

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

Camila Fonseca Galvan

**FAUNA EDÁFICA EM À ÁREA DE RESTAURAÇÃO FLORESTAL NA  
REGIÃO CENTRAL DO RIO GRANDE DO SUL**

Santa Maria, RS  
2020

**Camila Fonseca Galvan**

**FAUNA EDÁFICA EM À ÁREA DE RESTAURAÇÃO FLORESTAL NA REGIÃO  
CENTRAL DO RIO GRANDE DO SUL**

Dissertação apresentada ao curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de Mestra em Engenharia Florestal.

Orientador: Prof. Dr. Ervandil Corrêa Costa

Santa Maria. RS  
2020

Galvan, Camila Fonseca  
FAUNA EDÁFICA EM À ÁREA DE RESTAURAÇÃO FLORESTAL NA  
REGIÃO CENTRAL DO RIO GRANDE DO SUL / Camila Fonseca  
Galvan.- 2020.  
64 p.; 30 cm

Orientador: Ervandil Corrêa Costa  
Coorientadora: Maristela Machado Araujo  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa  
Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós  
Graduação em Engenharia Florestal, RS, 2020

1. Fauna edáfica 2. Bioindicadores de solo 3.  
Entomologia 4. Restauração Florestal I. Corrêa Costa,  
Ervandil II. Machado Araujo, Maristela III. Título.

Sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFSM. Dados fornecidos pelo autor(a). Sob supervisão da Direção da Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central. Bibliotecária responsável Paula Schoenfeldt Patta CRB 10/1728.

---

© 2020

Todos os direitos autorais reservados a Camila Fonseca Galvan. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita mediante a citação da fonte.

E-mail: [camillagallvan@gmail.com](mailto:camillagallvan@gmail.com)

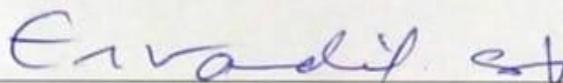
---

**Camila Fonseca Galvan**

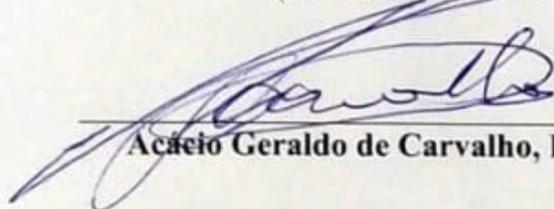
**FAUNA EDÁFICA EM ÁREA DE RESTAURAÇÃO FLORESTAL NA REGIÃO  
CENTRAL DO RIO GRANDE DO SUL**

Dissertação apresentada ao curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Mestra em Engenharia Florestal**.

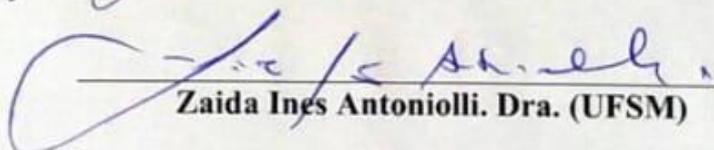
**Aprovado em 18 de fevereiro de 2020:**



**Ervandil Corrêa Costa, Dr. (UFSM)**  
(Presidente/Orientador)



**Acácio Geraldo de Carvalho, Dr. (UFRRJ)**



**Zaida Ines Antonioli, Dra. (UFSM)**

*A minha mãe, Itamara de Fátima da Fonseca por ser meu exemplo e  
por acreditar em mim desde o primeiro instante.*

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus pais, Paulo de Souza Pinto e Itamara de Fátima da Fonseca, por todo amor, conselhos e apoio que transmitiram, mesmo não estando presentes e por serem a base que me fortalece.

Ao meu irmão Pedro Henrique Pinto, por mesmo sem perceber, confortar meu coração.

Aos meus avós Albari Nogueira da Fonseca e Maria de Lourdes da Fonseca que muito me incentivaram e por sempre estarem ansiosos pelo meu retorno.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Ervandil Corrêa Costa pela orientação, confiança, boa vontade e conselhos durante o desenvolvimento desta pesquisa.

Ao meu querido namorado Matheus de Oliveira Bini pelo amor, paciência e suporte desde o primeiro dia de Santa Maria.

A Prof. Dra. Maristela, por disponibilizar a área para pesquisa e transporte, e ainda por acreditar no desenvolvimento deste trabalho.

À banca de avaliação, Dr. Acácio Geraldo de Carvalho (UFRRJ) e Dra. Zaida Ines Antonioli (UFSM), pelas contribuições.

Aos meus amigos (as) de laboratório Dayanna, Jéssica, Leandra e Matheus, pela amizade, risos, ensinamentos e pelo auxílio nos trabalhos de campo e laboratório.

As minhas amigas Josiane Bertoldo Piovesan, Laura Hoffman e Marília Morandi, pela amizade, conversas e companheirismo.

Enfim, a todos que auxiliaram no desenvolvimento deste trabalho e que, de alguma forma me apoiaram nesse processo.

Muito obrigada!

## RESUMO

### FAUNA EDÁFICA EM À ÁREA DE RESTAURAÇÃO FLORESTAL NA REGIÃO CENTRAL DO RIO GRANDE DO SUL

**AUTORA:** Camila Fonseca Galvan  
**ORIENTADOR:** Ervandil Corrêa Costa

A restauração florestal tem por objetivo proporcionar a reconstrução da floresta de forma gradual, juntamente com o resgate da biodiversidade e sustentabilidade ao longo do tempo, sendo que, a médio e longo prazo, processos e funções ecológicas devem se assemelhar aos da floresta original. Sendo que durante e após o processo de desenvolvimento dessas metodologias, deve ser realizado a avaliação e monitoramento do processo de recuperação desses ambientes. Assim, este estudo foi desenvolvido com o objetivo avaliar o processo de restauração florestal através da mesofauna e macrofauna edáfica. Os dados foram coletados em área de restauração florestal no Parque Estadual da Quarta Colônia, região central do Rio Grande do Sul, Brasil, sendo que a metodologia foi desenvolvida de forma conjunta para ambos os capítulos. Foram realizadas coletas mensais no período de um ano, onde foram coletadas amostras de solo a 10 cm de profundidade, as quais foram analisadas em laboratório de duas formas: a) avaliação de mesofauna edáfica utilizando funil de berleze e b) catação manual de macrofauna edáfica. No capítulo I buscou-se avaliar da influência de diferentes coberturas vegetais na fauna edáfica em área de restauração florestal. Para isso foi realizado um experimento em delineamento inteiramente casualizado com diferentes coberturas vegetais (Aroeira-pimenteira, Ingá-banana, Ipê-roxo e Mata nativa). *Schinus terebinthifolius*, *Inga vera*, e *Handroanthus heptaphyllus* são potenciais espécies para utilização em restauração florestal por não diferirem de mata nativa em composição de meso e macrofauna edáfica. No capítulo II foi avaliado o efeito de métodos silviculturais sobre a fauna edáfica em área de restauração florestal. Foram avaliadas três práticas silviculturais (Silvicultura convencional, Silvicultura de baixo insumo e Silvicultura intensiva) e Mata Nativa. Os métodos silviculturais aplicados em área de restauração florestal não diferem da mata nativa em relação a composição da meso e macrofauna edáfica, podendo ser utilizados na restauração florestal. Desta forma os resultados deste estudo permitem auxiliar a elaboração de métodos de restauração florestal, visando garantir a reconstrução dos processos ecológicos.

**Palavras:-chave:** Fauna edáfica. Bioindicadores de solo. Entomologia. Restauração Florestal.

## ABSTRACT

### EDAPHIC FAUNA IN THE FOREST RESTORATION AREA IN THE CENTRAL REGION OF RIO GRANDE DO SUL

**AUTHOR: Camila Fonseca Galvan**

**ADVISOR: Ervandil Corrêa Costa**

Forest restoration aims to provide a gradual reconstruction of the forest, along with the resolution of biodiversity and sustainability over time, and in the medium and long term, ecological processes and functions must resemble those of the original forest. Since during and after the process of developing these methodologies, the assessment and monitoring of the recovery process of these environments must be carried out. Thus, this study was developed with the objective of evaluating the forest restoration process through mesofauna and edaphic macrofauna. The data were collected in a forest restoration area in the Quarta Colônia State Park, central region of Rio Grande do Sul, Brazil, and the methodology was developed jointly for both chapters. Monthly collections were carried out over a period of one year, where soil samples were collected at a depth of 10 cm, which were analyzed in the laboratory in two ways: a) evaluation of edaphic mesofauna using berleze funnel and b) manual collection of edaphic macrofauna. Chapter I sought to assess the influence of different vegetation coverings on the edaphic fauna in a forest restoration area. For this, an experiment was carried out in a completely randomized design with different vegetable coverings (Aroeira-pimenteira, Ingá-banana, Ipê-roxa and Native forest). *Schinus terebinthifolius*, *Inga vera*, and *Handroanthus heptaphyllus* are potential species for use in forest restoration because they do not differ from native forest in composition of meso and edaphic macrofauna. In Chapter II, the effect of silvicultural methods on edaphic fauna in forest restoration areas was evaluated. Three silvicultural practices (conventional forestry, low input forestry and intensive forestry) and native forest were evaluated. The silvicultural methods applied in the forest restoration area do not differ from the native forest in relation to the composition of the soil meso and macrofauna, being able to be used in the forest restoration. In this way, the results of this study allow to help the elaboration of forest restoration methods, aiming to guarantee the reconstruction of ecological processes

**Key words:** Edaphic fauna. Soil bioindicators. Entomology. Forest Restoration.

## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO I

- Figura 3.1 – Localização do experimento, Usina Hidrelétrica de dona Francisca situada no Rio Jacuí e Sede do Parque Estadual da Quarta Colônia, Rio Grande do Sul.....26
- Figura 3.2 – Dendrograma de agrupamento de Cluster para a similaridade da composição de meso e macrofauna para os Índices de similaridade de Morisita-Horn ( $S_M$ ) e Jaccard ( $S_J$ ) sobre diferentes coberturas vegetais.....33
- Figura 3.3 – Abundância no tempo em relação a meso e macrofauna do solo em área de restauração floresta sobre diferentes coberturas vegetais.....36
- Figura 3.4 – Riqueza no tempo em relação a meso e macrofauna do solo em área de restauração florestal sobre diferentes coberturas vegetais.....37
- Figura 3.5 – Interação tempo e temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) para abundância de meso e macrofauna do solo em área de restauração florestal.....38

### CAPÍTULO II

- Figura 4.1 – Dendrograma de agrupamento de Cluster para a similaridade da composição de meso e macrofauna para os Índices de similaridade de Morisita-Horn ( $S_M$ ) e Jaccard ( $S_J$ ) sobre diferentes métodos silviculturais.....46
- Figura 4.2 – Abundância no tempo em relação a meso e macrofauna do solo em área de restauração florestal sobre diferentes métodos de silvicultura.....49
- Figura 4.3 – Riqueza no tempo em relação a meso e macrofauna do solo em área de restauração florestal sobre diferentes métodos de silvicultura.....50
- Figura 4.4 – Interação tempo e temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) para abundância de meso e macrofauna do solo em área de restauração florestal.....51

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO I

- Tabela 3.1 – Abundância e riqueza de meso e macrofauna do solo em área de restauração florestal sobre diferentes coberturas vegetais.....30 e 31
- Tabela 3.2 – Diversidade de Shannon-Wiener ( $H'$ ) e Equitabilidade de Pielou (J) para meso e macrofauna do solo em área de restauração florestal no Parque Estadual da Quarta Colônia.....34
- Tabela 3.3 – Médias de abundância e riqueza para meso e macrofauna em área de restauração florestal sobre diferentes coberturas vegetais.....34
- Tabela 3.4 – ANOVA e Análise de regressão no tempo para variáveis abundância e riqueza de meso e macrofauna do solo em área de restauração florestal.....35
- Tabela 3.5 – Correlação das variáveis meteorológicas com a abundância, riqueza e grupos taxonômicos mais abundantes de meso e macrofauna do solo em área de restauração florestal.....39

### CAPÍTULO II

- Tabela 4.1 – Abundância e riqueza de meso e macrofauna do solo em área de restauração florestal sobre diferentes métodos silviculturais.....44
- Tabela 4.2 – Diversidade de Shannon-Wiener ( $H'$ ) e Equitabilidade de Pielou (J) para meso e macrofauna do solo em área de restauração florestal no Parque Estadual da Quarta Colônia.....47
- Tabela 4.3 – Médias de abundância e riqueza para meso e macrofauna em área de restauração florestal sobre diferentes métodos silviculturais.....48
- Tabela 4.4 – ANOVA e Análise de regressão no tempo para variáveis abundância e riqueza de meso e macrofauna do solo em área de restauração florestal.....48
- Tabela 4.5 – Correlação das variáveis meteorológicas com a abundância, riqueza e grupos taxonômicos mais abundantes de meso e macrofauna do solo em área de restauração florestal.....51 e 52

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>15</b>
2.1 ÁREAS DEGRADAS.....	15
2.2 RESTAURAÇÃO FLORESTAL .....	16
2.3 AVALIAÇÃO E MONITORAMENTO DO PROCESSO DE RECUPERAÇÃO .....	17
2.4 FAUNA EDÁFICA .....	19
<b>2.4.1 Fauna do solo .....</b>	<b>21</b>
<b>3. INFLUÊNCIA DE COBERTURAS VEGETAIS NA FAUNA EDÁFICA EM ÁREA DE RESTAURAÇÃO FLORESTAL .....</b>	<b>24</b>
3.1 INTRODUÇÃO .....	24
3.2 MATERIAL E MÉTODOS .....	25
<b>3.2.1 Área experimental .....</b>	<b>25</b>
3.2.1.1 <i>Localização, descrição da área e histórico.....</i>	25
3.2.1.2 <i>Descrição dos tratamentos .....</i>	26
<b>3.2.2 Extração e amostragem.....</b>	<b>27</b>
3.2.2.1 <i>Mesofauna edáfica.....</i>	27
3.2.2.2 <i>Macrofauna edáfica.....</i>	28
<b>3.2.3 Análise de dados para mesofauna e macrofauna.....</b>	<b>28</b>
3.2.3.1 <i>Análise faunística .....</i>	28
3.2.3.2 <i>Análise estatística.....</i>	29
3.2.3.3 <i>Correlação dos dados meteorológicos .....</i>	30
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	30
<b>3.3.1 Análise faunística.....</b>	<b>30</b>
<b>3.3.2 Análise estatística.....</b>	<b>34</b>
<b>3.3.2 Análise de medidas repetidas.....</b>	<b>35</b>
<b>3.3.3 Correlação simples .....</b>	<b>38</b>
3.4 CONCLUSÃO .....	39
<b>4. EFEITO DE MÉTODOS SILVICULTURAIS SOBRE FAUNA EDÁFICA EM ÁREA DE RESTAURAÇÃO FLORESTAL .....</b>	<b>40</b>
4.1 INTRODUÇÃO .....	40
4.2 MATERIAL E MÉTODOS .....	41
<b>4.2.1 Área experimental .....</b>	<b>41</b>

4.2.1.1 <i>Localização, histórico e descrição da área</i> .....	41
4.2.1.2 <i>Tratamentos e delineamento experimental</i> .....	42
<b>4.2.2 Extração, amostragem e análise de dados</b> .....	<b>43</b>
4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	43
<b>4.3.1 Análise faunística</b> .....	<b>43</b>
<b>4.3.2 Análise estatística</b> .....	<b>47</b>
<b>4.3.2 Análise de medidas repetidas</b> .....	<b>48</b>
<b>4.3.3 Correlação simples</b> .....	<b>51</b>
4.5 CONCLUSÃO .....	52
REFERÊNCIAS .....	53

## 1. INTRODUÇÃO

A restauração florestal tem por objetivo proporcionar a reconstrução da floresta de forma gradual, juntamente com o resgate da biodiversidade e sustentabilidade ao longo do tempo (RODRIGUES et al., 2007), sendo que, a médio e longo prazo, processos e funções ecológicas devem se assemelhar aos da floresta original (LAMB; GILMOUR, 2003). Para que o sucesso de restauração do ecossistema aconteça, é fundamental a avaliação e obtenção de parâmetros de monitoramento que permitam avaliar se as ações implantadas estão efetivamente promovendo a recuperação.

O processo de monitoramento permite avaliar as medidas implantadas e a efetividade do processo de recuperação, através da análise de indicadores que permitam verificar a ocupação gradual de espécies, alteração da fisionomia vegetal e da diversidade local, abrangendo aspectos mais amplos do que apenas os fisionômicos normalmente exigidos pelos órgãos fiscalizadores e pelas certificadoras (RODRIGUES; GANDOLFI, 2004).

Os indicadores citados visam, além da recuperação visual da paisagem, garantir a reconstrução dos processos ecológicos mantenedores da dinâmica de sucessão vegetal, garantindo a sua perpetuação e funcionalidade para conservação da biodiversidade local (NBL, 2013; RODRIGUES; GANDOLFI, 2004). A fauna edáfica é considerada um desses indicadores, pois sua composição reflete o funcionamento do ecossistema, devido a alta associação com processos do sistema serrapilheira-solo e a sensibilidade às modificações ambientais (CORREIA E PINHEIRO, 1999), como cobertura vegetal (BARETTA, 2007; MUDREK; MASSOLI, 2014), pH, estrutura do solo, química do solo (MANHAES, 2012), temperatura, precipitação e umidade (PARON, 2015) .

Conforme Knoepf et al. (2000), a fauna do solo por apresentar alta diversidade e rápida capacidade de reprodução, é um excelente indicador do nível de degradação do solo. Esse fator pode ser avaliado pela presença de organismos específicos ou análise da comunidade e seus processos biológicos. Assim, os organismos presentes no solo constituem um fator determinante, destacando a importância de se estudar a relação da fauna do solo com a avaliação e monitoramento de áreas em processo de restauração florestal.

Desta forma, o objetivo dessa pesquisa consiste em avaliar a composição da artropodofauna edáfica em área de restauração florestal, sob diferentes coberturas vegetais e diferentes métodos silviculturais para a sugestão de estratégias eficazes na restauração florestal

na região central do Rio Grande do Sul, Bioma Mata Atlântica. Nesse contexto, a presente dissertação está estruturada em dois capítulos.

- Capítulo 1: Influência de coberturas vegetais na fauna edáfica em área de restauração florestal
- Capítulo 2: Efeito de práticas silviculturais sobre a fauna edáfica em área de restauração florestal

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 ÁREAS DEGRADAS

O conceito de área degradada ou de paisagem degradada pode ser compreendido como locais onde existem (ou existiram) processos causadores de danos e/ou alterações negativas ao ambiente, pelos quais se perdem ou se reduzem algumas de suas propriedades, tais como a qualidade produtiva dos recursos naturais (DECRETO FEDERAL 97.632/89). Já segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), por meio da sua NBR 10703, a degradação do solo é apontada como sendo a “alteração adversa das características do solo em relação aos seus diversos usos possíveis, tanto os estabelecidos em planejamento, como os potenciais”. Assim, a degradação ambiental pode ser definida de acordo com a área de conhecimento em que é avaliada e identificada ou ainda em relação ao método em que os efeitos ao ambiente são causados.

