



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CAMPUS DE CURITIBANOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOSISTEMAS AGRÍCOLAS E NATURAIS

Angelo Barbosa da Silva

Fauna do solo como bioindicadora de restauração ecológica após retirada de *Pinus taeda* L em
Unidade de Conservação

Curitibanos
2024

Angelo Barbosa da Silva

Fauna do solo como bioindicadora de restauração ecológica após retirada de *Pinus taeda* L.
em Unidade de Conservação

Dissertação submetida ao Programa de
Pós-Graduação em Ecossistemas Agrícolas
e Naturais (PPGEAN) da Universidade
Federal de Santa Catarina para a obtenção
do título de Mestre em Ciência.

Orientadora: Prof. Dra. Júlia Carina Niemeyer
Coorientador: Prof. Dr. Djalma Eugenio
Schmitt

Curitibanos
2024

Ficha catalográfica gerada por meio de sistema automatizado gerenciado pela BU/UFSC. Dados inseridos pelo próprio autor.

SILVA, Angelo Barbosa da
Fauna do solo como bioindicadora de restauração ecológica após retirada de Pinus taeda L. em Unidade de Conservação / Angelo Barbosa da SILVA ; orientadora, Prof. Dra. Júlia Carina Niemeyer , coorientador, Prof. Dr. Djalma Eugenio Schmitt, 2024.
77 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Curitibanos, Programa de Pós-Graduação em Ecossistemas Agrícolas e Naturais, Curitibanos, 2024.

Inclui referências.

1. Ecossistemas Agrícolas e Naturais. 2. Invertebrados do Solo; Restauração; Unidade de Conservação. I. Niemeyer , Prof. Dra. Júlia Carina . II. Schmitt, Prof. Dr. Djalma Eugenio . III. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Ecossistemas Agrícolas e Naturais. IV. Título.

Angelo Barbosa da Silva

Fauna do solo como bioindicadora de restauração ecológica após retirada de *Pinus taeda* L.
em Unidade de Conservação

O presente trabalho em nível de Mestrado foi avaliado e aprovado, em 23 de abril de 2024,
pela banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Dr^a. Júlia Carina Niemeyer
Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC

Prof. Dr. Mauricio Sedrez dos Reis
Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC

Dra. Cintia Carla Niva – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa)

Certificamos que esta é a versão original e final do trabalho de conclusão que foi julgado
adequado para obtenção do título de Mestre em Ciências.

Coordenação do Programa de Pós Graduação

Dra. Júlia Carina Niemeyer
Orientadora

Curitibanos
2024

Dedico esse trabalho especialmente a minha mãe (in memoriam) por ter em vida mostrado
uma amor incondicional por mim.

AGRADECIMENTOS

A minha orientadora, Prof. Dr^a. Júlia Carina Niemeyer e Prof. Dr. Mauricio Sedrez dos Reis por todo o apoio, incentivo e motivação durante todos os caminhos percorridos neste período formativo de aprendizagem e transformação pessoal e intelectual.

A minha esposa Neusa Vaz Ribeiro da Silva e meus filhos Matheus, Ana Julia, Sofia e Davi, por sempre prestarem todo apoio, incentivo necessários ao longo do curso do mestrado compreenderem a minha ausência.

A todos os colegas e amigos do curso e dos núcleos de pesquisa NESBIO e NECOTOX que contribuíram de forma muito ativa, sem vocês a realização deste trabalho não seria possível, em especial ao meu amigo Luiz Paulo Prestes de Medeiros Stiebler.

Aos dirigentes do Parque Estadual Rio Canoas - Paerc, que através da parceria, possibilitaram o desenvolvimento da pesquisa.

A Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) junto ao programa de Pós-Graduação em Ecossistemas Agrícolas e Naturais (PPGEAN) e toda a equipe de professores, funcionários, técnicos pelo suporte.

Ao programa UNIEDU que possibilitaram a realização deste trabalho através da concessão da bolsa de estudos.

A todos os professores que contribuíram de alguma forma meus cordiais agradecimentos!

RESUMO

O solo abriga uma gama de serviços ecossistêmicos cujo funcionamento possui uma relação estreita com a fauna edáfica. Estes organismos são usados como indicadores de qualidade do solo, podendo indicar a eficiência de processos de restauração ecológica. O objetivo deste trabalho foi avaliar a comunidade de fauna edáfica, sob influência de diferentes estratégias de restauração ambiental, após a retirada de *Pinus taeda*, espécie exótica invasora, em uma Unidade de Conservação (UC), visando indicar, com base na macro e mesofauna edáfica, qual estratégia seria a mais adequada para promover o processo de restauração no contexto estudado. O estudo foi realizado em um experimento implantado no Parque Estadual Rio Canoas (PAERC), com os seguintes tratamentos: Remoção de Acículas (RA), nucleação (N), plantio de mudas em linha (PL), plantio de mudas em ilha (PI) e restauração passiva (RP). A hipótese deste trabalho foi que, no contexto da UC, a RP seria suficiente para promover a biodiversidade da comunidade edáfica. Para avaliação da comunidade de fauna edáfica, foram usados os métodos de: armadilhas de queda (*pitfalls*), funil de Berlese, escavação de monólitos de solo (TSBF), e lâminas-isca (*bait lâmina*, ISO 18311). As coletas foram realizadas sazonalmente durante um ano: primavera e verão de 2022, outono e inverno de 2023. A comunidade edáfica foi classificada em grupos e posteriormente determinados os índices ecológicos de diversidade de Shannon (H'), uniformidade de Pielou (J') e dominância de Simpson (C) para cada período e tratamento. Foram identificados 11058 indivíduos de 29 grupos. Os resultados indicam que a fauna do solo se mostrou sensível às mudanças sazonais, sendo mais favorecida no outono, provavelmente devido ao aumento de aporte de material orgânico e pela temperatura moderada, o que se refletiu na maior riqueza e diversidade nos tratamentos e maior consumo nas lâminas-isca. Este trabalho aponta a importância de integrar a sazonalidade ambiental e as necessidades ecológicas da fauna do solo no planejamento de estratégias de restauração e no seu biomonitoramento, promovendo a diversidade de recursos e de habitats, através da implementação das estratégias que removem barreiras físicas, como RA, podem ser particularmente benéficas para a fauna do solo.

Palavras-chave: Invertebrados do Solo; Restauração; Unidade de Conservação.

ABSTRACT

The soil harbors a range of ecosystem services whose functioning is closely related to the soil fauna. These organisms are used as indicators of soil quality and can indicate the efficiency of ecological restoration processes. The aim of this study was to evaluate the soil fauna community under the influence of different environmental restoration strategies following the removal of *Pinus taeda*, an invasive exotic species, in a Conservation Unit (CU). Based on the macro and mesofauna, the study aimed to identify the most suitable strategy to promote the restoration process in the studied context. The study was conducted in an experiment implemented in the Rio Canoas State Park (PAERC), with the following treatments: Needle Removal (NR), nucleation (N), planting of seedlings in rows (PSR), planting of seedlings in islands (PSI), and passive restoration (PR). The hypothesis of this study was that, within the CU context, PR would be sufficient to promote the biodiversity of the soil community. Methods used to evaluate the soil fauna community included pitfall traps, Berlese funnels, soil monolith excavation (TSBF), and bait laminae (ISO 18311). Samples were collected seasonally over a year: spring and summer of 2022, and autumn and winter of 2023. The soil fauna community was classified into groups, and the ecological diversity indices of Shannon (H'), Pielou's evenness (J'), and Simpson's dominance (C) were determined for each period and treatment. A total of 11,058 individuals from 29 groups were identified. The results indicate that the soil fauna was sensitive to seasonal changes, being more favored in the autumn, probably due to the increased input of organic material and moderate temperature, which was reflected in the greater richness and diversity in the treatments and higher consumption on the bait laminae. This study highlights the importance of integrating environmental seasonality and the ecological needs of the soil fauna in the planning of restoration strategies and their biomonitoring, promoting resource and habitat diversity. Strategies such, which remove physical barriers like NR, can be particularly beneficial for soil fauna.

Keywords: Soil Invertebrates; Restoration; Conservation Unit.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização da área de estudos no Parque Estadual Rio Canoas, Campos Novos. SC.....	25
Figura 2 - Dados de precipitação (mm), temperaturas máxima, mínima e média (°C) durante o período de avaliação de junho de 2022 a junho de 2023, com base nos dados da Cetrecampo/Epagri, em Campos Novos, SC.....	27
Figura 3 - Desenho amostral do experimento no PAERC. Parcelas (20 X 25 M) com os tratamentos Restauração Passiva (RP), Remoção de Acículas de <i>P. Taeda</i> (RA), Nucleação (N), Plantio Linha (PL), Plantio Ilhas (PI), Restauração Passiva (RP).....	28
Figura 4 - Escavação de monolitos para capturado da macro e mesofauna edáfica presente no solo, ou passam alguma fase do seu ciclo de vida neste ambiente.....	31
Figura 5 - Extração de mesofauna por Funil de Berlese-Tullgren adaptado para capturado da mesofauna edáfica presente no solo, ou passam alguma fase do seu ciclo de vida neste ambiente.....	32
Figura 6 - Armadilha de queda (Pitfall) para capturado da macro e mesofauna edáfica presente na serrapilheira do solo, ou passam alguma fase do seu ciclo de vida neste ambiente	33
Figura 7 - Lâminas-Isca (Método Bait Lâmina), consumo da atividade alimentar da fauna do solo a partir de iscas de celulose.....	35
Figura 8 - Frequência dos grupos taxonômicas encontradas na macro e mesofauna edáfica nas coletas metodologia TSBF nos tratamentos de Remoção de Acículas (RA), Nucleação (N), Plantio em Linha (PL), Plantio em Ilhas (PI), Restauração Passiva (RP), ao longo das 4 coletas no Parque Estadual Rio Canoas - Campos Novo, SC.....	48
Figura 9 - Frequência dos grupos taxonômicas encontradas na macro e mesofauna edáfica nas coletas metodologia Armadilhas de Queda nos tratamentos de Remoção de Acículas (RA), Nucleação (N), Plantio em Linha (PL), Plantio em Ilhas (PI), Restauração Passiva (RP), ao longo das 4 coletas no Parque Estadual do Rio Canoas, Campos Novo, SC.....	53
Figura 10 - Frequência dos grupos taxonômicas encontradas na macro e mesofauna edáfica nas coletas metodologia (Berlese), nos tratamentos de Remoção de Acículas (RA), Nucleação (N), Plantio em Linha (PL), Plantio em Ilhas (PI), Restauração Passiva (RP) ao longo das 4 estações do ano no Parque Estadual Rio Canoas - Campos Novo, SC.....	61
Figura 11 - Atividade alimentar da fauna do solo indicada pela porcentagem de consumo (média) de iscas de celulose (método <i>bait lâmina</i>) nos períodos de pri/2022, ver/2022, out/2023	

e inv/2023, em uma área em restauração no Parque Estadual Rio Canoas, Campos Novos, SC.....62

Figura 12 - Atividade alimentar da fauna do solo indicada pela porcentagem de consumo (média \pm desvio padrão) de iscas de celulose (método *bait lâmina*) nos tratamentos Remoção de Acículas (RA), Nucleação (N), Plantio em Linha (PL), Plantio em Ilhas (PI), Restauração Passiva (RP), no Parque Estadual Rio Canoas, Campos Novos, SC.....63

