua condição original”, ou seja, visando o retorno de uma área degradada para uma forma utilizável com suas funcionalidades ambientais e biológicas.

Conforme a Society for Ecological Restoration (2004), o ambiente só caracteriza-se como recuperado quando atinge autossuficiência dos meios bióticos e abióticos para a sua manutenção. O Artigo 36 do SNUC, traz medidas compensatórias as atividades que ocasionem impactos negativos sob os ecossistemas, e dentre as ações elencadas encontra-se a

recuperação ambiental, instituída através de Termos de Compromisso de Recuperação Ambiental (TCRA), que determinam os objetivos e prazos para execução da atividade.

Tendo em vista que para o reestabelecimento ambiental demanda-se de um longo período de tempo e de atenção, torna-se necessário o monitoramento visando a verificação da evolução e o quão próximo se encontra dos objetivos elencados no Plano de Recuperação de Áreas Degradadas, além de mensurar eficiência do método estabelecido, bem como, os fatores que possam implicar no sucesso da prática (RODRIGUES; GANDOLFI, 2004; OLIVA *et al.*, 2018). Durante a fase de monitoramento, torna-se fundamental a escolha de indicadores, sendo que esses devem subsidiar informações das condições ambientais das áreas em recuperação.

2.3 Indicadores ambientais

Durante a Conferência Mundial sobre o Meio Ambiente – Rio 92 (ECO92) foram levantados propostas a fim de definir padrões de desenvolvimento sustentáveis envolvendo aspectos sociais, econômicos, éticos, ambientais e culturais. Diante dos objetivos dispostos, a utilização de indicadores vem auxiliando a avaliação desses fatores.

Na área ambiental Brancalion *et al.* (2007), ressaltam a importância de selecionar indicadores que visem avaliar as características da qualidade e a produtividade, entretanto essa escolha consiste em uma tarefa complexa, visto que, devem avaliar de maneira confiável, clara e eficiente, o que foi definido nos objetivos do plano de recuperação. Para Manoliadis (2002), a seleção dos indicadores deve expressar de maneira significativa às alterações promovidas pela recuperação, relacionando à dinâmica e funcionalidades existentes na área ambiental.

Existe uma abundância de indicadores ambientais, entretanto ao definir um conjunto extenso, eleva-se a dificuldade operacional demandando de maior mão de obra e tempo, dessa forma, torna-se necessário estabelecer indicadores que ofereçam maior eficiência de resposta para o que será previsto.

Segundo Guiramães e Feichas (2009), os indicadores ecológicos são amplamente utilizados para mensuração da recuperação ambiental, pois oferecem informações eficientes quanto à funcionalidade dos ambientes, diagnosticando possíveis alterações que possam estar implicando no sucesso da prática. Esses indicadores podem ser divididos em três categorias: física (estrutura do solo, valores de cobertura do dossel, índice de área foliar, número de estratos, indivíduos resultantes, densidade, avaliação do sob-bosque), nutrição (relacionada à

quantidade de serapilheira e matéria orgânica) e a biológica (compreende a relação dos organismos interagindo com as propriedades químico-físicas desses ambientes, construindo estruturas e formando poros, bem como, a decomposição, aeração do solo).

Nesse sentido, a funcionalidade do dossel nas áreas de recuperação, está relacionada diretamente para a proteção dos solos contra processos erosivos e de lixiviação, além de desempenhar funções energéticas, controle de luminosidade, temperatura e a umidade do ar e do solo. Esses aspectos favorecem a produção de matéria orgânica na qual é responsável em maior escala pelo fornecimento do material vegetal necessário para a ciclagem de nutrientes (MANDETTA *et al.*, 2006; SOUZA *et al.*, 2016).

Diante dessa relevância ambiental expressada por esse indicador, Jennings *et al.* (1999); Giacomini (2009) e Borzuchowski & Schulz (2010) descreveram dois métodos para avaliar a cobertura fornecida pelo dossel, podendo ser mensurada através da sua projeção ao solo, ou por seu fechamento hemisférico.

Dentre a metodologia de avaliação hemisférica, Watson (1947) e SOUZA *et al.* (2016), expõem a utilização do índice de área foliar (IAF), definindo-o como “a área total de um lado da folha por unidade de área da superfície do solo”. Este parâmetro possui a capacidade de indicar a produtividade local, devido as espécies que arborizam o ambiente, bem como, a mensuração da capacidade de interceptar a incidência da luz solar. Entretanto essa técnica não possibilita a distinção de folhas, galhos e frutos.

Outro indicador utilizado em áreas em recuperação está relacionado com o ambiente do solo para a manutenção florestal. Diante disso, Costa (2013) transcorre a importância de indicadores que possibilitem avaliar a qualidade do solo e a funcionalidades ecológicas, ciclagem química dos nutrientes, composição da estrutura textural, bem como, os processos de decomposição, produção da matéria orgânica que afeta diretamente a taxa de fertilidade. A qualidade do solo representa um fator essencial para as áreas em recuperação.

Dentro do conceito de indicadores, a macrofauna edáfica apresenta-se como um importante bioindicador ambiental, pois reflete as condições do solo, diante da sensibilidade expressa em variar em diferentes ambientes e manejos. Desta forma, mudanças na abundância relativa e na diversidade das espécies de invertebrados do solo constituem um bom indicador de mudanças no sistema (OLIVEIRA, 2015; RIBEIRO *et al.*, 2018).

2.4 Ciclagem de nutrientes e a serapilheira

Dada a importância de ciclagem de nutrientes para as áreas em recuperação. Os nutrientes são de natureza química, geradores da matéria viva, obtidos através do solo, ar e atmosfera. O processo de absorção tem início pelas raízes, posteriormente os nutrientes são transportados até os tecidos. A fase de envelhecimento natural da planta ou a queda de partes do vegetal, como folhas, flores, frutos, galhos e tronco, dão início ao processo de decomposição, transferindo os nutrientes ao solo, e estes estarão novamente disponíveis para as plantas (OLIVA, 2015; CARVALHO *et al.*, 2017).

O processo de transferência de nutrientes pode ocorrer através de dois diferentes ciclos. No ciclo geoquímico ou aberto ocorre à transferência de substâncias, resultante de fontes de nutrientes providos pelo ar, chuva, intemperismo das rochas, nitrogênio e outros entre o ecossistema interno e meio externo. Entretanto, esse processo apresenta perda ou saída de nutrientes ocasionada por ações erosivas, lixiviação, volatilização, remoção de camadas do solo. Já o outro ciclo, nomeado de biogeoquímico, ocorre através da troca química entre elementos do solo, plantas e animais associados ao ecossistema (SELLE, 2007; VIERA; SCHUMACHER, 2010).

O processo de produção e decomposição da serapilheira consiste em um dos principais componentes para a ciclagem de nutrientes. A serapilheira consiste em todo material recém-caído sob o solo, constituído de maior parte de resíduos vegetais (folhas, galhos, sementes, frutos, cascas e partes não identificáveis), e em menor escala, componentes animais (fezes e restos animais) (VIERA; SCHUMACHER, 2010; SOUSA *et al.*, 2018).

Contudo, a funcionalidade da serapilheira não se restringe somente a ciclagem de nutrientes, mas sim, como a principal via de transferência dos elementos minerais essenciais para o solo, como: carbono, nitrogênio, fósforo, magnésio e cálcio e o potássio e a produção de matéria orgânica no solo (SANTOS; RODRIGUES, 2015).

Segundo Guzmán e Álvarez (2003), o carbono oriundo da serapilheira, é fonte para diversos organismos, bem como, participa na estrutura do vegetal como a celulose e a lignina, as quais são mineralizadas por um número restrito de espécies de fungos, bactérias e animais, interferindo diretamente no processo de decomposição.

A decomposição da camada orgânica da serapilheira ocorre em velocidades variadas devido a três variáveis sendo: os macro e micro-organismo decompositores, o material que constitui os elementos (celulose, lignina, elementos minerais e fenólicos) e as condições físico-químicas (temperatura, umidade, sazonalidade, e estrutural do solo) a as características da macrofauna edáfica existente. A participação dos organismos no processo de decomposição traz como resultados relacionados com o aumento da humificação, agregação e

estruturação do solo (ANDRADE *et al.*, 2003, SANTOS; RODRIGUES, 2015; GUERRA; JORGE, 2017).

Diferentes causas podem interferir na alteração da produção da serapilheira dentre eles: fatores climáticos, altitude, fertilidade, estágio sucessional, fitofisionomia arbórea, recursos hídricos e ações antrópica (CIANCIARUSO, 2006; BAUER *et al.*, 2016). Em estudos Fernandes e Matricardi (2015); Oliva (2015), afirmam que ambientes com temperatura e incidência solares maiores, possuem maior deposição de serapilheira.

Já de acordo com Rezende *et al.* (2008), áreas que passaram por processos de degradação e como consequências perderam sua cobertura vegetal, apresenta menor índice de produtividade. Esse fato é justificado pela diminuição da serapilheira, comprometendo a quantidade de matéria orgânica, infiltração de água, gerando processos erosivos, afetando consideravelmente os organismos que participam desse processo.

2.5 Macrofauna do solo como bioindicador da qualidade ambiental

A fauna do solo participa em maior parte para a decomposição do material orgânico, os organismos invertebrados edáficos incluem milhares de espécies e são classificados devido à locomoção e o diâmetro corporal, formando três diferentes grupos: microfauna, mesofauna e macrofauna (SILVA *et al.*, 2018).

A microfauna é representada por organismos com dimensões até 0,2 mm microscópicos, tais como os nematoides e os protozoários, normalmente possuem a alimentação baseada em outros animais, micro-organismos e raízes de plantas (predador/parasita). A mesofauna é formada por indivíduos invertebrados, que medem entre 0,2 a 2,0 mm, comumente representada pelo grupo de colêmbolos e ácaros (SANTOS *et al.*, 2017).

A macrofauna, que inclui invertebrados com o diâmetro corporal acima de 2,0 mm, abrangendo cerca de 20 ordens taxonômicas. Esses organismos contribuem para a ciclagem de nutrientes e estrutura do solo, com a formação de poros e na agregação, bem como, no controle biológico (LAVELLE *et al.*, 1997; SANTOS *et al.*, 2017; SILVA *et al.*, 2018).

Melo *et al.* (2009), relatam os benefícios da utilização da macrofauna edáfica como bioindicador ambiental, uma vez, que esses organismos possuem a sensibilidade de refletir as condições físico-químicas do solo, bem como, minerais predominantes, temperatura, precipitação, umidade, pH, matéria orgânica, textura e estrutura, vegetação, dentre outros.

Conforme Alves *et al.* (2015), dentre os principais grupos que vem sendo utilizados como bioindicadores ambientais, destacam-se os organismos pertencentes a ordem Coleoptera, Diptera, Hemiptera, Hymenoptera, Lepidoptera e Orthoptera (Brown *et al.*, 1997). Segundo Silva *et al.* (2018) esses invertebrados desempenham funcionalidades ecológicas no ambiente, contribuindo para a ciclagem de nutrientes, decomposição, produtividade secundária, polinização, fluxo de energia, predação, dispersão de sementes, regulação das populações de plantas e dentre outros.

2.6 Unidade de Conservação e as condições locais do estudo

O Parque Estadual de Jacupiranga (PEJ) foi criado no ano de 1969. Conforme o Sistema Nacional de Unidade de Conservação (SNUC) a Unidade era categorizada como de proteção integral, possuindo restrições quanto ao uso e manejo. A criação do Parque ocasionou elevados conflitos, tendo em vista que o PEJ, possuía cerca de 2,107 moradores tradicionais (BIM, 2012). Como uma medida de melhoria socioambiental instituiu-se através do decreto-lei nº 12.810/2008 o Mosaico de Unidades de Conservação de Jacupiranga (MOJAC). O SNUC estabelece como Mosaico:

Art. 26 Quando existir um conjunto de unidades de conservação de categorias diferentes ou não, próximas, justapostas ou sobrepostas, e outras áreas protegidas públicas ou privadas, constituindo um mosaico, a gestão do conjunto deverá ser feita de forma integrada e participativa, considerando-se os seus distintos objetivos de conservação, de forma a compatibilizar a presença da biodiversidade, a valorização da sociodiversidade e o desenvolvimento sustentável no contexto regional. (SNUC, Lei Nº 9.985/2000).

Com uma área total de 43.885,78 hectares, o MOJAC tem o objetivo de proteção e conservação dos remanescentes de Mata Atlântica, contendo 14 Unidades de Conservação, classificadas em: Parque Estadual, Área de Preservação Ambiental, Reserva de Desenvolvimento Sustentável e Reserva Extrativista. A vegetação original da Unidade constitui uma região de transição (ecótono), de Floresta Ombrófila Densa e Ombrófila Mista, possuindo também áreas de manguezais e campos de altitude.

Segundo Bim (2012), antes da criação do Mosaico, a Unidade de Conservação (UC) passou por um período marcado pela exploração e retirada ilegal de madeira, produção de carvão, agricultura, criação de pastagem para atividades de pecuária, além de queimadas descontroladas.

No ano de 2009 a Unidade deu início em seu processo de recuperação, resultantes a aplicação de Termos de Compensação de Recuperação Ambiental (TCRA), como uma medida mitigadora para o ressarcimento dos impactos negativos gerados ao Meio Ambiente, cumprindo a legislação estadual Resolução SMA Nº 32 de 03 de abril de 2014, que “estabelece as orientações, diretrizes e critérios sobre restauração ecológica no Estado de São Paulo”.

3. OBJETIVO

3.1 Objetivo Geral

Avaliar a interação da macrofauna edáfica com os parâmetros ecológicos e a sua resolução taxonômica em diferentes áreas de recuperação ambiental.

3.2 Objetivos Específicos

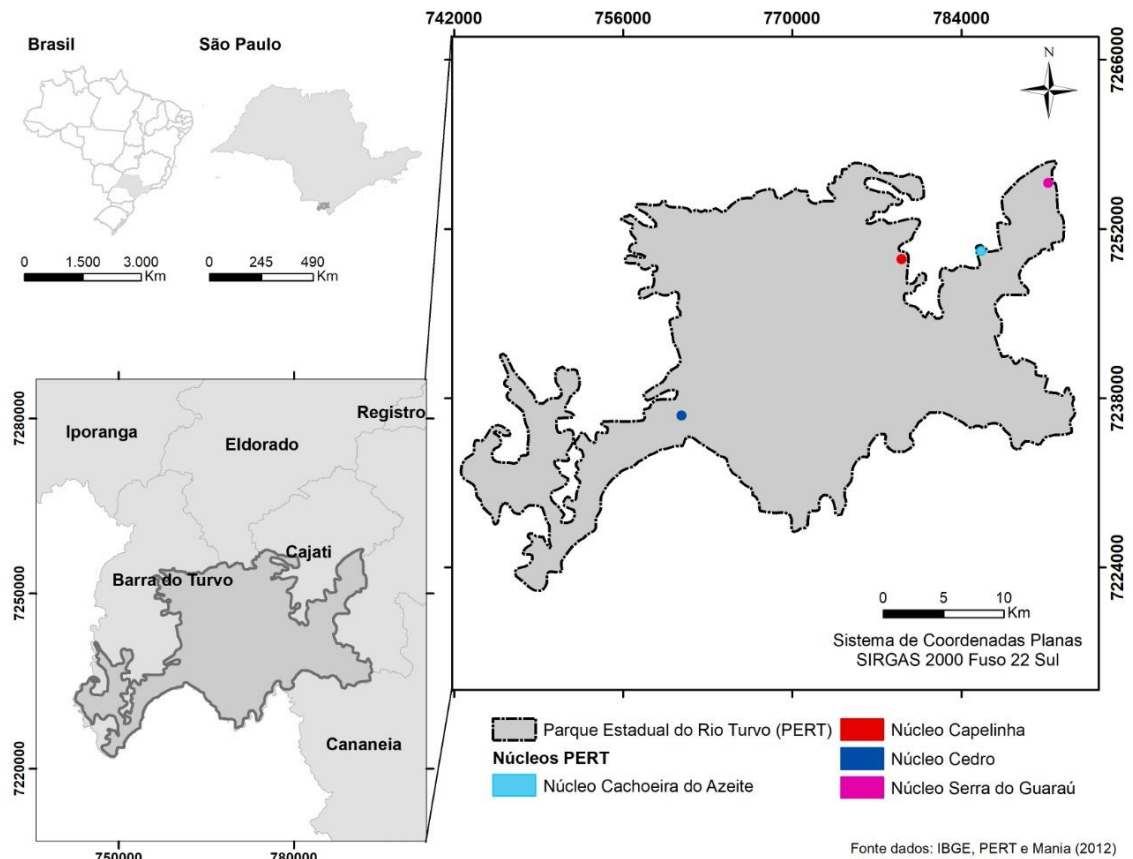
- Caracterizar as condições física e química do solo nas áreas amostrais;
- Analisar a variação do índice de área foliar e serapilheira nas áreas amostrais;
- Verificar a composição da macrofauna edáfica nas três diferentes áreas e as funcionalidades biológicas;
- Verificar a relação entre os parâmetros analisados com a macrofauna edáfica;
- Comparar as comunidades da macrofauna edáfica entre as áreas em recuperação com a área de referência.