Para as alterações negativas que ocorrem ambiente, tem-se como principal responsável o homem. A retirada total ou parcial da cobertura florestal é considerada o início do processo de degradação, onde as áreas de vegetação nativa passam a ser substituídas por áreas de pastagens, expansão da agricultura, expansão da área urbana, mineração, corte de lenha e madeira, obras de construções civis, estradas e barragens para geração de energia (LIMA, 2004; MARTINS, 2009). Nessas condições de transformação da área natural em degradada e ainda com o aumento da intensidade de uso das áreas ao passar no tempo, a degradação pode se agravar. A redução de fertilidade do solo pela exportação de nutrientes pelas culturas e, ou, pela prática da queima de restos vegetais e de pastagens, da compactação, da erosão do solo e retirada de camadas de solo, são os meios para a agravação da degradação.

Kohlrausch (2015), estudando trabalhos sobre recuperação de áreas degradadas no Brasil e suas causas, no período de 2004 a 2014, encontrou 54 pesquisas sobre o assunto. Em relação as causas da degradação, a classificação “Mineração” totalizou 43% das áreas das publicações analisadas (incluindo a extração de petróleo, a mineração da fração areia/argila/ caulim, a mineração de sal, de carvão e de metais como ouro, ferro e bauxita), seguida por áreas de atividades “agrossilvipastoril” com 28%, manutenção da vida urbana com 20% (a implantação de obras de infraestrutura totalizou cerca de 9%, a ocupação irregular, construção de moradias em áreas irregulares e a formação de áreas degradadas urbanas em 9% e outros 2%) e de origem natural 9%.

Quando se enfoca as causas da degradação são desconsiderados os impactos causados em áreas ao entorno da área de obra, que tendem a sofrer intensa degradação, manifestando-se sob a forma de ruptura do equilíbrio dos solos, a água e cobertura vegetal. Nos locais onde esse processo é mais acentuado, encontram-se as áreas de empréstimo, as encostas instáveis, áreas alagadiças e áreas inundadas (ALVES; SOUZA, 2008; CORRÊA; LEITE 1998; CRUZ 2008).

A áreas de empréstimos são caracterizadas como áreas em que houve a remoção de horizontes de solo, podendo ser superficial ou profundo, ou ainda áreas onde houve apenas a supressão vegetal, constituindo assim um ecossistema degradado, uma vez que foram eliminados simultaneamente com a vegetação, seus mecanismos bióticos de regeneração como o banco de sementes, banco de plântulas, chuvas de sementes e rebrota (ALVES; SOUZA 2012).

Tendo em vista o crescente aumento da degradação dos ecossistemas, técnicas e modelos de restauração dessas áreas devem ser adotados, restabelecendo assim a vegetação florestal e conseqüentemente protegendo a fauna, recursos hídricos e solo (MARTINS, 2009).

## 2.2 RESTAURAÇÃO FLORESTAL

A restauração ecológica tem como intuito promover o restabelecimento dos processos ecológicos responsáveis pela reconstrução gradual dos ecossistemas. A Sociedade de Restauração Ecológica (SER) define o processo de restauração como o “processo de assistir a recuperação de um ecossistema que foi degradado, perturbado ou destruído e o manejo da integridade ecológica, que inclui uma faixa crítica de variabilidade na biodiversidade, processos ecológicos e estruturais, contextos históricos e regionais, e a adoção de práticas culturais sustentáveis” (SER, 2009). Ainda, a Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000, em seu art. 2º, define um ecossistema “restaurado” como “a restituição de um ecossistema ou de uma população silvestre degradada o mais próximo possível da sua condição original”

A restauração ecológica por sua vez é um termo muito abrangente, podendo ser associada a diversos ecossistemas como recifes, corais, florestais, ou qualquer ecossistema natural. Nesse contexto, quando se está trabalhando com a restauração de um ecossistema florestal é habitual a utilização do termo restauração florestal, para deixar explícito com qual ecossistema se está trabalhando (ROGRIGUES; GANDOLFI; BRANCALION, 2015). Desta forma, a restauração florestal tem por objetivo o restabelecimento do arranjo da floresta, bem como a diversidade das espécies de fauna e flora e a produtividade, tendo assim a capacidade de se autoperpetuar. À médio e longo prazo, processos e funções ecológicas devem se

assemelhar aos da floresta original. Para tal, é necessária a existência de remanescentes que abriguem um número significativo de espécies animais e vegetais nativas e que funcionem como um sistema de referência para a área a ser restaurada (LAMB; GILMOUR, 2003).

As metodologias de restauração ecológica para conservação da biodiversidade são recomendadas para Áreas de Preservação Permanente (APPs), corredores ecológicos (normalmente ocupando conexões entre APP e Reserva Legal), Parques de Preservação, Matas ciliares, áreas agrícolas com baixa aptidão agrícola, pastagens abandonadas, entre outras consistem no isolamento ou retirada dos fatores de degradação, expressão do potencial de resiliência local e condução da regeneração natural, viabilização do recobrimento da área a ser restaurada, recobrimento natural, recobrimento, enriquecimento de área recoberta, enriquecimento natural, enriquecimento artificial e o método alternativo: recobrimento e enriquecimento em área aberta (NAVE, et al., 2015; SEMA, 2007). Bem como, consideram-se ainda como atributos fundamentais em um Plano de Recuperação de áreas degradadas (PRAD) o uso de espécies nativas advindas de fontes locais de propágulos, utilização de critérios ecológicos e econômicos e a preocupação com a diversidade florística (SMA, 2009).

Segundo Turchetto (2018), novas metodologias vêm sendo desenvolvidas e utilizadas sem a necessidade de que o ecossistema alcance o clímax final, dando prioridade a diversidade vegetal, funções e processos ecológicos do ecossistema. Dentre essas metodologias são ressaltadas a utilização do banco de sementes, o resgate de plântulas de espécies arbóreas, a semeadura direta de espécies arbóreas, e a deposição de galhada oriunda de poda de árvores ou desmatamento. Durante e após o processo de desenvolvimento dessas metodologias, deve ser realizado a avaliação e monitoramento do processo de recuperação desses ambientes.

### 2.3 AVALIAÇÃO E MONITORAMENTO DO PROCESSO DE RECUPERAÇÃO

Na recuperação de áreas degradadas, uma peça importante é conhecer o nível em que está o processo de recuperação, pois vários recursos e esforços foram aplicados para recuperação dessa área. A avaliação e monitoramento está inclusa no Plano de Recuperação de áreas degradadas (PRAD) como parte fundamental desse processo.

Parâmetros são utilizados na avaliação e monitoramento de áreas de recuperação, comparando-o com o que se espera da área para um determinado prazo. Cada parâmetro é composto por diferentes indicadores que devem levar em consideração de diversos aspectos, de um modo que as áreas restauradas apresentem caráter sustentável no tempo e desempenhem seu

papel na conservação da biodiversidade desse ambiente, não somente considerando a estrutura da paisagem (RODRIGUES; GANDOLFI, 2004).

Na avaliação desses ecossistemas em restauração, utiliza-se de indicadores ecológicos, que devem seguir requisitos como: facilidade de medição, clareza, apresentar sensibilidade a fatores ambientais e do ecossistema, apresentar respostas com relação a agentes de degradação e práticas de manejo aplicadas, não apresentar alta variabilidade na representação dos fatores e que representem de fato o que se quer avaliar (DURIGAN, 2011).

Os parâmetros ecológicos utilizados na avaliação e monitoramento podem ser classificados em quatro segmentos, sendo eles quanto a composição, estrutura, função ecológica e função social (BRANCALION et al., 2012; RIGEUIRA; NETO, 2013). Cada parâmetro apresenta componentes internos e seus respectivos indicadores.

O primeiro parâmetro, estrutura, apresenta três componentes de avaliação, flora (altura das mudas, espessura das mudas e incremento de copa), solo (possui indicadores como erosão, compactação acidez (pH), nutrientes e cobertura /serapilheira) e paisagem (dinâmica dos fragmentos ao entorno). A composição, é dividida em dois componentes, flora (regeneração natural e formas de vida) e fauna (ocorrência de novos táxons). Já os processos ecológicos subdividem-se em flora (mortalidade e sobrevivência, espécies exóticas ou daninhas, padrões fenológicos e grupo funcional), fauna (dispersores e polinizadores) e solo (fauna edáfica e decomposição). A função social também apresenta características a serem abordadas como a sensibilização social (adesão do proprietário, iniciativas coletivas) e desenvolvimento socioeconômico (capacitação técnica e geração de renda) (RIGEUIRA; NETO, 2013).

Sendo assim, no parâmetro processos ecológicos em componente solo, está incluso a fauna edáfica que vem sendo utilizada para avaliação e monitoramento de áreas em processo de recuperação. Estudos foram desenvolvidos com essa finalidade, tal como: a diferença no número de Oligochaetas em áreas de regeneração (ZOU; GONZALEZ, 1997), a fauna edáfica em fragmentos florestais reflorestados (DUCATI, 2002), a macrofauna edáfica em floresta em processo de restauração em diferentes idades (DAMASCENO, 2005), invertebrados edáficos e seu papel nos processos do solo (AQUINO, 2005), o efeito de herbicidas sobre biota de invertebrados do solo em área de restauração (SCORIZA et al., 2015), A fauna edáfica em uma área em processo de recuperação devido a mineração (MACHADO, 2016), a fauna edáfica em áreas sob tecnologias de restauração florestal (DERENGOSKI, 2017), entre outros, destacando assim a importância de se estudar e aprofundar na relação da fauna do solo com a avaliação e monitoramentos de áreas em processo de restauração florestal.

Atualmente, vários países estão desenvolvendo programas de monitoramento dos ambientes, utilizando bioindicadores, já que muitos empreendimentos exigem informações sobre a qualidade do ambiente para que recursos financeiros sejam liberados (COHEN, 2003; GORENFLO et al., 2012; MCGEOCH et al., 2011; NIEMI; MCDONALD, 2004; SOARES-FILHO et al., 2012).

## 2.4 FAUNA EDÁFICA

Os animais podem ser classificados como vertebrados e invertebrados, sendo que os vertebrados representam 5% e os invertebrados os outros 95% das espécies conhecidas, podendo os invertebrados serem divididos quanto ao ambiente em que vivem, marinho, de água doce e de solo (BRANDÃO et al., 1999). Nesse contexto pode-se definir a fauna do solo como a comunidade de organismos, mais especificamente invertebrados, que passa um ou mais ciclos de vida no solo ou que vive nele permanentemente (ANDERSON, 1998). Os invertebrados do solo podem ser classificados em oito Filos, Acanthocephala, Annelida, Arthropoda, Mollusca, Nematoda, Onychophora, Platyhelminthes e Tardigrada, sendo que a maior biodiversidade de invertebrados por sua vez compreende o Filo Arthropoda (GILLER, 1996).

Os anelídeos são representados por vermes segmentados e têm em sua maioria os organismos da subclasse Oligochaeta, as conhecidas minhocas. Os moluscos são divididos em oito subclasses sendo que duas delas concentram cerca de 98% das espécies. Os nematódeos, não apresentam variações significativas com relação a estrutura se comparados com os outros filos, cerca de 15 mil espécies foram descritas, de 1 milhão estimadas. Os tardígrados também variam pouco em anatomia e tem cerca de 400 espécies, todas contidas em uma única classe. Os onicóforos são animais estritamente terrestre, de micro-habitats úmidos, é predador noturno, chegando a capturar até animais ativos como gafanhotos. Os tardígrados também variam pouco em anatomia e tem cerca de 400 espécies viventes, todas contidas em uma única classe. Platelmintos, são vermes com corpo achatados, que se alimentam exclusivamente de tecidos animais, como predadores saprófagos ou parasitas (BARNES, 2008). Os artrópodes, tem descrição de aproximadamente um milhão de espécimes, representando o grupo animal mais abundante na Terra. É subdividido em quatro subfilos, Crustacea, Hexapoda, Myrapoda e Chelicerata (BRUSCA; BRUSCA, 2003).

A fauna do solo pode ser classificada quanto a vários critérios, sendo eles mobilidade, hábito alimentar (predador ou saprófago), função que desempenham no solo, diâmetro corporal e tamanho corporal (baseada no comprimento do animal). A classificação mais utilizada é a de

tamanho corporal, que compreende a classificação dos organismos segundo seu diâmetro ou comprimento (MELO et al., 2009). De acordo com Swift et al. (1979), essa classificação é denominada microfauna, mesofauna e macrofauna.

A microfauna do solo compreende organismos com tamanho inferior à 0,2 mm, sendo que seus representantes são nematoides, protozoários e rotíferos. A alimentação desses organismos tem papel importante na regulação de matéria orgânica do solo, pois se alimentam de microorganismos (SWIFT et al., 1979). É importante na ciclagem de nutrientes e estrutura do solo, regulando as populações de bactérias e fungos, alterando a rotatividade dos nutrientes, e influenciando na agregação do solo através das interações com a microflora (HENDRIX, et al., 1990). A microfauna degradadora de hidrocarbonetos possui papel importante na degradação de área poluídas, mostrando assim sua importância na conservação do solo.

Os organismos de mesofauna do solo respondem de forma rápida as mudanças do ambiente, são afetados pelas características do solo como compactação, pois habitam espaços porosos do solo e não são capazes de criar sua própria galeria, desempenhando papel na ciclagem de nutrientes, decomposição da matéria orgânica, regulação dos processos biológicos e dos micro-organismos, regulando as populações de fungos e da microfauna (BERUDE et al., 2015; HENDRIX, et al., 1990; HEISLER; KAISER, 1995;). Na estrutura do solo promovem a humificação, criam bioporos e produz “pellets” fecais (HENDRIX, et al., 1990). A mesofauna inclui organismos que medem 0,2 a 2,0 mm e é representada pelos grupos Acarina (Acaro), Collembola (Colêmbolo), Dipluro (Diplura), Enchytraeidae (Enchitreídeo), Protura (Protura) e Symphyla (BROWN et al., 2009; SWIFT, 1979;).

Nesse contexto a macrofauna edáfica compreende organismos de maiores dimensões, podendo variar de 2 a 20 mm (SWIFT, 1979), é representada por grupos como Aranae (Aranhas), Chilopoda (Centopéia), Coleoptera (Besouro), Diplopoda (Piolhos-de-cobra), Hymenoptera (Formiga), Isopoda (cupins), Mollusca (Molusco) e Oligochaeta (Minhoca). Auxilia na ciclagem e nutrientes fragmentando os resíduos de plantas e estimulando a atividade microbiana (HENDRIX, et al., 1990). Diferente da mesofauna, a macrofauna é capaz de criar galerias no solo, pois tem tamanho suficiente para romper as estruturas dos horizontes orgânicos e minerais do solo, mistura partículas minerais e orgânicas, auxilia na redistribuição de matéria orgânica e microrganismos, cria bioporos e promove a humificação (ANDERSON, 1988; BROWN et al., 2009; HENDRIX, et al., 1990). Essas movimentações, além de influenciarem na estrutura do solo estão relacionadas com a abundância e diversidade de outros organismos no solo (LAVELLE, SPAIN, 2001).

### 2.4.1 Fauna do solo

O filo Arthropoda é considerado uns dos maiores representantes em abundância de invertebrados de solo, desenvolvendo grande função ecológica na ciclagem de nutrientes e na manutenção da biodiversidade local. Por apresentarem alta capacidade adaptativa, os artrópodes desenvolvem grande função ecológica no ecossistema, pois ocupa variados microhabitats e nichos (FERREIRA E MARQUES, 1998; ROCHA, et al, 2005). Sendo destacado como um dos grandes grupos com maior êxito no estabelecimento em habitats terrestres (RUPPERT et al., 2005).

Os invertebrados do solo apresentam alterações rápidas em sua abundância e diversidade quando expostos a diferentes condições, respondendo quali e quantitativamente a fatores como: tipo de vegetação e cobertura vegetal, presença ou ausência de serapilheira, tipo de solo, profundidade de solo, minerais predominantes, temperatura do solo, pH, matéria orgânica, umidade do solo, textura e estrutura, históricos do uso da terra (antropização e geológica), inclinação da topografia do terreno, fatores climáticos como, precipitação pluviométrica, temperatura, vento e umidade relativa do ar (PARON, 2015) e as práticas de manejo aplicadas na área (BARETTA et al., 2003).

As alterações causadas a comunidade dos artrópodes de solo, e suas interações com os fatores externos, podem alterar o funcionamento de um ecossistema (RICHARDS, 1974). Fatores como cobertura vegetal, tipo de solo e a diversidade de nichos, interfere diretamente na comunidade de artrópodes encontrados na serapilheira (MUDREK; MASSOLI, 2014), sendo que esses fatores ainda não influenciados de forma direta ou indireta por variáveis climáticas e ambientais. Em áreas de declive o acúmulo de serapilheira é menor, se comparada a áreas planas, indicando que o gradiente topográfico, como declividade do terreno e sua relação com a redução da serapilheira, afeta diretamente a diversidade de espécies de formigas (OLIVEIRA, 2013).

Segundo Costa (1986), são nos primeiros 10 cm de profundidade que se encontram a maioria dos espécimes do solo, constituindo cerca de 71%. Uma vez que, as variações da temperatura e umidade constituem fatores importantes na determinação das distribuições verticais e horizontais da fauna de solo. Em profundidade de 50 cm, as oscilações são menores do que em profundidades mais superficiais (PRIMAVESI, 1981; CRANSTON; GULLAN, 2008).

Diferenças na diversidade e riqueza da fauna são observadas entre o período de precipitação, o final da estação chuvosa e variações sazonais. Grupos como Hymenoptera são

favorecidos pela estiagem, sendo que grupos como Coleoptera, Araneae, Hemiptera e Orthoptera, mostraram-se mais tolerantes e adaptados à sazonalidade (ALMEDA, et al 2015), podendo variar, no entanto, em abundância entre outono/inverno e primavera/verão (SYDOW, 2007). Sendo assim, cada organismo funciona melhor dentro de um intervalo limitado de condições, ao qual podemos nos referir como seu espaço de atividade. Este conceito se aplica a todos os aspectos da vida de um indivíduo (RICKLEFS, 2003).

Práticas de manejo como as queimadas, comumente realizadas na limpeza de terrenos, tem por consequência a eliminação da cobertura do solo e a limitação de recursos alimentares a fauna do solo. Contribuindo assim, para a redução da diversidade e abundância da fauna e eliminação de alguns grupos taxonômicos, bem como favorecimento de uma minoria de indivíduos (ARAÚJO FILHO; BARBOSA, 2000). Nesse sentido Nunes et al. (2009), verificaram que o sistema de permanência de restos vegetais proporciona maior abundância e diversidade da fauna se comparado ao sistema de queimada (NUNES et al, 2009). Sendo que a redução da mobilização do solo e a existência de restos culturais sobre a superfície nos sistemas de semeadura direta e cultivo mínimo, com sucessão de culturas, proporcionam maior diversidade da fauna (BARETTA, 2007).

A artropodofauna apresenta uma tendência de acompanhar a riqueza vegetal, pois, muitas espécies, dependem direta ou indiretamente dos recursos disponibilizados por ela (BATTIROLA, 2005), e em áreas livres de vegetação são encontradas menor diversidade de invertebrados (BARETTA, 2007). Sendo assim, há significância entre as variedades de plantas que compõem a cobertura, os grupos taxonômicos e densidade relativa da fauna edáfica, onde determinadas famílias, como as leguminosas, tendem a favorecer a densidade de invertebrados do solo, e as gramíneas favorecem os grupos da serapilheira (SANTOS, 2018). Desta forma, a manutenção da diversidade de plantas nos ecossistemas e, conseqüentemente, da biota do solo diversificada, junto com uma permanente cobertura da superfície do solo, são essenciais para manter o solo potencialmente ativo e dinâmico (“vivo”) (PARRON, 2015).