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Espécies nativas plantadas nos tratamentos PL (Plantio de mudas nativas em linha) e PI (Plantio de mudas nativas em ilhas de biodiversidade), na área de pesquisa no Parque Estadual Rio Canoas, Município Campos Novos, SC.....	30
Tabela 2 - Categoria taxonômica da fauna edáfica coletada no Parque Estadual Rio Canoas, Campos Novos, SC, em área em restauração, pelas metodologias TSBF, armadilhas de queda e Berlese.....	38
Tabela 3 - Grupos Taxonômicos e Abundância da Macro e fauna edáfica amostrados por Monólitos de Solo (TSBF), nas coletas de pri/22, ver/22, out/23 e inv/23, nos tratamentos e Plantio Ilha (PI), Remoção Acículas (RA), Restauração Passiva (RP), Plantio Linha (PL), Nucleação (N), no Parque Estadual Rio Canoas, Campos Novos, SC.....	40
Tabela 4 - Abundância total, Riqueza de grupos, Riqueza média, HMAX (LN S), índice de diversidade de Shannon-Wiener (H') índices de Dominância Simpson (C) e equitabilidade de Pielou (J') dos grupos da fauna edáfica coletos por metodologia TSBF nos tratamentos de Plantio Ilha (PI), Remoção Acículas (RA), Restauração Passiva (RP), Plantio Linha (PL), Nucleação (N), ao longo das 4 estações do ano, no Parque Estadual Rio Canoas, Campos Novos, SC.....	41
Tabela 5 - Índice de diversidade de Shannon-Wiener (H') índices de Dominância Simpson (C) e equitabilidade de Pielou (J) amostrados por monólitos de solo (TSBF), nas coletas de pri/22, ver/22, out/23 e inv/23, nos tratamentos de Plantio Ilha (PI), Remoção Acículas (RA), Restauração Passiva (RP), Plantio Linha (PL), Nucleação (N), no Parque Estadual do Rio Canoas, Campos Novos, SC.....	45
Tabela 6 - Grupos Taxonômicos e Abundância da Macro e Fauna Edáfica amostrados por Armadilha de Queda, nas coletas de Pri/22, ver/22, out/23 e Inv/23, nos Tratamentos de Plantio Ilha (Pi), Remoção Acículas (Ra), Restauração Passiva (Rp), Plantio Linha (Pl), Nucleação (N), no Parque Estadual Rio Canoas, Campos Novos, Sc.....	49
Tabela 7 - Abundância total, Riqueza de grupos, Riqueza média, HMAX (LN S), índice de diversidade de Shannon-Wiener (H') índices de Dominância Simpson (C) e equitabilidade de Pielou (J) dos grupos da fauna edáfica coleta por metodologia Armadilhas de Quedas, nos tratamentos de Plantio Ilha (PI), Remoção Acículas (RA), Restauração Passiva (RP), Plantio Linha (PL), Nucleação (N), no Parque Estadual Rio Canoas, Campos Novos, SC.....	50
Tabela 8 - Índice de diversidade de Shannon-Wiener (H') índices de Dominância Simpson (C) e equitabilidade de Pielou (J') das coletas por Armadilhas de Queda na pri/22, ver/22, out/23 e	

inv/23, nos tratamentos de Plantio Ilha (PI), Remoção Acículas (RA), Restauração Passiva (RP), Plantio Linha (PL), Nucleação (N). No Parque Estadual Rio Canoas, Campos Novos, SC.....	51
Tabela 9 - Grupos Taxonômicos e Abundância da Macro e Fauna Edáfica amostrados por Funil de Berlese, nas Coletas de Pri/22, ver/22, out/23 e inv/23, nos Tratamentos de Plantio Ilha (Pi), Remoção Acículas (Ra), Restauração Passiva (Rp), Plantio Linha (Pl), Nucleação (N), No Parque Estadual Rio Canoas, Campos Novos, Sc.....	56
Tabela 10 - Abundância total, Riqueza de grupos, Riqueza média, HMAX (LN S), índice de diversidade de Shannon-Wiener (H') índices de Dominância Simpson (C) e equabilidade de Pielou (J) dos grupos da fauna edáfica coleta por metodologia Berlese nos tratamentos de Remoção Acículas (RA), Plantio Ilha (PI), Restauração Passiva (RP), Plantio Linha (PL), Nucleação (N), no Parque Estadual Rio Canoas, Campos Novos, SC.....	58
Tabela 11 - Índice de diversidade de Shannon-Wiener (H') índices de Dominância Simpson (C) e Equabilidade de Pielou (J) amostrados pela metodologia Berlese, nas coletas de pri/22, ver/22, out/23 e inv/23 nos tratamentos de Plantio Ilha (PI), Remoção Acículas (RA), Restauração Passiva (RP), Plantio Linha (PL), Nucleação (N). No Parque Estadual Rio Canoas, Campos Novos, SC.....	60

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANOVA	Análise de Variância.
AT	Abundância Total
C	Índice de Dominância Simpson.
ENERCAN	Campos Novos no Rio Canoas pela Empresa Campos Novos Energia. S/A.
H'	Índice de Shannon.
IMA	Instituto do Meio Ambiente de Santa Catarina.
Inv	Inverno.
IQS	Índice de qualidade biológica do solo.
J'	Índice Pielou.
N	Nucleação.
NS	Não significativo através de Índice Confiança a 95%.
Out	Outono.
PAERC	Parque Estadual Rio Canoas.
PI	Plantio de mudas nativas em Ilhas.
PL	Plantio de mudas nativas em linha.
PR	Restauração passiva.
PPGEAN	Pós Graduação em Ecossistemas Agrícolas e Naturais.
Pri	Primavera.
RA	Remoção de acículas de Pinus taeda L.
RQ	Riqueza de Grupos
RP	Restauração Passiva.
TSBF	Tropical Soil Biology Fertility.
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina.
Ver	Verão.
FOM	Floresta Ombrófila Mista.
COT	Carbono Orgânico Total.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	16
3. REFERENCIAL TEÓRICO.....	18
3.1 BIODIVERSIDADE DO SOLO	18
3.2 FAUNA DO SOLO.....	19
3.3 RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA.....	21
3.4 PLANTIOS DE EPÉCIAS DO GÊNERO <i>PINUS</i> NO BRASIL	23
3.5 ESTRATÉGIAS DE RESTAURAÇÃO DA BIODIVERSIDADE.....	24
3.5.1 Plantio de Mudras em Ilhas.....	25
3.5.2 Plantio de Árvores em Linha.....	25
3.5.3 Restauração Passiva	26
3.5.4 Técnica Nucleação	27
3.5.5 Poleiros Artificiais.....	27
3.5.6 Remoção de Acículas	28
4. MATERIAIS E MÉTODOS	29
4.1 ÁREA DE ESTUDO.....	29
4.2 DADOS CLIMÁTICOS	30
4.3 DESENHO EXPERIMENTAL	31
5. AMOSTRAGEM DA MACRO E MESOFAUNA	34
5.1 ESCAVAÇÃO DE MONOLITOS	34
5.2 EXTRAÇÃO DE MESOFAUNA POR FUNIL DE BERLESE-TULLGREN ADAPTADO	35
5.3 ARMADILHAS DE QUEDA (PITFALL TRAPS).....	36
5.4 LÂMINAS-ISCA (MÉTODO BAIT-LAMINA).....	37
6. CÁLCULO DOS ÍNDICES ECOLÓGICOS	39
6.1 ÍNDICE DE DIVERSIDADE DE SHANNON-WEVER (H').....	39
6.2 ÍNDICE DE UNIFORMIDADE DE PIELOU (J')	39
6.3 ÍNDICE DE DOMINÂNCIA DE SIMPSON (C)	40
6.4 ANÁLISE DE DADOS	40
7. RESULTADOS E DISCUSSÕES	41
7.1 VISÃO GERAL DOS DADOS DE FAUNA DE SOLO.....	41
7.2 FAUNA COLETADA POR ESCAVAÇÃO DE MONOLITOS	43
7.3 A FREQUÊNCIA DOS GRUPOS TAXONÔMICA - TSBF	50

7.4 ARMADILHAS DE QUEDA	52
7.5 FREQUÊNCIA DOS GRUPOS TAXONÔMICOS – ARMADILHAS DE QUEDA	55
7.6 FUNIL DE BERLESE	59
7.7 A FREQUÊNCIA DOS GRUPOS TAXONÔMICOS – BERLESE	64
8. ATIVIDADE ALIMENTAR DA FAUNA EDÁFICA	65
9. CONCLUSÃO.....	67
10.REFERÊNCIAS.....	68
11. ANEXO.....	78

1 INTRODUÇÃO

A restauração ecológica vem ganhando um importante destaque como uma estratégia fundamental para minimizar os efeitos adversos da degradação ambiental e da perda de biodiversidade em ecossistemas naturais (Pimentel *et al.*, 2012). Nos últimos anos, a restauração tem ganhado atenção especial com um olhar crítico e interesses sociais, políticos e até governamentais que visa a revitalização de áreas degradadas e a promoção da biodiversidade (Alves *et al.*, 2013).

Devido ao fato de que a restauração pode levar anos ou décadas (Brançalion; Gandolfi; Rodrigues, 2015), as ações para restaurar um ecossistema degradado e obter sucesso no processo de forma eficiente é sempre almejado. Pesquisas atuais buscam evitar a perda da macro e mesofauna, do solo e sua biota, que contribuem com uma vasta gama de serviços ecossistêmicos que são essenciais para seu próprio funcionamento e cruciais para a vida humana (Maria *et al.*, 1998; Parron *et al.*, 2015). A fauna do solo, composta por uma diversidade de organismos, desempenha um papel crucial na recuperação e manutenção dos ecossistemas, influenciando processos como a ciclagem de nutrientes, reestruturação do solo e decomposição da matéria orgânica. Além disso, a avaliação da atividade alimentar desses organismos pode fornecer informações valiosas sobre a saúde e a qualidade ambiental de ecossistemas restaurados (Tótola; Chaer, 2002). Estes organismos são sensíveis às condições abióticas como temperatura e umidade, e também são influenciados pelas espécies vegetais presentes, havendo uma relação direta entre a biodiversidade na superfície e dentro do solo (Wardle; Klironomos; Wall, 2004). Portanto, os organismos da fauna edáfica são considerados bons indicadores das condições do seu meio.

Para isso acontecer, a utilização de métodos de promoção da restauração vem se tornando cada vez mais comum nos projetos de restauração de áreas degradadas (Bazzo *et al.*, 2014). O diagnóstico da área passa a ser de fundamental importância para a escolha de técnicas adequadas no processo da restauração ecológica, pois o nível de degradação de um ecossistema e o contexto de paisagem é que determinarão a estratégia ideal a ser utilizada para a restauração (Holl; Aide, 2011).

Nesse contexto, o Parque Estadual Rio Canoas (PAERC), localizado no município de Campos Novos, Santa Catarina, representa um cenário que requer atenção particular. A presença histórica de plantações de *Pinus taeda* L. na área e nos arredores impactou negativamente a biodiversidade local e os processos ecossistêmicos (Padilha; Citadini-Zanette; Santos, 2014). A

remoção de populações desta espécie exótica invasora oferece uma oportunidade única para estudar processos de restauração.

A compreensão dos efeitos da retirada do *P. taeda* e da implementação de estratégias de restauração sobre a biodiversidade da fauna do solo e em sua atividade alimentar é essencial para avaliar o sucesso da restauração e para escolher estratégias eficazes e de bom custo-benefício para cada contexto.

O gênero *Pinus* tem alto potencial invasor, trazendo uma grave ameaça à biodiversidade inclusive em áreas naturais protegidas, como é o caso de algumas Unidades de Conservação do Estado de Santa Catarina (Reis *et al.*, 2014).