4. METODOLOGIA

4.1 Área de estudo

As áreas de estudo localizam-se Parque Estadual do Rio Turvo- Núcleo Capelinha, município de Cajati- SP. A Unidade de Conservação pertence ao Mosaico de Unidades de Conservação de Jacupiranga (MOJAC), e está situado entre as coordenadas “24°46’24” e “25°06’03” de latitude sul, e “45°05’15” e “48°36’02” de longitude oeste (Figura 1).

Figura 1- Localização do Mosaico de Unidades de Conservação de Jacupiranga

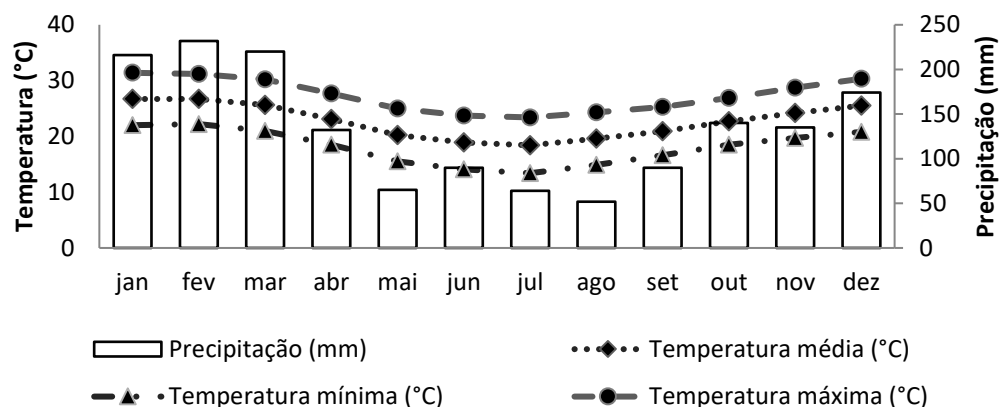


Fonte: Acervo pessoal, 2018.

Os solos do município de Cajati são da classe Latossolo Vermelho Amarelo e Argissolo Vermelho Amarelo. (GODOY, 2012). A vegetação original da Unidade constitui uma região de transição (ecótono), de Floresta Ombrófila Densa e Ombrófila Mista, possuindo também áreas de manguezais e campos de altitude.

A temperatura média é de 24°C e a pluviosidade média anual é de 1536,3 mm, com maiores índices nos meses de dezembro a março e o menor em agosto (Figura 2). Segundo a classificação de Köppen (1948), o clima encontrado no município é (Cfb), caracterizado como clima temperado úmido com verão temperado.

Figura 2- Diagrama de médias anuais de precipitação e temperatura de Cajati/SP



Fonte: Adaptação do Clima Data.Org, 2017.

Para realização do presente estudo, foram selecionadas três áreas no Núcleo Capelinha- Cajati/SP, com diferentes processos de recuperação e históricos de usos e perturbação oriundos de ações antrópicas.

As coletas ocorreram no período de Março e Abril de 2018, estação chuvosa, as áreas foram denominadas como área 1 (com início do projeto de recuperação no ano de 2014) área 2 (com início do projeto de recuperação no ano de 2010) e área de Mata marcada pela formação de Floresta Ombrofila Densa.

4.1.1 Histórico de recuperação das áreas amostrais

As três áreas amostrais onde foram realizadas as coletas possuem diferentes históricos de manejo e recuperação ambiental, para essa pesquisa elas estão categorizadas em:

- “Área 1” tem o histórico de degradação decorrente a formação de pastagem para a criação de bovinos, a área teve início de recuperação em fevereiro 2014, através do TCRA da empresa The Nature Conservancy (TNC), com a inserção de 23.400 mudas de árvores nativas em 9,36 hectares, sendo posteriormente inseridas mais 246 mudas visando a reposição das perdas do plantio, somando assim, 23.646.

- b) “Área 2” foi utilizada até o ano de 2007 como área destinada ao plantio de banana, recebeu no ano de 2010 a inserção de 45.215 mudas nos 18 hectares degradados, realizados através do TCRA da empresa Auto Pista Regis Bittencourt, visando a recuperação ambiental do local.
- c) “Mata Natural” possui fitosionomia de Floresta Ombrófila Densa, escolhida como uma área de referência devido ao seu histórico, onde não foi constatadas interferências antrópicas nos últimos 50 anos.

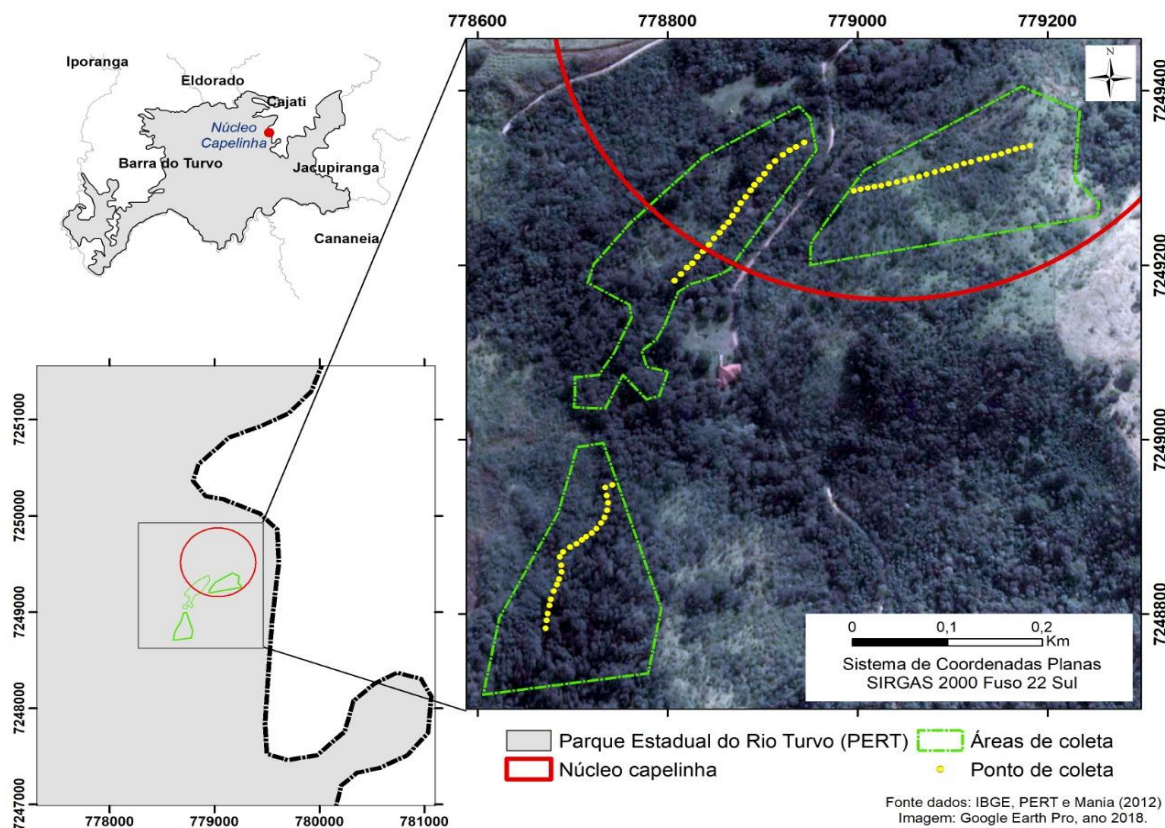
Seguindo a Resolução SMA Nº 32, a recuperação das áreas degradadas da UC ocorreu através da utilização de 80 espécies nativas, contemplando dois grupos ecológicos (pioneiras e secundárias), espaçadas em 2x2. Após a implantação das mudas, os locais permaneceram em fase de monitoramento por um período de três anos, com o objetivo de avaliar o sucesso da recuperação, bem como a realização da manutenção preventiva de espécies invasoras, limpeza, correção do solo e controle de pragas.

4.2 Levantamento das parcelas amostrais

A escolha das áreas em recuperação para a instalação dos transectos ocorreu com o auxílio dos funcionários e pesquisadores da Fundação Florestal que possuíam conhecimento sobre os estágios e condições do local recuperado. Para tanto, delimitou-se polígonos com três hectares por área de estudo, visando utilizar uma porção significativa da realidade da recuperação, assim como da área de referência, considerando os seguintes fatores: áreas menos acentuadas e condições geológicas próximas e com homogeneidade ecológica.

Para a seleção do local de implantação do ponto inicial do transecto, ocorreu primeiramente de forma perceptiva visando compreender a declividade e as possíveis limitações para a aplicação do método. Após foi realizada de forma aleatória a instalação dos transectos, (MONTENEGRO, 2006), com 200 metros de comprimento, visando maior cobertura e abrangência da heterogeneidade estrutural do local. A delimitação ocorreu com a utilização de fita métrica, onde os pontos para as coletas obedeciam a um espaçamento de 8 m de qualquer lado da fita, totalizando 25 amostras por área de estudo, devidamente numeradas e com suas coordenadas geográficas demarcadas através do receptor GPS (Figura 3).

Figura 3-Áreas amostrais e delimitação dos transectos para realização da coleta de macrofana edáfica, índice de área foliar e serapilheira



Fonte: IBGE; PERT; Mania, 2012.

4.3 Análises e descrição dos procedimentos amostrais

4.3.1 Caracterização química e textural do solo nas áreas amostrais

A coleta do solo teve como objetivo a caracterização das condições químicas e textural do solo da área de estudo. Foram utilizados anéis volumétricos, coletadas amostras na camada de 0–0,10 cm, realizadas nos pontos amostrais estabelecidos no transecto, totalizando 25 pontos de coleta por área amostral,

Após a coleta, o solo foi conduzido ao laboratório Solos e Folhas- ME situado no município de Sorocaba. Para a análise química do solo utilizou a metodologia descrita no Manual de Métodos de Análise de Solo da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária- EMBRAPA (1997) (Tabela 1).

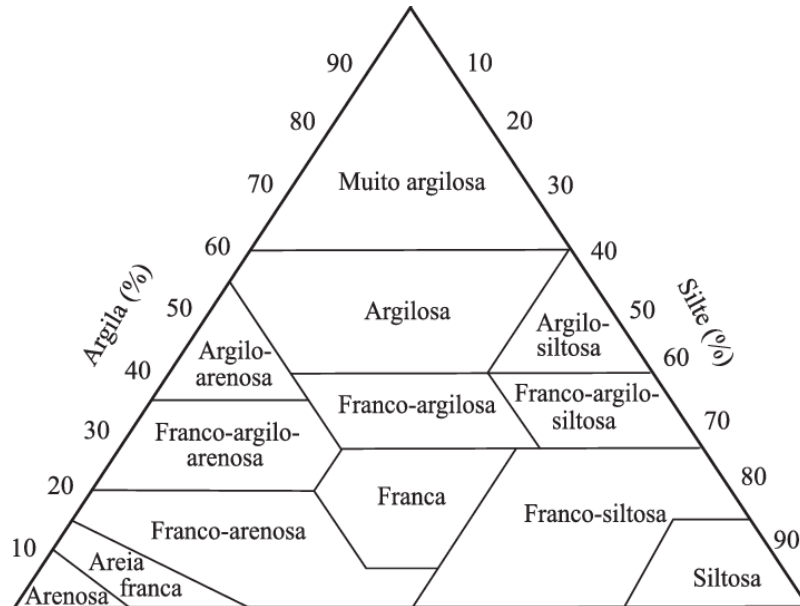
Tabela 1- Metodologias EMBRAPA (1997) utilizadas para a determinação dos nutrientes do solo

Nutrientes	Princípio do Método
- Potencial hidrogeniônico (pH)	Medição do potencial eletronicamente por meio de eletrodo combinado imerso em suspensão solo:líquido (água, KCl ou CaCl ₂), 1:2,5;
- Matéria Orgânica (M.O)	Oxidação da matéria orgânica via úmida com dicromato de potássio em meio sulfúrico;
- Fósforo (P)	Solubilização das formas fosfatadas minerais e orgânicas pelo H ₂ SO ₄ 1:1. O fósforo contido no extrato sulfúrico representa a concentração total deste elemento;
- Potássio (K)	Extração com solução diluída de ácido clorídrico e posterior determinação por espectrofotometria de chama;
- Cálcio (Ca) e Magnésio (Mg)	Extração com solução KCl N e determinação complexiométrica em presença dos indicadores eriochrome e murexida ou calcon;
- Hidrogênio +Alumínio	A determinação é feita titulando-se com NaOH em presença de fenolftaleína como indicador;
- Soma de Bases (SB)	Soma dos nutrientes: cálcio, magnésio e potássio;
- Capacidade de Troca de Cátions (CTC)	A CTC do solo é definida como sendo a soma total dos cátions que o solo pode reter na superfície coloidal prontamente disponível à assimilação pelas plantas. Estes cátions adsorvidos são removidos por soluções salinas de amônio, cálcio, bário e soluções de ácidos diluídas e posteriormente determinados por métodos volumétricos, de emissão ou absorção atômica;
- Saturação por Bases	Representa a participação das bases trocáveis em relação ao total de cátions no complexo. Este valor é utilizado para a caracterização de solos eutróficos e distróficos.

Fonte: EMBRAPA (1997).

Já para as análises texturais empregou-se a metodologia EMBRAPA (1997) de pipeta, onde foi possível a separação das classes de areia fina e grossa, silte e argila, a classificação ocorreu através do triângulo textural (Figura 4) proposto pelo Instituto de Campinas (IAC).

Figura 4- Triângulo Textural do Solo



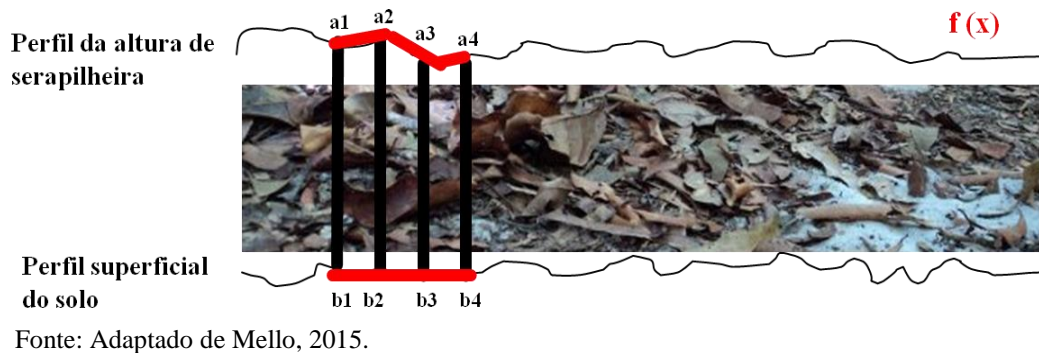
Fonte: Camargo *et al.*, 1986.

4.3.2 Determinação da altura e quantidade acumulada de serapilheira produzida por área

Para estabelecer a altura da serapilheira nos pontos amostrais, foi utilizada a técnica de medição diretamente no solo, por meio de um perfilômetro com 20 hastes metálicas espaçadas em 7 cm, adjuntas de uma placa retangular confeccionada em material derivado da madeira nomeado Medium Density Fiberboard (mdf) com 105 cm de largura e 60 cm de altura. Foram realizadas duas medições, inicialmente com as hastes do perfilômetro niveladas na altura da serapilheira coletando os valores expressos na escala do aparelho, posteriormente, foi retirada a camada superficial contida no solo, e realizada outra medição.

A realização do somatório das áreas ocorreu através da Regra dos Trapézios (Figura 5), utilizando o programa estatístico Matlab®.

Figura 5- Método dos Trapézios para avaliação da altura da serapilheira



A utilização da Regra dos Trapézios visa determinar o perfil da altura da serapilheira e encontrar os somatórios das áreas através da fórmula (1 2 e 3):

$$E(f) = I(f) - T(f) \quad (1)$$

Onde:

$$E(f) = I(f) - T(f) = I(f) - I(p1) = I(f - p1) \quad (2)$$

Este caso, usamos um polinômio interpolador do 2º grau, onde a fórmula do erro de interpolação é:

$$f(x) - p2(x) = f[a, b, c, x] (x - a) (x - b) \quad (3)$$

Como $(x - a) (x - b)$ não altera o sinal no intervalo $[a, b]$ aplicou-se o Teorema do Valor Intermédio para Integrais e supondo que f é $C2[a, b]$, obtemos a fórmula do erro (4):

$$E(f) = \frac{(b - a)^3}{12} \quad (4)$$

Através do Matlab criou-se uma rotina, para realização da Regra de Trapézios como apresentado a fórmula (5):

$$\text{Trapz}(a) = (a1+a2+a3+a4)$$

$$\text{Trapz}(b) = (b1+b2+b3+b4)$$

$$\text{Trapz}(a) - \text{Trapz}(b) \quad (5)$$

Para quantificação da serapilheira acumulada no solo utilizou-se um gabarito de madeira com dimensões internas de 100 X 20 cm (0,2 m²). Essa medida teve como propósito a avaliação no mesmo ponto do perfilômetro que visou medir a altura da serapilheira, dessa forma, após a primeira medição da altura, foi lançado o gabarito e retirado toda a matéria orgânica nele contido, para posterior medição com o aparelho (Figura 6).