Os atributos físicos e químicos do solo e da serapilheira interferem positiva ou negativamente na comunidade dos organismos da fauna do solo (PORTILHO, 2012; MANHAES, 2012). Sendo um efeito positivo a utilização de fertilizantes inorgânicos, por promover a reposição de nutrientes ao solo (FRASER, 1994). No entanto, para alguns organismos como os oligochaeta, a aplicação de determinados fertilizantes pode ser tóxica, como é o caso da amônia (KLADIVKO; TIMMENGA, 1990). Já a adição de adubos orgânicos, vem a ter resposta benéfica sobre a fauna de solo (EDWARDS; LOFTY, 1982), pois auxiliam na incorporação de nutrientes ao solo e no aumento da fonte alimentar para os organismos

(KLADIVKO; TIMMENGA, 1990). Por consequência a comunidade da fauna do solo é regulada por diferentes teores de nutrientes, como nitrogênio, fosforo e carbono e pH, sendo também responsável por processos de decomposição, mineralização e humificação de resíduos orgânicos; imobilização e mobilização de macro e micronutrientes; fixação de nitrogênio atmosférico; estruturação e agregação do solo (DEVIDE; CASTRO, 2009).

Desta forma são os organismos que exercem as mais variadas funções, alterando as propriedades físicas, químicas e biológicas, promovendo a decomposição de resíduos orgânicos e estruturação do solo, mostrando-se sensíveis alterações ambientais e sendo utilizada como indicador da qualidade do solo (ROVEDDER et al., 2004), monitoramento da degradação e do estágio de recuperação de áreas degradadas (HUBER; MORSELLI, 2011; MORAIS et al., 2013).

## CAPÍTULO 1

### 3. INFLUÊNCIA DE COBERTURAS VEGETAIS NA FAUNA EDÁFICA EM ÁREA DE RESTAURAÇÃO FLORESTAL

#### Resumo

Espécies exóticas tornaram-se invasoras quando utilizadas inicialmente em processos de restauração florestal. No entanto, com o aperfeiçoamento das técnicas de restauração florestal espécies nativas passaram a ser utilizadas, juntamente com métodos de monitoramento para avaliação da restauração florestal. Desta forma, o presente estudo objetivou avaliar a influência de coberturas vegetais em área de restauração florestal sobre a diversidade e composição da mesofauna e macrofauna edáfica. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, sendo que cada tratamento composto por uma espécie florestal Aroeira-pimenteira (T1), Ingá-banana (T2), Ipê-roxo (T3) e mata nativa (T4). A coleta de meso e macrofauna foi realizada mensalmente durante o período de um ano, com auxílio de extrator de solo. Em laboratório, espécimes de mesofauna foram extraídos pelo método de Funil de Berlese e a macrofauna pelo método de catação manual, e posteriormente identificadas a nível de grupos taxonômicos. Os parâmetros ecológicos de diversidade e similaridade foram realizados para meso e macrofauna. As médias de abundância e riqueza foram submetidas a análise de variância (ANOVA) e posteriormente ao teste de médias de Tukey. Também foi realizada a análise de medidas repetidas para riqueza e abundância entre os tratamentos. Foram coletados 9063 espécimes distribuídos em 23 grupos taxonômicos. A abundância e riqueza de meso e macrofauna do solo não diferiram estatisticamente entre os tratamentos, sendo que o tratamento T3 apresentou a maior diversidade. Com os resultados desta pesquisa é possível concluir que Aroeira-pimenteira Ingá-banana e Ipê-roxo são potenciais espécies para utilização em restauração florestal por não diferirem de mata nativa em composição de meso e macrofauna edáfica.

**Palavras:-chave:** Fauna edáfica. Bioindicadores de solo. Espécies nativas. Restauração Florestal, *Schinus terebinthifolius*, *Inga vera* e *Handroanthus heptaphyllus*.

#### 3.1 INTRODUÇÃO

Inicialmente o processo de restauração florestal era conduzido por meio de plantio de espécies exóticas, muitas vezes invasoras, que se alastraram rapidamente em áreas naturais, promovendo desequilíbrio ecológico em áreas de restauração. A partir da constatação desse problema buscou-se a maior eficiência da cobertura vegetal, priorizando o plantio de espécies nativas (RODRIGUES et al., 2009a). Nesse momento, a restauração passou a ser interpretada

do ponto de vista ecológico, incorporando o conceito de sucessão florestal e privilegiando o uso de espécies da flora nativa brasileira (KAGEYAMA e GANDARA, 2004).

Para garantir o equilíbrio ecológico na restauração, somente o estabelecimento da cobertura vegetal dessas áreas pode não ser suficiente para assegurar a manutenção de comunidades de fauna e flora ao longo do tempo, principalmente se tal prática estiver associada exclusivamente a características da paisagem (BRITZ et al., 2003). Desta forma, o monitoramento de diversas variáveis é de suma importância para auxiliar na avaliação do desenvolvimento de áreas de restauração florestal.

Os principais parâmetros utilizados para avaliação e monitoramento em áreas de restauração florestal são a composição e estrutura da vegetação, função ecológica e função social (RIGEUIRA; NETO, 2013). Em que, com relação a função ecológica vários autores tem utilizado indicadores como: abundância de Oligochaetas (ZOU; GONZALEZ, 1997), presença de formigas (GOMES, 2009; PEDRON, 2016; RIZZOTTO, 2019) a fauna edáfica (AQUINO, 2005; DAMASCENO, 2005; DERENGOSKI, 2017; DUCATI, 2002; MACHADO, 2016; SCORIZA et al., 2015), entre outros, destacando assim a importância de se estudar e aprofundar na relação da fauna do solo com a avaliação e monitoramentos de áreas em processo de restauração florestal.

Diante do exposto, o presente estudo teve por objetivo avaliar a influência de diferentes coberturas vegetais em área de restauração florestal sobre a diversidade e composição da mesofauna e macrofauna edáfica.

## 3.2 MATERIAL E MÉTODOS

### 3.2.1 Área experimental

#### 3.2.1.1 Localização, descrição da área e histórico

O estudo foi conduzido no Parque Estadual da Quarta Colônia (PEQC) (Latitude: 29°27'35"S e longitude: 53°17'24" W), localizado no município de Ibamara, região central do Estado do Rio Grande do Sul (BR). O Parque foi criado em 2005 pelo Decreto nº 44.186, sendo resultante de uma compensação ambiental proveniente da construção da Usina Hidrelétrica de Dona Francisca, situada no rio Jacuí (Figura 3.1) (RIO GRANDE DO SUL, 2005). A vegetação é composta pelo bioma Mata Atlântica, com remanescentes de Floresta Estacional Decidual.

Figura 3.1 – Localização do experimento, Usina Hidrelétrica de dona Francisca situada no Rio Jacuí e Sede do Parque Estadual da Quarta Colônia, Rio Grande do Sul.



Fonte: Google Earth.

O clima da região segundo a classificação Wilhelm Köppen é Cfa, sem estações secas definidas, temperatura moderada, chuvas bem distribuída ao longo do ano (>40 mm por mês), verão quente, geadas nos meses de inverno com temperatura média no inverno < 16°C e temperatura máxima no mês mais quente > 30° C (ALVARES et al, 2013). O solo predominante na região é o Neossolo Litólico e Neossolo Regolítico (PEDRON, DALMOLIM, 2011).

Durante a construção da Usina Hidrelétrica de Dona Francisca, parte da área que atualmente é o Parque Estadual da Quarta Colônia era utilizada como moradia para os trabalhadores da construção, onde existiam pequenas propriedades rurais e conjuntos habitacionais, os quais foram demolidos, permanecendo os resíduos da construção civil, e posteriormente a área foi utilizada para pecuária. Em 2013, em parte da área degradada do parque um experimento de restauração florestal foi instalado, onde foram plantadas três espécies florestais: *Handroanthus heptaphyllus* (ipê-roxo), *Inga vera* (ingá-banana) e *Schinus terebinthifolius* (aroeira-pimenteira) (ZAVISTANOVICZ, 2017).

### 3.2.1.2 Descrição dos tratamentos

A partir do experimento implantado em 2013, os tratamentos foram distribuídos em 24 parcelas no interior do Parque Estadual da Quarta Colônia, sendo que cada parcela apresenta dimensões de 20 x 10,5 metros, de onde foram retiradas duas amostras. Cada amostra foi considerada uma repetição, obtendo-se então seis repetições por tratamento. A parcela é

composta por 70 indivíduos de uma única espécie, com cinco anos idade que distribuídos aleatoriamente dentro da parcela, onde cada espécie compôs um tratamento e a mata nativa foi considerada testemunha:

- Tratamento 1 (T1): *Schinus terebinthifolius* (Aroeira-pimenteira);
- Tratamento 2 (T2): *Inga vera* (Ingá-banana);
- Tratamento 3 (T3): *Handroanthus heptaphyllus* (Ipê-roxo);
- Tratamento 4 (T4): Mata nativa.

### 3.2.2 Extração e amostragem

#### 3.2.2.1 Mesofauna edáfica

As coletas da mesofauna edáfica foram realizadas mensalmente durante um ano, no período de julho de 2018 à junho de 2019. A extração das amostras foram realizadas com uma sonda circular de 10 cm de diâmetro e 5cm de profundidade, sendo que mesmo ponto foram extraídas duas amostras, para obter dimensão de 10 cm de profundidade, totalizando um volume de solo por amostra total de 785 cm<sup>3</sup>. A extração das amostras se deu a partir do centro das parcelas, totalizando seis amostras por tratamento, distribuídas aleatoriamente e excluindo a bordadura.

As amostras foram retiradas a 10 cm de profundidade, pois segundo Costa (1986), em um estudo sobre distribuição vertical ideal para amostragem da fauna edáfica, observou que são nos primeiros 10 cm de profundidade que se encontram a maioria dos espécimes encontrados no solo, constituindo cerca de 71%. Em seguida, as amostras de solo retiradas foram colocadas em sacos plásticos para facilitar o transporte e reduzir a perda de umidade. Cada amostra foi devidamente identificada, etiquetada e transportada para o Laboratório de Entomologia da Universidade Federal de Santa Maria.

A amostragem da mesofauna edáfica foi realizada utilizando Funis de Berlese-Tüllgren modificado. Segundo Aquino et al. (2006), o método de Funil de Berlese-Tüllgren modificado é o método mais indicado para a extração da mesofauna edáfica. O método consiste no deslocamento dos organismos vivos que existem na amostra de solo coletada para a parte inferior do funil, esse deslocamento se dá devido a alta temperatura e menor umidade do solo na parte superior do funil proporcionada por uma fonte de luz. As amostras ficaram nos funis

durante sete dias, sob intensidade luminosa de 50 Watts, controlada por um dimmer (dispositivo para regulação da luz).

Os espécimes coletados foram identificados a nível de grupo taxonômico, etiquetados e se encontram armazenados no Laboratório de Entomologia da Universidade Federal de Santa Maria.

### 3.2.2.2 *Macrofauna edáfica*

As coletas da macrofauna edáfica foram realizadas mensalmente durante um ano, no período de junho de 2018 à maio de 2019. A coleta da macrofauna do solo foi realizada utilizando o método do “Tropical Soil Biology and Fertility” (TSBF) descrito por Anderson e Ingram (1993). A extração das amostras foram realizadas com uma sonda circular de 10 cm de diâmetro e 5cm de profundidade, sendo que mesmo ponto foram extraídas duas amostras, para obter dimensão de 10 cm de profundidade, totalizando um volume de solo por amostra total de 785 cm<sup>3</sup>. A extração das amostras se deu a partir do centro das parcelas, totalizando seis amostras por tratamento, distribuídas aleatoriamente e excluindo a bordadura.

As amostras de solo retiradas foram colocadas em sacos plásticos para facilitar o transporte e reduzir a perda de umidade. Cada amostra foi devidamente identificada, etiquetada e transportada para o Laboratório de Entomologia da Universidade Federal de Santa Maria.

Em laboratório foi realizada a triagem das amostras, pelo método de “catação manual”, o qual consiste na retirada manual dos macroinvertebrados do solo visíveis a olho nu, com o auxílio de pinças e pinceis. A triagem foi realizada em bandeja de plástico branca, onde as amostras foram divididas em partes para facilitar a desfragmentação do solo e a coleta dos espécimes. Após coletados, os insetos foram classificados a nível de grupos taxonômicos e etiquetados.

Os espécimes coletados estão armazenados no Laboratório de Entomologia da Universidade Federal de Santa Maria.

## 3.2.3 **Análise de dados para mesofauna e macrofauna**

### 3.2.3.1 *Análise faunística*

Para a análise da composição da artropodofauna edáfica foram utilizados parâmetros ecológicos de riqueza, abundância, índices de similaridade e índices de diversidade, tanto para

o método de Funil de Berlese quanto para “catação manual”. O parâmetro riqueza considerou o número total de grupos taxonômicos coletados, já o parâmetro abundância, que é a relação entre o número de indivíduos de uma espécie e o número total de indivíduos, considerou o total de indivíduos coletados durante todo o experimento.

Para a análise dos dados deste experimento foram consideradas as diversidades alfa ( $\alpha$ ) e beta ( $\beta$ ). A diversidade  $\alpha$  leva em consideração o local do experimento, ou seja, é definida pela diversidade dentro de um *habitat*, já a diversidade  $\beta$  é definida como a diversidade encontrada entre habitats distintos, ou seja, descreve o quanto os habitats são similares. As diversidades foram calculadas através dos Índices de Diversidade de Shannon-Wiener ( $H'$ ) e Equitabilidade de Pielou ( $E$ ) e os Índices de Similaridade de Morisita-Horn ( $S_M$ ) e Jaccard ( $SJ$ ) (BARROS, 2007; OLIVEIRA, 2013).

A Diversidade de Shannon ( $H'$ ) é muito utilizado e recomentado por ser sensível a espécies raras. É apropriado para amostras aleatórias de espécies de uma comunidade ou sub-comunidade de interesse, se encaixando assim no experimento. Quanto maior o valor de  $H'$ , maior a diversidade da área em estudo. Na prática, os valores assumidos pelo índice de Shannon-Wiener situam-se entre 1,5 e 3,5 (MAGURRAN, 1988). A Equitabilidade de Pielou ( $E$ ) permite representar a uniformidade de distribuição dos indivíduos entre todas as espécies existentes (MAGURRAN, 1988). O valor de  $E$  varia entre 0 e 1, onde 1 representa uma situação em que todas as espécies são igualmente abundantes. A similaridade de Jaccard ( $SJ$ ), constitui um dos índices de similaridade de caráter qualitativo, baseado unicamente, na relação presença-ausência das espécies nas amostras comparadas. O valor dos coeficientes de similaridade varia de 0 (nenhuma similaridade) a 1 (total similaridade). Já a similaridade de Morisita ( $S_M$ ), é um índice quantitativo baseado na abundância de espécies nas amostras. É amplamente recomendado por mostrar-se independente da diversidade de espécies (WOLDA, 1981).

### 3.2.3.2 Análise estatística

O programa R (R Core Team, 2019) foi utilizado para realização das análises estatísticas de mesofauna e macrofauna do solo. Para verificar se há diferença estatística entre os tratamentos foi realizada a análise de variância (ANOVA) para abundância e riqueza. Para verificar o comportamento dos tratamentos no tempo foi realizada uma análise de variância (ANOVA) com medidas repetidas para os parâmetros de abundância e riqueza, atendendo as condições de normalidade e homogeneidade de variância. Realizou-se o teste de comparação de médias de Tukey, à 5% de probabilidade de erro.

### 3.2.3.3 Correlação dos dados meteorológicos

As variáveis climáticas de Precipitação (mm), temperatura média (°C) e umidade relativa do ar (%), foram obtidos da Estação meteorológica de Santa Maria (código INMET:A803, código OMM:86977, latitude: -29,7 e longitude:-53,7) fornecidas pela Seção de Armazenamento de Dados Meteorológicos (SADMET) do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

Os dados obtidos foram correlacionados com a abundância, riqueza e com os três grupos taxonômicos de maior abundância utilizando o programa Assisat 7.7 beta (SILVA; AZEVEDO, 2016).

## 3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.3.1 Análise faunística

Durante o período de amostragem de julho de 2018 a junho de 2019 para mesofauna e macrofauna do solo foram coletados 9063 espécimes, distribuídas em 23 grupos taxonômicos (Acari, Aranae, Blattodea, Chilopoda, Coleoptera, Collembola Entomobryomorpha, Collembola Poduromorpha, Collembola Symphypleona, Dermaptera, Diplopoda, Diplura, Enchytraeidae, Hemiptera, Hymenoptera, Isopoda, Isoptera, Oligochaeta, Opiliones, Orthoptera, Protura, Psocoptera, Symphyla e Thysanoptera). Dos 23 grupos taxonômicos encontrados, 15 ocorreram nos quatro tratamentos descritos (Tabela 3.1).

Tabela 3.1 – Abundância e riqueza de meso e macrofauna do solo em área de restauração florestal sobre diferentes coberturas vegetais.

(continua)

Grupos taxonômicos	Tratamentos								Total
	T1	(%)	T2	(%)	T3	(%)	T4	(%)	
Arachinida									
Acari	207	8,7	142	7,8	224	9,8	277	10,69	850
Aranae	2	0,1	5	0,3	13	0,6	15	0,579	35
Opiliones	2	0,1	2	0,1	0	0	0	0	4
Chilopoda	10	0,4	15	0,8	2	0,1	36	1,389	63
Crustacea									
Isopoda	10	0,4	6	0,3	17	0,7	25	0,965	58
Diplopoda	9	0,4	5	0,3	11	0,5	35	1,351	60

Tabela 3.1 – Abundância e riqueza de meso e macrofauna do solo em área de restauração florestal sobre diferentes coberturas vegetais.

(conclusão)

Grupos taxonômicos	Tratamentos								Total
	T1	(%)	T2	(%)	T3	(%)	T4	(%)	
Entognatha									
Diplura	0	0	3	0,2	0	0	2	0,077	5
Protura	2	0,1	0	0	1	0,04	10	0,386	13
Insecta									
Blattaria	1	0,04	0	0	0	0	0	0	1
Coleoptera	106	4,5	66	3,6	80	3,5	99	3,821	351
Collembola E	22	0,9	4	0,2	32	1,4	12	0,463	70
Collembola P	24	1,0	14	0,8	40	1,7	32	1,235	110
Collembola S	1	0,04	6	0,3	3	0,1	2	0,077	12
Dermaptera	0	0	3	0,2	0	0	0	0	3
Hemiptera	12	0,5	5	0,3	45	2,0	13	0,502	75
Hymenoptera	1799	75,8	1395	77,0	1576	68,9	1808	69,78	6578
Isoptera	54	2,3	0	0	93	4,1	0	0	147
Orthoptera	0	0,0	1	0,1	0	0,0	0	0	1
Psocoptera	40	1,7	64	3,5	49	2,1	43	1,66	196
Thysanoptera	1	0,04	0	0	3	0,1	2	0,077	6
Oligochaeta									
Enchytraidae	39	1,6	37	2,0	37	1,6	122	4,709	235
Haplotaxida	12	0,5	12	0,7	23	1	10	0,386	57
Symphyla	21	0,9	27	1,5	37	1,6	48	1,853	133
<b>Total de espécimes</b>	<b>2374</b>	<b>100</b>	<b>1812</b>	<b>100</b>	<b>2286</b>	<b>100</b>	<b>2591</b>	<b>100</b>	<b>9063</b>
<b>Riqueza Observada</b>	<b>20</b>		<b>19</b>		<b>18</b>		<b>18</b>		<b>23</b>

T1- *Schinus terebinthifolius* (Aroeira-pimenteira); T2- *Inga vera* (Ingá-banana); T3- *Handroanthus heptaphyllus* (Ipê-roxo) e T4- Mata nativa; <sup>1</sup>Collembola Entomobryomorpha; <sup>2</sup>Collembola Poduromorpha; <sup>3</sup>Collembola Symphypleona.