Nas áreas do PAERC onde o pinus foi retirado ficaram vestígios da sua presença, como solo mais compactado e acidificado, presença de acículas na serrapilheira, restos de troncos, bem como uma comunidade edáfica adaptada a estas condições, como baixa diversidade de recursos e serrapilheira pouco palatável para muitas espécies de fragmentadores (Casal., 2022). Portanto, o uso de estratégias de restauração, torna-se uma ação chave visando potencializar a regeneração natural e reduzir perturbações no solo, o que pode ser considerado fundamental para que sementes possam chegar ao solo e emergir (Fockink *et al.*, 2022; Ortiz, 2015).

A área de pesquisa foi implantada em 2019 (Casal, 2022), após a remoção de regenerantes de *P. taeda*. Nessa área experimental de 0,75 ha, foram implantados cinco tratamentos casualizados em três blocos, totalizando 15 parcelas (20 metros x 25 metros). Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a comunidade da macro e mesofauna edáfica, sob influência de diferentes estratégias de restauração ambiental, após a retirada de *P. taeda*, no PAERC, buscando indicar qual estratégia seria a mais adequada para promover o processo de restauração no contexto estudado. A hipótese deste trabalho foi que, no contexto da UC, a Restauração Passiva seria suficiente para promover a biodiversidade da comunidade edáfica quando comparada às demais estratégias como Remoção de Acículas, Plantio de Mudanças ou Nucleação.

Esta pesquisa está vinculada ao Programa de Pós-Graduação em Ecossistemas Agrícolas e Naturais (PPGEAN), da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), no Campus de Curitibanos, na linha de pesquisa Ecologia de Ecossistemas. O PPGEAN tem entre seus objetivos promover as interações ecológicas em sistemas agrícolas e naturais, e a formação de profissionais capazes de avaliar, planejar e organizar sistemas naturais através da pesquisa, recurso do solo, no âmbito da conservação e preservação em um estágio onde a restauração se torna uma ferramenta para todas as dimensões mais ampla que essa palavra pode representar.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 BIODIVERSIDADE DO SOLO

O paradoxo presente no universo da biodiversidade pode nunca ser compreendido em sua totalidade pela dimensão humana (Creamer *et al.*, 2022). A existência humana sempre lançada para compreender mesmo nos limites da ciência, tudo o que na natureza se apresenta. A biodiversidade terrestre, ainda que um conceito recente, traz uma conscientização da necessidade e a importância para a própria existência de toda a vida no planeta (Franco, 2013). A biodiversidade de um ecossistema tem correlação íntima e positiva com a sustentabilidade e com o equilíbrio da natureza, sendo uma das propriedades fundamentais e responsável por manter a sua estabilidade (Baretta *et al.*, 2011). A investigação desta biodiversidade avançou nos últimos anos e a conscientização da importância desses estudos entre cientistas e as comunidades políticas vêm crescendo, e mais do que nunca se percebe a importância da biodiversidade do solo na prestação de serviços ecossistêmicos à sociedade humana (Wardle; Klironomos; Wall *et al.*, 2012; Bardgett; Putten, 2014). Compreender o processo da restauração pode levar o ser humano a um salto na preservação e manutenção da biodiversidade, bem como a produção e a segurança alimentar (FAO, 2020).

Pesquisas demonstraram que existem milhões de organismos presentes no solo, onde estabeleceram seu habitat natural, entre estes, a fauna de invertebrados (Wink *et al.*, 2005), que é responsável pela decomposição da matéria orgânica, respondendo de forma diferenciada à quantidade e qualidade de material daquele ambiente (Aquino, 2006). A quantidade de matéria orgânica produzida no ambiente também influencia na dinâmica da fauna, pois, quanto maior a demanda de nutrientes, maior será o tempo que estes organismos permanecerão no ambiente e irão atuar em processo de decomposição (Viana, 2019). Alterações em sua densidade e diversidade são observadas em ecossistemas que apresentam algum tipo de intervenção na sua cobertura vegetal (Bezerra *et al.* 2022). As transformações e mudanças na abundância relativa e diversidade das espécies de invertebrados do solo pode responder positivamente com os índices ecológicos e apresentar um bom indicador de mudanças no sistema edáfico. Esses grupos são considerados entre os mais importante para os processos de decomposição, mineralização e ciclagem de nutrientes (Aquino, Menezes; Queiroz 2006).

2.2 FAUNA DO SOLO

Os invertebrados do solo ou fauna do solo são classificados por tamanhos, grupos e funções (Silva, 2020). De maneira geral, existem várias formas de classificar a biota do solo, com algumas diferenças entre elas. A mais utilizada pelos pesquisadores é a classificação proposta por Swift et al. (1979), em que os grupos que contêm a biota do solo são classificados de acordo com sua mobilidade, hábito alimentar, função que desempenham no solo e, principalmente, pelo seu tamanho, em mesofauna (0,2mm a 4mm) e macrofauna (4mm a 80mm) (Brown, 2015).

Os principais organismos da macro e mesofauna do solo representam diversos níveis tróficos como: saprófagos que se alimentam de resíduos em decomposição de matéria orgânica (ex: Blattodea, Diplopoda, Dermaptera, Diplura, Isopoda, Larva de Diptera, Psocoptera e Symphyla); fitófagos que se alimentam de plantas, além de atuarem como polinizadores e dispersores de sementes (ex: Diptera, Hemiptera, Lepidoptera, Orthoptera e Trichoptera); micrófagos que se alimentam de microrganismos (Collembola); predadores que se alimentam de outros animais (Araneae, Chilopoda e Hymenoptera)(Brown, 2015).

As funções que possibilitam à fauna transformar, estocar, e reciclar nutrientes no solo, estão relacionadas com a integração das propriedades biológicas, físicas e químicas, que a habilita a exercer suas funções na plenitude (Vezzani; Mielniczuk, 2009). Plenitude essa, que significa a capacidade de proporcionar vida naquele ambiente. O solo é sim o elemento, ou seja, o Arché, elemento primordial (Giovanni Reale, 2002), que gera e proporciona o alimento para plantas e animais desse planeta (Potapov, 2022; Rousseau *et al.*, 2013). Não é o elemento que gera tudo, mas que proporciona a vida. Essa concepção nasce quando nos Estados Unidos, Harberern 1992, presidente do Instituto Rodale, encorajou pesquisadores e estudantes a divulgar a ideia de produzir alimentos de forma regenerativa, garantindo a saúde do ser humano, a partir da saúde do solo. Além de ser um substrato para o crescimento de plantas e produção de alimentos, também deve ser considerado um “ente” vivo, pois contém milhares de animais e micro-organismos. Essa biota forma uma complexa teia trófica, em cuja base normalmente estão as raízes, a serapilheira e a matéria orgânica do solo (Brown *et al.*, 2015a).

Os grupos da macro e mesofauna têm sido reconhecidos pela sua atuação na fragmentação e distribuição dos restos de vegetais e animais na serapilheira do solo. Devido às suas intensas atividades, certas espécies de cupins, besouros, formigas e minhocas vêm sendo denominadas de “engenheiras do ecossistema” (Lavelle, 1996; Brown *et al.*, 2015a ; Alves *et*

al., 2020). A relação “engenheiras do ecossistema” e tecnologias de restauração pode ser um caminho para recuperação de ambientes degradados a ser recuperado (Watts *et al.*, 2020). A diversidade da comunidade da fauna edáfica pode refletir o grau da qualidade do ambiente, e a partir desse conhecimento, podem-se planejar intervenções que visam manter, recuperar ou restaurar a integridade de um ecossistema, buscando a sustentabilidade ecológica do ambiente (Wink *et al.*, 2005). Essa diversidade e complexidade de funções que exercem no sistema solo/serrapilheira fazem com que esses invertebrados do solo desempenhem papel essencial na restauração de áreas degradadas e sejam considerados importantes bioindicadores (Snyder; Hendrix, 2008).

Portanto, o foco principal deste estudo são os organismos que exercem importante papel no transporte de matéria orgânica, e contribuem para a melhoria nas propriedades físicas e químicas do solo (Ducatti, 2002). Os organismos que vivem no solo e na serrapilheira estão descritos em grupos funcionais com base nas funções desempenhadas nos ecossistemas terrestres, como predadores, detritívoros/decompositores, geófagos/bioturbadores, fitófagos/pragas, micrófagos e insetos sociais. Os saprófagos se alimentam dos materiais em decomposição, liberando nutrientes que são disponibilizados as plantas (Brown *et al.*, 2015a).

Os predadores se alimentam de outros organismos vivos. Os micrófagos são responsáveis pela regulação da população microbiana, já que se alimentam de microrganismos. Os insetos fitófagos são aqueles capazes de se alimentar diretamente de alguma planta viva (Rolt, 2009).

Os organismos bioindicadores são considerados como sendo aqueles que apresentam funções relacionadas com determinados fatores ambientais (Kapusta, 2008; Lima *et al.* 2001). Ou seja, alguns organismos demonstram ter uma estreita relação com o habitat em que estão, e assim respondem significativamente a alterações ambientais, o que evidencia o nível de modificação do ambiente devido à ausência ou presença destes organismos (Spiller; Spiller; Garlet; 2018; Silva *et al.*, 2014). E devido a sensibilidade, bioindicadores respondem com rapidez a impactos dos variados tipos de sistemas em perturbação, por isso, é possível utilizá-la como sendo um componente ativo para análise da qualidade do solo e seus componentes (Silva *et al.*, 2013).

Estudos realizados para compreender os efeitos e mudanças no uso do solo, buscam métodos padronizados para amostrar sua diversidade, abundância e biomassa. Um dos parâmetros, mais usados que é método TSBF (Biologia e Fertilidade de Solos Tropicais), descrito por Anderson e Ingram (1993). Este método vem sendo utilizado em diferentes

sistemas e pesquisas para capturar e estudar invertebrados edáficos e monitorar a condição destes ambientes (Ortiz, 2015; Pompeo, 2016). Para avaliar a comunidade de invertebrados do solo, como por exemplo, os besouros, formigas e etc, o melhor tipo de armadilha são as armadilhas de queda (pitfall traps)(Aquino; Aguiar-Menezes; Queiroz, 2016). Esse método captura organismo da macro e mesofauna edáfica que habitam a serrapilheira do solo, ou que passam alguma fase do seu ciclo de vida neste ambiente.

Outros fatores que determinam a composição e a riqueza dos artrópodes coletados são o tipo de solo, cobertura vegetal, escala temporal e regional (Pétillon; Canard; Ysnel, 2006; Aquino, A.M.; Aguiar-Menezes, E.L.;Queiroz, 2016). Os métodos descritos acima vêm sendo utilizada com sucesso para estudos sobre a fauna do solo no Estado de Santa Catarina (Leão; Marchioro; Niemeyer, 2016; Pompeo *et al.*, 2016).

A partir da identificação dos organismos coletados, pode-se calcular índices ecológicos como o Índice de Diversidade de Shannon-Wiener (H') e o Índice de Equitabilidade de Pielou (J'). O H' é muito utilizado e recomendado para estudos com fauna de solo por ser sensível a espécies raras, o que é apropriado para amostras aleatórias de espécies de uma comunidade de interesse, se encaixando assim no presente estudo. O índice J' permite representar a uniformidade de distribuição dos indivíduos entre as espécies presentes. O valor de J' varia entre 0 e 1, onde valores mais próximos a 1 representam maior equilíbrio na distribuição das abundâncias entre as espécies, e quanto mais próximo de 0, menor a uniformidade. O Índice de Dominância de Simpson (C) é usado para determinar a probabilidade de dois organismos, selecionados ao acaso dentro da amostra, pertencerem à mesma espécie. Quanto maior o valor do índice, que vai de 0-1, maior a dominância da comunidade por uma ou poucas espécies.(Kraft et al., 2021).