Figura 6- Etapas realizadas para determinação da altura da serapilheira

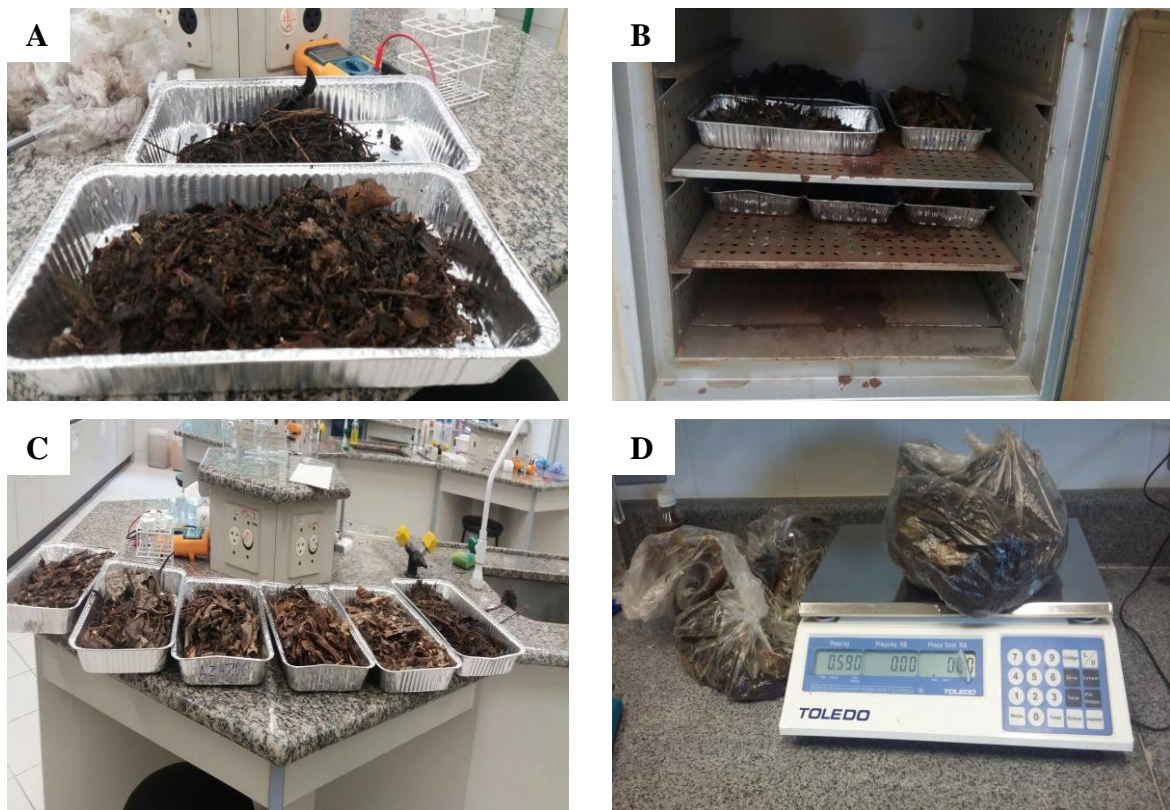


Fonte: Acervo pessoal, 2018.

Legenda: (A) Medição inicial da altura, com uso do perfilômetro; (B) Medição na quantidade acumulada através do gabarito retangular (C) fase de retirada da serapilheira acumulada no interior do gabarito (D) Após a retirada de serapilheira do solo.

A serapilheira coletada nos pontos amostrais foram etiquetadas/numeradas e armazenadas em sacolas plásticas para o transporte. No laboratório o material coletado passou pela primeira medição visando à obtenção do peso inicial, posteriormente a serapilheira foi submetida à secagem realizada em estufa com ventilação a ar uma temperatura de 60°C, até atingir o peso constante, na segunda medição foi aferido à massa seca (Figura 7), e estimada a produção por Mg/ha⁻¹.

Figura 7- Etapas de secagem e quantificação da serapilheira coletadas nas áreas amostrais



Fonte: Acervo pessoal, 2018.

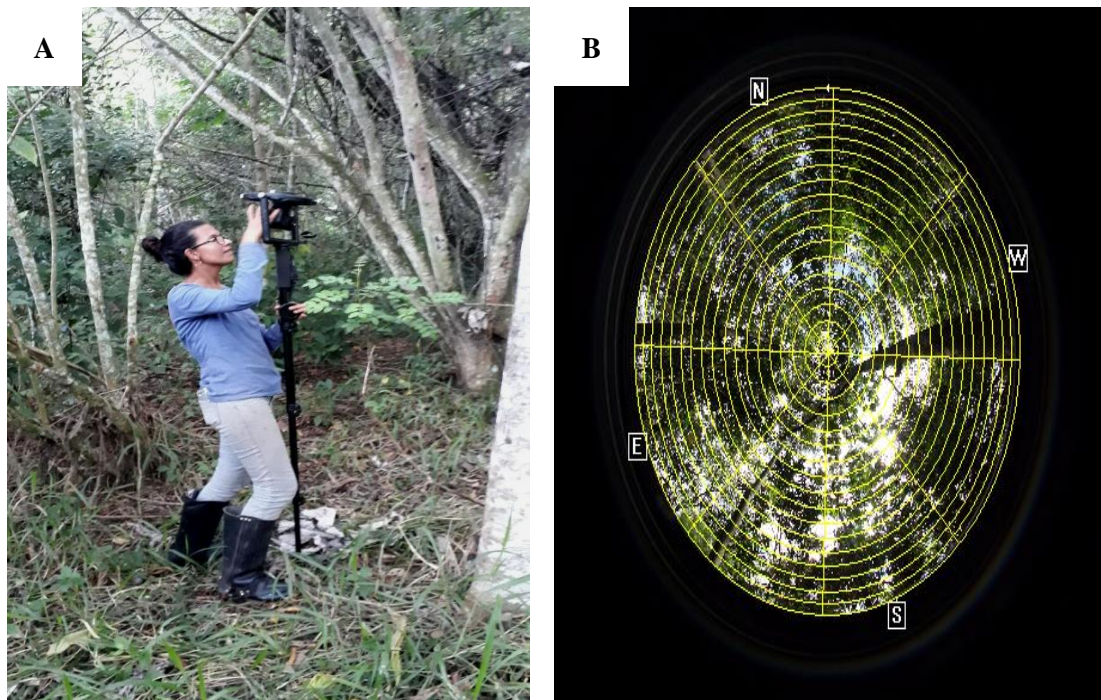
Legenda: (A) serapilheira coletada nas áreas amostrais (peso inicial, material recém-colhido); (B) secagem em estufa a 60° C; (C) Após a secagem; (D) pesagem para aferir o peso constante.

4.3.3 Determinação do Índice de Área Foliar (IAF)

Para a determinação do Índice de Área Foliar (IAF) utilizou-se de câmera fotográfica digital, integrada a uma lente objetiva com o formato denominado olho-de-peixe, com cobertura de 150° disposta sob um tripé com 150 cm. Inicialmente realizou-se o nivelamento e orientação ao norte magnético com auxílio da bússola (Figura 8). Todas as fotografias foram feitas em períodos de menor incidência de raios solares, para não ocorrer interferência nos dados (GARCIA *et al.*, 2018).

Posteriormente as imagens foram analisadas através do *Software Hemiview*®, que estima através de pixels das imagens as coordenadas angulares, realizando a divisão das intensidades dos pixels entre claros e escuros, retornando o índice de área foliar (IAF) (Figura 8).

Figura 8- Etapas para obtenção do índice de área foliar



Fonte: Acervo pessoal, 2018.

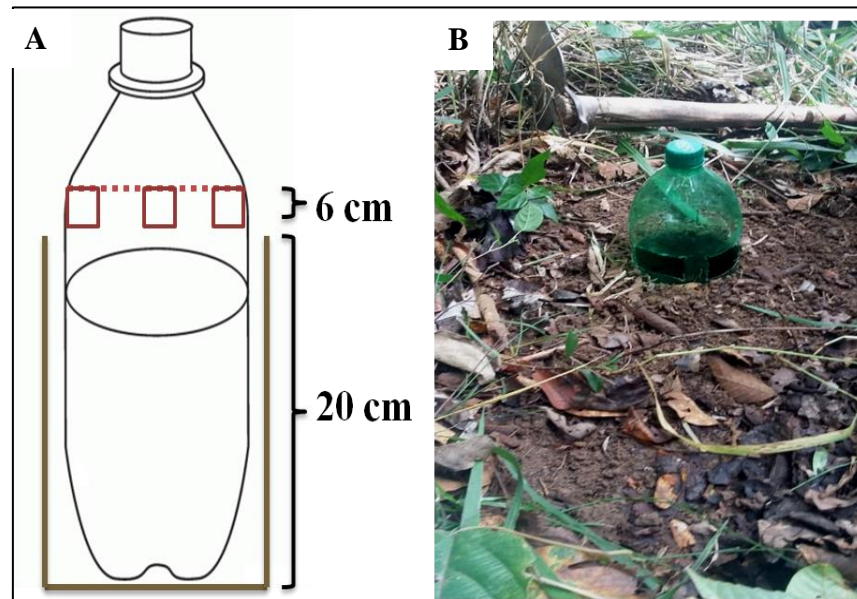
Legenda: **(A)** mensuração do índice de área foliar; **(B)** avaliação dos resultados através do software Hemiview®.

4.3.4 Coleta da macrofauna edáfica

Para análise da macrofauna edáfica, utilizou o método de captura descrito por Antonioli *et al.* (2006). Inicialmente foram elaboradas as armadilhas PROVID, produzidas com garrafas de material de politereftalato de etileno (PET) de 2 litros, onde foram construídas fendas de 6 x 4 cm na altura de 20 cm da sua base. Em campo, os coletores foram alocados nos pontos pré-definidos no transecto, demarcados próximo dos pontos de coleta da serapilheira. Desse modo, foram estabelecidos 25 pontos de análises por área de estudo, instaladas no final do mês de março de 2018, com duração de sete dias.

As armadilhas foram enterradas no solo até que a parte inferior das fendas ficasse ao nível da superfície (Figura 9). Após a instalação foi adicionado 200 ml de solução de álcool 70% e 3-5 gotas de formol a 2%.

Figura 9- Armadilhas de PROVID



Fonte: Acervo pessoal, 2018.

Legenda: (A) Armadilha de PROVID; (B) instalação das armadilhas nas áreas amostrais.

Posteriormente, as armadilhas foram retiradas e com um auxílio de uma peneira de 600 μm , ocorreu à separação do material coletado e da solução. O líquido foi reservado para o descarte adequado tendo em vista o formol existente, já os invertebrados foram armazenados em sacolas plásticas devidamente identificadas e encaminhadas para as análises (Figura 10).

Figura 10: Etapas realizadas na coleta



Fonte: Acervo pessoal, 2018.

Legenda: (A) Retirada da armadilha de PROVID; (B) identificação dos invertebrados coletados conforme a área de estudo.

4.3.5 Identificação e abundância da macrofauna edáfica

No laboratório com o auxílio de uma lupa binocular, realizou-se a triagem manual das espécies coletadas da macrofauna edáfica, com o objetivo de identificar e contar os invertebrados com diâmetro corpóreo acima de 2 mm. Os indivíduos foram classificados conforme a sua ordem, assim como sugerido por Souza *et al.*, 2018; Batista *et al.*, 2017; Pinheiro *et al.*, 2017, utilizando-se chaves ilustradas de identificação (BUZZI, 2008). Os dados foram determinados, pelo número total de indivíduos, abundância, riqueza, diversidade, por meio do *Software Livre R*[®] pacote Vegan.

4.4 Análise Faunística

4.4.1 Determinação da diversidade, uniformidade e abundância

Para a determinação da diversidade utilizou-se o Índice de Diversidade de Shannon–Weaver (H), (fórmula 6) podendo variar entre 0 a 5, valores próximos a 5 expressam elevada diversidade ecológica (MARTINI; PRADO, 2010).

$$H' = - \sum_{i=1}^s p_i \ln p_i \quad (6)$$

p_i = abundância relativa (proporção) da espécie i na amostra

$$p_i = n_i/N \quad (7)$$

Onde:

n_i = número de indivíduos da espécie i

N = Número de indivíduos total da amostra

Para avaliação da equabilidade utilizou-se o Índice de Pielou (fórmula 8 e 9), no qual permite representar a uniformidade da distribuição dos indivíduos entre as espécies existentes, através de escala numérica de 0 a 1, onde o valor máximo representa que todas as espécies são distribuídas uniformemente (ARAÚJO *et al.*, 2017).

$$J' = \frac{H'_{\text{observado}}}{H'_{\text{máximo}}} \quad (8)$$

Onde:

J= Equabilidade de Pielou
 H'=Resultado Índice de Shannon
 H' máximo= obtido através da fórmula (8)

$$H' \text{ máximo} = \log S \quad (9)$$

Onde:
 S = número total de espécie (riqueza)

4.4.2 Classificação da abundância relativa da macrofauna edáfica nas áreas amostrais

A classificação da abundância da macrofauna edáfica nas áreas amostrais foi expressa em porcentagem, relacionando com total de invertebrados, procedendo assim para cada grupo funcional (MERLIM, 2005). Para a classificação de abundância utilizou a Equação 10 e Tabela 2 para cada ordem.

$$n^{\circ} \text{ médio de inv} = \frac{\text{Total } t * 100}{T_{\text{inv}}} \quad (10)$$

Onde:
 Total t = Total de indivíduos da mesma espécie
 T_{inv.} = Total de invertebrados por área

Tabela 2- Classificação da abundância da macrofauna edáfica nas áreas amostrais

Abundância Relativa	Classificação	Categoria
< 2 %	Raros	1
2 a 10 %	Ocasionais	2
10 a 50 %	Abundantes	3
> 50 %	Dominantes	4

Fonte: Merlim, 2005.

4.4.3 Índice de mudança da macrofauna edáfica nas áreas amostrais

Para verificar a mudança da macrofauna edáfica nas áreas em recuperação aplicou-se a metodologia descrita por Wardle (1995) nomeado Índice V (Equação 11). Esse método propõe à comparação das áreas em recuperação com uma área de referência.

$$V = (2dR/(dR + dM)) - 1 \quad (11)$$

Onde:

V = índice de mudança;
d = densidade da macrofauna;
M = mata de referência;
R = área degradada.

O índice V varia em uma escala de valores de -1 a 1, onde o valor 0 expressa a igualdade de abundâncias na área de referência com a de recuperação, sendo categorizada pela inibição ou estimulação dos organismos da macrofauna edáfica, conforme a Tabela 3.

Tabela 3- Categorias do índice V para avaliação da modificação do solo

Categoria	Símbolo	Índice V
Inibição extrema	IE	$V < -0.67$
Inibição moderada	IM	$-0,33 > V > -0,67$
Inibição leve	IL	$0 > V > -0.33$
Estimulação leve	EL	$0 < V < 0.33$
Estimulação moderada	EM	$0.33 < V < 0.67$
Estimulação extrema	EE	$V > 0.67$
Sem alteração	SA	$V = 0$

Fonte: Merlim, 2005; Manhaes e Francelino, 2012.

4.5 Análise estatística

Os parâmetros coletados nessa pesquisa foram submetidos a análises estatísticas e descritivas, com o objetivo de compreender as diferenciações entre as áreas de estudo. Inicialmente o teste de Shapiro-Wilk visou aferir a normalidade dos dados analisados a um p -valor = 0,05, de posse dos resultados e a sua normalidade, foram realizados a Análise de Variância (ANOVA) ao um nível de 5%, com o objetivo de avaliar possíveis diferenciações entre as áreas amostrais, estabelecendo as seguintes hipóteses.

H0: Não existe diferença significativa entre os parâmetros analisados.

H1: Rejeita *H0*, existe pelo menos um parâmetro diferenciando dos demais.

A partir dos resultados obtidos pelo teste ANOVA, e constatando diferenciações significativas, empregou-se o teste de Tukey ao nível de 5%. Os dados que não atendiam a premissa da normalidade foram submetidos ao teste não paramétrico de Kruskal-Wallis.

Foram aplicadas as Análises Multivariadas de Componentes principais (Biplot) para estabelecer as relações entre a densidade da macrofauna e o índice de área foliar e a altura da serapilheira. A representação gráfica em Biplot é utilizada para apresentar, simultaneamente, as observações (linhas) e variáveis (colunas) referentes a uma matriz de dados (GABRIEL, 1971). Também tem como objetivo o agrupamento entre as observações, assim como, mostrar as variâncias e correlações entre as variáveis. Nessa pesquisa foi utilizada a matriz de correlação de Spearman, uma correlação não paramétrica, para estabelecer as relações entre as variáveis. Para a análise de correlação foi utilizado o software estatístico XLSTAT®.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Caracterização química e textural do solo nas áreas amostrais

5.1.1 Análise química das áreas amostrais

A Tabela 4 traz os resultados obtidos por meio da análise química nas três áreas de estudo, apontando o valor de pH, matéria orgânica e os macro e micronutrientes do solo nas áreas amostrais do estudo. O pH observado nas áreas amostrais evidenciaram valores em torno de 5 para as duas áreas em estágio de recuperação, tendendo a maior nível acidez, características dos solos brasileiros (MEURER et al., 2010; FREIRE et al., 2013; TEIXEIRA *et al.*, 2018).