Em geral as maiores abundâncias dentro dos tratamentos mantiveram-se as mesmas, sendo que para os quatro tratamentos o grupo taxonômico mais abundante foi Hymenoptera e o segundo mais abundante Acari. No entanto, o terceiro grupo mais abundante variou entre os tratamentos, sendo que em T1 e T2 o terceiro grupo mais abundante foi Coleoptera, em T3 Isoptera e em T4 Enchytraeidae (Tabela 3.1). A composição dos grupos mais abundantes da fauna de T1 e T2, indicam boa estruturação desses *habitats*, uma vez que Acari, Coleoptera e Hymenoptera (Formicidae) são classificados como saprófagos-predadores, sendo responsáveis pela desestruturação de resíduos, decomposição e ciclagem de nutrientes, atuando ainda como predadores mantendo o balanço na cadeia trófica (CORREIA; OLIVEIRA, 2000; CORREIA, 2002). Já, o grupo Enchytraeidae foram abundante na mata nativa (T4) também são importantes

na decomposição da matéria orgânica, principalmente nas camadas superiores do solo, na ciclagem dos nutrientes e na microporosidade do solo. Os Enchytraeidae respondem negativamente aos impactos antrópicos no solo (ASSIS, 2015), evidenciando assim uma relação positiva da presença desses organismos e a restauração da área.

A diversidade total de espécimes foi de 23 grupos taxonômicos, onde a maior riqueza foi observada na área de Aroeira-pimenteira (20), seguido da área de Ingá-banana (19), Ipê-roxo (18) e mata nativa (18) (Tabela 3.1).

Apesar de ter apresentado menor riqueza (18 grupos taxonômicos) de espécimes, o tratamento que apresentou maior abundância foi o de mata nativa (T4) com 2591 indivíduos, o que já era esperado devido a maior complexidade da diversidade vegetal presente em área de mata nativa (Tabela 3.1). Dala Corte (2014) também encontrou maior abundância e menor riqueza de espécimes do solo em áreas de mata nativa, assim como Copatti e Daudt (2009) também encontraram maior abundância para área de mata nativa se comparada com áreas homogêneas.

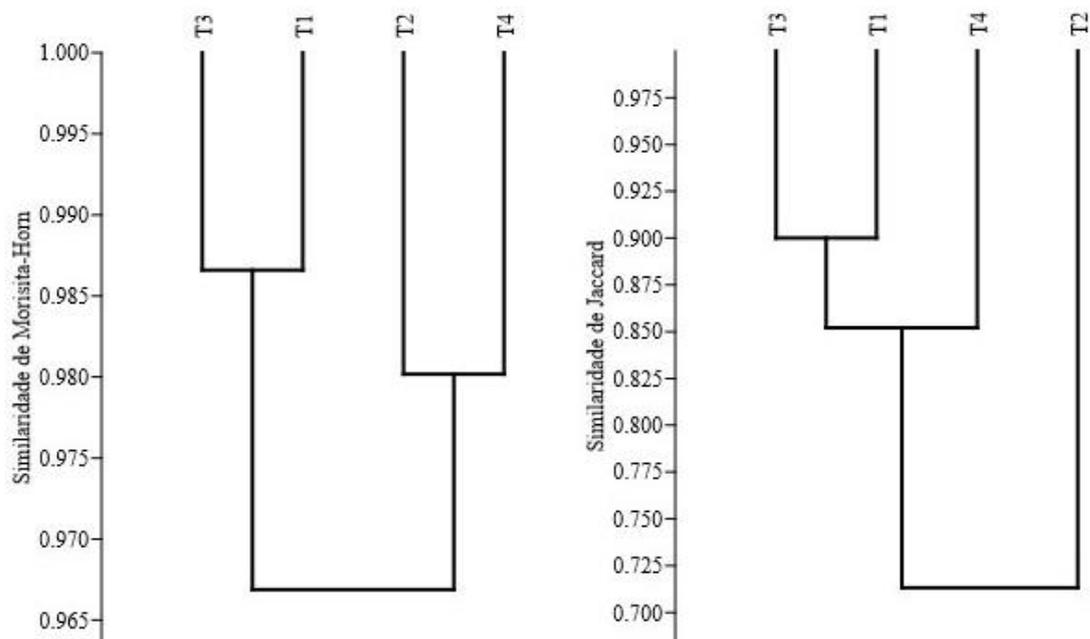
Considerando a similaridade entre os tratamentos foram aplicados os índices de Morisita-Horn ( $S_M$ ) e Jaccard ( $S_J$ ). Para similaridade de Morisita os tratamentos Aroeira-pimenteira e Ingá-banana mostraram-se mais similares, assim como os tratamentos Ipê-roxo e Mata nativa também apresentaram similaridade (Figura 3.2).

Avaliando quantitativamente para o índice de similaridade de o Aroeira-pimenteira e Ipê-roxo ( $S_M=0.988$ ) apresentaram maior similaridade, seguido por Ingá-banana e Mata nativa ( $S_M=0.980$ ) que também se mostraram semelhantes entre si. A similaridade entre Aroeira-pimenteira e Ipê-roxo pode ter se dado pela semelhança na abundância total desses dois tratamentos, 2374 e 2286, respectivamente. Já a semelhança entre Ingá-banana e Mata nativa é inferior e pode não estar associada a abundância total espécimes, considerando que que esses valores são o menor (1812) e o maior valor de abundância (2591), respectivamente, sendo assim essa similaridade provavelmente leva em consideração a abundância dentro dos grupos taxonômicos, tornando-as similares (Figura 3.2).

Para o índice de similaridade de Jaccard a semelhança entre os tratamentos Aroeira-pimenteira e Ipê-roxo ( $S_J = 0.900$ ) está relacionada a composição da fauna, uma vez que o índice só avalia presença e ausência, e os grupos taxonômicos que ocorrem em Aroeira-pimenteira são iguais aos grupos que ocorrem em Ipê-roxo, apenas com a diferença de ocorrência de dois grupos taxonômicos a menos para Ipê-roxo (Blattaria e Opiliones). A similaridade dos dois tratamentos anteriores também se aproxima de Mata nativa ( $S_J = 0.850$ ), com a diferença sendo apenas na presença de um grupo taxonômico (Diplura) que não ocorre nas duas áreas anteriores,

somente em Mata nativa. Ainda assim, Ingá-banana ( $S_J = 0.712$ ) apresenta similaridade com os demais tratamentos, a similaridade mais baixa pode estar relacionada a dois grupos taxonômicos (Dermaptera e Orthoptera) que só ocorrem nesse tratamento, fazendo assim que a relação entre eles diminua.

Figura 3.2 – Dendrograma de agrupamento de Cluster para a similaridade da composição de meso e macrofauna para os Índices de similaridade de Morisita-Horn ( $S_M$ ) e Jaccard ( $S_J$ ) sobre diferentes coberturas vegetais.



T1- *Schinus terebinthifolius* (Aroeira-pimenteira); T2- *Inga vera* (Ingá-banana); T3- *Handroanthus heptaphyllus* (Ipê-roxo) e T4- Mata nativa.

Os maiores valores para índice de diversidade Shannon-Wiener e equitabilidade de Pielou foram para T3 (Ipê-roxo) ( $H' = 1,32$ ;  $J = 0,46$ ), evidenciando que a maior diversidade foi encontrada nessa área, seguido por T4 (mata nativa), T1 (Aroeira-pimenteira) e os menores valores foram encontrados para T2 (Ingá-banana) ( $H' = 1,03$ ;  $J = 0,35$ ) (Tabela 3.2). Segundo Townsend et al. (2006), a diversidade de Shannon está relacionada com a riqueza e equitabilidade de Pielou, sendo que para áreas com mesma riqueza, a diversidade é maior com o aumento da equitabilidade de Pielou (TOWNSEND et al., 2006), desta forma a riqueza de Ipê-roxo e Mata nativa foram a mesma (18 grupos taxonômicos), e que Ipê-roxo obteve maior valor para equitabilidade de Pielou e conseqüentemente maior valor para a diversidade de Shannon, explicando o porquê a maior diversidade de Shannon foi verificada na área Ipê-roxo e não na área de mata nativa.

Tabela 3.2 – Diversidade de Shannon-Wiener (H') e Equitabilidade de Pielou (J) para meso e macrofauna do solo em área de restauração florestal sobre diferentes coberturas vegetais no parque estadual da Quarta Colônia.

Tratamentos	Índices de Diversidade	
	Shannon-Wiener	Equitabilidade de Pielou
T1	1,06	0,36
T2	1,03	0,35
T3	1,32	0,46
T4	1,26	0,43

T1- *Schinus terebinthifolius* (Aroeira-pimenteira); T2- *Inga vera* (Ingá-banana); T3- *Handroanthus heptaphyllus* (Ipê-roxo) e T4- Mata nativa.

### 3.3.2 Análise estatística

Em geral as médias de abundância de T1 (Aroeira-pimenteira), T2 (Ingá-banana), T3 (Ipê-roxo) e T4 (Mata nativa) não diferiram estatisticamente entre si pelo teste de médias de Tukey a 5% de significância, as médias de riqueza também não apresentaram diferença estatística, enfatizando assim que tanto a abundância quanto a riqueza são semelhantes nos locais amostrados (Tabela 3.3). Moço et al. (2005), também verificou que as coberturas vegetais não se diferenciaram em termos de funcionalidade dos grupos de fauna do solo.

Essa semelhança pode ter ocorrido devido a utilização de espécies nativas, uma vez que áreas de plantios de espécies exóticas apresentaram diferença estatísticas de abundância e riqueza de fauna do solo se comparada a mata nativa (DALA CORTE, 2014; MESTRI, 2013; TACCA, 2017). Podendo inferir, que tanto as características da espécie, quanto a sua função no ambiente influenciam a fauna do solo, uma vez que todas as espécies do experimento são espécies nativas utilizadas na restauração florestal.

Tabela 3.3 – Médias de abundância e riqueza para meso e macrofauna em área de restauração florestal sobre diferentes coberturas vegetais.

Tratamentos	Médias de Abundância	Médias de Riqueza
T1	111,50 a	13,00 a
T2	86,83 a	13,33 a
T3	136,33 a	13,50 a
T4	148,66 a	14,83 a
CV%	34,57	12,21

T1- *Schinus terebinthifolius* (Aroeira-pimenteira); T2- *Inga vera* (Ingá-banana); T3- *Handroanthus heptaphyllus* (Ipê-roxo) e T4- Mata nativa; Médias seguidas com a mesma letra na coluna não apresentam diferença estatística entre si, pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ); <sup>1</sup> CV% - Coeficiente de variação.

Apesar de Aroeira-pimenteira, Ingá-banana e Ipê-roxo serem de grupos sucessionais diferentes, as médias não apresentaram diferença estatística entre si. Aroeira-pimenteira (T1) é uma espécie pioneira, tolerante a condições adversas e com alta capacidade de adaptação, o que pode ter favorecido a fauna do solo (BACKES; IRGANG, 2002; WILLIANS et al., 2007). Ingá-banana (T2) é uma espécie de preenchimento em áreas de restauração, não é pioneira, mas apresenta rápido crescimento e recobrimento da área, além disso, por ser uma leguminosa atua na fixação de nitrogênio contribuindo em ambientes com baixa disponibilidade nutricional (MARCUIZZO, 2012; TURCHETTO, 2018), Santos (2008) encontrou que a família leguminosa favorece a maior abundância de invertebrados do solo. Ipê-roxo (T3), secundária tardia mostra-se resistente a plantios a pleno sol (TONETTO, 2014) o que também pode ter favorecido o desenvolvimento da espécie, uma vez que a área de degradação não possuía sombreamento. Todas essas características específicas das espécies nativas utilizadas podem ter tido associação positiva com o desenvolvimento e composição da fauna no solo nos tratamentos Aroeira-pimenteira, Ingá-banana e Ipê-roxo, indicando que essas áreas conseguiram alcançar determinada estabilidade, explicando a semelhança com T4 (mata nativa).

Desta forma, as espécies utilizadas promovem um ambiente adequado para a composição de grupos da fauna edáfica em relação aos grupos encontrados na Mata Nativa. Ou seja, Aroeira-pimenteira, Ingá-banana e Ipê-roxo apresentaram grupos taxonômicos semelhantes ao Mata nativa (T4), podendo indicar a qualidade dessas áreas e, consequentemente, o sucesso do projeto de restauração.

### 3.3.2 Análise de medidas repetidas

A análise de medidas repetidas para abundância e riqueza apresentaram diferenças significativas entre as interações (Tempo e Tratamento; Tempo e Temp. do solo<sup>o</sup>(C)) (Tabela 3.4). Isto indica as diferenças entre a fauna do solo ao longo do tempo de coleta.

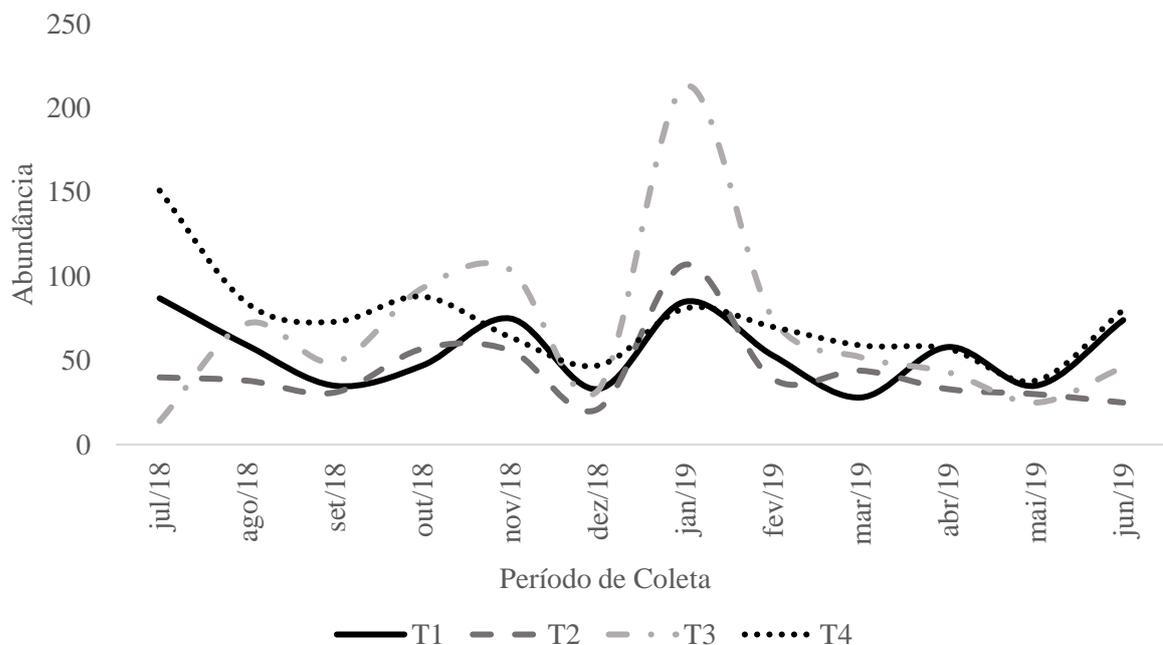
Tabela 3.4 – ANOVA e Análise de regressão no tempo para variáveis abundância e riqueza de meso e macrofauna do solo em área de restauração florestal.

Variável	Interações	Efeito	Pr(>F)
Abundância	Tempo e Tratamento	-	0.0162 *
	Tempo e Temp. do solo <sup>o</sup> (C)	0.08505	3.65e-05 ***
Riqueza	Tempo e Tratamento	-	4.73e-07 ***
	Tempo e Temp. do solo <sup>o</sup> (C)	-0.02623	2e-16 ***

\*significativo a 5% e \*\*\*significativo a 0,1%

A interação tempo e tratamento para abundância ( $p = 0.0162$ ) apresentou valor significativo, indicando a diferença da abundância ao longo do tempo entre os tratamentos. O período de dezembro – janeiro – fevereiro, foi o único período em que a abundância seguiu o mesmo padrão para ambos os tratamentos, onde ocorreu um acréscimo exponencial da população de dezembro – janeiro e um decréscimo abrupto de janeiro - fevereiro. Sendo assim, a maioria dos meses não apresentaram padrões de abundância entre os tratamentos (Figura 3.3). Corroborando com Rosa (2015) e Santos (2008) que também encontraram efeito significativo da época de amostragem na abundância da fauna edáfica.

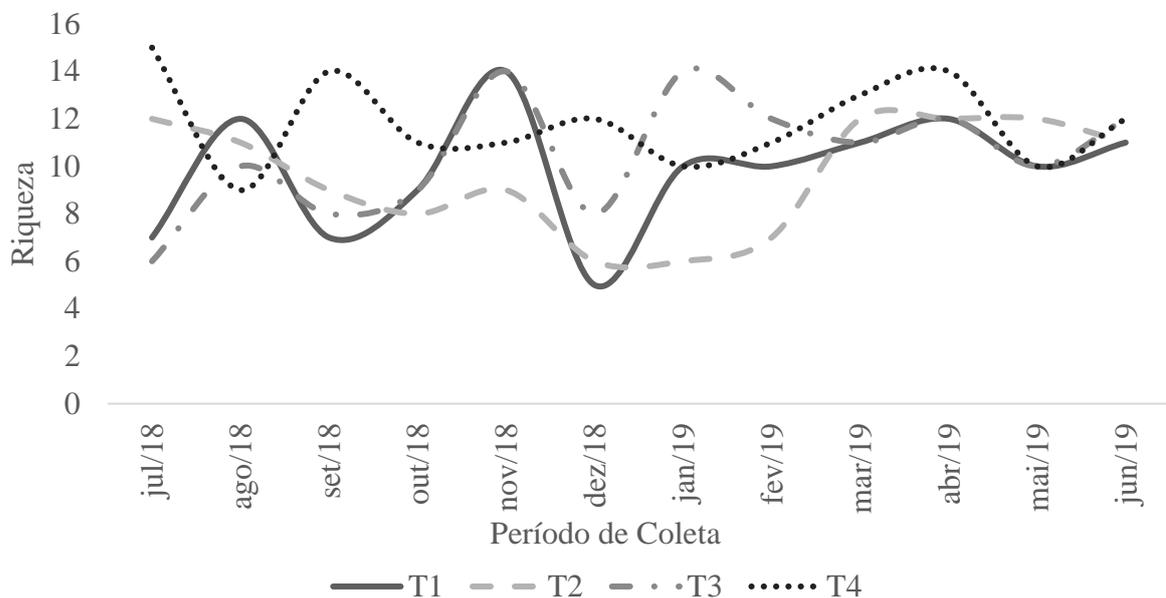
Figura 3.3 – Abundância da meso e macrofauna do solo em área de restauração florestal sobre diferentes coberturas vegetais, Rio Grande do Sul.