2.3 RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA

A restauração ecológica, em sua definição mais ampla, estabelecida pela Sociedade de Restauração (SER 2004) define a restauração como “o processo de auxiliar a recuperação de um ecossistema que foi degradado, danificado ou destruído”. Com objetivo de fortalecer as estratégias de conservação da biodiversidade e o uso sustentável dos recursos naturais, essa poderosa ferramenta ainda é pouco utilizada para este fim. A restauração de áreas degradadas

pode trazer meios de subsistência local, melhorando a segurança alimentar e bem-estar das populações (Moreira, 2017).

O Brasil, para reduzir o desmatamento, definiu suas metas de restauração fazendo parte de uma estratégia global para lidar com o risco de redução da área de florestas no mundo. Um estudo recente indica que até 2050 haverá uma redução de 223 milhões de hectares na área capaz de manter florestas no globo (Sampaio *et al.*, 2021). O resultado das ações humanas vem causando uma perda histórica de biodiversidade do mundo, com mais de 80% da cobertura florestal perdida. Dentre os biomas mais biodiversos e ameaçados do planeta, considerado *hotspot* para a conservação, encontra-se a Mata Atlântica (Aerts *et al.*, 2017). Segundo Siminski *et al.* (2021) a região da Mata Atlântica brasileira é considerada um dos maiores polos de biodiversidade do planeta, contendo mais de 20.000 espécies vegetais, com altos níveis de endemismo. Neste contexto, o governo brasileiro lançou em 2009 o Pacto pela Restauração da Mata Atlântica (Rodrigues; Brancalion; Isernhagen, 2009; Siminski *et al.*, 2004), um plano para restaurar as áreas degradadas e desmatadas até 2050 na região da Mata Atlântica.

A restauração de áreas degradadas no Brasil, está prevista em compromissos internacionais e nacionais (Sampaio *et al.*, 2021). Por exemplo, na legislação brasileira o Sistema Nacional de Unidades de Conservação que rege a gestão e manejo das Unidades de Conservação (UC) estabelece como um dos objetivos destas áreas: “recuperar ou restaurar ecossistemas degradados” (Lei nº 9.985/2000, Art. 4º). Esta previsão se estende inclusive para além dos limites das UC, quando se estabelece como diretriz a proteção de grandes áreas integrando unidades de conservação e “as diferentes atividades de preservação da natureza, uso sustentável dos recursos naturais e a restauração e recuperação dos ecossistemas” (Lei nº 9.985/2000, Art. 5º).

Restaurar áreas em UC é vantajoso, porque o sucesso das intervenções tende a ser maior, em função da matriz de ecossistemas já protegidos, e contribui com o cumprimento de seus objetivos de criação. Em 2020, as Nações Unidas declararam os anos de 2021 à 2031 como a Década da Restauração. Esta ação, liderada pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) e pela Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO), define uma série de estratégias para reunir apoio político, pesquisa científica e força financeira para ampliar massivamente a restauração de ecossistemas degradados. A ideia surgiu do atual cenário de crescente degradação atingindo grande parte dos ecossistemas terrestres e marinhos em todas as partes do mundo (Sampaio *et al.*, 2021).

A restauração de ecossistemas depende de diversos fatores relacionados ao ambiente, como foi observado no Parque Estadual Rio Canoas, o grau de degradação ambiental, os níveis de conservação florestal da paisagem e do solo, a manutenção dos processos ecológicos, a presença de vegetação remanescente e os objetivos a serem atingidos com o sucesso da restauração (Lamb; Erskine; Parrotta, 2005).

A restauração é um processo que busca promover as interações ecológicas e permite a ocorrência da sucessão florestal através da melhoria da qualidade dos ambientes, para que novas espécies vegetais possam vir e ocupar o ambiente (Reis; Kageyama, 2003). Dentro da sucessão, as espécies são classificadas em diferentes grupos ecológicos. No processo inicial, temos as pioneiras e secundárias, que também apresentam mecanismos de propagação de sementes eficiente e que têm o papel fundamental nos ambientes que sofreram algum tipo de perturbação. Em um segundo momento, as secundárias tardias, espécies que toleram um sombreamento em sua fase inicial, se tornam intolerantes na medida em que crescem. O clímax, surge em um estágio de sucessão mais avançados, onde predominam espécies que toleram sombra na fase adulta e possuem alto grau de interações como a zoocoria (Almeida, 2016; Angelo *et al.*, 2020).

2.4 PLANTIOS DE ESPÉCIES DO GÊNERO *PINUS* NO BRASIL

O Brasil apresentava em 2021 uma área plantada de árvores de 9,93 milhões de hectares, um crescimento de 1,9% em relação ao dado revisado de 2020, que era de 9,75 milhões de hectares. Considerando as áreas plantadas, o pinus representa 19,4% com aproximadamente 1,93 milhão de hectares (IBA 2022). O gênero *Pinus* se destaca em termos de área cultivada por ser fonte de matéria-prima de grande importância para o setor florestal. Muitas das áreas implantadas nas últimas décadas englobavam áreas de preservação permanente, que incluíam margens de rios, córregos, nascentes e topos de morros, entre outros (Kubiak *et al.*, 2021). As florestas plantadas com espécies do gênero *Pinus* para a produção madeireira sustentam uma cadeia produtiva que é fundamental para a economia do país, contribuindo especialmente para o desenvolvimento da região sul do país (Vasquez *et al.*, 2007). Esta região se destaca na produção, por apresentar ótimas condições climáticas para plantações, principalmente em áreas de altitude que apresentam menores temperaturas (Higa *et al.*, 2008).

As espécies plantadas do gênero *Pinus* são espécies exóticas invasoras, sendo grandes competidoras com as espécies que participam dos estágios iniciais da sucessão após uma

perturbação, podendo inibir seu crescimento. Tal efeito reduz a resiliência ambiental e torna-se um entrave, dificultando o processo de regeneração em áreas naturais onde estas espécies são invasoras. A deposição de acículas no solo nas áreas de plantios da espécie durante um longo tempo, forma uma camada espessa que se acumula na serrapilheira, exercendo um controle da regeneração (Ricardo, 2019; Casal T., 2022). A degradação das acículas é mais demorada e difícil; apesar de conterem grande quantidade de celulose, elas apresentam uma concentração de nitrogênio considerada baixa e possuem alta acidez. Além dos compostos polifenólicos que são resistentes à ação microbiana (Bourscheid; Reis, 2011; Fockink *et al.*, 2022), o que pode resultar em problemas na disponibilidade de nutrientes para as plantas nativas, principalmente o nitrogênio (Aerts *et al.*, 2017). Dessa forma, a espécie invasora limita os recursos para as espécies nativas e influencia negativamente na ciclagem de nutrientes e em outros ciclos biogeoquímicos. Tal fato indica que espécies invasoras modificam a microbiota e as propriedades químicas do solo, além da liberação de metabólitos secundários que modificam a relação mutualística de outras espécies com as comunidades (Bourscheid; Reis, 2011). Por isso, compreender esse processo é crucial para projetar a restauração de um ecossistemas com ocorrência de espécies invasora (Bourscheid; Reis, 2011)

2.5 ESTRATÉGIAS DE RESTAURAÇÃO DA BIODIVERSIDADE

As estratégias de restauração que não levam em conta os processos ecológicos podem possibilitar um ecossistema com baixa diversidade de espécies e pouca capacidade de regeneração (Reis; Bechara; Tres, 2010). No processo de restauração, as espécies inseridas no sistema alteram o ambiente favorecendo a colonização por outros organismos mais exigentes. (Reis, Três e Scariot 2007). Cada uma das técnicas nucleadoras de restauração descritas em material e método, através de processos sucessionais secundários, exercem efeitos ecológicos funcionais que favorecem o aumento de energia e biodiversidade no ambiente degradado (Reis *et al.*, 2003, p.34).

A escolha das estratégias de restauração deve ser norteadas pela manutenção dos dispersores na área, o que depende, basicamente, desta área oferecer locais de repouso ou abrigo e, principalmente, apresentar disponibilidade de alimento o ano todo. Para tal finalidade, os poleiros artificiais podem ser efetivos (Grani, 2017).

A restauração da biodiversidade em um ecossistema tem se mostrado como uma estratégia fundamental para mitigar os efeitos da degradação ambiental e perda da fauna nos ecossistemas naturais (Brown *et al.*, 2015). Nesse contexto, os insetos desempenham um papel de destaque devido à sua diversidade, abundância e interações complexas nos ecossistemas terrestres (Brancalion *et al.*, 2017). A compreensão da relação entre insetos e restauração ecológica é crucial para desenvolver estratégias eficazes de conservação e recuperação dos ecossistemas degradados.

2.5.1 Plantio de Mudanças em Ilhas

As ilhas de diversidade são áreas pequenas, com diferentes densidades e diversidade de espécies arbóreas, que podem ser usadas no processo de restauração. Essas áreas são úteis para atrair dispersores de sementes. (Padilha; Citadini-Zanette; Santos, 2014).

A implantação de mudas nessas ilhas é uma forma de gerar núcleos capazes de atrair maior diversidade biológica para as áreas degradadas. Desta forma, esta técnica sugere a formação de núcleos onde são colocadas plantas de distintas formas de vida (ervas, arbustos, lianas e árvores), geralmente com precocidade para florescer e frutificarem de forma a atrair predadores, polinizadores, dispersores e decompositores para os núcleos formados (Reis; Três; Scariot, 2007).

2.5.2 Plantio de Árvores em Linha

A técnica de restauração “plantio de árvores em linhas de recobrimento e diversidade” foi desenvolvida pelo Laboratório de Ecologia e Restauração Florestal (LERF) da Universidade de São Paulo (Rodrigues *et al.*, 2009). Esta tecnologia tem como princípio o plantio de uma alta diversidade de espécies florestais nativas de diferentes grupos sucessionais. São utilizadas 15-30 espécies de crescimento rápido (espécies pioneiras) que sombreiam rapidamente a área criando um ambiente favorável para o desenvolvimento das plantas do grupo de “diversidade” e desfavorável para plantas invasoras (Rodrigues, 2009).

2.5.3 Restauração Passiva

A relação ser humano e natureza parece ser conflitante por milhares de anos, a harmonia ainda está longe de ser encontrada. Os seres humanos já transformaram entre 40% e 50% da superfície da Terra em áreas agrícolas ou urbanas (Moreira 2017). Mesmo locais não diretamente impactados sofrem as consequências da ação antrópica devido à fragmentação das áreas adjacentes. (Moreira, 2017). Nesta relação, indesejada, apenas um lado está levando “vantagem”, uma vantagem que com certeza é desvantagem, pois nenhuma destruição parece ser boa quando o assunto é destruição ou degradação da natureza. As florestas tropicais estão entre os ecossistemas mais degradados. Sua conversão em terras agriculturáveis tem contribuído para a extinção de muitas espécies. No cenário atual, menos de 5% dos remanescentes florestais são efetivamente protegidos na maioria dos países (Moreira, 2017). No Brasil, a criação de novas áreas protegidas, ocorrida nas duas últimas décadas, colocou o País acima da média mundial (18%, segundo dados do MMA)(Moreira, 2017), um exemplo é a criação do PAERC. As estratégias de restauração ecológica têm sido empregadas como medida para potencializar a conservação da biodiversidade, gerando bens e serviços ecossistêmicos, de modo a reverter o processo de degradação ambiental causado por uma ação antrópica. Ao longo do tempo passou a ser considerada como uma nova estratégia para a manutenção da biodiversidade e da integridade de ecossistemas. Em alguns casos, representa a primeira opção para aumentar os níveis de biodiversidade de uma área (Moreira, 2017).