Tabela 4- Características químicas dos macro e micronutrientes das áreas amostrais

Área Amostrai	pH	M.O	P	K	Ca	Mg	H+Al ³⁺	Al	SB	CTC	V%	m%	S-SO ⁴
	CaCl ²	g/dm ³	mg/dm ³				mmolc/dm ³						mg/dm ³
Área 1	5,1	34	6	2,9	30	10	52	0	43	95	45	0	7
Área 2	5,2	51	18	1,9	48	13	52	0	63	115	55	0	8
Mata	6,1	52	18	1,6	60	13	22	0	75	119	77	0	7

Fonte: Elaborado pela autora.

Legenda: Potencial hidrogeniônico (pH); Matéria Orgânica (M.O); Fósforo (P); Potássio (K); Cálcio (Ca); Magnésio (Mg); Hidrogênio +Alumínio (H+Al³⁺); Alumínio (Al); Soma de Bases (SB); Capacidade de Troca de Cátions (CTC); Saturação por Bases (V%); Saturação por alumínio do solo (m%); Enxofre (S-SO⁴)

Os valores ideais de pH para o solo está na faixa de 6,0 a 6,5, os solos que possuem pH ácido, apresentam baixa capacidade de troca de cátions, promovendo menor atividade biológica e conseqüentemente menor agregação do solo e matéria orgânica comprometendo a fertilidade (GRUGIKI *et al.*, 2017; MIRANDA *et al.*, 2007). A área amostral da “mata” apresentou o pH dentro dos limites considerados ótimos.

O presença de Hidrogênio +Alumínio (H+ e Al³⁺) gera a diminuição do nível de pH. O seu surgimento é resultado de processos de lixiviação e lavagem dos nutrientes do solo, bem como, a retirada de nutrientes catiônicos oriundos de culturas mal manejadas, além da utilização de fertilizantes ácidos (FREITAS *et al.*, 2015; SILVA *et al.*, 2018). Diante disso, a área 1 e 2 apresentam em maior concentração o H+ e Al³⁺, justificada pelo seu histórico de

degradação. A área 1 anteriormente destinada a bananicultura, onde comumente faz-se uso de fertilizantes e agrotóxicos, contribuindo para diminuição do H^+ e Al^{3+} e o pH do solo.

Com relação aos valores obtidos de fósforo que é altamente fixado pelos os nutrientes alumínio, ferro e manganês, a “área 1” apresentou baixa quantidade desse nutriente. A ausência do fósforo nos solos interfere diretamente no processo de crescimento e produção vegetal, bem como, na fotossíntese e respiração celular possibilitando a seleção de espécies arbóreas que não demandam de elevadas quantidades desse nutriente para o crescimento (TOPPA, 2004; BRAVIN; OLIVEIRA, 2014; FREITAS *et al.*, 2018).

A matéria orgânica no solo representa um dos principais indicadores da qualidade dos solos florestais, a presença desse nutriente está relacionado com as condições químicas, físicas e biológicas do solo. Atua como fonte geradora de nutrientes essenciais para o crescimento vegetal, além de contribuir para a proteção contra processos erosivos e de lixiviação, infiltração, retenção de água, ciclagem de nutrientes além de possibilitar condições para os organismos macrofauna edáfica permaneçam. (COSTA *et al.*, 2013; BARRETO *et al.*, 2017).

As áreas do estudo apresentaram taxa de matéria orgânica variando de 34 a 52 g/dm^3 . A área 2 com histórico de degradação relacionado com o cultivo de banana, apresentou presença de matéria orgânica próxima da área de referência “mata”, pois essa área passou por processos de adubação visando a maior produtividade agrícola. Garcia *et al* (2018), obteve valores de matéria orgânica variando de 21 a 74 g/dm^3 na Mata de Santa Genebra situada no município de Campinas-SP. A formação de matéria orgânica do solo está relacionada com diferentes fatores, dentre eles: o clima, topografia, vegetação, textura, drenagem, uso da terra e a fauna do solo.

A concentração de alumínio (Al) no ambiente do solo altera o processo de absorção e transporte dos nutrientes, afetando consideravelmente outros compostos essenciais para a qualidade do solo, tais como: fósforo, potássio, cálcio e magnésio. Outro fator negativo relacionado com a presença do Al consiste na interferência do metabolismo do nitrogênio, extremamente fundamental para a síntese de aminoácidos (MIGUEL *et al.*, 2010; NETO *et al.*, 2016). As áreas amostrais desse estudo não apresentaram concentrações de alumínio, não afetando assim, a disponibilização de alguns nutrientes.

Os valores obtidos da pela Soma de Bases (SB), então relacionados com os nutrientes cálcio, magnésio e potássio, esses nutrientes estão mais expressos na “área 2” e “mata”.

Já o resultado obtido de CTC (Capacidade de Troca Catiônica) e V% (V saturação por bases) estão entre os principais indicadores da qualidade do solo relacionado com a

disponibilização de nutrientes. Já os valores expressos por V% são associados com a concentração de cátions Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+ , quando esse parâmetro encontra-se abaixo de 50%, o solo apresentam menor quantidade de nutrientes, resultando assim, em um solo saturado de cargas negativas, e ácido devido a neutralização por H^+ e Al^+ . Os valores de referência de V% para uma boa qualidade do solo estão na faixa de 50 e 80% representando condições ideais de fertilidade (BALDOTTO;VELLOSO, 2015;ALMEIDA *et al.*, 2018;).

Os solos da área 1 possuem uma saturação por bases inferior a 50%, sendo necessárias devidas correções, pois esse fator interfere consideravelmente a sua qualidade.

5.1.2 Análise textural das áreas amostrais

A Tabela 5 traz os resultados obtidos através da análise granulométrica do solo, a fim de verificar a textura.

Tabela 5- Análise textural do solo

Análise textural do solo					
Área Amostrai	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	Textura
	g/Kg				
Área 1 (2014)	292	292	155	261	Franco arenoso
Área 2 (2010)	214	418	106	262	Franco argilo arenoso
Mata	194	450	123	233	Franco arenoso

Fonte: Elaborado pela autora.

Legenda: Areia grossa=2,00-0,20 mm; areia fina= 0,20-0,02 mm; silte=0,02-0,002 mm; argila= <0,002 mm

A classificação textural do solo nas três áreas amostrais variou entre franco arenoso e franco argilo arenoso. Esses solos possuem maiores frações de areia, apresentando em sua composição mais de 55% de areia, e porcentagens de argila em torno de 26,2% e em torno e 12,3% de silte, são solos mais permeáveis, permitindo maior entrada de água.

Santos e Rodrigues (2015) relacionam a textura mais arenosa do solo devido aos materiais de origens formadores do solo, terem passado por pouco intemperismo, possuindo características da rocha mãe, isso baseia-se na presença de vestígios de feldspatos e quartzos. Torna-se importante salientar que os solos com características texturais com maiores frações de areia e silte têm como característica a menor agregação do solo, podendo estar mais vulneráveis aos processos erosivos e de lixiviação, diferentemente dos solos com maiores

frações de argilas, que apresentam maior resistência e estabilidade dos agregados do solo (ARAÚJO *et al.*, 2017; DALLA VILLA; JUNIOR, 2017).

5.2 Avaliação dos parâmetros referentes a altura da serapilheira, quantidade acumulada e índice de área foliar

5.2.1 Altura da serapilheira

Os resultados referentes à altura da serapilheira nas áreas de estudo, obtidos através da regra de trapézio que visou identificar a diferença inicial e a final da serapilheira nos pontos amostrais, estão exposto na Tabela 6

Tabela 6- Resultados da altura da serapilheira obtidos através da Regra dos Trapézios

Altura da Serapilheira (cm)			
Ponto	Área 1	Área 2	Mata
1	1,96	1,66	5
2	1,54	1,66	5
3	3,2	2,74	3,83
4	3,45	1,42	3,05
5	2,32	2,2	4,47
6	3,02	3,03	3,55
7	3,45	3,97	3,55
8	3,45	2,22	5
9	2,6	2,69	3,26
10	1,96	3,6	5
11	2,85	2,22	3,26
12	1,87	2,69	5
13	3,05	2,22	3,5
14	1,87	2,69	4,8
15	2,8	2,93	4,47
16	1,41	3,9	3,26
17	3,26	2,22	3,26
18	2,51	2,22	4,47
19	1,77	2,82	4,47
20	2,76	2,2	5
21	2,23	2,2	3,4
22	2	3,6	3,4
23	1,21	3,6	3,4
24	2,17	3,2	5
25	2,55	2,22	5

Fonte: Elaborado pela autora.

Após a aplicação do teste de Shapiro Wilk, constatou uma normalidade a um nível de significância de 5%, com p-valor = 0.05847, posteriormente realizou-se um teste paramétrico de Análise de Variância (ANOVA), identificou diferenciação a p-valor de 1.15e-05, rejeitando a hipótese de igualdade. Através do teste de Tukey ($\alpha = 0,05$) foi possível identificar essas diferenciações (Tabela 7) e (Figura 11).

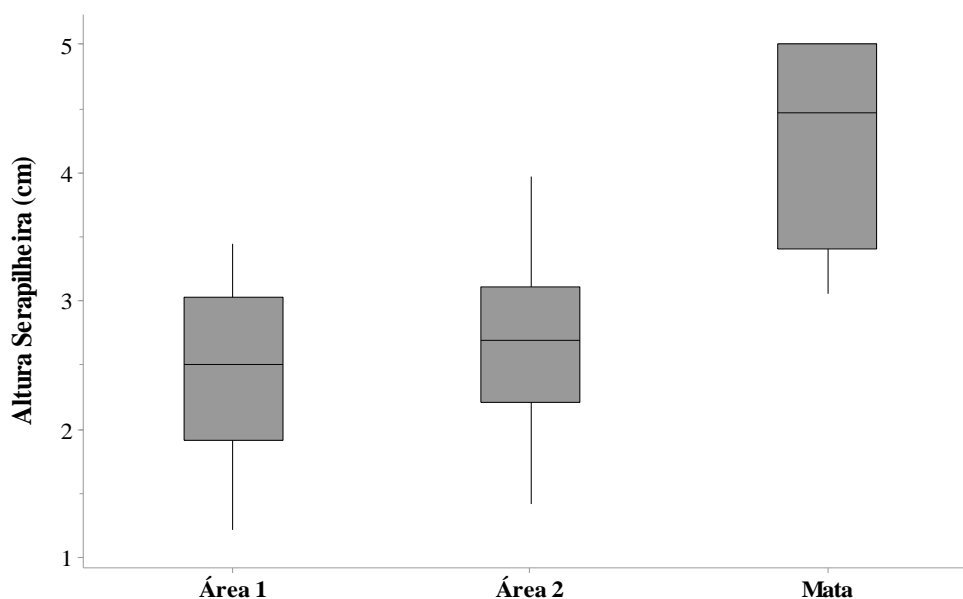
Tabela 7- Estatística descritiva das alturas da serapilheira (cm) encontradas nas áreas amostrais e as diferenciações encontradas através do Teste de Tukey a 5%

Estatística Descritiva	Área1	Área2	Mata
Nº Amostral	25	25	25
Mínimo	1,210	1,420	3,050
Máximo	3,450	3,970	5,000
Mediana	2,510	2,690	4,470
Média	2,45 a	2,64 a	4,13 b
Desvio Padrão	0,669	0,700	0,762
Coef. de Variação (%)	28,92	26,45	18,47

Fonte: Elaborado pela autora.

Legenda: Os valores foram transformados em $\sqrt{x+1}$. Valores seguidos da mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a probabilidade de 5%.

Figura 11- Boxplots da altura da serapilheira (cm) nas áreas amostrais em recuperação e área natural



Fonte: Elaborada pela autora.

Além do ambiente físico a formação de uma camada de serapilheira mais espessa nas áreas em recuperação, propicia a proliferação de espécies animais servindo como habitat, escape de predação e captura de presas. Ao mesmo tempo, a serapilheira mais alta contribui positivamente para a criação de microclimas devido à entrada de luminosidade, umidade e temperatura que variam conforme os substratos dessa camada (KLOSS *et al.*, 2016; BASTOS *et al.*, 2018).

Kloss *et al.* (2016) realizaram medições de serapilheira nos estados de Minas Gerais e Espírito Santo em regiões de Mata Atlântica e constataram valores de serapilheira em torno de 4,90 cm, valores próximos ao encontrado nessa pesquisa.

Nessa pesquisa foram observadas variações da altura da serapilheira entre 1,21 a 5 cm. Conforme Mello *et al.* (2018), a altura da serapilheira, está diretamente relacionada com a densidade arbórea do local, cobertura do dossel e o nível de declividade. Os autores encontraram valores de altura de serapilheira variando de 2,3 – 6 cm para Chapada dos Guimarães em Mato Grosso.

Os resultados das análises estatísticas realizadas nas áreas amostrais demonstrou a inexistência de diferenças significativas da altura de serapilheira entre a área 1 e 2, entretanto essas se diferenciam significativamente da Mata. O coeficiente de variação das áreas em recuperação refletiu a heterogeneidade da camada de serapilheira, os valores ficaram superiores aos aceitos para área agrícola. Essa variação do coeficiente pode ser justificada pela instabilidade da densidade arbórea e do dossel existente nas áreas em recuperação (CALLEGARO *et al.*, 2017; CAMARA *et al.*, 2018).

Contudo, todas as áreas do estudo apresentam deposição de serapilheira, sendo esse um dos principais fatores para o processo de ciclagem e reserva de micro e macros nutrientes do solo, favorecendo o enriquecimento desse ambiente e conseqüentemente a melhoria no processo de regeneração (FONSECA, 2011).

5.2.2 Serapilheira acumulada

Os valores médios de serapilheira acumulada nas áreas amostrais foram: Mata (7,29 Mg/ha⁻¹), área 1 (4,61 Mg/ha⁻¹) área 2 (5,07 Mg/ha⁻¹). Em pesquisas de serapilheira acumulada Correia *et al.* (2015) obtiveram valores de 3,17 Mg ha⁻¹ de serapilheira acumulada em áreas de Mata de Tabuleiros com fitosionomia de Floresta Ombrofila Densa, esse local possui histórico de recuperação com 23 anos. Segundo os autores a recuperação não atingiu o objetivo estimulado no plano de recuperação.

Valores próximos aos trabalhos citados anteriormente e os encontrados nessa pesquisa, foram encontrados por Barbosa *et al.* (2017), em uma área de Floresta Estacional Semidecidual no município de Vitória da Conquista – Bahia, o valor de serapilheira acumulada na área de referência foi de $6,3 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$, e a área em recuperação de 5 anos $2,7 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$. Lorentz *et al.* (2015), contabilizaram os elementos que constitui a serapilheira acumulada no solo em uma região de Mata Atlântica, segundo os autores existe um aumento das frações de galhos, cascas e folhas no período de maior pluviosidade, justificado por esse época gerar uma perturbação na floresta.

A serapilheira acumulada no solo é regulada através da liberação dos elementos vegetais arbóreos, assim como, a decomposição desse material. Segundo Barbosa *et al.* (2017), a decomposição da serapilheira consiste em uma principal via de transferência de nutrientes ao solo, esse processo depende de fatores relacionados com a qualidade do material da serapilheira, os organismos decompositores e as condições de temperatura, água e umidade.

5.2.3 Índice de área foliar

Os resultados do índice de área foliar estão expostos na Tabela 8, os valores obtidos variaram de 0,60 a 2,18. A “área 1” apresentou valores 0,45 a 1,35, a “área 2” o IAF foi entre 0,91 a 2,18, na área da mata os valores ficaram entre 1,04 a 2,10.

A figura 12, traz a imagem referente ao menor e maior valor encontrados para o IAF, representados pela “área 1” e “mata”.