T1- *Schinus terebinthifolius* (Aroeira-pimenteira); T2- *Inga vera* (Ingá-banana); T3- *Handroanthus heptaphyllus* (Ipê-roxo) e T4- Mata nativa.

A interação de tempo e tratamento para riqueza ( $p = 4.73e^{-07}$ ) também apresentou valor significativo (Tabela 3.4). Em geral, a riqueza ao longo do tempo não apresentou um padrão (Figura 3.4), cada tratamento respondeu de uma forma diferente com relação à riqueza da fauna de solo durante o período de coleta.

Figura 3.4 – Riqueza da meso e macrofauna do solo em área de restauração florestal sobre diferentes coberturas vegetais.



T1- *Schinus terebinthifolius* (Aroeira-pimenteira); T2- *Inga vera* (Ingá-banana); T3- *Handroanthus heptaphyllus* (Ipê-roxo) e T4- Mata nativa.

A diferença encontrada para abundância e riqueza no tempo entre os tratamentos pode estar associada aos diferentes níveis de sombreamento, uma vez que cada espécie apresenta características específicas para a variável, que ao longo do tempo (estações) tem influência direta na fauna edáfica, criando condições ambientais propícias ou desfavoráveis para a colonização da fauna (MOÇO et al., 2005). A interação tempo e temperatura do solo ( $^{\circ}\text{C}$ ) para abundância ( $pr = 3.65e^{-05}$ ) e riqueza ( $pr = 2e^{-16}$ ) também apresentaram valores significativos, afirmando assim que a abundância e riqueza são alteradas conforme a variação de temperatura.

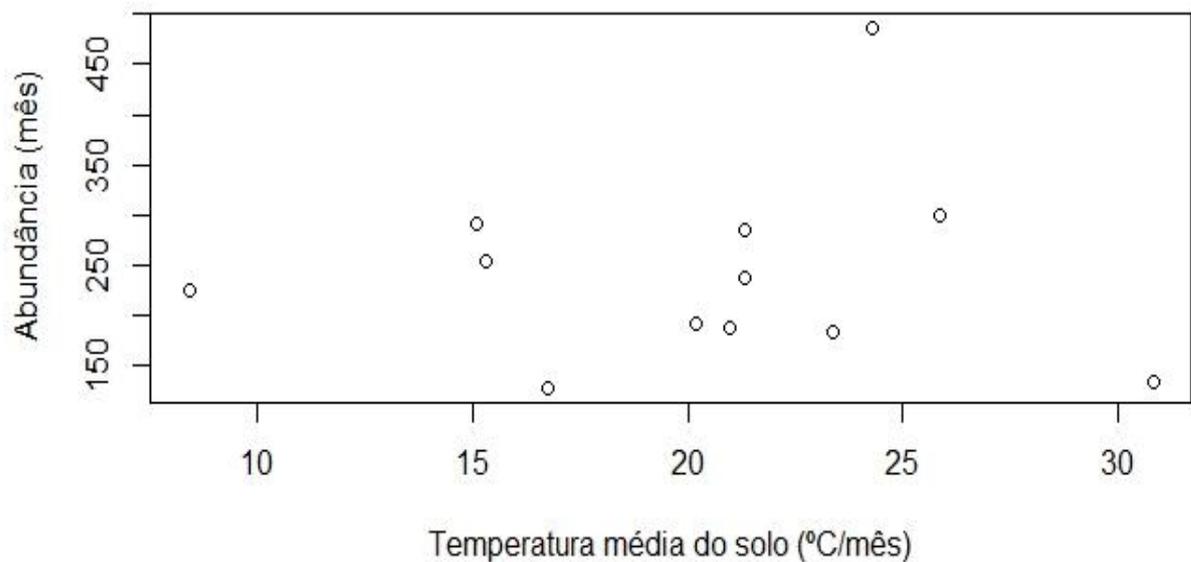
A interação abundância e temperatura do solo resultou em um efeito positivo (0.08505), ou seja, conforme aumenta a temperatura, também aumenta a abundância, corroborando com Santos (2018) que também encontrou correlação positiva para abundância e temperatura do solo. A fauna do solo não deixa de existir em baixas temperaturas ( $<10^{\circ}\text{C}$ ), no entanto foram em temperaturas do solo mais elevadas que ocorreram os valores mais altos de abundância (Figura 3.5).

Existe uma faixa ótima para as maiores abundâncias de fauna do solo, pois acima de  $30^{\circ}\text{C}$  a abundância começa a reduzir (Figura 3.5). A temperatura determina a distribuição espacial da fauna do solo (LAVELLE e SPAIN, 2001) e o conteúdo de água, que influenciam na

dinâmica da mesofauna e macrofauna do solo (SILVA et al, 2017; OLIVEIRA E SOUTO, 2011).

A interação tempo e temperatura do solo (°C) para riqueza resultou em um efeito negativo (-0.02623), sendo assim a variação que ocorre na temperatura é inversa para a riqueza, ou seja, quando aumenta a temperatura do solo a riqueza diminui. Santos (2018) também encontrou essa relação negativa entre temperatura do solo e riqueza, onde a riqueza da fauna do solo foi favorecida pela temperatura do solo amena. Oliveira (2012) avaliando a resposta da fauna do solo a temperatura do solo não encontrou significância entre as variáveis riqueza e temperatura do solo.

Figura 3.5 – Interação tempo e temperatura (°C) para abundância de meso e macrofauna do solo em área de restauração florestal.



### 3.3.3 Correlação simples

As variáveis climáticas, precipitação, temperatura média e umidade relativa do ar não apresentaram correlação com a abundância e riqueza. Machado (2016) e Pedron (2016), também não encontraram correlação entre as variáveis climáticas para abundância e riqueza.

Para a correlação dos grupos taxonômicos mais abundantes e as variáveis climáticas, o grupo Acari e Coleoptera não apresentaram correlação com nenhuma das variáveis analisadas.

Já, o grupo Hymenoptera não apresentou correlação com a precipitação e temperatura média, mas apresentou correlação com a umidade relativa do ar (Tabela 3.5), uma vez que a umidade tem influência direta na atividade do grupo Hymenoptera (ROBINSON; FOWLER, 1982).

Tabela 3.5 – Correlação das variáveis meteorológicas com a abundância, riqueza e grupos taxonômicos mais abundantes de meso e macrofauna do solo em área de restauração florestal.

Correlação	Coefficiente de Correlação	Significância
Abundância x Precipitação (mm)	-0,1869	ns
Abundância x Temperatura média (°C)	0,4388	ns
Abundância x Umidade relativa do ar média (%)	-0,5582	ns
Riqueza x Precipitação (mm)	0,136	ns
Riqueza x Temperatura (°C)	0,0213	ns
Riqueza x Umidade relativa do ar média (%)	0,3822	ns
Acari x Precipitação (mm)	0,0951	ns
Acari x Temperatura média (°C)	0,1059	ns
Acari x Umidade relativa do ar média (%)	-0,0109	ns
Coleoptera x Precipitação (mm)	-0,171	ns
Coleoptera x Temperatura média (°C)	0,0696	ns
Coleoptera x Umidade relativa do ar média (%)	-0,1314	ns
Hymenoptera x Precipitação (mm)	-0,2654	ns
Hymenoptera x Temperatura média (°C)	0,4069	ns
Hymenoptera x Umidade relativa do ar média (%)	-0,5859	*

\*significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $0.01 \leq p < 0.05$ ); ns = não significativo ( $p \geq 0.05$ ).

### 3.4 CONCLUSÃO

As ordens Acari, Hymenoptera e Coleoptera constituem as mais abundantes, na área de restauração florestal do Parque Estadual da Quarta Colônia (PEQC/RS).

*Handroanthus heptaphyllus* apresenta a maior diversidade de meso e macro fauna edáfica na PEQC/RS.

*Schinus terebinthifolius*, *Inga vera*, e *Handroanthus heptaphyllus* são potenciais espécies para utilização em restauração florestal por não diferir de mata nativa em composição de meso e macrofauna edáfica.

A abundância e riqueza da meso e macrofauna edáfica são influenciadas pela temperatura do solo ao longo tempo.

A temperatura do ar influencia a abundância de Hymenoptera em área de restauração florestal, independentemente da cobertura vegetal.

## CAPÍTULO 2

### 4. EFEITO DE MÉTODOS SILVICULTURAIS SOBRE FAUNA EDÁFICA EM ÁREA DE RESTAURAÇÃO FLORESTAL

#### Resumo

A regularização e certificação ambiental das atividades produtivas, a ação efetiva de fiscalização e punições, bem como a preocupação da sociedade levaram ao aumento considerável na conservação e restauração ambiental. Contudo, aspecto importante da evolução na restauração florestal é o monitoramento, que tem por objetivo auxiliar na avaliação do desenvolvimento, verificando a eficiência dos métodos e espécies vegetais empregadas. Desta forma o presente estudo objetivou avaliar os efeitos de diferentes métodos silviculturais aplicados em área de restauração florestal sobre a diversidade e composição da fauna edáfica. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, sendo que cada tratamento composto por uma intervenção silvicultural: Silvicultura convencional (T1), Silvicultura de baixo insumo (T2), Silvicultura intensiva (T3) e mata nativa (T4). A coleta de meso e macrofauna foi realizada mensalmente durante o período de um ano, com auxílio de extrator de solo. Em laboratório, espécimes de mesofauna foram extraídos pelo método de Funil de Berlese e a macrofauna pelo método de catação manual, e posteriormente identificadas a nível de grupos taxonômicos. Os parâmetros ecológicos de diversidade e similaridade foram realizados para meso e macrofauna. As médias de abundância e riqueza foram submetidas a análise de variância (ANOVA) e posteriormente ao teste de médias de Tukey. Também foi realizada a análise de medidas repetidas para riqueza e abundância entre os tratamentos. Foram coletados 13127 espécimes distribuídos em 21 grupos taxonômicos. O tratamento de Silvicultura intensiva apresentou a maior diversidade pelo índice de Shannon. A abundância de meso e macrofauna do solo diferiram estatisticamente entre si, no entanto não diferiram da mata nativa e a riqueza não diferiu estatisticamente entre os tratamentos. Conclui-se que os métodos silviculturais aplicados são indicados para restauração florestal por não diferirem de mata nativa em composição de meso e macrofauna edáfica.

**Palavras:-chave:** Fauna edáfica. Bioindicadores de solo. Métodos silviculturais. Restauração Florestal.

#### 4.1 INTRODUÇÃO

A regularização e certificação ambiental das atividades produtivas, a ação efetiva de fiscalização e punições, bem como a preocupação da sociedade levaram ao aumento considerável na conservação e restauração ambiental (BRANCALION, 2010; RODRIGUES et

al., 2009). Esta preocupação vem acompanhada do aperfeiçoamento dos métodos de restauração e ainda da utilização de novos métodos (RODRIGUES et al., 2009).

A eficiência dos métodos silviculturais como o preparo de solo adequado; controle de matocompetição através de medidas preventivas, mecânicas, biológicas e químicas visando a diminuição na competição de espécies invasoras com a finalidade do ressurgimento e estabelecimento de espécies endêmicas e nativas (BRACCINI, 2001). Além de adubações complementares, tendem a favorecer as espécies nativas plantadas aumentando a disponibilidade de recursos, e reduzindo o estresse do ambiente, resultando no sucesso da implantação da floresta restaurada (IANNELLI-SERVIN, 2007; STAPE et al., 2006).

Contudo, aspecto importante da evolução na restauração florestal é o monitoramento, que tem por objetivo auxiliar na avaliação do desenvolvimento, verificando a eficiência dos métodos e espécies empregados e no aperfeiçoamento dos modelos de restauração (SCHIEVENIN et al., 2012).

A diversidade biológica é um indicador utilizado no monitoramento, com capacidade de contribuir para avaliação do estabelecimento e funcionalidade da biodiversidade local (RODRIGUES; GANDOLFI, 2004; TÓTOLA; CHAER 2002). Entre os potenciais indicadores de diversidade biológica para ações de restauração florestal destaca-se a fauna edáfica (densidade e diversidade de organismos) (MORAES, CAMPELO, FRANCO, 2010). Esta apresenta alterações rápidas em sua abundância e diversidade quando exposta a diferentes condições de solo, vegetação e intervenções (BARETA et al., 2003).

Diante do exposto, o monitoramento e avaliação dos projetos de restauração florestal tornam-se fundamentais para o avanço do conhecimento científico. Desta forma o presente estudo objetivou avaliar a os efeitos de diferentes métodos silviculturais aplicados em área de restauração florestal sobre a diversidade e composição da mesofauna e macrofauna edáfica.

## 4.2 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.2.1 Área experimental

#### 4.2.1.1 Localização, histórico e descrição da área

O estudo foi conduzido no Parque Estadual da Quarta Colônia (PEQC) (Latitude: 29°27'25"S e longitude: 53°17'28" W), localizado no município de Ibarara, região central do Estado do Rio Grande do Sul (BR). O Parque é resultante de uma compensação ambiental

proveniente da construção da Usina Hidrelétrica de Dona Francisca, situada no rio Jacuí. A vegetação é composta pelo bioma Mata Atlântica, com remanescentes de Floresta Estacional Decidual.

O clima da região segundo a classificação Wilhelm Köppen é Cfa, sem estações secas definidas, temperatura moderada, chuvas bem distribuída ao longo do ano (>40 mm por mês), verão quente, geadas nos meses de inverno com temperatura média no inverno < 16°C e temperatura máxima no mês mais quente > 30° C (ALVARES et al, 2013). O solo predominante na região é o Neossolo Litólico e Neossolo Regolítico (PEDRON, DALMOLIM, 2011).

#### 4.2.1.2 Tratamentos e delineamento experimental

A área de estudo está localizada no Parque Estadual da Quarta Colônia, a mesma foi subdividida em quatro tratamentos constituídos por seis parcelas, com dimensões de 9 x 8 metros (72m<sup>2</sup>), ainda cada parcela foi considerada como uma repetição, totalizando assim 24 repetições.

A cobertura vegetal de cada parcela é composta por 35 indivíduos distribuídos em cinco espécies em cada (*Inga marginata*, *Schinus terebintifolius*, *Ceiba speciosa*, *Enterolobium contortisiliquum* e *Solanum mauritianum*).

Os tratamentos foram determinados pela aplicação de métodos silviculturais e a testemunha. Assim, os tratamentos foram constituídos de:

- T1 = Silvicultura convencional (Plantio de *Raphanus sativus* L. (nabo forrageiro), *Pennisetum glaucum* (L.) R.Br (milheto) e *Canavalia ensiformis* DC. (feijão-de-porco) como adubação verde de inverno e verão, respectivamente, em quatro ocasiões (pré-plantio, 6, 12 e 18 meses);
- T2 = Silvicultura de baixo insumo (controle da matocompetição por meio de capina manual em um raio de 50 cm no entorno de cada muda);
- T3 = Silvicultura intensiva (Controle químico (glifosato, 4 L ha<sup>-1</sup>) em área total, realizado periodicamente com auxílio de pulverizador costal, com objetivo de impedir a matocompetição);
- T4 = Mata Nativa.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado (DIC).

## 4.2.2 Extração, amostragem e análise de dados

A extração, amostragem e análise de dados para mesofauna e macrofauna edáfica foi realizada de acordo com a metodologia descrita anteriormente no Capítulo 1.

## 4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.3.1 Análise faunística

No período de julho de 2018 à junho de 2019 para mesofauna e macrofauna do solo foram coletados um total de 13127 espécimes, distribuídos em 21 grupos taxonômicos (Acari, Aranae, Blattodea, Chilopoda, Coleoptera, Collembola Entomobryomorpha, Collembola Poduromorpha, Collembola Symphypleona, Diplopoda, Diplura, Enchytraeidae, Hemiptera, Hymenoptera, Isopoda, Oligochaeta, Orthoptera, Protura, Psocoptera, Pseudoscorpiones, Symphyla e Thysanoptera), dentre estes, 18 grupos ocorreram em todos os tratamentos, com exceção de Blattodea, Collembola, Orthoptera e Pseudoscorpiones (Tabela 4.1).

Os grupos taxonômicos mais abundantes foram Hymenoptera (9262), Acari (1747) e Enchytraeidae (444). O grupo Hymenoptera e Acari são grupos encontrados como os mais abundantes em diversos em áreas de restauração (OLIVEIRA FILHO, 2015; DERENGOSKI, 2017). Hymenoptera foi representada em sua grande maioria (>95%) por indivíduos da família Fomicidae, sendo a família com maior representatividade da fauna edáfica da ordem, essa família está relacionada com ambientes degradados ou em estágio de recuperação (BARETA, et al., 2007). O grupo Acari é considerado um dos grupos mais abundantes da fauna do solo, com a possibilidade da existência de milhares de indivíduos por metro quadrado (PALACIOS-VARGAS et al., 2007; RIEFF et al., 2014), o que justificaria sua elevada abundância. Já, o grupo Enchytraeidae não é comumente encontrado entre os grupos de maior abundância, entretanto Pompeo et al. (2016) também registrou maior abundância do grupo em área de campo nativo.

Verificou-se diferença entre as maiores abundâncias nos tratamentos, T1 (Silvicultura convencional), T3 (Silvicultura intensiva) e T4 (Mata nativa) mantiveram as maiores abundâncias representadas pelos grupos Hymenoptera, Acari e Enchytraeidae. Em ensaios ecotoxicológicos sob condições de laboratório e solo artificial tropical o glifosato demonstrou ter influência na redução da população de Enchytraeidae (ASSIS 2016), o que não é

evidenciado neste trabalho, uma vez que T3 manteve valores altos de abundância para Enchytraeidae, acompanhando os valores dos demais tratamentos. No entanto, em T2 (Silvicultura de baixo insumo) o grupo Enchytraeidae não estava entre as maiores abundâncias e sim o grupo Coleoptera, que é um grupo de alta representatividade na fauna do solo, sendo registrado com grande abundância em diversas áreas de restauração (SILVA et al. 2017; BARTZ et al., 2014).

Tabela 4.1 – Abundância e riqueza de meso e macrofauna do solo em área de restauração florestal sobre diferentes métodos silviculturais.