A palavra restauração está ganhando importância nos últimos anos devido as mudanças climáticas que vem ocorrendo no planeta. Uma das causas dessas mudanças são os desmatamentos (Leite-Filho *et al.*, 2021). Outro ponto importante está na definição desse conceito. Durante algum tempo o termo restauração foi utilizado no seu sentido restrito, ou seja, passando um conceito que a ação RESTAURAÇÃO tinha como objetivo buscar em uma área degradada ou destruída o seu estado original do ecossistema (Brown *et al.*, 1998). No entanto esse conceito vem evoluindo nos últimos anos. A definição adotada pela Society for Ecological Restoration, considera que a restauração em um ecossistema não é cópia exatamente um modelo na natureza, mas sim recuperar a estabilidade e integridade biológica dos ecossistemas naturais. Esse conceito ainda precisa ter um ponto evolutivo extremamente importante, a conscientização do ser humano nesse processo e manter esse ecossistema, e não destruir novamente.

2.5.4 Técnica Nucleação

A restauração ambiental está se tornando uma ferramenta essencial para o grande problema das inúmeras formas de destruição dos ecossistemas no presente em dias atuais. Estudos recentes, buscam conhecimento nos processos ecológicos envolvidos na restauração (Tomazi; Zimmermann; Laps, 2010).

Portanto, as técnicas nucleadoras como: transposição de solo, transposição de galharias, poleiros artificiais, estão se tornando ferramentas essenciais para restaurar ambientes degradados (Reis; Regina Tres; Carla Scariot, 2007). As ações antrópicas causam processos degradativos no solo e retardam o processo sucessional da restauração. A transposição de porções de solo não degradado representa uma grande probabilidade de recolonização da área com micro, meso e macro organismos, sementes e outros propágulos de espécies pioneiras (Reis; Três; Scariot, 2007).

2.5.5 Poleiros Artificiais

Dentre os métodos utilizados no processo de nucleação em área degradada, estão os Poleiros Artificiais, os quais atraem avifauna e possibilitam grande proporção de dispersão de plantas por animais (Tomazi; Zimmermann; Laps, 2010). Os Poleiros Artificiais (P.A.) têm sido agentes efetivos nesses processos, pois possibilitam que as aves defecam empoleiradas provocando a dispersão de sementes pelas suas fezes (Anderson; Ingram, J. S. I., Baillie, 1990). Esse método ainda é pouco estudado em áreas tropicais (Holl, 1998; Melo *et al.*, 2000). Esses ambientes proporcionam para estes animais que possam pousar e constitui uma das formas mais eficientes de atrair sementes em áreas degradadas. (Reis; Regina Tres; Carla Scariot, 2007). Os P.A podem funcionar como recrutamento de vegetação devido ao incremento na deposição de sementes na área degradada. A instalação de Poleiros Artificiais na área desse projeto tem como objetivo acelerar a sucessão inicial, aumentar a diversidade de espécies, principalmente as pioneiras (Reis; Regina Tres; Carla Scariot, 2007).

2.5.6 Remoção de Acículas

A deposição de acículas no solo forma uma barreira física que dificulta a germinação de outras espécies, e não atrai a biota edáfica, o que resulta no esgotamento do estoque de nitrogênio no solo e aumenta os níveis de carbono, e conseqüentemente, causa o desequilíbrio no ecossistema (Fockink et al., 2020; Lima et al., 2021).

As espécies nativas sofreram diminuição na absorção de nutrientes, e a espécie invasora limita os recursos das espécies nativas e modificam os ciclos biogeoquímicos. Tal fato indica que espécies invasoras modificam a microbiota e as propriedades químicas do solo, além da liberação de metabólitos secundários que modificam a relação mutualística de outras espécies (Ghizelini; Auer; Pimentel, 2004). Portanto, ao remover essa barreira física, o objetivo foi avaliar como é o processo da regeneração e presença da fauna sem sua presença (Fockink et al. 2020).

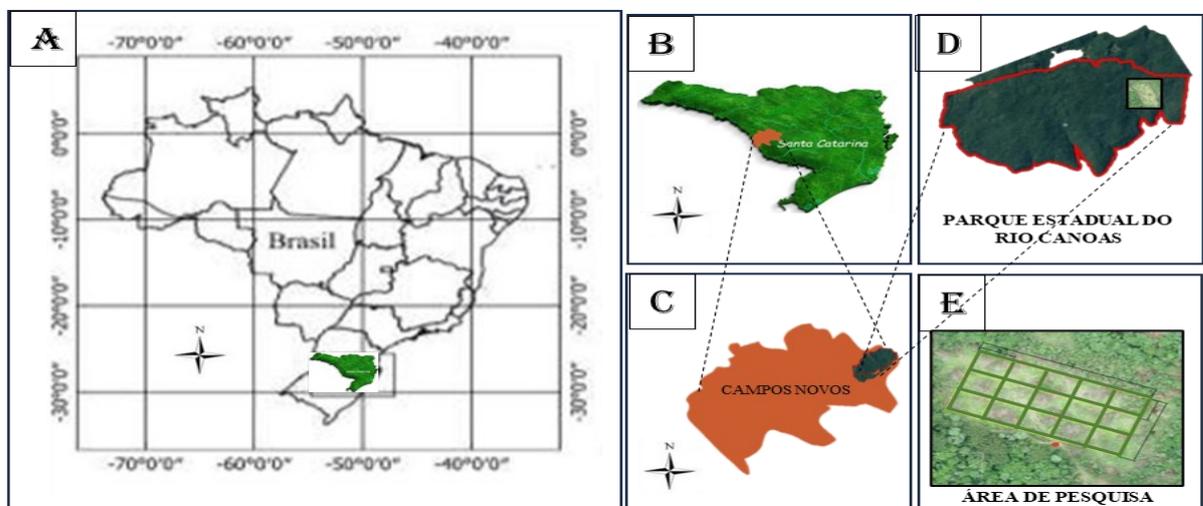
3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 ÁREA DE ESTUDO

O Parque Estadual do Rio Canoas (PAERC) possui uma área total de 1.133 hectares e foi criado pelo Decreto nº1.871 de 27 de maio de 2004, com o objetivo de proteção e preservação de uma amostra de Floresta Ombrófila Mista. Foi adquirida pela Campos Novos Energia S.A. – ENERCAN - e doada ao Governo do Estado de Santa Catarina como compensação ambiental pelo aproveitamento hidrelétrico de Campos Novos na Bacia Hidrográfica do Rio Canoas. Antes da criação da Unidade de Conservação, a área pertencia à empresa Brochmann Pollis, a qual possuía unidades plantadas de silvicultura de *P. taeda*. Por ser uma indústria madeireira, uma das principais matérias primas era o pinus.

A área de estudo (Figura 1) está localizada na Planície do Lajeado do Roberto, no Parque Estadual Rio Canoas (PAERC), no Município de Campos Novos, estado de Santa Catarina, Brasil. As coordenadas geográficas (27°34'22,31"S, 51°9'39,78"W; 733 metros de altitude).

Figura 1. Localização da área de estudos no Parque Estadual Rio Canoas, Campos Novos. SC. (A) localização do Estado de Santa Catarina no território brasileiro, (B) a localização do município de Campos Novos em SC, (C) a área de estudo no município de Campos Novos, onde a linha de contorno vermelha representa limite da área de 1.133,25 hectares, (E) o Delineamento experimental da área de estudo no PAERC.



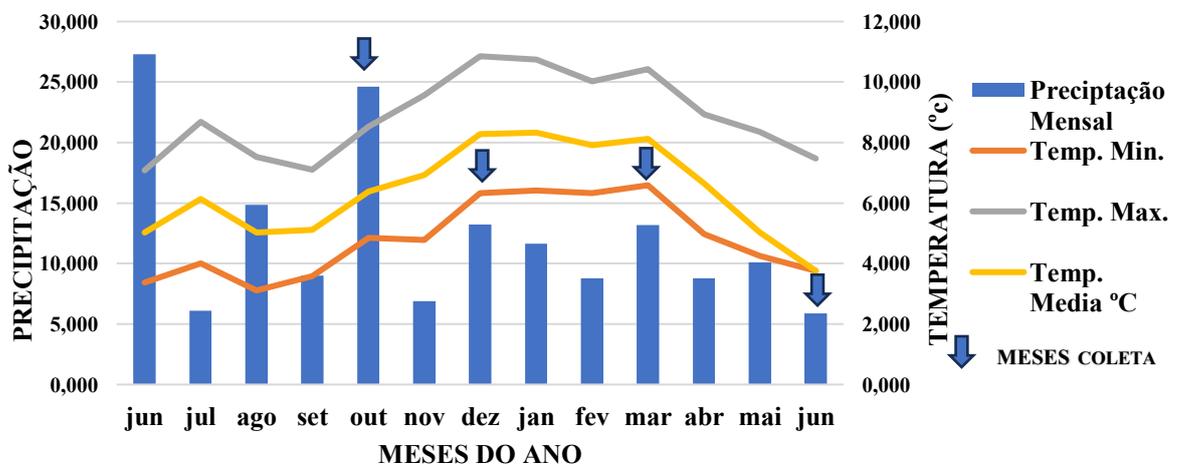
3.2 DADOS CLIMÁTICOS

O clima é subtropical úmido, com verão quente e úmido e inverno frio e seco. A precipitação é distribuída de forma uniforme ao longo do ano, com picos no verão e no outono (Alvares *et al.*, 2013). A temperatura média anual é de 16,5 °C (Ciram, 2022). A umidade relativa do ar é mais alta no inverno, com média de 80% (Ciram, 2022).

A classificação do clima é subtropical mesotérmico úmido – Cfb de acordo com o Sistema de Classificação Climática de Köppen.

Os dados climáticos (Figura 2) referentes à precipitação, temperatura máxima, temperatura mínima e temperatura média, durante a condução do experimento localizado no PAERC, foram obtidos na estação meteorológica Cetrecampo/Epagri, localizada no município de Campos Novos, SC. Os meses de coleta da fauna edáfica apresentaram média anual de precipitação de 14,93mm. No período de estudo a média da temperatura máxima foi de 22,17 °C e a média de temperatura mínima de 11,99 °C, média de temperatura média foi de 15,90 °C (Ciram, 2022).