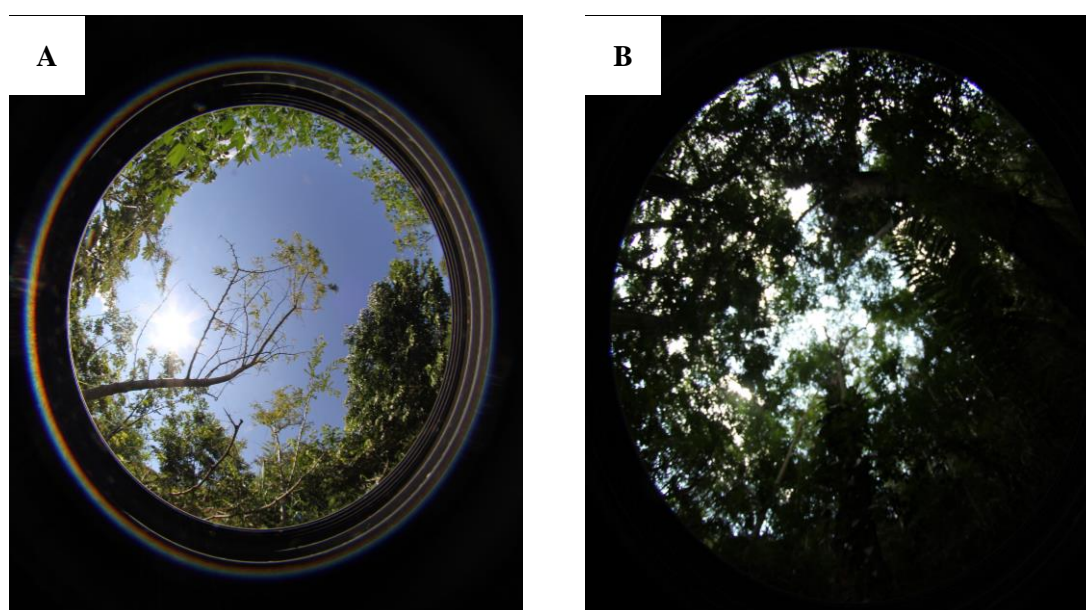
Tabela 8- Índices de área foliar medidos nas áreas de estudo

Índice de área foliar (m^2/m^2)			
Ponto	Área 1	Área 2	Mata
1	0,92	1,57	1,63
2	0,83	1,45	1,71
3	0,74	1,58	2,1
4	1,03	1,05	1,51
5	0,60	1,45	1,51
6	0,45	1,39	1,76
7	0,60	1,76	1,83
8	1,18	1,84	1,81
9	1,18	1,34	2,00
10	0,86	1,43	1,36

11	0,84	1,62	1,37
12	0,81	0,91	1,37
13	0,74	1,00	1,57
14	0,90	1,25	1,57
15	0,52	1,20	1,04
16	0,56	1,12	1,26
17	0,67	1,43	1,14
18	0,86	1,84	1,14
19	0,91	2,18	1,14
20	1,00	1,35	1,23
21	1,00	1,82	1,58
22	0,87	1,00	1,56
23	1,04	1,45	1,39
24	1,35	1,34	1,39
25	1,18	1,06	1,39

Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 12- Fotografias hemisféricas obtidas nas áreas de estudo



Fonte: Acervo pessoal, 2018.

Legenda: (A) Dossel da Área 1, o qual foi o menor IAF (0,60) ; (B) Maior IAF, obtido na Área 2 (2,18).

O teste de Shapiro Wilk apresentou um $p\text{-valor} = 0,775$ identificando normalidade dos dados, ou seja, são paramétricos, permitindo assim a aplicação da análise de variância ANOVA. No teste de variância o resultado foi $p\text{-valor} = 3,06e-12$ rejeitando a igualdade de dados, ou seja, existiu no mínimo uma área que se diferenciou. Com isso, os dados foram analisados através do teste de Tukey, que visou comparar as médias entre as áreas, os resultados encontrados na análise estão expostos na Tabela 9.

Tabela 9- Análises estatísticas descritivas do índice de área foliar, obtidos através do Teste de Tukey, visando verificar diferenças entre as áreas em recuperação.

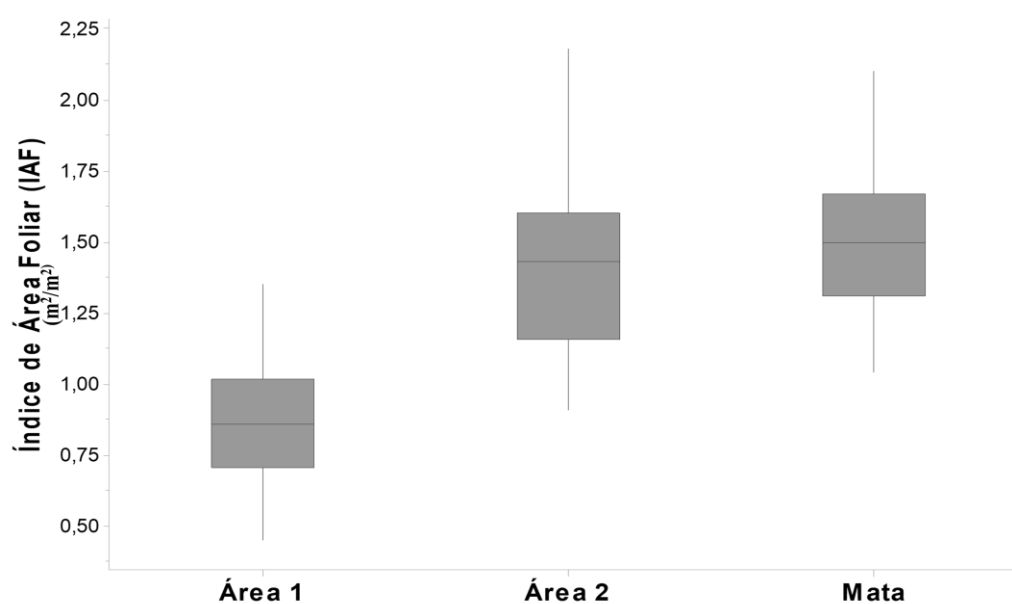
Estatística Descritiva	Área1	Área2	Mata
Nº Amostral	25	25	25
Mínimo	0,52	1,0	1,04
Máximo	1,35	1,84	2,1
Mediana	0,86	1,43	1,49
Média	0,86 b	1,41 a	1,49 a
Desvio Padrão	0,22	0,31	0,27
Coef. de Variação (%)	26,17	22,13	18,24

Fonte: Elaborado pela autora.

Legenda: Considerou uma diferença significativa a ($p \leq 0,05$)

Os resultados do teste através do teste de Tukey 5%, (tabela 9), demonstraram as diferenças significativas existentes nas áreas de estudo. Diante dos resultados, foi possível verificar que a “área 2” e “mata” não vêm se diferenciando estatisticamente entre si, entretanto o mesmo não ocorre com a “área 1”. (Figura 13). Essa diferenciação está associada a formação do dossel nas áreas em recuperação, evidenciando os diferentes estágios da composição da vegetação e os diferentes históricos de degradação ambiental das áreas.

Figura 13- Resultado das diferenciações entre as áreas através dos boxplots



Fonte: Autoria própria.

Como descrito por Garcia (1989) a faixa normal do coeficiente de variação é em torno de 20%, entretanto nessa pesquisa foram encontrados coeficientes de variação entre 23,13% a 26,31% expressando “média” e “alta” variação. O resultado obtido pelo coeficiente demonstrou uma heterogeneidade nos dados obtidos nas áreas 1 e 2, diferentemente dos valores de variação da mata que ficou em 18,24, considerado adequado para área ambiental.

Os resultados encontrados do IAF se assemelham com os de Garcia *et al.* (2018) que encontraram valores entre 1,22 e 1,84 para áreas de borda da Mata de Santa Genebra Campinas SP, valores semelhantes também foram encontrados por Galvani e Lima (2014) em estudo de restinga na cidade de Iguape Vale do Ribeira. Valores superiores são encontrados em estudos na floresta Estacional Decidual Montana, exposto pela diferenciação entre os ecossistemas (ZATTI, 2013).

Em pesquisa Klippel *et al.* (2015) encontraram valores de IAF de 1,35 em uma área de referência na Reserva Natural Vale (RNV) em região de Mata Atlântica com fitosionomia de Floresta Ombrofila Densa, já nas áreas em diferentes estágios de recuperação os autores observaram valores entre 0,26 a 1,08. Os valores encontrados são inferiores aos demonstrados nessa pesquisa.

O dossel consiste na cobertura vegetal promovida pelas copas das árvores (MELO, 2007), a sua mensuração torna-se um importante indicador físico e estrutural de áreas em recuperação. Deste modo, a formação de dossel em florestas é originadora de “micro-habitat” interno, favorecendo o crescimento e sobrevivência de espécies de regeneração natural, bem como, o controle de espécies invasoras.

Conforme estudos realizados por Dias *et al.*, 2017 e Wink *et al.*, 2012, a formação do dossel pode ser influenciada por diferentes aspectos, dentre eles: a composição e a densidade de espécies existentes, arquitetura e o arranjo espacial das árvores e suas copas. Nessas pesquisas os autores evidenciaram correlações positivas entre o IAF e o diâmetro altura do peito (DAP), assim, quanto maior o diâmetro das árvores, maior o IAF.

5.3 Macrofauna edáfica

Por meio das armadilhas de PROVID, foram coletados no total 1.096 indivíduos nas três áreas amostrais. Entretanto somente 1.087 são caracterizados como macrofauna edáfica, desses 32,75% encontrava-se na área 1, 31,09 % na área 2, e 36,15% na mata.

Os invertebrados edáficos foram classificados em 13 ordens taxonômicas sendo eles: Araneae, Blattodea, Coleoptera, Hemíptera, Hymenoptera, Haplotaxida, Isopoda, Isoptera,

Lepidoptera, Orthoptera, Scolopendromorpha e Stylommatophora. As armadilhas também coletaram Anuros e Didelphimorphia, coletados na área de mata.

5.3.1 Avaliação do Índice de diversidade Shannon-Weaver, Riqueza e Uniformidade de Pielou

Os resultados dos índices de diversidade Shannon-Weaver (H'), Riqueza e Uniformidade de Pielou (J') aplicados nas áreas amostrais estão descritos na Tabela 10. A maior ocorrência de macrofauna foi na área de Mata, com 393 invertebrados coletados, já a área 1 foi responsável por 356 e na área 2 apresentou 338.

Tabela 10- Resultado da avaliação do Índice de Shannon, riqueza e uniformidade para as três áreas amostrais

Área	Total de Ind.	Riqueza Total	Shannon (H')	Pielou (J')
Área 1	356	8	1,37 ^a	0,66
Área 2	338	11	1,53 ^a	0,63
Mata	393	13	1,88 ^b	0,73

Fonte: Autoria própria.

Legenda: Valores seguidos da mesma letra maiúscula na mesma coluna não diferem significativamente entre si pelo Teste de Tukey a probabilidade de 5%.

Nos estudos de Silva *et al.* (2012), realizado na Universidade Federal de Santa Maria, câmpus de Frederico Westphalen – RS, em duas áreas de diferentes estágios de recuperação foram coletados 1.262 invertebrados durante por um período de 10 dias, através da utilização de armadilhas de pitfall. Na pesquisa de Araújo *et al.* (2010) na cidade de Ituiutaba, Minas Gerais em uma região com vegetação predominante do bioma cerrado, foram coletados 1.205 indivíduos, as coletas foram realizadas no mês de setembro e novembro de 2007. Já em pesquisas realizadas por Lima *et al.* (2018) em um área de mata atlântica em Maceió- AL foram contabilizados 678 invertebrados. Esses resultados corroboram com os observados nesse estudo.

A maior riqueza encontrada nas áreas amostrais foi na área de mata, com 13 grupos de macrofauna, já a área 2 o resultado foi de 11 e na área 1 foi de 8 grupos. A riqueza encontrada nessa pesquisa, se assemelham com o estudo realizado por Araújo *et al.* (2010) que também obteve 13 grupos de macrofauna no estado de Minas Gerais. Entretanto, a pesquisa de Bianchi *et al.* (2017), no municípios de Valença e Barra do Piraí, Estado do Rio de Janeiro, com

fitosionomia de Floresta Estacional Semidecidual, identificou valores superiores de riquezas, variando de 17 a 24 ordens taxonômicas.

A macrofauna edáfica sofre diretamente com as ações antrópicas que afetam principalmente os ambientes físicos e a disposição de matéria orgânica, podendo ocasionar diminuição dos grupos ou a sua modificação de sua abundância e diversidade (LAVELLE *et al.*, 1997).

Em relação aos resultados obtidos do índice Shannon-Weaver nas três áreas de estudo, foi possível verificar a maior diversidade dos invertebrados na área de Mata, onde o índice foi de 1,88, a área 2 apresentou valores de 1,53. Em contrapartida a área 1 possui taxa com menor diversidade de macrofauna edáfica, com valor de 1,37.

A análise estatística realizada para a verificação de possíveis diferenças do índice de Shannon-Weaver entre as áreas amostrais, o resultado do teste ANOVA e Tukey demonstrou diferença significativa entre as áreas em recuperação com a área de mata. Catanozi (2011) pesquisou a diversidade de macrofauna edáfica em um fragmento de Mata Atlântica e áreas de diferentes estágios de recuperação, os resultados obtidos do índice de Shannon variaram de 1,35 a 1,79.

Machado *et al.* (2015) encontrou valores de 2,10 do índice de Shannon, para uma área em recuperação em Floresta Ombrofila Densa no interior de São Paulo. Os resultados do índice de Shannon nessa pesquisa foram influenciados devido à dominância de determinados grupos edáficos tais como os Hymenopteros, Coleópteros e Isopteros, o índice de diversidade teve uma diminuição da diversidade, e conseqüentemente ocasionou alterações no índice J, no qual obteve resultados entre 0,66 a 0,73.

Conforme Machado *et al.* (2015) os ecossistemas que possuem elevada diversidade de organismos da macrofauna edáfica tendem a recuperar-se mais rapidamente, uma vez, que contribui para os processos de ciclagem de nutrientes e o fluxo de energia. Na área de mata, além do grupo de invertebrados, também foram encontrados anuros e Didelphimorphia, evidenciando as condições autossustentáveis existentes, na qual favorecem condições ideais para a estabilidade do local.

Já as áreas em recuperação encontram-se em diferentes estágios de sucessão ecológica quando comparado com a mata, possuindo uma dinâmica florestal ainda inconsistente, onde as atividades dos grupos ecológicos ainda apresentam constantes alterações. Souza (2012), explica que essa densidade de indivíduos nas áreas em recuperação provavelmente tenha relação com a estrutura menos densa e mais aberta desses ambientes, propiciando maior entrada e saída de indivíduos.

5.3.2 Análise da abundância da macrofauna edáfica nas áreas amostrais

A Tabela 11 traz os resultados das análises estatísticas da quantidade de invertebrados coletados na área de estudo, divididas em grupos taxonômicos numero de indivíduos.

Tabela 11- Análise estatística dos grupos taxonômicos encontrados nas áreas de estudo

Áreas de Estudo			
	Área 1	Área 2	Mata
Ordem taxonômica	Quantidade de indivíduos		
ARANEAE	2 b	11 a	18 a
BLATTODEA	0 b	4 a	4 a
COLEOPTERA	111 b	176 a	168 a
DIPTERA	19 a	10 b	14 a
HAPLOTAXIDA	0 a	4 a	11 b
HEMIPTERA	0 a	8 a	25 b
HYMENÓPTEROS	157 a	74 b	80 b
ISOPODA	1 b	9 b	25 a
ISOPTERA	30 a	13 b	9 b
LEPIDOPTERA	0 a	0 a	5 b
ORTHOPTERA	35 b	19 a	20 a
SCOLOPENDROMORPHA	0 b	4 a	6 a
STYLOMMATOPHORA	1 b	6 a	8 a

Fonte: Autoria própria.

Legenda: Valores seguidos da mesma letra minúscula na mesma linha não diferem significativamente entre si pelo teste não paramétrico de Kruskal-Wallis e Dunn Teste a 5% de significância.

Os resultados obtidos através o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis e Dunn Teste (5%), demonstrou diferenças significativas em todos os grupos taxonômicos encontrados no estudo. O grupo dos Coleopteros representou 41,51% do total invertebrados coletados possuindo maiores quantidades na área 2 e na mata. Já os Hymenopteros corresponderam a 28,37% dos invertebrados, apresentando maior abundância na área 1, onde se diferenciou das demais áreas.

Os invertebrados do grupo Orthoptera foram representados por 6,75% dos invertebrados, presentes em maior parte na área 1. Os demais grupos taxonômicos formaram 23,37% dos invertebrados coletados nas áreas de estudo.

5.4.1 Classificação das abundâncias dos grupos taxonômicos

A Tabela 12 releva os resultados obtidos através da classificação de abundância dos grupos taxonômicos nas áreas amostrais da coleta.

Tabela 12- Classificação da macrofauna edáfica conforme a sua abundância nas áreas amostrais

Grupos taxonômicos	Classificação das abundâncias		
	Área de estudo		
	Área 1	Área 2	Mata
ARANEAE	1	3	3
BLATTODEA	0	1	1
COLEOPTERA	3	4	4
DIPTERA	3	2	3
HAPLOTAXIDA	0	2	2
HEMIPTERA	0	2	3
HYMENÓPTEROS	4	3	3
ISOPODA	1	2	3
ISOPTERA	3	2	2
LEPIDOPTERA	0	0	1
ORTHOPTERA	3	3	2
SCOLOPENDROMORPHA	2	1	2
STYLOMMATOPHORA	1	2	2

Fonte: Autoria própria.

Adaptado de Merlim (2005); Souza *et al.* (2015)

Legenda: > 50% dominantes (4); 10 a 50 % abundantes (3); 2 – 10% ocasionais (2) e > 2% raros (1).