Grupos taxonômicos	Tratamentos								Total
	T1	(%)	T2	(%)	T3	(%)	T4	(%)	
Arachnida									
Acari	638	14,5	459	10,8	264	17,0	386	13,1	1747
Aranae	15	0,3	6	0,1	9	0,6	16	0,5	46
Pseudoscorpiones	0	0,0	0	0,0	2	0,1	0	0,0	2
Chilopoda	6	0,1	4	0,1	1	0,1	36	1,2	47
Crustacea									
Isopoda	9	0,2	5	0,1	1	0,1	25	0,8	40
Diplopoda	14	0,3	11	0,3	7	0,5	35	1,2	67
Entognatha									
Diplura	5	0,1	5	0,1	8	0,5	2	0,1	20
Protura	3	0,1	4	0,1	1	0,1	10	0,3	18
Insecta									
Blattaria	1	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	1
Coleoptera	123	2,8	82	1,9	108	7,0	104	3,5	417
Collembola E	48	1,1	26	0,6	10	0,6	36	1,2	120
Collembola P	103	2,3	47	1,1	52	3,3	87	3,0	289
Collembola S	1	0,0	7	0,2	0	0,0	5	0,2	13
Hemiptera	27	0,6	24	0,6	7	0,5	18	0,6	76
Hymenoptera	3137	71,4	3364	79,4	814	52,4	1947	66,1	9262
Orthoptera	2	0,0	1	0,0	1	0,1	0	0,0	4
Psocoptera	42	1,0	51	1,2	46	3,0	43	1,5	182
Thysanoptera	11	0,3	2	0,0	16	1,0	2	0,1	31
Oligochaeta									
Enchytraidae	124	2,8	74	1,7	122	7,9	124	4,2	444
Haplotaaxida	46	1,0	41	1,0	74	4,8	14	0,5	175
Symphyla	37	0,8	25	0,6	10	0,6	54	1,8	126
<b>Total de espécimes</b>	<b>4392</b>	<b>100</b>	<b>4238</b>	<b>100</b>	<b>1553</b>	<b>100</b>	<b>2944</b>	<b>100,0</b>	<b>13127</b>
<b>Riqueza Observada</b>	<b>20</b>		<b>19</b>		<b>19</b>		<b>18</b>		<b>21</b>

T1- Silvicultura convencional; T2- Silvicultura de baixo insumo; T3- Silvicultura intensiva e T4- Mata nativa; <sup>1</sup>Collembola Entomobryomorpha; <sup>2</sup>Collembola Poduromorpha; <sup>3</sup>Collembola Symphypleona.

A maior riqueza de espécimes foi encontrada no tratamento T1 (Silvicultura convencional) com 20 grupos taxonômicos, seguido de T2 (Silvicultura de baixo insumo) e T3 (Silvicultura intensiva) com 19 grupos taxonômicos e T4 (Mata nativa) com 18 grupos taxonômicos.

A área de silvicultura convencional (T1) que apresentou maior riqueza de grupos taxonômicos (19) também foi a área que apresentou maior abundância de indivíduos (4392). Estudos sobre a fauna do solo demonstraram que o nabo forrageiro é uma excelente opção, tanto em consórcio como em cultivo solteiro, para promover grupos da fauna do solo, bem como áreas com milho apresentam maior riqueza de espécimes (DA COSTA et al., 2016; GRIESANG et al. 2016; NOGUEIRA et al., 2016), desta forma a implantação de espécies de adubação verde favorecem os maiores valores para abundância, riqueza, diversidade, entre outros parâmetros ecológicos, demonstrando a capacidade de restauração, manutenção da qualidade do solo e funcionalidade de ecossistemas (HOORMAN et al, 2009; PORTILHO et al. 2010a).

A área que apresentou menor abundância foi a área de silvicultura intensiva (T3) (1553), podendo estar relacionada ao controle químico realizado em área total (glifosato, 4 L ha<sup>-1</sup>). Segundo Boohn et al. (2010), herbicidas utilizados no controle de plantas daninhas, como o glifosato, interferem negativamente na estabilidade da fauna do solo. Outros estudos evidenciam a influência de herbicidas como fluazifop-P-buthyl, nicosulfuron e mesotrione na abundância, riqueza e densidade de organismos da fauna de invertebrados do solo (ANTUNES, 2016; GARLET et al., 2017; SCORIZA et al., 2015, SOUZA; ANDRÉA, 2011; MORAES; ROSSI, 2010).

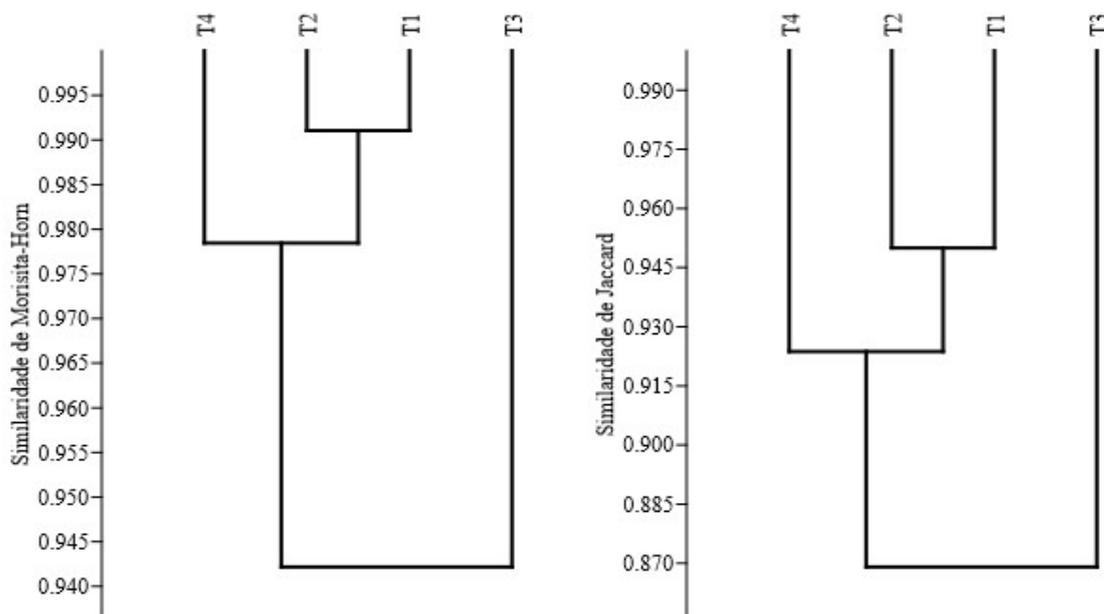
A partir do índice de similaridade de Morisita-Horn ( $S_M$ ) que aborda a similaridade de forma quantitativa baseada na abundância foi verificada a formação de três grupos, T1 e T2 ( $S_M = 0,991$ ) que em seguida apresentou similaridade com T4 ( $S_M = 0,979$ ) e posteriormente a similaridade com T3 ( $S_M = 0,943$ ). Sendo que os mesmos agrupamentos foram encontrados para o índice de similaridade de Jaccard ( $S_J$ ), onde T1 e T2 ( $S_J = 0,950$ ) apresentaram a maior similaridade, seguido por T4 ( $S_J = 0,925$ ) e posteriormente por T3 ( $S_J = 0,870$ ) (Figura 4.1).

Quantitativamente a maior similaridade foi verificada entre T1 (silvicultura convencional) e T2 (silvicultura de baixo insumo), que está associada com as altas abundâncias (4392 e 4238 espécimes) encontradas nesses tratamentos, sendo áreas mais similares. A similaridade ainda próxima a T4 (mata nativa) também está relacionada a quantidade de espécimes encontradas. Já a similaridade mais baixa entre os tratamentos anteriores e T3

(silvicultura intensiva) diz respeito ao baixo valor de abundância encontrado para esse tratamento (1553 espécimes) (Tabela 4.1).

Avaliando a similaridade de forma qualitativa pelo índice de similaridade de Jaccard ( $S_j$ ) a maior similaridade ocorreu entre T1 e T2 e está associada aos grupos taxonômicos encontrados nos tratamentos, sendo que todos os grupos de T1 foram encontrados em T2, com exceção de Blattodea. O mesmo padrão foi verificado no agrupamento de T1 e T2 com T3, sendo que os grupos taxonômicos encontrados foram os mesmos de T2, com exceção de Orthoptera. Mesmo com valor inferior, ainda foi identificada similaridade dos agrupamentos anteriores com T3, essa similaridade está relacionada a diversidade de T3 ser 85% a mesma de T1, que foi o grupo com maior diversidade.

Figura 4.1 – Dendrograma de agrupamento de Cluster para a similaridade da composição de meso e macrofauna para os Índices de similaridade de Morisita-Horn ( $S_M$ ) e Jaccard ( $S_j$ ) em área de restauração florestal sobre diferentes métodos silviculturais.



T1- Silvicultura convencional; T2- Silvicultura de baixo insumo; T3- Silvicultura intensiva e T4- Mata nativa.

Para os índices de diversidade Shannon-Wiener e equitabilidade de Pielou, os maiores valores encontrados foram para T3 (Silvicultura intensiva) ( $H' = 1,63$ ;  $J = 0,55$ ), evidenciando que a maior diversidade foi encontrada nessa área. Scoriza et al. (2015) avaliando a influência de herbicidas na fauna do solo, encontrou resultados similares com a aplicação Fluazifop-P-butyl e Nicosulfuron, onde os maiores índices de Shannon e Pielou foram verificados.

O segundo maior valor para nos índices foi verificado em T4 (mata nativa), seguido de T1 (Silvicultura convencional) e os menores valores foram encontrados para T2 (Silvicultura de baixo insumo) ( $H' = 0,88$ ;  $J = 0,30$ ) (Tabela 4.2).

Tabela 4.2 – Diversidade de Shannon-Wiener ( $H'$ ) e Equitabilidade de Pielou ( $J$ ) meso e macrofauna do solo em área de restauração florestal no Parque Estadual da Quarta Colônia.

Tratamentos	Índices de Diversidade	
	Shannon-Wiener	Equitabilidade de Pielou
T1	1,12	0,37
T2	0,88	0,30
T3	1,63	0,55
T4	1,36	0,47

T1- Silvicultura convencional; T2- Silvicultura de baixo insumo; T3- Silvicultura intensiva e T4- Mata nativa.

#### 4.3.2 Análise estatística

A abundância apresentou diferença entre os tratamentos, sendo que T1, não diferiu de T2 e T4, mas diferiu de T3, essa diferença entre T1 e T3 está associada a abundância total desses tratamentos, onde T1 apresentou a maior abundância (4392) e T3 a menor (1553). Desta forma T1 não difere estatisticamente de abundâncias intermediárias, porém não as menores como de T2 e T4, mas difere da mais baixa (T3). O mesmo padrão segue para T3, que difere da média mais alta (T4, mas não difere das duas intermediárias T2 e T4 (Tabela 4.3).

Apesar de a abundância de T3 ter sido provavelmente reduzida devido a aplicação de herbicida nessa área, a abundância de T3 não diferiu da abundância da mata nativa (T4), evidenciando que apesar de apresentar valores reduzidos pela aplicação, a área mantém-se estável se comparada a mata nativa.

Outra evidência que indica a estabilidade da área é a presença do grupo Pseudoscorpione, que mesmo em baixa frequência (0,1%) não é encontrado em áreas degradadas, ou seja, é apenas encontrado em ambientes cujo ecossistema não apresenta degradação (OLIVEIRA, 2014; OLIVEIRA FILHO; BARETA; SANTOS, 2014), que ocorre em T3. Cunha-Neto et al. (2012) e Moço et al. (2005) relataram que o predador Pseudoscorpionida foi exclusivo na floresta secundária/preservada. Sugerindo que a ocorrência de Pseudoscorpiones está atrelada a ambientes estruturados e com maior estabilidade da cadeia trófica.

Para a análise estatística de riqueza não foi verificada diferença significativa entre os tratamentos, evidenciando que a riqueza se apresenta semelhante entre tratamentos da área de restauração.

Desta forma, as áreas de restauração promovem um ambiente adequado para a composição de grupos da fauna edáfica em relação aos grupos encontrados na Mata Nativa. Ou seja, T1, T2 e T3 apresentaram grupos taxonômicos semelhantes ao Mata nativa (T4), podendo indicar a qualidade dessas áreas e, conseqüentemente, o sucesso do projeto de restauração.

Tabela 4.3 - Médias de abundância e riqueza para meso e macrofauna do solo em área de restauração florestal sobre diferentes métodos silviculturais.

Tratamentos	Médias de Abundância	Médias de Riqueza
T1	677,83 a*	15,16 a*
T2	544,50 ab	13,33 a
T3	192,83 b	12,50 a
T4	431,83 ab	14,83 a
CV% <sup>1</sup>	12,41	14,73

T1- Silvicultura convencional; T2- Silvicultura de baixo insumo; T3- Silvicultura intensiva e T4- Mata nativa; \* Médias seguidas com a mesma letra não apresentam diferença estatística entre si, pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ); <sup>1</sup> CV% - Coeficiente de variação.

#### 4.3.2 Análise de medidas repetidas

Foi verificada diferença estatística para abundância (Tempo e Tratamento; Tempo e Temp. do solo<sup>o</sup>(C)) e para riqueza (Tempo e Tratamento; Tempo e Temp. do solo<sup>o</sup>(C)), evidenciando a que tanto a abundância quanto a riqueza sofrem alterações ao longo do tempo (Tabela 4.4).

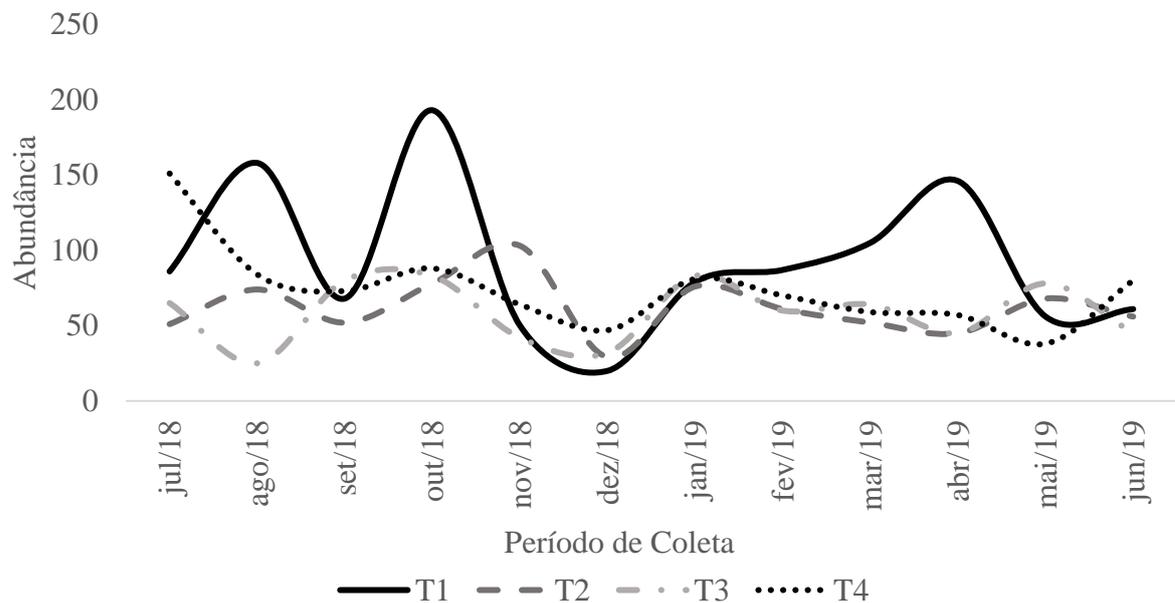
Tabela 4.4 – ANOVA e Análise de regressão no tempo para variáveis abundância e riqueza de meso e macrofauna do solo em área de restauração florestal.

Variável	Interações	Efeito	Pr(>F)
Abundância	Tempo e Tratamento	-	0.00707 *
	Tempo e Temp. do solo <sup>o</sup> (C)	0.1905	8.74e-05 ***
Riqueza	Tempo e Tratamento	-	2e-16 ***
	Tempo e Temp. do solo <sup>o</sup> (C)	0.0361	2e-16 ***

\*significativo a 5% e \*\*\*significativo a 0,1%

Para a abundância, a interação tempo e tratamento apresentou significância ( $p = 0.00707$ ) a 5%, indicando assim a abundância ao longo do período de coleta é diferente entre os tratamentos. A significância provavelmente não chegou a 0,1% como as demais interações, devido ao fato de que a partir do mês de outubro os tratamentos apresentam algumas semelhanças, entretanto 5% já responde a uma significância elevada (Figura 4.2).

Figura 4.2 – Abundância no tempo em relação a fauna do solo em área de restauração florestal sobre diferentes métodos de silvicultura.



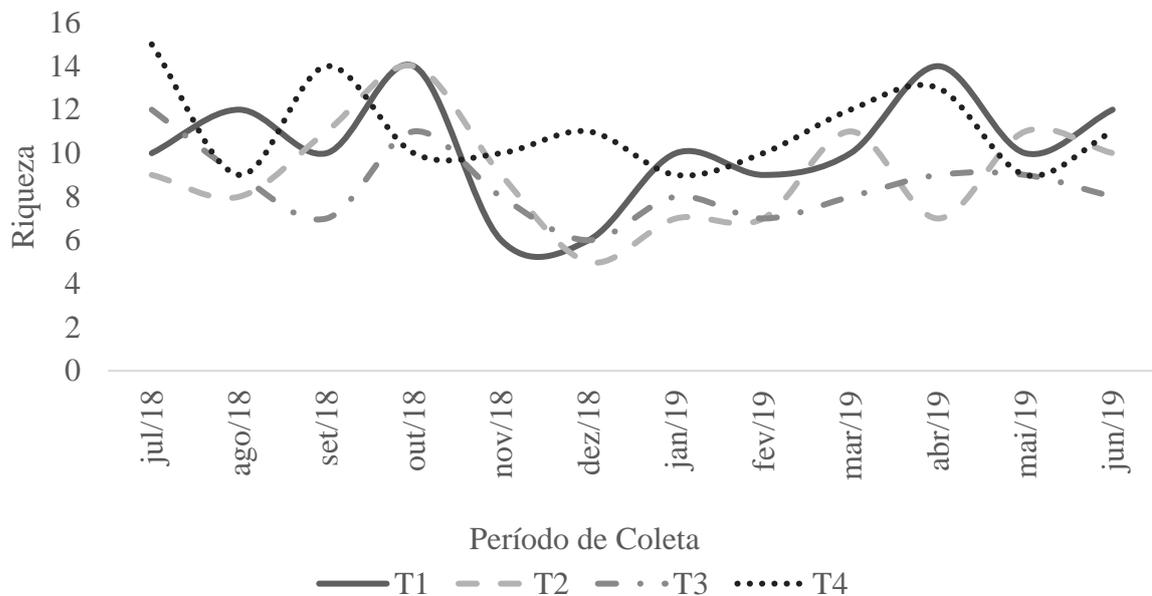
T1- Silvicultura convencional; T2- Silvicultura de baixo insumo; T3- Silvicultura intensiva e T4- Mata nativa.

Na interação tempo e tratamento para riqueza, foi verificada diferença significativa ( $p = 2e^{-16}$ ), essa diferença é explicada pela falta de padrão entre os tratamentos ao longo do período de coleta (Figura 4.3), ou seja, cada tratamento assume um valor para riqueza independente do outro e independente do tempo, evidenciando também que as estações do ano não estão associadas a distribuição de riqueza.

A diferença encontrada para abundância e riqueza no tempo entre os tratamentos pode estar associada aos diferentes níveis de cobertura do solo e sombreamento, uma vez que cada tratamento apresenta características específicas para as duas variáveis, que ao longo do tempo (estações) tem influência direta na fauna edáfica. Sendo que áreas com maior sombreamento não receberão radiação solar direta no solo e as áreas com maior recobrimento do solo, em que essas variáveis criam condições ambientais mais propícias para a colonização da fauna (MOÇO

et al., 2005), seja pelo acúmulo de serapilheira, mantendo a umidade, ou ambos, reduzindo assim as variações da temperatura do ambiente (MACHADO, et al. 2015).