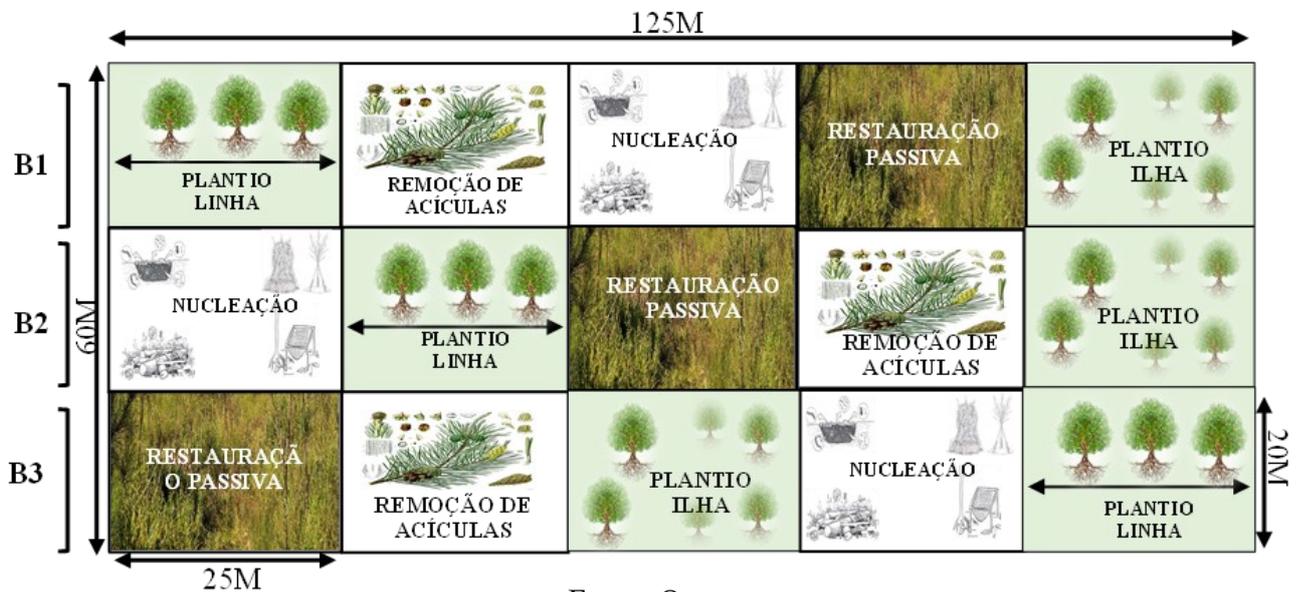
Figura 2. Dados de precipitação (mm), temperaturas máxima, mínima e média (°C) durante o período de avaliação de junho de 2022 a junho de 2023, com base nos dados da Cetrecampo/Epagri, em Campos Novos, SC.



3.3 DESENHO EXPERIMENTAL

O experimento avaliado foi implantado em 2019 (Casal, 2022), após a remoção de regenerantes de *P. taeda*. Na área experimental de 0,75 ha, foram implantados cinco tratamentos casualizados em três blocos, totalizando 15 parcelas (20 metros x 25 metros). Os tratamentos recomendados no Pacto de Restauração da Mata Atlântica (Rodrigues et al. 2009), foi a metodologia aplicada nos tratamentos: Restauração Passiva (RP); Remoção de acículas de *Pinus taeda* L. (RA); Nucleação (N); Plantio de mudas nativas em linha (PL); Plantio de mudas nativas em ilhas (PI) (Figura 3).

Figura 3. Desenho Amostral do Experimento no PAERC. Parcelas (20 X 25 M) com os Tratamentos Restauração Passiva (RP), Remoção de Acículas de *P. taeda* (RA), Nucleação (N), Plantio em Linha (PL), Plantio em Ilhas (PI), Restauração Passiva (RP).



Fonte: O autor

No tratamento PL, foi utilizada a metodologia proposta por Rodrigues *et al.* (2009), respeitando o espaçamento entre linhas de 3 x 2m, intercalando o plantio com espécies de crescimento rápido e de ciclo de vida curto (15 a 25 anos) compondo as linhas de preenchimento e o plantio de espécies de nível intermediário e final da sucessão, formando linhas com a maior diversidade possível, as quais, segundo Rodrigues *et al.* (2009), aumentam a probabilidade do sucesso de restauração ecológica (Tabela 1).

No tratamento RA, foi realizada a remoção de toda a serrapilheira e galharias de *P. taeda* que permaneceu na área mesmo após a remoção dos indivíduos, tendo como objetivo avaliar como é o processo da regeneração natural sem a presença desta barreira física.

No tratamento N, foi realizada a junção de galharias e formação de poleiro artificial, com a própria galharia de *P. taeda* que restou da supressão realizada em 2019, visando atrair agentes dispersores (Reis *et al.*, 2014; Rodrigues, 2009). Neste mesmo tratamento, também foi realizada a transposição de solo (1 m², 10 cm de profundidade) de uma área mais conservada da própria UC, com o objetivo de enriquecer o banco de sementes do ecossistema edáfico, para auxiliar na regeneração natural da área. No tratamento RP, não foram realizadas intervenções, deixando a regeneração ocorrer sem interferência.

No tratamento PI, foi realizado o plantio heterogêneo de mudas nativas (Tabela 1) em ilhas de biodiversidade, utilizando o método proposto por (Reis *et al.*, 2003; Bechara *et al.*, 2007; Rodrigues; Brancalion; Isernhagen; Reis; Bechara; Tres, 2010). Os autores afirmam que este método, quando bem planejado, tende a dinamizar o processo de sucessão ecológica por longo período de tempo, pois, ao plantar mudas arbóreas de diversas espécies, garante-se fonte de alimento durante o ano todo para a fauna a qual é responsável pelo fluxo gênico e, conseqüentemente, por enriquecer o processo de regeneração natural da área. Todas as mudas de espécies nativas (Tabela 1) foram doadas pelo Viveiro Florestal da BAESA (UHE Barra Grande).

Tabela 1. Espécies nativas plantadas nos tratamentos PL (Plantio de mudas nativas em linha) e PI (Plantio de mudas nativas em ilhas de biodiversidade), na área de pesquisa no Parque Estadual do Rio Canoas, Município Campos Novos, SC.

Espécie	Grupo ecológico	Quantidade por parcela.
Angico (<i>Parapiptadenia rigida</i> Benth.)	P/SI	24
Araçá-amarelo (<i>Psidium</i> sp.)	ST	15
Araçá-vermelho (<i>Psidium</i> sp.)	ST	15
Araucária (<i>Araucaria angustifolia</i> Bertol.)	P/SI	30
Aroeira-do-campo (<i>Schinus</i> sp.)	P/SI	20
Aroeira-salsa (<i>Schinus molle</i> L.)	P/SI	20
Aroeira-vermelha (<i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi)	P/SI	30
Bracatinga (<i>Mimosa scabrella</i> Benth.)	P/SI	80
Butiá (<i>Butia</i> sp.)	ST	15
Cedro (<i>Cedrela fissilis</i> Vell.)	P/SI	60
Cerejeira (<i>Eugenia involucrata</i> DC.)	ST	15
Goiaba-serrana (<i>Acca sellowiana</i> O.Berg)	ST	15
Guabiju (<i>Myrcianthes pungens</i> O.Berg)	ST	15
Guabiroba (<i>Campomanesia xanthocarpa</i> O.Berg)	ST	15
Ingá-feijão (<i>Inga marginata</i> Willd.)	P/SI	30
Ipê-amarelo (<i>Handroanthus albus</i> (Cham.) Mattos)	ST	15
Pitanga (<i>Eugenia uniflora</i> L.)	ST	15
Rabo-de-bugio (<i>Lonchocarpus campestris</i> Mart. ex Benth.)	P/SI	20
Tarumã (<i>Vitex montevidensis</i> Cham.)	P/SI	20
Uvaia (<i>Eugenia pyriformis</i> Cambess.)	ST	14
P/SI: Primária/Secundária Inicial; ST: Secundária Tardia (Coradin <i>et al.</i> 2011)		483 indivíduos.

4 AMOSTRAGEM DA MACRO E MESOFAUNA

4.1 ESCAVAÇÃO DE MONOLITOS

A macro e mesofauna foram coletadas manualmente utilizando a metodologia de escavação de monólitos de solo proposta pelo programa *Tropical Soil Biological and Fertility* (TSBF), descrita por (Anderson; Ingram, J. S. I., Baillie, 1990), adaptada por (Aquino, 2006). Em cada parcela, com auxílio de uma pá, foram coletadas três repetições aleatórias, delimitadas por um gabarito metálico de 25 x 25 cm, extraindo-se uma amostra com 30cm de profundidade. As amostras de solo foram acondicionadas, separadamente, em sacos plásticos devidamente identificados e fechados, e levados uma estação de trabalho no campo. A triagem do solo ocorreu no mesmo dia, no local das coletas, onde a macro e mesofauna foram coletadas com o auxílio de luvas, pinças e bandejas. Os organismos coletados foram acondicionados em frascos com solução de álcool 96%. As amostras foram transportadas e acondicionadas no Laboratório de Ecologia da UFSC Curitibanos para posterior identificação.

Figura 4. Escavação de monolitos para captura da macro e mesofauna edáfica presente no solo, ou que passam alguma fase do seu ciclo de vida neste ambiente.



Fonte: O autor

4.2 EXTRAÇÃO DE MESOFAUNA POR FUNIL DE BERLESE-TULLGREN ADAPTADO

A coleta das amostras foi realizada utilizando anéis de inox (10 cm diâmetro, 5 cm altura) com borda cortante para facilitar a penetração no solo. Foi usado um pedaço de madeira e um martelo de borracha para ajudar na inserção do anel, e um facão para remover a amostra. Em cada parcela, foram extraídas três amostras, cada uma foi acondicionada em um saco plástico frouxamente fechado para permitir trocas gasosas.

As amostras de solo foram acondicionadas em local fresco e levadas imediatamente para o laboratório. No extrator com funil de Berlese-Tullgren adaptado, as amostras foram colocadas sobre uma tela (malha com furos de 2 mm e 5 mm) e posicionadas sob uma lâmpada incandescente (40 W), gerando um gradiente de temperatura e umidade, durante sete dias. A mesofauna reagem ao calor movendo-se para baixo e caindo no frasco contendo álcool 70%. Um extrator padrão consiste em várias unidades de funis arranjados em série (Aquino *et al.*, 2006).

Figura 5. Extração de mesofauna por Funil de Berlese-Tullgren adaptado para capturar a mesofauna edáfica presente no solo, ou que passam alguma fase do seu ciclo de vida neste ambiente.



Fonte: O autor

4.3 ARMADILHAS DE QUEDA (PITFALL TRAPS)

Cada armadilha foi composta de um copo plástico com capacidade para 500 ml contendo 200 mL de água e algumas gotas de detergente. A utilização de detergente é indicada para quebrar a tensão superficial, permitindo que os invertebrados fiquem dispersos na armadilha com tempo de coleta de 72 horas. Cada copo foi inserido em uma abertura no solo, realizada com o auxílio de um trado holandês, deixando a borda do copo em paralelo à superfície do solo, possibilitando a queda dos invertebrados.

Foram instaladas três armadilhas em cada parcela. Os copos foram protegidos com uma cobertura feita de pratos descartáveis e palito de churrasco para evitar que entre água da chuva. (Aquino *et al.*, 2006). Após esse período, as amostras foram recolhidas e levadas ao laboratório para identificação e contagem. As amostras foram conservadas em álcool 70%.

Figura 6. Armadilha de queda (Pitfall) para capturado da macro e mesofauna edáfica presente na serrapilheira do solo, ou que passam alguma fase do seu ciclo de vida neste ambiente.



Fonte: O autor

4.4 LÂMINAS-ISCA (MÉTODO BAIT-LAMINA)

As lâminas-isca ou método *bait-lamina*, criado por Törne (1990), tem como objetivo mensurar a atividade alimentar dos invertebrados edáficos como um indicador funcional da qualidade biológica do solo.

Consiste em uma pequena lâmina retangular com 16 orifícios circulares preenchidos. Como massa nutritiva (bait) a ser consumida pela fauna de solo, usou-se uma mistura homogênea de celulose em pó (70%), farinha de trigo (27%) e carvão ativado (3%) (Podgaiski; Silveira; Mendonça Jr., 2011). São inseridas no solo em uma profundidade de aproximada de 10 cm, com auxílio de uma ferramenta pontiaguda, permanecendo por um período de 21 dias (Niva *et al.*, 2021). Os invertebrados decompositores presentes no solo como, minhocas, enquitreídeos, ácaros e colêmbolos, as consomem (Podgaiski; Silveira; Barnes *et al.*, 2014; Mendonça Jr., 2011). Assim, quanto maior o consumo, ou seja, a ausência da isca nos orifícios abertos, conseqüentemente, maior à atividade alimentar estimada dos invertebrados no local (von Törne, 1990, Musso *et al.*, 2014). Esse método foi padronizado e descrito internacionalmente na norma International Organization for Standardization 18311 (2016).