A ordem Araneae representada pelos aracnídeos, foi classificada como abundantes na área 2 e na mata. Já na área 1 esse grupo ficou caracterizado como raro. Os indivíduos desse grupo são classificados como predadores de saprófagos e micrófagos (mesofauna), diante disso possuem maior frequência em locais que possui condições positivas de habitat e alimentação e reprodução. Entretanto áreas que apresentam alterações e baixa taxa de matéria orgânica e nutriente podem afetar diretamente a vida desse grupo, ocasionando a diminuição de organismos dependentes desses compostos e interferindo assim a teia alimentar (ROSA *et al.*, 2015; BIANCHI *et al.*, 2017).

Os invertebrados do grupo Blattodea foram ausentes na área 1, na área 2 e na mata esses indivíduos são raros, isso pode ser justificado pelo fato desses insetos habitarem em locais que apresentam umidade ideais para sua sobrevivência, geralmente serapilheira e cascas de árvores. Tal condição é afetada com as ações antrópicas que ocasionam alterações físicas e remoção da vegetação, diminuindo a deposição da serapilheira e a maior incidência de raios solares, tornando os solos menos úmidos (LOPES *et al.*, 2011).

Os coleópteros foram presentes em todas as áreas de estudo, dentre as características desse grupo está a alimentação através de plantas e tecidos, transformação de serapilheira, degradação de matéria orgânica promovendo assim, aeração do solo e aumento da fertilidade. Esse grupo da macrofauna está dentre os principais bioindicadores utilizado para avaliação de perturbação e/ou de recuperação ambiental, pois se apresenta expressivo ao manejo realizado e pelas condições climáticas locais. Swift *et al.* (2007), relacionam o aparecimento desses organismos com a madeira em processo de decomposição.

Embora as áreas em recuperação amostradas tenham históricos de aplicação de agrotóxicos e fertilizantes, essa situação não prejudicou o surgimento desse grupo. Baretta *et al.*, 2010 associam o aumento da frequência desse grupo com a maior estabilidade dos ecossistemas, sendo assim, menor intervenção antrópica maior surgimento dos coleópteros. Em vista disso, a área 2 e mata foram as mais expressivas para esse grupo.

A ordem díptera foi frequente nas áreas amostrais, sendo classificada como abundantes na área 1 e mata, na área 2 esses foram ocasionais. Segundo Souza *et al.* (2018) comumente o grupo não é considerado como edáfico, entretanto algumas famílias ocorrem na fase larval no solo. A preferência desse grupo nas áreas amostrais pode ser justificada devido à decomposição da serapilheira, ou seja, permitindo recursos para sua alimentação. Para melhor compreensão do surgimento desses indivíduos nas áreas amostrais sugerem-se maiores estudos a fim de esclarecer esse surgimento, classificando as dípteras no nível de família, para assim, servir como indicador ambiental (ROSA *et al.*, 2015).

Assim como a ordem díptera, a ordem Lepidoptera é classificada como macrofauna edáfica somente no período de lagarta. A incidência nas áreas amostrais ocorreu na área de mata, entretanto com abundância rara.

O grupo Isopoda foi classificada como ocasionais na área de mata e abundantes na área 2, já na área 1 esses macroinvertebrados foram raros. Essa ordem atua diretamente na fragmentação do material vegetal, contribuindo para o processo de decomposição. Além disso, conforme Machado e Souza (2017) esse grupo possui a sensibilidade de refletir as condições negativas, relacionadas a qualidade de serapilheira, sendo ela, de má qualidade ou

contaminada por metais pesados, diminuindo assim, a assimilação, reprodução e sobrevivência.

A ordem Haplotaxida nesse estudo foi determinada devido ao surgimento das minhocas, esses organismos são fundamentais para o ambiente do solo, diante disso, eles são determinados como engenheiros do ecossistema, essa denominação é devido as suas funcionalidades esses invertebrados se alimentam de matéria orgânica em decomposição, terras e de húmus, além de construir estruturas e poros que contribui para a melhoria da aeração do solo, infiltração de água, matéria orgânica e no controle biológico. São eficientes indicadores ambientais, pois possuem sensibilidades para diagnósticos de distúrbios ambientais, e a variações microclimáticas, promovendo a aeração e facilitando o transporte hídrico (BROWN *et al.*, 2001; 2009; SWIFT *et al.*,2010).

Os haplotaxida foram classificado como ocasionais na área 1 e na mata, na área 2 não houve incidência desses indivíduos. Esse grupo possui maior abundância em locais que proporcionam deposição da matéria orgânica, serapilheira e cobertura de dossel, mantendo as condições de umidade necessária para a sobrevivência dessa ordem (DERENGOSKI *et al.*, 2017). Em pesquisa realizadas por Bartz *et al.* (2014), com análise da macrofauna edáfica no sudoeste do Paraná, foi constatado a diminuição de minhocas, devido ao histórico antrópico de degradação no qual geram processos de compactação do solo, baixa taxas de matéria orgânica e maior incidência solar.

Os insetos sociais formado por (Isoptera e Hymenópteros: Formicidae), estão presentes em todas as áreas amostrais da pesquisa, contudo a maior incidência ocorreu na área 1, sendo classificados como abundantes e dominantes. Matos e Barreto (2017) associam a abundâncias desse grupo com o histórico de ações antrópicas existentes nas áreas amostrais, decorrentes a falta de recursos alimentares existentes no local, impossibilitando a colonização de outros espécimes, entretanto os insetos sociais tem a capacidade de sobrevivência nessas condições promovendo assim o aumento dessas comunidades.

Lourente *et al.* (2007) observaram a macrofauna edáfica em áreas degradadas decorrentes a inserção de pastagem contínua na região de Mato Grosso, onde foram identificados que cerca de 89% dos indivíduos coletados correspondiam a população de cupins. Já em pesquisa realizada por Benito *et al.* (2004), observou-se áreas com um longo de recuperação ambiental oriundas da degradação por pastagem, os resultados obtidos através da coleta da macrofauna edáfica evidenciou o restabelecimento da diversidade dos invertebrados.

Na ordem Hymenópteros além das formicidae, foram coletados também vespas e abelhas. O surgimento desses macroinvertebrados está associado à presença de vegetação contribuindo diretamente com o processo de polinização (PARRON *et al.*, 2015). Merlim (2005) em estudos sobre os impactos negativos da queimada para os grupos da macrofauna edáfica no município de Campos de Jordão SP, constatou diminuição significativa dos macroinvertebrados, dentre eles: díptera, coleópteros e himenópteros. Sendo necessário um longo período para a recuperação da diversidade desse local.

5.3.3 Relação entre os parâmetros do índice de área foliar e altura da serapilheira com a macrofauna edáfica nas áreas em recuperação, através da Análise Multivariada de Componentes Principais.

A Tabela 13 demonstra os resultados obtidos na correlação de Spearman integrando os indicadores de IAF e altura da serapilheira com a macrofauna edáfica coletadas nesse estudo. Os resultados demonstram correlação negativa entre os grupos Hymenoptero, Isoptera, Diptera, Orthoptera com o IAF e altura da serapilheira. Esse resultado pode ser justificado devido à adaptação desses grupos com as condições propiciadas na área 1, ou seja, pela menor cobertura do dossel e baixa quantidade de serapilheira. As áreas que possuem condições ideais de nutrientes, radiação solar e alimentos, são mais colonizadas por inimigos naturais desses grupos, diminuindo, por consequência, sua abundância. Com isso, quanto mais à área for caminhando para estabilidade maior será o equilíbrio entre os indivíduos (BIANCHI *et al.*, 2017).

Os resultados também evidenciam correlações positivas entre os indicadores altura da serapilheira e o IAF com os grupos de Araneae, Blattodea, Coleopteros, Hemiptera, Isopoda, Lepidoptera, Scolopendromorpha, Stylommatophora. A disposição da serapilheira no piso florestal associada à macrofauna tende a servir como alimentos aos fitófagos, onívoros e detritívoros, contribuindo para o processo de decomposição e fertilidade do solo, bem como, abrigo para diferentes espécies (SILVA *et al.*, 2018;).

O grupo dos hemípteros representados por cigarras, percevejos, pulgões, dentre outras espécies, possuem correlação positiva de 0,55 com o IAF, esse grupo são classificados como pragas, consumidoras de tecidos vegetais, dessa forma, com a existência do dossel eleva-se as condições de alimentação e de sobrevivência.

A Figura 14 apresenta a análise de componentes principais (PCA) para as áreas amostrais desse estudo, onde o Eixo 1 explica 43,09 % e o Eixo 2 explica 10,33% da variabilidade dos dados da fauna edáfica.

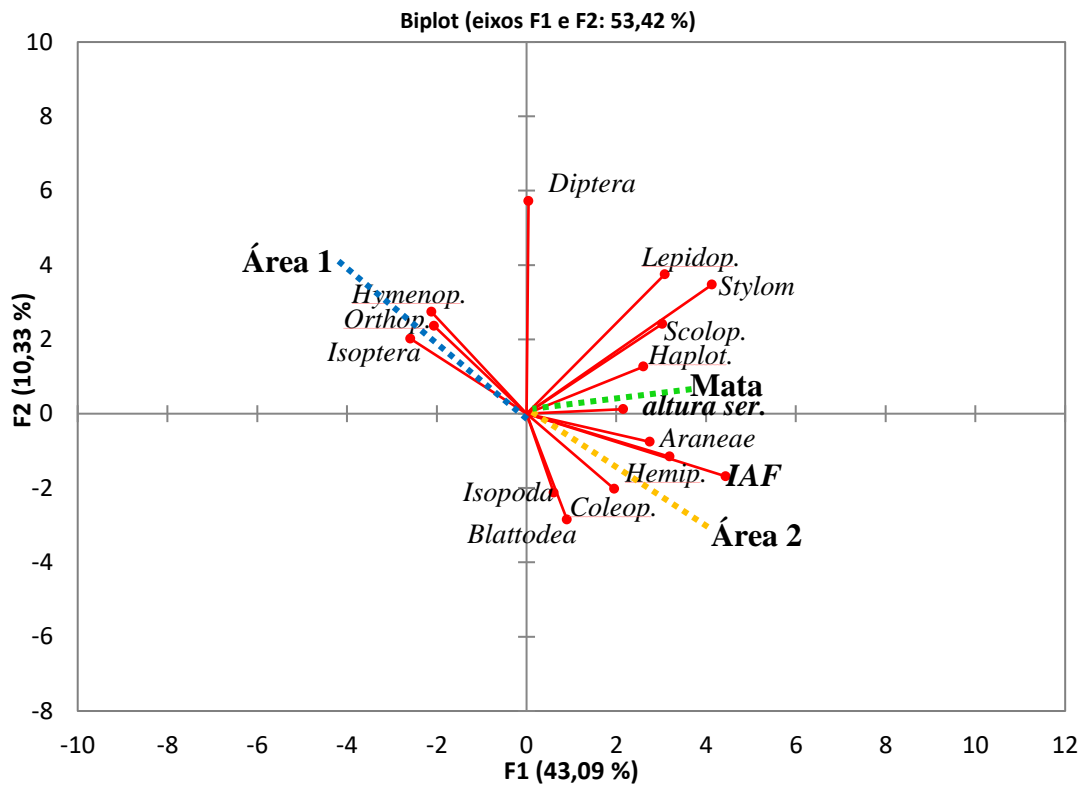
Tabela 13- Coeficiente de correlação de Spearman para parâmetros de índice de área foliar, altura de serapilheira e a macrofauna edáfica das áreas amostrais.

Variáveis	IAF	Hyme.	Coleop.	Isopoda	Isoptera	Haplot.	Araneae	Diptera	Blattodea	Hemip.	Lepidop.	Orthopt.	Scolop.	Stylom	Altura ser.
IAF	1,00	-0,45	0,29	0,12	-0,29	0,33	0,33	-0,12	0,05	0,55	0,18	-0,32	0,25	0,23	0,32
Hymenoptera	-0,45	1,00	-0,22	-0,23	0,20	0,00	-0,10	0,11	0,05	-0,19	-0,01	0,18	0,12	-0,10	-0,08
Coleop.	0,29	-0,22	1,00	0,05	0,02	0,12	0,07	0,00	-0,08	0,21	0,07	-0,11	0,16	0,30	0,03
Isopoda	0,12	-0,23	0,05	1,00	-0,07	0,01	0,05	-0,13	-0,08	-0,02	-0,09	-0,15	-0,01	0,07	0,16
Isoptera	-0,29	0,20	0,02	-0,07	1,00	-0,10	-0,19	0,20	-0,08	-0,17	-0,21	0,19	-0,14	-0,12	-0,26
Haplotaxida	0,33	0,00	0,12	0,01	-0,10	1,00	0,11	-0,20	0,09	0,13	0,05	-0,04	0,09	-0,04	0,32
Araneae	0,33	-0,10	0,07	0,05	-0,19	0,11	1,00	-0,01	0,23	0,26	0,03	-0,03	0,23	0,21	0,28
Diptera	-0,12	0,11	0,00	-0,13	0,20	-0,20	-0,01	1,00	-0,16	0,48	0,23	0,18	0,02	-0,07	-0,06
Blattodea	0,05	0,05	-0,08	-0,08	-0,08	0,09	0,23	-0,16	1,00	-0,04	-0,06	-0,08	0,08	-0,10	0,20
Hemiptera	0,55	-0,19	0,21	-0,02	-0,17	0,13	0,26	0,48	-0,04	1,00	0,49	-0,10	0,41	0,15	0,36
Lepidoptera	0,18	-0,01	0,07	-0,09	-0,21	0,05	0,03	0,23	-0,06	0,49	1,00	-0,16	0,37	0,38	0,24
Orthoptera	-0,32	0,18	-0,11	-0,15	0,19	-0,04	-0,03	0,18	-0,08	-0,10	-0,16	1,00	-0,07	-0,08	-0,10
Scolop.	0,25	0,12	0,16	-0,01	-0,14	0,09	0,23	0,02	0,08	0,41	0,37	-0,07	1,00	0,32	0,16
Stylom	0,23	-0,10	0,30	0,07	-0,12	-0,04	0,21	-0,07	-0,10	0,15	0,38	-0,08	0,32	1,00	0,06
altura ser.	0,32	-0,08	0,03	0,16	-0,26	0,32	0,28	-0,06	0,20	0,36	0,24	-0,10	0,16	0,06	1,00

Fonte: Elaborado pela autora.

Legenda: Índice de área foliar (**IAF**); Hymenópteros (**Hyme**); Coleopteros (**Coleop.**); Haplotaxida (**Haplot**); Hemi (**Hemip.**); Lepidoptera (**Lepidop.**); Orthoptera (**Orthopt.**); Scolopendromorpha (**Scolop.**); Stylommatophora (**Stylom**); Altura serrapilheira (**altura ser.**).

Figura 14- Análise de Componentes Principais para avaliação da relação entre os parâmetros do índice de área foliar com os principais grupos da macrofauna edáfica nas três áreas amostrais



Fonte: Elaborado pela autora.

Legenda: Legenda: Índice de área foliar (**IAF**); Himenópteros (**Hyme**); Coleopteros (**Coleop.**); Haplotaenia (**Haplot.**); Hemi (**Hemp.**); Lepidoptera (**Lepidop.**); Orthoptera (**Orthopt.**); Scolopendromorpha (**Scolop.**); Stylommatophora (**Stylom**); Altura serrapilheira (**altura ser.**).

As diferentes áreas amostrais são apresentadas como vetores correspondentes ao ponto médio das observações (repetições), os indicadores de IAF e altura da serapilheira, bem como, a variabilidade de macroinvertebrados das áreas em recuperação estão principalmente relacionados às de Mata e Área 2. Os vetores que representam a área 1, possuem uma distribuição dos três grupos edáfico: Hymenoptero, Isoptera e Orthoptera, entretanto essa área vem se distanciando da área de mata.

O grupo Haplotaenia constituído pelas minhocas ficou associado com a área de mata e área 2, áreas que possuem condições benéficas de serapilheira no solo e dossel. Áreas com elevados índices de área foliar são normalmente mais úmidas, pois a estrutura promovida pelo dossel funciona como um mantenedor de temperatura, e a serapilheira depositada é o principal componente para a decomposição da serapilheira, aliando essas condições existe um favorecimento para esse grupo (PATUCCI *et al.*, 2017).

5.3.4 Índice de mudança da fauna do solo

O resultado do Índice (V) de Wardle (1995) apontou as mudanças dos grupos do solo nas duas áreas em recuperação tendo por base a área de mata. Diante dos resultados apresentados na Tabela 14, verificou-se que os macroinvertebrados estão em maior parte sendo inibidos e menos estimulados.

A área 1 apresentou de 30,76 % inibição divididas em leve, moderada e elevada. Já os resultados de estimulação também foram de 30,76%, entretanto a classificação foi apenas de estimulação leve e moderada, somente a Blattodea não apresentou alterações comparando com área da mata, além disso, 4 grupos taxonômicos não foram observados nas áreas amostrais.

A área 2 apresentou taxa de 53,84% de inibição, resultado maior do que o obtido na área 1. Já a taxa de estimulação ficou em 23,07%, também foram identificados que 15,38% não tiveram alterações com a área de mata. Os grupos que não houveram alterações são os: coleópteros e Hymenópteros.