Figura 4.3 – Riqueza no tempo em relação a fauna do solo em área de restauração florestal sobre diferentes métodos de silvicultura.

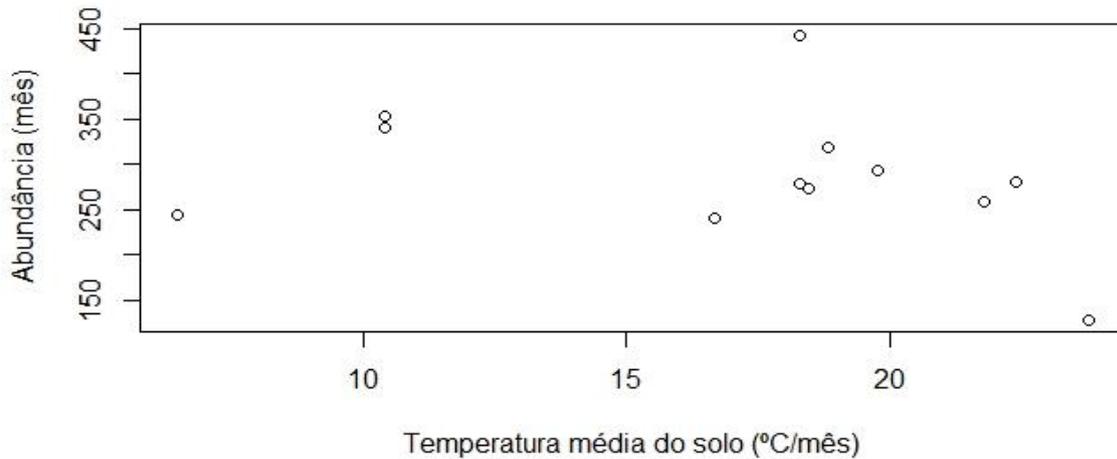


T1- Silvicultura convencional; T2- Silvicultura de baixo insumo; T3- Silvicultura intensiva e T4- Mata nativa.

A interação tempo e temperatura do solo para abundância ( $pr = 8.74e^{-05}$ ) apresentou valor significativo, com efeito positivo (0.1905), indicando que a abundância é influenciada pela temperatura do solo ao longo do período de coleta e que com o aumento da temperatura do solo ocorre o aumento da abundância. Esse padrão pode ser analisado na Figura 4.4, onde durante o período de coleta ocorrem variações na abundância influenciada pela temperatura do solo.

Para riqueza a interação tempo e temperatura do solo também apresentaram valor significativo ( $pr = 2e^{-16}$ ) com efeito positivo (0.0361) (Tabela 4.4), mostrando que a riqueza também é influenciada pela temperatura do solo ao longo do período de coleta.

Figura 4.4 – Interação tempo e temperatura (°C) para abundância de fauna do solo em área de restauração florestal.



cada ponto é a representação de uma coleta.

#### 4.3.3 Correlação simples

A abundância, riqueza e os três grupos taxonômicos mais abundantes (Acari, Enchytraeidae e Hymenoptera) foram correlacionados com as variáveis meteorológicas. A abundância e os grupos Acari e Hymenoptera não apresentaram correlação com as variáveis meteorológicas analisadas. No entanto, a riqueza e o grupo Enchytraeidae apresentaram correlação significativa para Temperatura (°C) e Umidade Relativa do ar média (%). Sendo que para ambos a temperatura foi verificada com efeito negativo, indicando que o aumento da temperatura do ar reduz a riqueza da fauna do solo, e para umidade relativa do ar o efeito se apresentou de forma positiva, sendo que nesse caso o aumento da umidade relativa do ar ocorre o aumento da riqueza (Tabela 4.5).

Tabela 4.5 – Correlação das variáveis meteorológicas com a abundância, riqueza e grupos taxonômicos mais abundantes de meso e macrofauna do solo em área de restauração florestal.

(continua)		
Correlação	Coefficiente de Correlação	Significância
Abundância x Precipitação (mm)	0.0929	ns
Abundância x Temperatura média (°C)	-0.0548	ns
Abundância x UR do ar média (%)	0.1683	ns
Riqueza x Precipitação (mm)	0.2164	ns
Riqueza x Temperatura (°C)	-0.6876	*
Riqueza x UR do ar média (%)	1.0000	**
Acari x Precipitação (mm)	0.0665	ns
Acari x Temperatura média (°C)	-0.0974	ns

Tabela 4.5 – Correlação das variáveis meteorológicas com a abundância, riqueza e grupos taxonômicos mais abundantes de meso e macrofauna do solo em área de restauração florestal.

Correlação	Coefficiente de Correlação	Significância (conclusão)
Acari x UR do ar média (%)	0.1107	ns
Enchytraeidae x Precipitação (mm)	0.0259	ns
Enchytraeidae x Temperatura média (°C)	-0.5981	*
Enchytraeidae x UR do ar média (%)	0.6346	*
Hymenoptera x Precipitação (mm)	0.1040	ns
Hymenoptera x Temperatura média (°C)	0.0245	ns
Hymenoptera x UR do ar média (%)	0.1227	ns

\*\*significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < 0.01$ ); \*significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $0.01 \leq p < 0.05$ ); ns = não significativo ( $p \geq 0.05$ ).

Desta forma pode-se inferir que a riqueza e o grupo Enchytraeidae são influenciados pela temperatura do ar e umidade relativa do ar, Garlet, Costa e Boscardin (2013) encontraram significância entre temperatura e umidade relativa do ar com os diferentes grupos taxonômicos (MOÇO, 2005).

#### 4.5 CONCLUSÃO

Os grupos taxonômicos Acari, Hymenoptera e Enchytraeidae são os mais abundantes na área de restauração florestal do Parque Estadual da Quarta Colônia, região central do Rio Grande do Sul.

A maior diversidade de meso e macrofauna edáfica é encontrada em área de silvicultura intensiva.

Os métodos silviculturais aplicados em área de restauração florestal não diferem da mata nativa em relação a composição da meso e macrofauna edáfica, podendo ser utilizados na restauração florestal.

A temperatura superficial do solo influencia na abundância e riqueza da meso e macrofauna edáfica do solo em área de restauração florestal.

As variáveis temperatura e umidade relativa do ar influenciam a riqueza total da meso e macrofauna edáfica e a abundância de Enchytraeidae em área de restauração florestal, independentemente do método silvicultural utilizado.

## REFERÊNCIAS

ABNT. NBR 10703 - **Degradação do solo**. Rio de Janeiro, 1989.

ALMEIDA, D. S. **Plano de recuperação de áreas degradadas (PRAD)**. In: Recuperação ambiental da Mata Atlântica [online]. 3rd ed. rev. and enl. Ilhéus, BA: Editus, 2016, pp. 140-158. ISBN 978-85-7455-440-2. Available from SciELO Books.

ALMEIDA, Marcos Antonio Xavier; SOUTO, Jacob Silva; DE ANDRADE, Alberício Pereira. Sazonalidade da macrofauna edáfica do Curimataú da Paraíba, Brasil Seasonality of Edaphic macrofauna in Paraíba Curimataú, Brazil. **Ambiencia**, v. 11, n. 2, p. 393-407, 2015.

ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p.711–728, 2013.

ALVES, M. C.; DO NASCIMENTO, V.; DE SOUZA, Z. M. Recuperação em área de empréstimo usada para construção de usina hidrelétrica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola E Ambiental**. Joao Pessoa Pb: Universidade Federal da Paraíba (UFPB) Ccsa, v. 16, n. 8, p. 887-893, 2012. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/10274>>.

ALVES, M. C.; SOUZA, Z. M. Recuperação de área degradada por construção de hidroelétrica com adubação verde e corretivo. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, v.32, p.2505-2516, 2008.

ANDERSON, J. M. Invertebrate-mediated transport process in soils. **Agriculture Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 25, p. 5-14, 1988.

ANDERSON, J. M.; INGRAM, J. S. I. **Soil fauna. In: Tropical soil biological and fertility: A Handbook of methods**. 2. ed. Wallingford: C.A.B. International, 1993. p. 44-46.

ANDRADE NETTO, D. S. de; RODRIGUES, R. R.; NAVE, A. G.; et al. **Manual de restauração florestal de áreas de preservação permanente, Alto teles pires, MT**. [S.l: s.n.], 2015.

ANTUNES, T. G. S. D. P. **Influência do manejo da palhada de aveia-preta e tremoço-branco sobre a fauna invertebrada do solo em ambiente de montanha**. 2016. 41 p. Dissertação (Mestrado em Agricultura Orgânica) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica-RJ. 2016.

AQUINO, A. M.; CORREIA, M. E. F. Invertebrados edáficos e o seu papel nos processos do solo. **Seropédica: Embrapa Agrobiologia**, 2005. 52 p. (Embrapa Agrobiologia. Documentos, 201).

ARAÚJO FILHO, J. A.; BARBOSA, T. M. L. Sistemas agrícolas sustentáveis para regiões semi-áridas. **Sobral: Embrapa-Caprinos**, 2000, 18 p. (Circular Técnica, 20).

ASSIS, O. et al. O uso de enquitreídeos (Oligochaeta, Enchytraeidae) como bioindicadores em solo de cultivo orgânico e convencional. In: Embrapa Florestas-Resumo em anais de congresso (ALICE). In: ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE ECOLOGIA E TAXONOMIA DE

OLIGOQUETAS, 5; SIMPÓSIO ENGENHEIROS EDÁFICOS, FERTILIDADE DO SOLO E TERRA PRETA DE ÍNDIO (TPI), 2015, Curitiba. **Anais**.[SI]: Federação Brasileira de plantio direto de irrigação, 2015., 2015.

BACKES, P.; IRGANG, P. **Árvores do Sul**: Guia de identificação e interesse ecológico. Porto Alegre: ed. Paisagem do Sul. 2002, 325 p.

BARETTA, D. et al. Efeito do cultivo do solo sobre a diversidade da fauna edáfica no planalto sul catarinense. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 5, n. 2, p. 108-117, 2007.

BARETTA, D. et al. Fauna edáfica avaliada por armadilhas de catação manual afetada pelo manejo do solo na região oeste catarinense. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 2, p. 97-106, 2003

BARNES, R. S. K. et al. **Os invertebrados**: uma síntese. 2. ed. São Paulo: Atheneu, 2008.

BARNES, R. D. **Zoologia dos Invertebrados**. 4 ed. Roca, 1990. São Paulo. 1179 p.

BARROS, R. S. M. **Medidas de diversidade biológica**. Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aplicada ao Manejo e Conservação de Recursos Naturais da Universidade Federal de Juiz de Fora, Minas Gerais, 2007.

BATTIROLA, L. D. et al. Composição da comunidade de Formicidae (Insecta, Hymenoptera) em copas de Attaleaphalerata Mart. (Arecaceae), no Pantanal de Poconé, Mato Grosso, Brasil. **Revista Brasileira de Entomologia**, Curitiba, v. 49, p. 107-117, 2005.

BARTZ, M. L. C. et al. The influence of land use systems on soil and surface litter fauna in the western region of Santa Catarina. **Revista Ciência Agronômica**, 45, 880-887, 2014.

BERUDE, M. C. et al. A mesofauna do solo e sua importância como bioindicadora. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 11, n. 22, p. 14-28, jan/dez. 2015.

BELLOTTO, A. et al. Monitoramento das Áreas Restauradas como Ferramenta para Avaliação da Efetividade das Ações de Restauração e para Redefinição Metodológica. In: RODRIGUES, R. R.; BRANCALION, P. H. S.; ISERNHAGEN, I. **Pacto pela Restauração da Mata Atlântica: Referencial dos Conceitos e Ações de Restauração Florestal**. São Paulo: LERF/ESALQ: Instituto Bioatlântica, 2009. p. 135-147.

BRANDÃO, C. R. F.; CANCELLO, E. M. **Invertebrados Terrestres**. In: JOLY, C. A.; BICUDO, C. E. M. (Orgs). Biodiversidades do estado de São Paulo. Síntese d conhecimento ao final do século XX, v.5. Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), São Paulo. XVIII. 1999. 279p.

BOHM, G. B.; CASTILHOS, D.; ROMBALDI, C. V. Manejo de soja transgênica com glifosato e imazetapir: efeito sobre a mesofauna e microbiota do solo. **Revista Thema**, v. 7, n. 2, 2010.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional de Meio Ambiente, CONAMA. **Resolução CONAMA nº 001**, de 23 de janeiro de 1986. – In: Resoluções 1986. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186.html>> Acesso em: 07.mai.2018.

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.

BRACCINI, A. L. Banco de sementes e mecanismo de dormência em sementes de plantas daninhas. In: OLIVEIRA JR, R. S.; CONSTANTIN, J. **Plantas Daninhas e seu manejo**. Guaíba: Agropecuária, 2001, p. 59-102.

BRANCALION, P. H. S. et al. Instrumentos legais podem contribuir para a restauração de florestas tropicais biodiversas. **Revista Árvore**, v. 34, n. 3, p. 455-470, 2010.

BRITEZ, M. R. et al. Manejo do entorno. **In: Fragmentação de ecossistemas, causas, efeitos sobre a biodiversidade e recomendações de políticas públicas**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2003, p.348-365.

BRUSCA, R. C.; BRUSCA, G. J. 2003. **Invertebrates**. Sunderland: Sinauer Associates. 936 p.

CÂNDIDO, A. K. A. A., SILVA, N. M., BARBOSA, D. S., FARIAS, L. N., SOUZA, W. P. Fauna edáfica como bioindicadores de qualidade ambiental na nascente do Rio São Lourenço, Campo Verde - MT, Brasil. **Engenharia Ambiental** - Espírito Santo do Pinhal , v. 9, n. 1, p. 067-082, jan. /mar .2012.

COPATTI, C. E.; DAUDT, C. R.. Diversidade de artrópodes na serapilheira em fragmentos de mata nativa e *Pinus elliottii* (Engelm. Var *elliottii*). **Ciência e Natura**, v. 31, n. 1, p. 95-113, 2009.

CORRÊA, R. S.; LEITE, L. L. Desmatamento e mineração em unidade de conservação. In: CORRÊA, R. S.; MELO FILHO, B. M. Ecologia e recuperação de áreas degradadas no cerrado. **Brasília: Paralelo**, 1998. Cap. 3. p. 29-47.

CORREIA, M. E. F., PINHEIRO, L. B. A. (1999). Monitoramento da fauna de solo sob diferentes coberturas vegetais em um sistema integrado de produção Agrícola, Seropédica, R.J. **Seropédica: EMBRAPA Agrobiologia**.

CRANSTON, P.S.; GULLAN, P.J. Os insetos. São Paulo: Editora Roca, 2008. 456p

CRUZ, S. P. da. **Avaliação da degradação do meio físico por áreas de empréstimo usando geoindicadores e sistema de informações geográficas - área urbana de Ilha Solteira (SP)**. 2008. 161 f. Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, 2008.

DA SILVA, R. F. et al. (2012). Influência da aplicação de herbicidas pré-emergentes na fauna do solo em sistema convencional de plantio de cana-de-açúcar. **Biotemas**, 25(3), 227-238.

DALLA CORTE; A. C. et al. (2014). Avaliação da fauna edáfica associada à serapilheira em três formações florestais, no município de Santa Maria, Rio Grande do Sul Evaluation of soil fauna associated with litter in three forest types in Santa Maria, Rio Grande do Sul. **Ambiência**, 10(1), 159-170.

DAMASCENO, A. C. F., **Marofauna edáfica, regeneração natural de espécies arbóreas, lianas e epífitas em florestas em processo de restauração com diferentes idades no Pontal do Paranapanema**. 2005. 108 p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2005.

DE OLIVEIRA, E. M.; SOUTO, J. S.. Mesofauna edáfica como indicadora de áreas degradadas. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 6, p. 01, 2011.

DERENGOSKI, J. A., **Fauna edáfica bioindicadora em áreas sob tecnologias de restauração no sudoeste do Paraná**. 2017. 117 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2017.

DEVIDE, A.C.P.; CASTRO, C.M. **Manejo do solo e a dinâmica da fauna edáfica**. 2009. Artigo em Hypertexto. Disponível em: <[http://www.infobibos.com/Artigos/2009\\_1/ManejoSolo/index.htm](http://www.infobibos.com/Artigos/2009_1/ManejoSolo/index.htm)>. Acesso em: 18/12/2019

DOS SANTOS, Geovânia Ricardo; ARAUJO, Kallianna Dantas; SILVA, Fernando Gomes. Macrofauna edáfica na Estação Ecológica Curral do Meio, Caatinga Alagoana. **Revista de Geociências do Nordeste**, 2018, 4.2: 01-21

DUCATI, F. **Fauna edáfica em fragmentos florestais e em áreas reflorestadas com espécies da mata atlântica**. 2002. 84 p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2002.

DURIGAN, G. O uso de indicadores para monitoramento de áreas em recuperação. In: GANDARA, F. B.; UEHARA, T.H.K. (Org.). **Monitoramento de áreas em recuperação: subsídios à seleção de indicadores para avaliar o sucesso da restauração ecológica**. São Paulo: SMA, 2011.

EDWARDS, C. A.; LOFTY, J. R. Nitrogenous fertilizers and earthworms populations in agricultural soils. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 14, p. 515-521, 1982.

EICHHORN, S.E.; EVERT, R.F.; RAVEN, P.H. **Biologia Vegetal**, 8 ed. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, Brasil, 2014, 876p.

FERREIRA, R.L. & MARQUES, M.M.G.S.M. A fauna de artrópodes de serapilheira de áreas de monocultura com Eucalyptus sp. e mata secundária heterogênea. **An. Soc. Entomol. Brasil**, v.27, n.3, p.395-40, 1998.

FOWLER, H. G. 1998. Provas de melhoria ambiental. **Ciência Hoje**. v.24, no 142, p.69-71.

FRASER, P. M. The impact of soil and crop management practices on soil macrofauna. In: PANKHURST, C. E.; DOUBE, B. M.; GUPTA, V. V. S. R.; GRACE, P. R. (Ed.). **Soil biota: management in sustainable farming systems**. Melbourne: CSIRO, 1994. p. 125-132.

FOWLER, H. G. 1998. Provas de melhoria ambiental. **Ciência Hoje**. v.24, no 142, p.69-71.

GARCIA, D. V. B.; CATANOZI, G. (2011). Análise de macrofauna d solo em área de Mata Atlântica e de reflorestamento com Pinus sp.-zona sul de São Paulo. **Revista Ibirapuera**, 2, 10-14.

GARLET, J.; COSTA, E. C.; BOSCARDIN, J. Caracterização da fauna edáfica em plantios de Eucalyptus spp. **Ciência Florestal**, v. 23, n. 3, p. 337-344, 2013.

GEREMIA, E. V. et al. Fauna edáfica em pastagem perene sob diferentes fontes de nutrientes. **Scientia Agraria**, v. 16, n. 4, p. 17-30, 2015.

GILLER, P. The diversity os soil commuines the “poor man’s tropical rain forest”. **Bioversity and Conservation**, London, v.5, p.135-168, 1996.

GOMES, J. P.; LEAL, I. R. **Formigas (Hymenoptera; formicidae) como indicador biológico na floresta atlântica nordestina**. 2009. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2009.

HEISLER, C.; KAISER, E. A. Influence of agricultural traffic and crop management on Collembola and microbial biomass in arable soil. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v. 19, n. 2/3, p. 159-165, 1995.