Em cada parcela foi instalado 3 conjuntos de 8 bait-lamina aleatoriamente dispostos em uma distância aproximadamente de 5m uma das outras. Cada *bait-lamina* ficou distante aproximadamente 10 cm em cada conjunto. As *lâminas* foram confeccionadas com placas de policloreto de vinila (PVC) e adaptadas do modelo original. Para a instalação foi removido o excesso de vegetação e em seguida com auxílio de uma ferramenta pontiaguda o solo foi perfurado fazendo a abertura onde foram introduzidas as bait-laminas. (Musso *et al.*, 2014).

Depois de montados os conjuntos, os pontos foram marcados com uma fita zebra para facilitar a localização no momento da leitura, que foi realizada em campo. Só é considerado o consumo quando mais de 30% da isca foi consumida nos 16 orifícios de cada *bait-lamina* (Niva *et al.*, 2021).

Figura 7. Lâminas-Isca (Método bait-lamina), consumo da atividade alimentar da fauna do solo a partir de iscas de celulose.



Fonte: O autor

5 CÁLCULO DOS ÍNDICES ECOLÓGICOS

5.1 ÍNDICE DE DIVERSIDADE DE SHANNON-WEVER (H')

Os valores de riqueza (número de grupos presentes) e abundância da macro e mesofauna foram usados para calcular o índice de diversidade de Shannon-Winner (Gomes; Ferreira, 2004), por meio da fórmula: $H' = - \sum pi(\log pi)$, onde: H' = Índice de Shannon Winner; pi = valor importância; log = neperiano.

O índice de Shannon atribui maior peso a espécies raras. Este índice é o mais utilizado em estudos ecológicos, com distribuição normal dentro da amostra e relativamente independentemente do tamanho que se é amostrado.

Para o cálculo do índice de Shannon utiliza-se a seguinte fórmula

$$H' = - \sum_{i=1}^S pi \ln pi$$

Onde:

H' = índice de Shannon;

S = riqueza de espécies;

pi = abundância relativa de cada espécie, calculada pela proporção de indivíduos da mesma espécie pelo número total de indivíduos na comunidade ni/N ;

ni = abundância da espécie.

5.2 ÍNDICE DE UNIFORMIDADE DE PIELOU (J')

O índice de Pielou mede o quanto as proporções das espécies estão igualmente distribuídas. Assume valores de 0 (dominância de 1 sp.) a 1 (todas as spp. Com a mesma proporção, isto é, H' = Hmax).

$$J' = H' / H_{\max} \text{ ou } J' = H' / \ln S$$

Onde:

H = índice de Shannon;

S = Número total de grupos presentes na área (riqueza total)

Hmax = o valor teórico para o caso de todas as spp. Apresentarem a mesma proporção.

Hmax = ln S.

5.3 ÍNDICE DE DOMINÂNCIA DE SIMPSON

Já o índice de Simpson atribui maior peso a espécies mais abundantes. Este índice mede a probabilidade de 2 (dois) indivíduos, selecionados ao acaso dentro da amostra pertencerem a mesma espécie (SIMPSON, Edward H. Measurement of diversity. Nature, v. 163, n. 4148, p. 688-688, 1949., 2003).

Para obtenção desse Índice a equação utilizada é a seguinte:

$$D = \frac{1}{\sum p_i^2}$$

Onde:

$\sum p_i^2$ = somatório da abundância relativa das espécies elevada ao quadrado.

5.4 ANÁLISE DE DADOS

Para a análise da comunidade da macro e mesofauna edáfica foram utilizados parâmetros ecológicos de abundância total, riqueza de grupos, índice de Diversidade de Shannon-Wiener (H'), índice dominância de Simpson © e índice de Uniformidade de Pielou (J'), para as metodologias de TSBF, armadilhas de queda e funil de Berlese.

O parâmetro de riqueza considerou o número total de grupos taxonômicos coletados. Abundância relativa considerou a relação entre o número de organismos de um grupo e o número total de organismos coletados, para cada período de amostragem.

O software R versão 4.2.3 (15-03-2023) foi utilizado para realização das análises estatísticas da macro e mesofauna do solo. Para comparar os resultados entre os tratamentos dentro de cada época de amostragem, foi realizada uma análise de variância (ANOVA) seguida do teste de Tukey ($p < 0,05$). Para as variáveis que não cumpriram os pressupostos de normalidade (no teste de Shapiro-Wilk) e homogeneidade das variâncias foi usado o teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis. Se detectada diferenças estatísticas significativas aplicou-se o teste de t de Bonferroni, ao nível de 5 % de probabilidade.

Os dados também foram analisados de forma discursiva considerando-se os grupos encontrados e suas funções.

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

6.1 VISÃO GERAL DOS DADOS DE FAUNA DE SOLO

As estratégias aplicadas no processo de restauração no PAERC, tiveram o objetivo de simplificar e acelerar o processo de restauração em uma área após a retirada da espécie arbórea exótica invasora *Pinus taeda* L., promovendo o processo ecológicos da restauração de fragmentos florestais (Reis *et al.*, 2014; Grani, 2017) e conseqüentemente contribuindo para reestabelecer a formação da macro e mesofauna.

Dentre as estratégias aplicadas, a Restauração Passiva baseia-se nos princípios da regeneração natural, sendo considerado por muitos o método mais simples e barato, com resultados satisfatórios (Lôbo *et al.*, 2021; Piffer *et al.*, 2022). No presente trabalho, buscou-se compreender os efeitos das práticas de restauração ambiental e das variações sazonais sobre a comunidade da fauna edáfica em um contexto de uma Unidade de Conservação.

Foram amostrados um total de 11.058 indivíduos de diferentes grupos taxonômicos da macro e mesofauna, sendo coletado 822 indivíduos na primavera de 2022, 1.947 indivíduos no verão de 2022, 6.154 indivíduos no outono de 2023 e 2.135 indivíduos no inverno 2023. Esses invertebrados estão distribuídos em 29 grupos taxonômicos: Acari, Annelida, Araneae, Blattodea, Chilopoda, Coleoptera, Coleoptera Larva, Collembola, Dermaptera, Diplopoda, Diplura, Diptera, Diptera Larva, Formicidae, Haplotaxida, Hemiptera, Hymenoptera, Isopoda, Isoptera, Lepidopetra Pupa, Lepidoptera, Lepidoptera Larva, Opiliones, Orthoptera, Protura, Pulmonata, Symphyla, Thysanoptera e Tylenchida.

Tabela 2. Categoria taxonômica da fauna edáfica coletada no Parque Estadual Rio Canoas, Campos Novos, SC, em área em restauração, pelas metodologias TSBF, armadilhas de queda e Berlese.

Categoria taxonômica	Nome popular	Grupo funcional
Filo Annelida	Minhoca	Saprófagos
Filo Arthropoda		
Subfilo Crustacea		
Classe Malacostraca		
Ordem Isopoda	Tatuzinhos-de-jardim	Fitófagos
Subfilo Chelicerata		
Classe Arachnida		
Subclasse Acarina	Ácaro	Fitófagos e/ou Predadores
Ordem Araneae	Aranha	Predadores
Subfilo Hexapoda		
Classe Insecta		
Ordem Hymenoptera	Formiga, Abelha, Vespa	Predadores
Ordem Isoptera	Cupim	Saprófagos/ Predadores/ Fitófagos
Ordem Blatodea	Barata	Saprófagos e/ou Predadores
Ordem Dermaptera	Tesourinha	Fitófagos
Ordem Coleoptera	Besouro, broca	Saprófagos e/ou Predadores
Ordem Diptera (Larva)	Mosquito (Larva)	Saprófagos
Ordem Hemiptera	Percevejo	Fitófagos
Ordem Lepidoptera (Larva)	Borboleta, Mariposa (Larva)	Fitófagos
Ordem Orthoptera	Grilo, Gafanhoto	Fitófagos
Ordem Diplura	Dipluro	Saprófagos
Ordem Protura	Proturo	Saprófagos
Subordem Collembola	Colêmbolo	Micrófagos
Classe Chilopoda	Centopeia, lacraia	Predadores
Classe Diplopoda	Embuá, Piolho de cobra	Saprófagos
Classe Protura	Protura	Saprófagos
Classe Symphyla	Symphyla	Saprófagos

Fonte: Adaptado (Brown *et al.*, 2015; Maria *et al.*, 1998; Casal, 2022)

6.2 FAUNA COLETADA POR ESCAVAÇÃO DE MONOLITOS

Os grupos taxonômicos e suas respectivas abundâncias, coletados pela metodologia de escavação de monólito (TSBF), considerando organismos da macro e mesofauna, estão explícitos na Tabela 3.

Tabela 3. Grupos Taxonômicos e Abundância da Macro e Fauna Edáfica amostrados por Monólitos de Solo (TSBF), nas coletas de pri/22, ver/22, out/23 e inv/23, nos tratamentos Plantio Ilha (PI), Remoção Acículas (RA), Restauração Passiva (RP), Plantio Linha (PL), Nucleação (N), no Parque Estadual Rio Canoas, Campos Novos, SC.

Grupo Taxonômico	Abundância	Grupo Taxonômico	Abundância
Acari	1	Hymenoptera	16
Annelida	614	Isopoda	1
Araneae	63	Isoptera	267
Chilopoda	54	Lepidoptera Larva	12
Coleoptera Larva	154	Lepidoptera Pupa	3
Coleoptera	95	Lepidoptera	14
Dermaptera	4	Opiliones	4
Diplopoda	1	Orthoptera	20
Diplura	18	Protura	2
Diptera Larva	16	Symphyla	10
Diptera	11	Thysanoptera	28
Formicidae	896	Tylenchida	1
Haplotaxida	2		

No total, foram coletados 2.341 indivíduos por este método. Esses grupos são consideradas como potenciais bioindicadores ambientais (Rocha *et al.*, 2010) devido à sua estreita dependência das condições do ambiente.

Na tabela 4 estão explicitados os dados dos grupos nos tratamentos referentes às respectivas estratégias de restauração, considerando as coletas ao longo das estações do ano (pri/2022, ver/2022, out/2023 e inv/2023).

Tabela 4. Abundância total, Riqueza de grupos, Riqueza média, HMAX (LN S), índice de diversidade de Shannon-Wiener (H') índices de Dominância Simpson (C) e equitabilidade de Pielou (J') dos grupos da fauna edáfica coletos por metodologia TSBF nos tratamentos de Plantio Ilha (PI), Remoção Acículas (RA), Restauração Passiva (RP), Plantio Linha (PL), Nucleação (N), ao longo das 4 estações do ano, no Parque Estadual Rio Canoas, Campos Novos, SC.