Tabela 14- Resultado obtido pelo índice (V) de mudança da fauna edáfica

Grupos da Macrofauna	Área 1	Área 2
Díptera	EL	IM
Hymenópteros	EL	SA
Isoptera	EM	IM
Orthoptera	EM	EL
Araneae	IL	IM
Coleóptera	IL	SA
Isopoda	IE	IM
Stylommatophora	IE	IL
Blattodea	SA	EM
Haplotaaxida	***	IM
Hemíptera	***	IM
Lepidoptera	***	***
Scolopendromorpha	***	EL

Fonte: Adaptado de Merlim (2005), Gonçalves (2012) e Wardle (1995).

EL	Estimulação Leve	IL	Inibição Leve	SA	Sem Alteração
EM	Estimulação Moderada	IM	Inibição Moderada	***	Sem ocorrência
EE	Estimulação elevada	IE	Inibição Elevada		

Dentre os macroinvertebrados que estão em processo de estimulação na área 1 encontram-se Díptera, Hymenopteros, Isoptera, Orthoptera, isso se justifica devido a abundância de formigas e cupins. Moreira *et al.* (2010), esclarecem que as áreas em estágios

de recuperação ainda carecem de condições estruturais, físico-químico e funcionais para propiciar condições ideais de habitat para muitas espécies, diante disso, existe a abundância de determinados grupos edáficos que estão adaptados a essas condições. Segundo Batista *et al.* (2014), áreas em recuperação decorrentes de pastagem, assim como a área 1, possuem como característica a compactação do solo devido ao pisoteio realizado pelos animais, comprometendo as estruturas químicas, físicas e biológicas, diminuindo as condições de sobrevivência para grupos taxonômicos que realizam bioturbação (HOFFMANN *et al.*, 2018).

Na área 2, somente os Blattodea, Orthoptera, Scolopendromorpha estão sendo estimulados, entretanto, diferentemente da área 1 os grupos Hymenópteros e Isoptera não apresentam abundância elevada, podendo indicar equilíbrio entre a teia alimentar, evitando a dominância desses macroinvertebrados.

A ordem Haplotaxida e Araneae estão de forma inibida nas áreas em recuperação, podendo ser justificado pela heterogeneidade desses ambientes, não fornecendo condições de habitat, alimentação e reprodução. A área 2 tem como histórico a bananicultura, onde são utilizados insumos, herbicidas e fungicidas, no qual ocasionam prejuízos ao solo e aos recursos hídricos. A utilização de insumos químicos apresenta efeitos catastróficos sobre a fauna do solo, causando a diminuição da abundância.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os dados obtidos nessa pesquisa, no quesito de caracterização das condições física e química do solo, refletiram as situações nas áreas amostrais, onde foi possível verificar que as áreas em recuperação possuem alterações no nível de pH, dessa maneira, esses ambientes vem sendo desfavorecidos de condições ideais para o crescimento vegetal.

Já o índice de área foliar foi um importante parâmetro para compreender as diferenças da abrangência do dossel nas áreas analisadas, onde foi possível concluir, que a área 1 possui menor cobertura do dossel, favorecendo o surgimento de grupos edáficos adaptados a condições de incidência solar e falta de umidade.

Todas as áreas amostrais apresentaram deposição de serapilheira, entretanto a área de mata se diferenciou das áreas em recuperação, o surgimento de material vegetal no solo, contribui para a ciclagem de nutrientes, formação de matéria orgânica e habitat de indivíduos edáficos.

Em relação a macrofauna edáfica, a utilização de armadilhas de PROVID foi eficiente metodologia de captura, sendo possível coletar 1.087 macroinvertebrados, classificados em 13 grupos taxonômicos em nível de ordem. Os grupos mais abundantes nas áreas amostrais foram os Coleopteros, Hymenopteros, Isopteras e Orthopteras.

Foi realizada a avaliação da diversidade e uniformidade da macrofauna, através dos índices de Shannon e Pielou, os resultados encontrados vão de encontro de pesquisas realizadas em áreas de recuperação, entretanto os índices foram influenciados pela abundância de determinados grupos.

Através da Análise multivariada de componentes principais, foi possível verificar a relação dos grupos Hymenoptera, Isoptera e Orthoptera com a área 1, já a área 2 e a mata vem sendo colonizadas por maiores grupos edáficos. Além disso, os parâmetros de IAF e altura de serapilheira também apresentou relação com essas áreas, o que pode associar o surgimento de maior diversidade de espécimes, pois os locais possuem condições de cobertura do dossel e serapilheira, ideais para sobrevivência.

Com a aplicabilidade do índice V de mudança, constatou que as áreas em recuperação estão em maior parte em graus de inibição, tendo como base a área de mata. O surgimento da macrofauna edáfica nas áreas em recuperação está associada ao dossel e a serapilheira, sendo assim, com os estabelecimento desses parâmetros nas áreas em recuperação tendem-se a apresentar estimulação dos macroinvertebrados.

Como sugestão para próximas pesquisas fica as análises da densidade do solo e a diversidade do material biológico da serapilheira, com o intuito de verificar se esses parâmetros estão relacionados com o surgimento de determinados grupos. Agregando maiores informações da utilização da macrofauna como bioindicadora, e contribuindo para o aumento de informações para a Região do Vale do Ribeira.

7. REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, R. F. B. *et al.* Avaliação físico-química de uma topossequência com neossolos quartzarênicos para fins de conservação, Mineiros, GO. **Revista de Ciências Ambientais**, v. 12, n. 3, 2018.
- ALVES, F. A. L. *et al.* Caracterização da macro e mesofauna edáfica sobre um fragmento remanescente de “mata atlântica” em Areia-PB. **Gaia Scientia**, v. 8, n. 1, 2015.
- ANDRADE, A. G.; TAVARES, S. R. L.; COUTINHO, H. L. C. Contribuição da serapilheira para recuperação de áreas degradadas e para manutenção da sustentabilidade de sistemas agroecológicos. **Informe Agropecuário**, v. 24, n. 220, p. 55-63, 2003.
- ANTONIOLLI, Z. I. *et al.* Método alternativo para estudar a fauna do solo. **Ciência Florestal**, v. 16, n. 4, p. 407-417, 2006.
- ARAÚJO, A. R. *et al.* Diversidade da fauna aquática do estuário do rio Japarutuba, estado de Sergipe, Brasil/Diversity of aquatic fauna estuary of Japarutuba River, Sergipe State, Brazil. **Acta of Fisheries and Aquatic Resources**, v. 5, n. 1, p. 33-42, 2018.
- ARANTES, P. B. *et al.* Agroflorestas familiares no Vale do Ribeira: diagnóstico produtivo, estratégias e desafios. **REDD–Revista Espaço de Diálogo e Desconexão**, v. 9, n. 1, 2017.
- ARAÚJO F., R. N. *et al.* influência dos atributos físicos-mecânicos do solo na estabilidade do talude do baixo São Francisco. **Scientia Agraria**, v. 18, n. 4, p. 107-113, 2017.
- BALDOTTO, M. A.; VELLOSO, A. C. X. Eletroquímica de solos modais e de sua matéria orgânica em ambientes tropicais. **Ceres**, v. 61, n. 6, 2015.
- BARBOSA, V. *et al.* Biomassa, carbono e nitrogênio na serapilheira acumulada de florestas plantadas e nativa. **Floresta e Ambiente**, v. 24, p. e20150243, 2017.
- BARETTA O. F. *et al.* Soil mesofaunal in constructed coal mining area. **Revista de Ciências Agroveterinárias (Journal of Agroveterinary Sciences)**, v. 14, n. 1, p. 55-64, 2015.
- BARRETO, T.G. *et al.* Influência das características químicas do solo na dinâmica de crescimento de um fragmento florestal. **MAGISTRA**, v. 28, n. 1, p. 1-12, 2017.
- BARTZ, M. L. C.; PASINI, A.; BROWN, G. G. Earthworms as soil quality indicators in Brazilian no-tillage systems. **Applied Soil Ecology**, v. 69, p. 39-48, 2013.
- BASTOS, M. *et al.* Desenvolvimento de ações de pesquisa e educação ambiental: subsídios a preservação e ao ordenamento costeiro da costa verde do estado Do Rio De Janeiro. **Semioses**, v. 12, n. 3, p. 1-13, 2018.
- BATISTA, A. S. *et al.* Macrofauna edáfica sob diferentes sistemas de manejo do solo. **Anais SNCMA**, v. 8, n. 1, 2017.
- BAUER, D.; SANTOS, E. L.; SCHMITT, J. L. Avaliação da decomposição de serapilheira em dois fragmentos de Caatinga no Sertão Paraibano. **Pesquisas, Botânica**, p. 307-318, 2016.

BELLOTO, M. V. T. *et al.* Enteroparasitoses numa população de escolares da rede pública de ensino do Município de Mirassol, São Paulo, Brasil. **Revista Pan-Amazônica de Saúde**, v. 2, n. 1, p. 37-44, 2011.

BIANCHI, M.O. *et al.* Macrofauna edáfica como indicadora em revegetação com leguminosas arbóreas. **Embrapa Agrobiologia-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2017.

BIM, O. Mosaico de Jacupiranga- Vale do Ribeira/SP: Conservação, Conflitos e Soluções Socioambientais. **Agrária (São Paulo. Online)**, n. 18, p. 4-36, 2012.

BOAVENTURA, K. J. *et al.* Oeste e Cerrado: imaginário e representação brasileira da fronteira agrícola no século XXI. **Anais SNCMA**, v. 8, n. 1, 2017.

BORZUCHOWSKI, J. ; SCHULZ, K. Retrieval of leaf area index (LAI) and soil water content (WC) using hyperspectral remote sensing under controlled glass house conditions for spring barley and sugar beet. **Remote Sensing**, v. 2, n. 7, p. 1702-1721, 2010.

BRANCALION, P. H. S. *et al.* Avaliação e monitoramento de áreas em processo de restauração. **Restauração ecológica de ecossistemas degradados**, v. 2, 2012.

BRASIL. **Lei nº 6938 de 31 de agosto de 1981**. Política Nacional do Meio Ambiente. Disponível em: < <http://www.jusbrasil.com.br/legislacao/104090/lei-da-politica-nacional-do-meio-ambiente-lei-6938-81> >. Acesso em 18 jun. 2017.

BRASIL. **Decreto n. 97.632 - 10 abr. 1989**. Dispõe sobre a regulamentação do Artigo 2º, inciso VIII, da Lei n. 6.938, de 31 de agosto de 1981, e dá outras providências.

BRASIL. Lei n 9.985, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1o, incisos I,II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 19 jul. 2000. p. 1.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente – MMA. **Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza SNUC** . Lei nº 9985/2000 e Decreto nº 4340/2002. Brasília: SBF: CID. 2006, 57p.

BRASIL. MINISTERIO DO MEIO AMBIENTE- **Biomass Brasileiros**. Disponível em < <http://www.mma.gov.br/biomass>>. Acesso 16 fevereiro 2017. BRASIL. MINISTERIO DO INTERIOR.

BRAVIN, M. P.; OLIVEIRA, T. K. Nitrogen fertilization in maize and xaraés palisade grass under no-tillage and conventional tillage in an agrosilvopastoral system. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 49, n. 10, p. 762-770, 2014.

BRESSANE, A. *et al.* A system for evaluating the impact of noise pollution on the population's health. **Cadernos de saude publica**, v. 32, n. 5, 2016.

BROWN, G. G. *et al.* Biodiversidade da fauna do solo e sua contribuição para os serviços ambientais. **Embrapa Florestas-Capítulo em livro científico (ALICE)**, 2015.

BROWN, R. J. *et al.* Genetic differentiation between and within strains of the saw-toothed grain beetle, *Oryzaephilus surinamensis* (Coleoptera: Silvanidae) at RAPD loci. **Insect Molecular Biology**, v. 6, n. 3, p. 285-289, 1997.

BUZZI, Z.J. **Entomologia Didática**. 4º ed. Curitiba, Editora UFPR. 2008. 348p.

CALLEGARO, R. M. *et al.* Fitossociologia e fatores ecológicos condicionantes da vegetação em uma floresta estacional na região central do Rio Grande do Sul, Brasil. **Iheringia. Série Botânica.**, v. 72, n. 1, p. 33-43, 2017.

CAMARGO, O. A. *et al.* **mineralógica e física de solo do Instituto Agronômico de Campinas**. Campinas, Instituto Agronômico, 1986. 94 p.(Boletim técnico, 106).

CAMARA, R. *et al.* Relationship among secondary succession, soil and litter in a biological reserve in rio de janeiro state, Brazil. **Ciência Florestal**, v. 28, n. 2, p. 674-686, 2018.

CARVALHO, Daniel Costa *et al.* Ciclagem de nutrientes de um plantio de eucalipto em regeneração de espécies nativas no sub-bosque. **Floresta**, v. 47, n. 1, p. 17-28, 2017.

CATAZONE (2011) análise de macrofauna de solo em área de mata atlântica e de reflorestamento com *Pinus* sp – ZONA SUL DE SÃO PAULO .

CAVALHEIRO, M. G. *et al.* A representação gráfica de indicadores socioambientais como subsídio para a gestão de recursos hídricos no pontal do Paranapanema/SP. **Formação (Online)**, v. 25, n. 44, 2018.

CLIMA-DATA. Clima: Cajati/SP . Disponível em: <http://pt.climate-data.org/location/315963/> Acessado em: 20 out. 2017.

CIANCIARUSO, M. V. *et al.* Litter fall and leaf decomposition in cerradão Jataí Reserve, municipality of Luiz Antônio, São Paulo State, Brazil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 20, n. 1, p. 49-59, 2006.

Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. A Agenda 21 – Brasília, Senado Federal. Subsecretárias de Edições Técnicas, 1996, p.113-132. (Cap. 8),1997.

CORADIN, C. *et al.* Mercados institucionais e a promoção da agricultura quilombola agroecológica. **Cadernos de Agroecologia**, v. 13, n. 1, 2018.

COSTA, E. M.; SILVA, H. F.; RIBEIRO, P. R. A. Matéria Orgânica do solo e o seu papel na manutenção e produtividade dos sistemas agrícolas. **Enciclopédia Biosfera**, v. 9, n. 17, p. 1842-1860, 2013.

DALLA VILLA, F.; JUNIOR, P. F. ESTABILIDADE DOS AGREGADOS E A RELAÇÃO COM A ARGILA. **Revista GeoPantanal**, v. 12, n. 23, p. 259-274, 2017.

DEAN, W. **A ferro e fogo: A história e a devastação da Mata Atlântica brasileira**. 1. ed. São Paulo: Cia. das Letras, 2004. 484 p. 1ª impressão 1996.

DERENGOSKI, Joseane Aparecida *et al.* **Fauna edáfica bioindicadora em áreas sob tecnologias de restauração florestal no sudoeste do Paraná**. 2017. Dissertação de Mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2017.

DIAS, D. M. *et al.* Tree structure and seasonality of the canopy cover in forested and open vegetation in 'serra de itabaiana' national park, sergipe state, Brazil. **Ciência Florestal**, v. 27, n. 2, p. 719-729, 2017.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. Embrapa, 1997.

FERNANDES, M.; MATRICARDI, E. A. T. Aporte e decomposição da serapilheira na Caatinga no Sul do Piauí. **Floresta e Ambiente**, v. 22, n. 1, p. 42-49, 2015.

FONSECA, G.A.B. *et al.* **Corredores de biodiversidade: o corredor central da Mata Atlântica**. Corredores ecológicos: uma visão integradora de ecossistemas. Ibama, Ministério do Meio Ambiente 47-65p. 2004

FONSÊCA, D. N. *et al.* Mapeamento morfodinâmico como suporte à análise de processos de degradação em áreas do município de cabrobó-pernambuco. **Revista da Casa da Geografia de Sobral (RCGS)**, v. 19, n. 2, p. 92-107, 2017.

FREIRE, L. R. Manual de calagem e adubação do Estado do Rio de Janeiro. **Embrapa Solos-Livro técnico (INFOTECA-E)**, 2013.

FREITAS, J. *et al.* Avaliação de atributos químicos do solo em ambientes de terra firme e várzea no município de Santana, Amapá. **Biota Amazônia (Biote Amazonie, Biota Amazonia, Amazonian Biota)**, v. 5, n. 4, p. 27-33, 2015.

FREITAS, L. *et al.* Latosols (oxisols) carbon storage in natural and altered managements. **Ciência Florestal**, v. 28, n. 1, p. 228-239, 2018.

FUNDAÇÃO FLORESTAL. 2001. Mosaico de Unidades de Conservação de Jacupiranga. Secretaria do Meio Ambiente, São Paulo.

GABRIEL, K. R. The biplot graphic display of matrices with application to principal component analysis. **Biometrika**, v. 58, n. 3, p. 453-467, 1971.

GALVANI, E.; LIMA, G. B. Fotografias hemisféricas em estudos microclimáticos: Referencial teórico-conceitual e aplicações. **Ciência e Natura**, v. 36, 2014.

GARCIA, C. H. **Tabelas para classificação do coeficiente de variação**. IPEF, 1989. 11 p., 1989.