HENDRIX, P. F.; CROSSLEY JR., D. A.; BLAIR, J. M. B.; COLEMAN, D. C. Soil biota as componest of sustainable agroecosystems. p.637-654. In: EDWARDS, C. A.; LAL, R.; MADDEN, P.; MILLER, R. H.; HOUSE, G. (Ed.). **Sustainable agricultural systems**. Iowa: **Soil and Water Conservation**, 1990. p. 637-654.

HOORMAN, J. J.; ISLAM, R.; SUNDERMEIER, A.; REEDER, R. Using cover crops to convert to notill. The Ohio State University. College of Food, **Agricultural, and Environmental Science**. Ohio, USA, 2009. Disponível em: <http://ohioline.osu.edu/factsheet/SAG11>.

HUBER, A. C. K.; MORSELLI, T. B. G. A. Estudo da mesofauna (ácaros e colêmbolos) no processo da vermicompostagem. **Revista da FZVA**, v. 18, n. 2, p. 12-20, 2011.

IANNELLI – SERVIN, C.M. **Caracterização ecofisiológica de espécies nativas da Mata Atlântica sob dois níveis de estresse induzidos pelo manejo florestal em área de restauração florestal no Estado de São Paulo**. 2007. 94 p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/Andgt;>.

KAGEYAMA, P.; GANDARA, F.B. Recuperação de áreas ciliares. In: RODRIGUES, R.R. & LEITÃO FILHO, H.F., eds. **Matas ciliares: Conservação e recuperação**. 2.ed. São Paulo, Universidade de São Paulo, FAPESP, p.249-269. 2004.

KAPUSTA, S. C. **Bioindicação ambiental**. Porto Alegre: Escola Técnica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2008. 88 p.

KLADIVKO, E. J.; TIMMENGA, H. J. Earthworms and agricultural management. In: BOX, J. E.; HAMMOND, L. C. (Ed.). **Rhizosphere dynamics**. Madison: ASA, 1990. p. 192-216. (Selected Symposium, 113).

KLUMPP, A. Utilização de bioindicadores de poluição em condições temperadas e tropicais. In: MAIA, N.B.; MARTOS, H. L.; BARRELLA, W. (Org.). **Indicadores ambientais: conceitos e aplicações**. São Paulo: EDUC – Editora da PUC. p. 77-94. 2001.

KNOEPP, J.D.; COLEMAN, D.C.; CROSSEY Jr., D.A; CLARK, J.S. Biological indices of Soil quality: an ecosystem case study of their use. **Forest Ecology and Management**, v.138, p.357- 368, 2000.

KOHLRAUSCH, F.; JUNG, C. F., 2015. Áreas ambientais degradadas: causas e recuperação. XI Congresso Nacional de Excelência em Gestão

KUHLMANN, M. L., BRANDIMARTE, A. L., SHIMIZU, G. Y., ANAYA, M. Invertebrados bentônicos como indicadores de impactos antrópicos sobre ecossistemas aquáticos continentais. In: MAIA, N.B.; MARTOS, H. L.; BARRELLA, W. (Org.). **Indicadores ambientais: conceitos e aplicações**. São Paulo: EDUC – Editora da PUC. p. 237-248. 2001.

LAMB, D.; GILMOUR, D. 2003. Rehabilitation and restoration of degraded forests. Issues in **Forest Conservation**. IUCN, Gland, Switzerland. 122p

LAVELLE, P.; SPAIN, A.V. Soil ecology. Dordrecht, **Kluwer Academic**, 2001. 654p.

LIMA, P. C. F. Áreas degradadas: métodos de recuperação no semi-árido brasileiro. **Anais XXVII Reunião Nordestina de Botânica**, Petrolina, PE, 2004.

MACHADO, D. L. et al. Fauna edáfica na dinâmica sucessional da Mata Atlântica em floresta estacional semidecidual na Bacia do Rio Paraíba do Sul - RJ. **Ciência Floresta.**, Santa Maria, v. 25, n. 1, p. 91-106, Mar. 2015.

MACHADO, D. N. **Fauna edáfica e campo nativo, *Eucalyptus dunnii* e *Acacia mearnsii* em área de mineração, Candiota, RS**. 2016. 81 p. Dissertação (mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria. 2016.

MAESTRI, R.; LEITE, M. A. D. S.; SCHMITT, L. Z.; RESTELLO, R. M. (2013). Efeito de mata nativa e bosque de eucalipto sobre a riqueza de artrópodos na serrapilheira. **Perspectiva**, 37, 31-40.

MAGURRAN, A.E. 1988. **Ecological diversity and its measurement**. Princeton University Press, New Jersey. 179pp.

MAJER, J. D. 1983. Ants: Bio-indicators of minesite rehabilitation, land-use, and land conservation. **Environmental Management**. v.7, p375-383.

MAJER, J. D. 1989. **Animals in primary succession: the role of fauna in reclaimed lands**. Cambridge, England: Cambridge University Press.

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.

MARCUZZO, S. B. **Métodos e espécies potenciais à restauração de áreas degradadas no Parque Estadual Quarta Colônia, RS**. 2012, 155 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2012.

MARTINS, S. V. Recuperação de áreas degradadas. **Aprenda Fácil Editora**. Viçosa, MG. 2009. 270 p.

MELO, F. V.; BROWN, G. G.; CONSTANTINO, R.; LOUZADA, J. N. C.; LUIZÃO, F. J.; MORAIS, J. W.; ZANETTI, R. A importância da meso e macrofauna do solo na fertilidade e como bioindicadora. **B. Inf. SBCS**, 34:38-40, 2009.

MELLO, M. R.; MASSOLI, E. V.; ALVES, M. S. 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.

MOÇO, M. K. et al. Caracterização da fauna edáfica em diferentes coberturas vegetais na região Norte Fluminense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, p. 555-564, 2005.

MORAES, L. D.; CAMPELLO, E. F. C.; FRANCO, A. A. (2010). Restauração florestal: do diagnóstico de degradação ao uso de indicadores ecológicos para o monitoramento das ações. **Oecologia Australis**, 14(2), 437-451.

MORAES, P. V. D.; ROSSI, P. Comportamento ambiental do glifosato. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 9, n. 3, 2010.

MUDREK, R. J; MASSOLI, J. V.E. Estrutura da comunidade de artrópodes de solo em diferentes fitofisionomias da reserva particular do patrimônio natural – SESC Pantanal, Brasil. **Holos**, Natal, v. 1, p. 60-67, 2014.

NAVE, A. G.; RODRIGUES, R. R.; BRANCALION, P. H. S.; FARAH, F. T.; SILVA, C. C.; LAMONATO, F. H. F. **Manual de restauração ecológica: Técnicos e produtores rurais no extremo sul da Bahia**. São Paulo: LERF/ESALQ/USP: Bioflora Tecnologia da Restauração, 2015. p. 23-28.

NBL – Engenharia Ambiental Ltda e The Nature Conservancy (TNC). 2013. **Manual de Restauração Florestal: Um Instrumento de Apoio à Adequação Ambiental de Propriedades Rurais do Pará**. The Nature Conservancy, Belém, PA. 128 páginas.

NUNES, L. A. P. L.; ARAÚJO FILHO., J. A; QUEIROZ, M, R, Í. Diversidade da fauna edáfica em solos submetidos a diferentes sistemas de manejo no semi-árido nordestino. **Scientia Agraria**, v. 10, n. 1, p. 43-49, 2009.

OLIVEIRA FILHO, L. C. I., et al. Mesofauna de solo construído em área de mineração de carvão. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, 2015, 14.1: 55-64.

OLIVEIRA FILHO, L. C. I.; BARETTA, D.; SANTOS, J. C. P. Influência dos processos de recuperação do solo após mineração de carvão sobre a mesofauna edáfica em Lauro Müller, Santa Catarina, Brasil. **Biotemas**, v. 27, n. 2, p. 69-77, 2014.

OLIVEIRA A. H. C. **Padrões temporais de diversidade: dinâmica de assembleias de formigas de liteira (Hymenoptera: Formicidae) em 25 Km<sup>2</sup> de floresta Amazônica**. 2013. p. 54. Dissertação de mestrado em Ciências Biológicas (entomologia). Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA). Manaus.

OLIVEIRA, D. D. (2013). **Efeitos das variáveis ambientais locais sobre a abundância, a riqueza e a biomassa da macrofauna de solo em um ecossistema semiárido no Estado do Rio Grande do Norte, Nordeste do Brasil**. (Master's thesis, Universidade Federal do Rio Grande do Norte).

OLIVEIRA, L. H. M. **Métricas de diversidade em comunidades: diversidade alfa ou local**. 2013. Disponível em: <<https://ecologiaparatodos.wordpress.com/2013/02/26/metricas-de-diversidade-em-comunidades-diversidade-beta-ou-entre-habitats/>>. Acesso em: 12 abr. 2018.

OLIVEIRA, R. R., B. I. SOZA, C. W. MARTIN et al., 2001. Evolução de estruturas de ciclagem em cinco estágios sucessionais na R.B. Praia do Sul, R.J. **In Anais do XLV Congresso Nacional de Botânica – Resumos – São Leopoldo do Sul, R.S.** p. 79-84.

PALACIOS-VARGAS, J. G. et al. **Litter and soil arthropods diversity and density in a tropical dry forest ecosystem in Western Mexico**. **Biodiversity and Conservation**, v. 16, n. 13, p. 3703–3717, 2007.

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

PEDRON, F. A.; DALMOLIN, R. S. D. Solos da região do rebordo do Planalto Meridional do Rio Grande do Sul. In: **A Floresta Estacional Subtropical: Caracterização e ecologia no rebordo do Planalto Meridional**. Santa Maria: [s.n.], 2011, cap. 3, p.33-51.

PEDRON, L. **Mirmecofauna em área de mineração de carvão no Rio Grande do Sul**. 2016. 83 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, RS, 2016.

PIELOU, E.C. Species diversity and pattern diversity in the study of ecological succession. **Journal Theory Biology**, v. 10, p. 370-383, 1966.

POMPEO, P. N., et al. Fauna e sua relação com atributos edáficos em Lages, Santa Catarina-Brasil. **Scientia Agraria**, 2016, 17.1.

PORTILHO, I. I. R., et al. Fauna invertebrada epigéica em solo cultivado com adubos verdes em Mato Grosso do Sul. In: **Embrapa Agropecuária Oeste-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 29.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 13.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 11.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 8., 2010, Guarapari. Fontes de nutrientes e produção agrícola: modelando o futuro: **Anais**. Viçosa, MG: SBCS, 2010. 1 CD-ROM., 2010.

PORTILHO, I. I. R. et al. Fauna invertebrada e atributos físicos e químicos do solo em sistemas de integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 10, p. 1310-1320, 2012.

PRIMAVESI, A. M. **O manejo ecológico do solo: agricultura em regiões tropicais**. 2. ed. São Paulo: Nobel, 1981. 541 p.

SANTOS, G. G. et al. Macrofauna edáfica associada a plantas de cobertura em plantio direto em um Latossolo Vermelho do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 1, p. 115-122, 2008.

R Core Team (2019). **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

Rafael, J. A. et al. **Insetos do Brasil: Diversidade e taxonomia**. Ribeirão Preto: Holos Editora, 2012.

RICHARDS, B.N. **Introduction to the soil ecosystem**. New York. Longman Group Ltd., 1974, 266p.

RIEFF, G. G.; NATAL-DA-LUZ, T.; SOUSA, J. P.; LUIZ, E.; SÁ, S. De. Diversity of Springtails and Mites of a Native Forest In Southern Brazil : Relationship with the Indices of Temperature and Precipitation in the Native Environment. **International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering**, v. 4, n. 9, p. 684–692, 2014.

RIGUEIRA, D. M. G.; MARIANO-NETO, E. Monitoramento: uma proposta integrada par avaliação do sucesso em projetos de restauração ecológica em áreas florestais brasileiras. **Revista Caititu**, Salvador, n. 1, p. 73–88, 2013.

RIO GRANDE DO SUL. Decreto n. 44.186, de 19 de dezembro de 2005. Constituição do Estado do Rio grande do Sul Cria o Parque Estadual Quarta Colônia e dá outras providências.

RIO GRANDE DO SUL. Secretaria Estadual do Meio Ambiente. Diretrizes ambientais para restauração de matas ciliares / Secretarial Estadual do Meio Ambiente. Departamento de Florestas e Áreas Protegidas. Porto Alegre: SEMA, 2007.

RIZZOTTO, A. M. et al. Mirmecofauna em áreas de preservação permanente e plantios florestais no noroeste do Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, v. 29, n. 3, p. 1227-1240, 2019.

ROBINSON, S. W.; FOWLER, H. G. **Foraging and pest potential of Paraguayan grass-cutting ants (*Atta and Acromyrmex*) to the cattle industry**. Zeitschrift fuer Angewandte Entomologie. Hamburg, v.93, p.42-54, 1982.

ROCHA, G. O. et al, **Diversidade, riqueza e abundância da entomofauna edáfica em área de cerrado do Brasil Central**. Universidade Estadual de Goiás, Anápolis – GO.

RODRIGUES, R. R. et al. Atividades de adequação ambiental e restauração florestal do LERF/ESALQ/USP. **Pesquisa Florestal Brasileira**, n. 55, p. 7, 2007.

RODRIGUES, R. R.; BRANCALION, P. H. S.; ISERNHAGEN, I. (Orgs.) **Pacto para a restauração ecológica da Mata Atlântica: referencial dos conceitos e ações de restauração florestal**. São Paulo: Instituto BioAtlântica, 2009.

RODRIGUES, R. R.; GANDOLFI, S. Conceitos, tendências e ações para recuperação de florestas ciliares. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO-FILHO, H. de F. (Eds.). **Matas ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: EDUSP, 2004. p. 235-247.

RODRIGUES, R. R.; GANDOLFI, S.; BRANCALION, P. H. S. **Restauração florestal**. Oficina de Textos, 2015.

ROSA, M. G. da, et al. Macrofauna edáfica e atributos físicos e químicos em sistemas de uso do solo no planalto catarinense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 2015, 39.6: 1544-1553.

ROVEDDER, A. P. M., ELTZ, F. L. F., DRESCHER, M. S., ACHENATO, R. B., ANTONIOLLI, Z. I. Organismos edáficos como bioindicadores de recuperação de solos degradados por arenização no Bioma Pampa. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n.4, p. 1051-1058, jul, 2009

RUPPERT, E. E; FOX, R.S.; BARNES, R. D. Zoologia dos invertebrados. 7. ed. **São Paulo: Roca**, 2005, 1168p

RICKLEFS, R. E. A. Economia da Natureza. 2003. 5º Ed., **Editora Guanabara Koogan**, Rio de Janeiro – RJ.

SANTOS, G. G., et al. Macrofauna edáfica associada a plantas de cobertura em plantio direto em um Latossolo Vermelho do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 2008, 43.1: 115-122.

SCORIZA, R. N. et al. Efeito de herbicidas sobre a biota de invertebrados do solo em áreas de restauração florestal. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 39:1576-1584, 2015.

SCHIEVENIN, D. F. et al. (2012). Monitoramento de indicadores de uma área de restauração florestal em Sorocaba–SP. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal**, 19(1), 95-108.

SER. 2009. Society for Ecological Restoration. [http://www.ser.org/content/ecological\\_restoration\\_primer.asp](http://www.ser.org/content/ecological_restoration_primer.asp). (Acesso em 11/09/2019).

SILVA, F. de A. S. e.; AZEVEDO, C. A. V. de. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **Afr. J. Agric. Res**, v.11, n.39, p.3733-3740, 2016.

SILVA, G. C.; ARAÚJO NETO, S. E.; DA SILVA, A. N.; DE ALMEIDA, W. A. (2017). Artrópodes como indicadores da conservação do solo sob diferentes usos agrícolas no sudoeste amazônico. **South American Journal of Basic Education, Technical and Technological**.

SILVA, L. C. S. (2017). Dinâmica da mesofauna edáfica em áreas de Ombro e Meia encosta, na Serra da Caiçara, Semiárido Alagoano. **Revista Craibeiras de Agroecologia**.

SILVA, J. et al. (2012). Fauna do solo em sistemas de manejo com café. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, 3(2), 59-71.

SMA – **Secretaria de Estado do Meio Ambiente**. Cadernos da Mata Ciliar: monitoramento de áreas em recuperação. [recurso eletrônico] Coordenadoria de Biodiversidade e Recursos Naturais, Unidade de Coordenação do Projeto de Recuperação das Matas Ciliares, São Paulo: Nº 1, 2009.

SOUSA, A., ANDRÉA, M. M. de. Earthworm (*Eisenia andrei*) avoidance of soils treated with Cypermethrin. **Sensors**. 2011;11:11056-11063.

SPILLER, M. S., SPILLER, C., GARLET, J. 2018. Arthropod bioindicators of environmental quality. **Agro Ambiente**. v. 12, n. 1, p. 41-57.

STAPE, J. L.; GANDARA, F. B. **Modelos de recuperação de áreas degradadas com espécies nativas em duas regiões do Brasil visando seqüestro de carbono**. Piracicaba: IPEF; ESALQ, Depto. Ciências Florestais, 2006. 164p. Relatório Final do Projeto Petrobrás - IPEF.

SWIFT, M. J.; HEAL, O. W.; ANDERSON, J. M. Decomposition in terrestrial ecosystems. **Oxford: Blackwell**, 1979. 372 p.

SYDOW, V. G. et al. Aspectos estruturais da fauna de solo em áreas sob influência do processamento do carvão mineral no Sul do Brasil. In: **Congresso de Ecologia do Brasil**. 2007.

TACCA, D.; KLEIN, C.; PREUSS, J. F. (2017). Artropodofauna do solo em um bosque de eucalipto e um remanescente de mata nativa no sul do Brasil. **Revista Thema**, 14(2), 249-261.

TONETTO, T. S. **Tecnologia de sementes e desenvolvimento de mudas de *Handroanthus heptaphyllus* (Mart.) Mattos sob diferentes formas de manejo no viveiro e no campo**. 2014. 137 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) -Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS. 2014.

TOTOLA, M. R.; CHAER, G. M. 2002. **Microorganismos e processos microbiológicos como indicadores da qualidade dos solos**. Tópicos em Ciência do Solo, 2 : 195-276

TURCHETTO, F. **Intervenção silvicultural e aspectos meteorológicos no processo de restauração no sul do Brasil**. 2018, 113 p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria. 2018.

VARGAS, M. A. T.; HUNGRIA, M. **Biologia dos solos dos cerrados**. **Planaltina: EMBRAPA-CPAC**, 1997.

WILLIAMS, D. A. et al. **Colonization patterns of the invasive Brazilian peppertree, *Schinus terebinthifolius*, in Florida**. *Heredity*, v. 98, p. 284–293, jan. 2007.

WOLDA, H. (1981). Similarity índices, sample size and diversity. **Oecologia**, v.50, p. 296-302.

ZAVISTANOVICZ, T. C. **Espécies potenciais para plantio em área antropizada na região central do Rio Grande do Sul.** 2017. 69 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria. 2017.

ZOU, X.; GONZALEZ, G. Changes in Earthworm density and community structure during secondary succession in abandoned tropical pastures. **Soil Biology & Biochemistry**, v.29, n3/4, p.627-629, 1997.