GARCIA, J. M. *et al.* Use of hemispheric photographs for the evaluation of environmental quality in mata de santa genebra, campinas/sp state, Brazil. **Ciência Florestal**, v. 28, n. 1, p. 175-190, 2018.

GELAIN, A. J. L. *et al.* Desmatamento no Brasil: um problema ambiental. **Revista Capital Científico-Eletrônica** (RCCe)-ISSN 2177-4153, v. 10, n. 1, 2012.

GIACOMINI, A. A. *et al.* Components of the leaf area index of marandu palisadegrass swards subjected to strategies of intermittent stocking. **Scientia Agricola**, v. 66, n. 6, p. 721-732, 2009.

GODOY G., *et al.* **Variação sazonal da concentração de nutrientes em folhas de bananeiras, no Vale do Ribeira-SP**. Londrina: Semina Ciências Agrárias v. 33 , p. 1367-1380 , 2012.

GOMES, J.M. *et al.* Aporte de serapilheira e de nutrientes em fragmentos florestais da Mata Atlântica, RJ. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 5, n. 3, 2010.

GRUGIKI, M. A. *et al.* Decomposição e Atividade Microbiana da Serapilheira em Coberturas Florestais no Sul do Espírito Santo. **Floresta e Ambiente**, v. 24, p. e20150189, 2017.

GUIMARÃES, R.; FEICHAS, S. A.. Desafios na Construção de Indicadores de Sustentabilidade. **Ambiente & Sociedade**, v. 12, n. 2, 2009.

GUERRA, Antonio José Teixeira; JORGE, Maria do Carmo Oliveira. **Processos erosivos e recuperação de áreas degradadas**. Oficina de Textos, 2017.

GUZMÁN, G.; ALVAREZ, S., J. The relationships between litter fauna and rates of litter decomposition in a tropical rain forest. **Applied Soil Ecology**, v. 24, n. 1, p. 91-100, 2003.

HOFFMANN, Ricardo Bezerra *et al.* Efeito do uso do solo sobre a macrofauna edáfica. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 1, n. 1, p. 125-133, 2018.

IBGE. 2004. Vocabulário Básico de Recursos Naturais e Meio Ambiente. 2ª ed. Rio de Janeiro, Instituto brasileiro de Geografia e Estatística.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Geoestatísticas Brasileira**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 8 maio 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVAVEIS (BRASILIA, DF). **Manual de recuperação de áreas degradadas pela mineração: técnicas de revegetação**. 1990.

JENNINGS, S.B. *et al.* Assessing forest canopies and understory illumination: canopy closure, canopy cover and other measures. **Forestry** , v.72, n.1, p.59-73, 1999

JOLY, C. A. *et al.* Florística e fitossociologia em parcelas permanentes da Mata Atlântica do sudeste do Brasil ao longo de um gradiente altitudinal. **Biota Neotropica**, v. 12, n. 1, 2014.

KLIPPEL, V. *et al.* Avaliação de métodos de restauração florestal de mata de Tabuleiros-ES. **Revista Árvore**, v. 39, n. 1, 2015.

- KLOSS, T. G. *et al.* Comportamento de ataque de duas espécies de vespas do gênero *Polysphincta* (Hymenoptera, Ichneumonidae) em seus hospedeiros aranha orb-weaver (Araneae, Araneidae). **Journal of Insect Behavior**, v. 29, n. 3, p. 315-324, 2016.
- KÖPPEN, W. Climatologia. México. **Fundo de Cultura Econômica**, 1948.
- LAVELLE, P. Faunal activities and soil processes: adaptive strategies that determine ecosystem function. **Advances in Ecological Research**, v. 27, p. 93-132, 1997.
- LORENTZ, L. H. *et al.* Size and shape of sample unit for litter quantification of a subtropical seasonal forest fragment. **Revista Árvore**, v. 39, n. 3, p. 513-521, 2015.
- LOURENÇO, M. S. M. *et al.* Apicultura e Sustentabilidade: Visão dos Apicultores de Sobral (CE). **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 9, n. 1, p. 93-115, 2016.
- LOURENTE, E.R. *et al.* Macrofauna edáfica e sua interação com atributos químicos e físicos do solo sob diferentes sistemas de manejo. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 29, n. 1, 2007.
- MACHADO, L. Índice de Mobilidade Sustentável para avaliar a qualidade de vida urbana: estudo de caso Região Metropolitana de Porto Alegre-RMPA. **Ciência Florestal**, 2010.
- MACHADO, D. L. *et al.* Soil fauna in successional dynamics of Atlantic Forest in semi-deciduous seasonal forest in the basin of river 'Paraíba do Sul', Rio de Janeiro State. **Ciência Florestal**, v. 25, n. 1, p. 91-106, 2015.
- MANDETTA, E. C. N. Alternativas de RAD e importância da avaliação e monitoramento dos projetos de reflorestamento. **manual para recuperação de áreas degradadas do estado de São Paulo**, p. 106, 2006.
- MANIA, L. F. Composição florística de comunidades epifíticas vasculares em Unidades de Conservação no Estado de São Paulo. 2012.
- MANHAES, C. M. C.;FRANCELINO, F. M. A. Estudo da inter-relação da qualidade do solo e da serapilheira com a fauna edáfica utilizando análise multivariada. **Nucleus**, v. 9, n. 2, 2012.
- MANOLIADIS, O.G. Development of ecological indicators – a metodologia framework usina compromise programming. **Ecological Indicators**, v.2, p.169-176, 2002.
- MARTINI, A. M. Z.; PRADO, P. I. K. Índices de diversidade de espécies. **Notas de aula. PPGEGB-UESC, 1º semestre**, 2010.
- MASON, E. G. *et al.* Comparison of direct and indirect leaf area index measurements of *Pinus radiata* D. Don. **Agricultural and forest meteorology**, v. 166, p. 113-119, 2012.
- MELO, A. C. *et al.* Cobertura de copas como indicador de desenvolvimento estrutural de reflorestamento s de restauração de matas ciliares no Médio Vale do Paranapanema, SP, Brasil. **Revista Árvore**, v. 31, n. 2, 2007.

MELO, F. V. *et al.* A importância da meso e macrofauna do solo na fertilidade e como biondicadores. **Boletim Informativo da SBCS| janeiro-abril**, p. 39, 2009.

MELLO, G. F. Áreas degradadas pela exploração de cassiterita: avaliação das condições dos agregados e atividades biológicas. 2015. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) Instituto de Ciência e Tecnologia UNESP Campus Sorocaba, Sorocaba, 2015.

MELLO, M. R. *et al.*; artropodofauna de solo associada à serapilheira ao longo de um gradiente topográfico na chapada dos guimarães, Mato Grosso, Brasil. **HOLOS**, v. 2, p. 438-448, 2018.

MERLIM, A. O. **Macrofauna edáfica em ecossistemas preservados e degradados de araucária no Parque Estadual de Campus de Jordão**. 2015. 89f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – ESALQ/USP, Piracicaba, 2005

MEURER, E.J. Fundamentos de química do solo. Porto Alegre: EVANGRAF285p., 2006.

MIGUEL, P. S. B. *et al.* Efeitos tóxicos do alumínio no crescimento das plantas: mecanismos de tolerância, sintomas, efeitos fisiológicos, bioquímicos e controles genéticos. **Ces Revista**, v. 24, n. 1, p. 13-29, 2010.

MIRANDA, C. *et al.* Caracterização da matéria orgânica do solo em fragmentos de mata atlântica e em plantios abandonados de eucalipto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 5, 2007.

MONTENEGRO, A. A. Variabilidade espacial de classes de textura, salinidade e condutividade hidráulica de solos em planície aluvial. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, n. 1, p. 30-37, 2006.

MOREIRA, P. R. **Manejo do solo e recomposição da vegetação com vistas a recuperação de áreas degradadas pela extração de bauxita, Poços de Caldas, MG**. 2004. xv 139 f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Rio Claro, 2004. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/100645>. Acesso em: 18 fev 2017

MUYLAERT, R. L. *et al.* Uma nota sobre os limites territoriais da Mata Atlântica. **Oecol Aust**, v. 22, n. 3, p. 302-311, 2018.

MYERS, N. *et al.* Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, n. 6772, p. 853, 2000.

NETO, *et al.* Considerações sobre nutrição mineral e o caso do feijão vigna. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agrônômica**, v. 11, p. 85-120, 2016.

NORDER, L. A. O Conceito de Restauração de Florestas Nativas no Debate Político e Ambiental em São Paulo (1912-1944). **História Revista**, v. 22, n. 2, p. 121-143, 2017.

OLIVA, E. V. **Atributos do solo, da vegetação e da serapilheira de três áreas em recuperação na Mata Atlântica**. 2015 Tese Doutorado Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

OLIVA, E. V. *et al.* FLORISTIC AND STRUCTURE OF TWO SECONDARY ARBOREAL COMMUNITY WITH DIFFERENT DISTURBANCE DEGREE IN RECOVERY PROCESS. **Ciência Florestal**, v. 28, n. 3, p. 1088-1103, 2018.

OLIVEIRA, M. A. *et al.* Bioindicadores ambientais: insetos como um instrumento desta avaliação. **Ceres**, v. 61, n. 7, 2015.

PARRON, L. M. *et al.* Serviços ambientais em sistemas agrícolas e florestais do Bioma Mata Atlântica. **Embrapa Florestas-Livro científico (ALICE)**, 2015.

PASINATO, R.; Karin I. R.; **Desenvolvimento local sustentável: A contribuição das comunidades quilombolas do Vale do Ribeira.** In Saúde nos quilombos, A. Volochko and LE Batista, orgs. São Paulo, Brazil: Instituto da Saúde ,2009: 43-56p.

PEREIRA, G. R. *et al.* Avaliação dos aspectos e impactos ambientais de uma unidade de reciclagem de resíduos da construção civil. In: **Forum Internacional de Resíduos Sólidos-Anais**. 2017.

PINHEIRO, A. A. *et al.* Análise e comparação da densidade da macrofauna entre áreas de pastagem e cafeicultura. **Revista Univap**, v. 22, n. 40, p. 422, 2017

REZENDE M. *et al.* Produção de serapilheira como bioindicador de recuperação em plantio adensado de revegetação. **Revista Árvore**, v. 32, n. 1, 2008.

RIBEIRO, A. **Mecanização no preparo de solo em áreas degradadas por mineração na floresta nacional do Jamari- Rondônia –BR.** 2005.Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

RIBEIRO, M. C.*et al.* The Brazilian Atlantic Forest: A Shrinking Biodiversity Hotspot. In: FRANK E. ZACHOS; JAN CHRISTIAN HABEL. (Org.). Biodiversity Hotspots: Distribution and Protection of Conservation Priority Areas. Berlin: Springer-Verlag, 405-434p. 2011

RIBEIRO, M. C. *et al.* The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. *Biological Conservation*, v.142, n.6, p.1141-1153, 2009.

RIBEIRO, T. P. S. *et al.* INFLUÊNCIA DE DIFERENTES SISTEMAS DE USO DO SOLO NA DENSIDADE E DIVERSIDADE DE MACROFAUNA EM BOA VISTA-RR. **Revista Eletrônica Ambiente, Gestão e Desenvolvimento**, v. 11, n. 01, p. 230-240, 2018.

RODRIGUES, A.M.*et al.* Degradação dos solos em diferentes usos (trilha e taludes de corte) em unidades de conservação . **XI SINAGEO, Maringá–15 a 21 de Setembro**, 2016.

RODRIGUES, R.R.; GANDOLFI, S. Conceitos, tendências e ações para a recuperação de florestas ciliares. In: RODRIGUES, R.R.; LEITÃO FILHO, H.F. **Matas ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: Edusp, 2.ed., 320p. p.235-248, 2004.

GONÇALVES R. M. *et al.* Macrofauna edáfica e atributos físicos e químicos em sistemas de uso do solo no planalto catarinense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, n. 6, 2015.

SANTA ROSA, M. A. *et al.* Isotopic Variations of Oxygen ($\delta^{18}\text{O}$) in Benthic Foraminifera under Antiestuarine Conditions in the Colorado River Delta. **Open Journal of Geology**, v. 8, n. 02, p. 104, 2018.

SANTOS, C. J. *et al.* Avaliação da fauna edáfica sob cultivo de pessegueiro agroecológico, convencional e vegetação nativa. **14ª Jornada de Pós-Graduação e Pesquisa-congrega urcamp-2017**, p. 712-727, 2017.

SANTOS, I. G. A.; RODRIGUES, G. G. Colonization of leaf litter by benthic macroinvertebrates in an Atlantic forest stream from northeast Brazil. **Iheringia. Série Zoologia**, v. 105, n. 1, p. 84-93, 2015.

SÃO PAULO. Lei nº 12.810, de 21 de fevereiro de 2008. Altera os limites do Parque Estadual de Jacupiranga, criado pelo Decreto-lei nº 145, de 8 de agosto de 1969, e atribui novas denominações por subdivisão, reclassifica, exclui e inclui áreas que especifica, institui o Mosaico de Unidades de Conservação do Jacupiranga e dá outras providências. São Paulo: Imprensa Oficial. **Diário Oficial do Estado de São Paulo**. Seção I. v. 118, n. 34, de 22 de fevereiro de 2008.

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Resolução 32 de 2014**. Disponível em: <http://www.ambiente.sp.gov.br/legislacao/resolucoes-sma/resolucao-sma-32-2014/>. Acesso em: 21 jun, 2018.

SELLE, G. L. Ciclagem de nutrientes em ecossistemas florestais. **Bioscience Journal**, v. 23, n. 4, 2007.

SERI - Society for Ecological Restoration International e Policy Working Group. **The SER International Primer on Ecological Restoration**. www.ser.org e Tucson: Society for Ecological Restoration International, 2004.

SILVA, A. C. F. *et al.* Macrofauna edáfica em área de pastagem no município de Macaíba, RN. **Agropecuária Técnica**, v. 39, n. 2, p. 151-157, 2018.

SILVA, J. L. C. *et al.* Aspectos da degradação ambiental no Nordeste do Brasil. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 7, n. 2, p. 180-191, 2018.

SILVA, R. F. *et al.* Influência de plantas de cobertura de inverno na estrutura da comunidade da fauna edáfica. **Ciência e Natura**, v. 34, n. 2*, p. 27-45, 2012

SILVA, T. F.M. *et al.* Caracterização morfoagronômica de frutos de uxizeiros de diferentes procedências do estado do Pará. In: **I Congresso Luso-Brasileiro de Horticultura (I CLBHort)**. 2018.

SOUSA, I. R. L. *et al.* Decomposição de espécies utilizadas como adubação verde em sistema agroflorestal experimental, Santarém, Pará. **Revista Agroecossistemas**, v. 10, n. 2, p. 50-63, 2018.

SOUZA, B. I. *et al.* The Caatinga and desertification. Mercator (Fortaleza), **Revista Floresta**, v. 14, n. 1, p. 131-150, 2015

SOUZA, J. T. A. *et al.* Macrofauna do solo cultivado com palma forrageira sem e com cobertura edáfica. **Acta Biológica Catarinense**, v. 5, n. 3, p. 33-41, 2018.

SOUZA, P. F. *et al.* DENDROMETRIC AND PHYTOSOCIOLOGICAL STUDIES IN A FRAGMENT OF CAATINGA, SÃO JOSÉ DE ESPINHARAS-PB. **Ciência Florestal**, v. 26, n. 4, p. 1317-1330, 2016.

TEIXEIRA, S. O. *et al.* Doses crescentes de fósforo e nitrogênio na produção de Brachiaria híbrida cv. Mulato II. **Ceres**, v. 10, n. 1, 2018.

TOPPA, R. H. **Estrutura e diversidade florística das diferentes fisionomias de Cerrado e suas correlações com o solo na Estação Ecológica de Jataí, Luiz Antônio, SP.** (2004) Tese (Doutorado em Ecologia dos recursos naturais), São Carlos, 2004.

VALE, M. M. *et al.* Mudanças climáticas e a biodiversidade dos biomas brasileiros: passado, presente e futuro. 2010.

VIERA, M.; SCHUMACHER, M. V. Teores e aporte de nutrientes na serapilheira de *Pinus taeda* L., e sua relação com a temperatura do ar e pluviosidade. **Revista árvore**, v. 34, n. 1, 2010.

ZATTI, W.J. *et al.* Avaliação da distribuição espacial do índice de área foliar em Floresta Estacional Decidual com base em fotografias hemisféricas. **Artigo (Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto-SBSR-INPE), Foz do Iguaçu**, 2013.

WARDLE, D. A. Impacts of disturbance on detritus food webs in agro-ecosystems of contrasting tillage and weed management practices. In: **Advances in ecological research**. Academic Press, p. 105-185, 1995.

WATSON, D. J. H. Comparative physiological studies on the growth of field crops: I. Variation in net assimilation rate and leaf area between species and varieties, and within and between years. **Annals of botany**, v. 11, n. 41, p. 41-76, 1947.

WINK, C. *et al.* Parâmetros da copa e a sua relação com o diâmetro e altura das árvores de eucalipto em diferentes idades. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 40, n. 93, p. 57-67, 2012.