TSBF	Pri/22					Ver/22					Out/23					Inv/23				
	PL	RA	N	RP	PI	PL	RA	N	RP	PI	PL	RA	N	RP	PI	PL	RA	N	RP	PI
Acari	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Annelida	66	11	24	9	22	14	7	14	21	9	68	51	39	33	25	48	28	56	35	34
Araneae	0	2	0	3	0	3	1	0	3	3	7	7	3	11	10	3	3	2	2	0
Blatodea	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Chilopoda	0	0	0	0	0	5	9	8	6	3	6	2	6	0	2	1	1	3	1	1
Coleoptera	3	4	9	4	7	0	0	0	0	0	6	8	13	15	14	1	7	2	1	1
Coleoptera Larva	9	0	1	2	0	0	0	0	0	0	6	9	17	10	11	23	27	16	13	10
Collembola	1	1	1	7	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2
Dermaptera	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Diplopoda	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Diplura	0	2	1	0	1	0	1	0	1	0	2	3	0	6	0	0	0	0	0	1
Diptera	0	0	0	6	1	0	0	0	0	0	2	1	0	0	1	0	0	0	0	0
Diptera Larva	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	5	0	2	0	0	0	0	0	0
Formicidae	0	0	0	19	0	18	10	9	12	9	108	259	171	41	208	14	1	11	2	4
Haplotaxida	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hemiptera	3	1	4	0	3	0	0	0	0	1	0	1	0	1	3	0	0	0	0	0
Hymenoptera	1	7	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2	1	0	1	0	2	0
Isopoda	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Isoptera	4	3	0	0	0	4	0	2	0	17	127	10	80	4	1	0	0	0	0	15
Lepidoptera Pupa	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lepidoptera	0	0	0	0	0	2	3	4	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lepidoptera Larva	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	2	1	1	4	0	0	0	0	0	0
Opiliones	0	1	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Orthoptera	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1	3	0	2	8	0	3	0	0	0
Protura	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pulmonata	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
symphyla	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	3	0	1	0	3	0
Thysanoptera	0	0	0	0	0	2	4	2	2	6	1	2	3	3	3	0	0	0	0	0
Tylenchida	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Abundância Total	91	35	45	55	39	49	37	40	48	52	348	362	335	134	292	90	72	90	59	68
Riqueza Grupos	9	12	10	9	8	8	9	7	7	10	15	14	10	13	15	6	9	6	8	8
Riqueza Média	3,14	1,21	1,55	3,14	1,34	1,69	1,28	1,38	1,66	1,79	12,00	12,48	11,55	4,62	10,07	3,10	2,48	3,10	2,03	2,34
Hmax (Ln S)	2,20	2,48	2,30	2,20	2,08	2,08	2,20	1,95	1,95	2,30	2,71	2,64	2,30	2,56	2,71	1,79	2,20	1,79	2,08	2,08
H' (Diversidade)	1,09	2,08	1,52	1,94	1,31	1,47	1,85	1,50	1,53	1,90	1,60	1,11	1,42	2,01	1,21	1,19	1,46	1,14	1,28	1,42
Índ. Simpson (C)	0,54	0,17	0,34	0,19	0,36	0,24	0,19	0,23	0,28	0,19	0,27	0,53	0,34	0,18	0,52	0,38	0,31	0,44	0,41	0,33
J' (Unif.)Pielou	0,49	0,84	0,66	0,88	0,63	0,71	0,84	0,77	0,79	0,83	0,59	0,42	0,62	0,78	0,45	0,66	0,67	0,64	0,61	0,68

Foi possível observar que a fauna do solo, pelo método TSBF na coleta de outono, a Formicidae mostrou uma abundância de 896 indivíduos, seguido de Annelida com 614, Isoptera com 267, larva de Coleoptera 154 (Tabela 4). Quanto a diversidade de espécies ao longo dos períodos amostrais, com alternância dos grupos dominantes entre os tratamentos, provavelmente como consequência da disponibilidade de recursos, o que pode favorecer de forma distinta os grupos tróficos específicos (Ganho; Marinoni, 2006).

A abundância total, na estratégia Remoção de Acículas (RA) apresentou os dois extremos, 362 indivíduos na amostragem de out/2023, e 35 indivíduos, na pri/2022 (tabela 4). Isso pode indicar que este tratamento propicia uma flutuação na abundância dos organismos de solo, seja por flutuação na disponibilidade de recursos ou por variações sazonais nas condições abióticas (p.ex., umidade e temperatura).

O tratamento Remoção de Acículas (RA) apresentou o maior número de indivíduos coletados, 259 Formicidae (Tabela 4).

Conhecidas como engenheiras do ecossistema do solo, as Formicidae, são os organismos edáficos mais dominantes dos ecossistemas terrestres, abundantes nas florestas tropicais, e executam um grande número de funções ecológicas (Pech *et al.*, 2018), pois participam da decomposição da matéria orgânica e carreamento e depósito de material orgânico no interior do solo, determinantes portanto para a ciclagem de nutrientes (Brito *et al.*, 2016).

A dominância de Formicidae no tratamentos de RA (Tabela 4) sugere uma adaptação desses grupos a condições perturbadas, como foi observado em estudos recentes que destacam a resiliência desses grupos ambientes alterados (Griffiths *et al.*, 2018). Estudos realizados em diferentes ecossistemas têm comprovado o grande potencial que estes invertebrados edáficos oferecem como bioindicadores de perturbações ambientais, sendo mais frequentes, principalmente, durante o processo de recuperação das áreas degradadas (Rodrigues *et al.*, 2008).

Por outro lado, ambiente com a presença de acículas se torna uma barreira física, ou seja, forma uma espessa camada de serapilheira, inibindo o desenvolvimento de plantas e também causa o afastamento da fauna edáfica devido a liberação de compostos polifenólicos e com alta acidez presentes nas acículas, esses composto promovem uma resistência à ação microbiana (Bourscheid; Reis, 2011; Fockink *et al.*, 2022). O tratamento RA tem como objetivo avaliar como é o processo de restauração sem a presença desta barreira física (Fockink *et al.*, 2022).

O grupo Annelida com 614 representantes, esteve presente em todos os tratamentos. Consideradas engenheiras do ecossistema e indicadoras de saúde do solo, exercem função diretamente na estruturação do solo e na produção de húmus, aumentando a atividade de outros organismos da fauna do solo e o crescimento das plantas (Brown *et al.*, 2015). São sensíveis às variações da umidade do solo e temperatura (Silva, 2012).

Outros importantes organismos edáficos, os Diplópodes e Isópodes, apresentaram uma baixíssima ocorrência, apontados pelos dados obtidos com os métodos de amostragem complementares ao longo da pesquisa. Isto pode indicar que ainda não há um ambiente propício em termos de aporte de matéria orgânica e condições abióticas favoráveis, especialmente umidade e temperatura, para sua sobrevivência e reprodução. Este fato está em consonância à fase inicial de restauração na qual encontra-se a área de estudo (3 anos), onde ainda não há um estrato arbóreo bem desenvolvido.

Ambientes com a presença de Diplopoda e Isopoda em áreas de restauração ambiental são indícios positivos de restauração de processos ecológicos (Brown *et al.*, 2015). Popularmente chamados de piolhos-de-cobra, os diplópodes são organismos detritívoros, com a função de decompositores da serrapilheira (Bueno-Villegas, 2012). Em ambientes mais preservados, há a tendência de haver maior quantidade de material em decomposição, deixando o local propício para a ocorrência de organismos fragmentadores, os quais atuam como agentes para a fertilização do solo (Costa, 2007). A diversidade e riqueza de plantas, bactérias e fungos são reguladores da população de Diplopoda e outros organismos da serapilheira, propiciando um ambiente mais favorável para estes grupos (Bezerra *et al.*, 2022).

Denominados popularmente tatuzinho-de-jardim, os isópodes são crustáceos verdadeiramente terrestres (Aquino; Aguiar-Menezes; Queiroz, 2016). Estes organismos são detritívoros (Brown *et al.*, 2001) e considerados decompositores primários, influenciados pela quantidade e qualidade da matéria orgânica do solo (Pey *et al.*, 2019), também sensíveis a alterações climáticas (Aquino, 2008).

Considerando a riqueza de grupos, as estratégias PL e PI, ambas mostraram 15 grupos, na estação do outono, enquanto nas estratégias PL e N, com 6 grupos, no inverno. Os isópteros (Tabela 4), mostraram-se abundantes nos tratamentos PL com 127 e N com 80 indivíduos. Conhecidos popularmente como cupins, os isópteros são insetos sociais de pequeno porte, que têm aparelho bucal mastigador, assim assumem funcionalidade como fitófagos, detritívoros, geófagos e rizófagos, exercendo sua função de engenheiros do ecossistema e transformadores

de serrapilheira (Brown *et al.*, 2015). Possuem vários hábitos alimentares, podendo atuar como consumidores primários ou decompositores em uma cadeia trófica, a depender do grupo funcional da espécie (Melo 2009). Os cupins aceleram a decomposição e o processo de reciclagem de minerais no solo por se alimentarem de celulose que está presente na matéria vegetal morta (Lima, 2020). No tratamento Plantio em linha (PL) também foi utilizada a metodologia proposta por Rodrigues *et al.* (2009), plantio de espécies de nível intermediário e final da sucessão, formando linhas com a maior diversidade possível, as quais aumentam a probabilidade do sucesso de restauração ecológica. (Casal, 2022). Segundo Reis *et al.* (2003), Rodrigues, Brancalion e Isernhagen (2009), a nucleação é uma das estratégias de restauração mais utilizadas para resgatar a biodiversidade de ecossistemas.

Os coleopteras (Tabela 4), nos tratamentos RP com 15 e PI com 14 indivíduos, na coleta do out/23. São os insetos popularmente conhecidos como besouros e podem ser encontrados em quase todos os ambientes. A maioria das espécies são fitófagas e se alimentam de praticamente todas as partes da planta – raiz, folhas, flores frutos e pólen (Rousseau *et al.*, 2013).

Na Tabela 5, estão presentes os resultados dos índices de diversidade de Shannon-Wiener (H'), Simpson (C) e Uniformidade Pielou (J')

No índice de diversidade de Shannon-Wiener (H'), no tratamento RA um valor de 2,081 na primeira coleta na estação da pri/22. No tratamento PL, na coleta da pri/22, apresentou uma diversidade de 1,085.

O índice de Simpson (C) na pri/22 mostrou uma dominância de 0,521 no tratamento PL (Tabela 5), esse mesmo índice apresentou um valor 0,171 no tratamento PL.

O índice Uniformidade Pielou (J'), no tratamento RP (Tabela 5), na coleta na pri/22 com valor 0,884, na parcela RA na coleta do Out/23 com valor de 0,421.

Os resultados corroboram com estudo realizado por Ortiz (2015), em levantamento da macrofauna utilizando o método TSBF em FOM no Estado de Santa Catarina, indicando que a FOM favorece as comunidades edáficas, provavelmente devido ao estágio de sucessão mais elevado.

Tabela 5. Índice de diversidade de Shannon-Wiener (H') índices de Dominância Simpson (C) e equabilidade de Pielou (J) amostrados por monólitos de solo (TSBF), nas coletas de pri/22, Ver/22, Out/23 e Inv/23, nos tratamentos de Plantio Ilha (PI), Remoção Acículas (RA), Restauração Passiva (RP), Plantio Linha (PL), Nucleação (N), no Parque Estadual Rio Canoas, Campos Novos, SC.

PRIMAVERA						OUTONO					
IND.	PL	RA	N	RP	PI	IND	PL	RA	N	RP	PI
H'	1,085b	2,081a	1,518ab	1,942a	1,308ab	H'	1,602ab	1,112b	1,417b	2,010a	1,208b
J'	0,494c	0,837a	0,659b	0,884a	0,629b	J'	0,592ab	0,421b	0,615ab	0,784a	0,446b
C	0,541a	0,171b	0,337ab	0,187b	0,365ab	C	0,270b	0,534a	0,336ab	0,184b	0,521a

VERÃO						INVERNO					
IND.	PL	RA	N	RP	PI	IND	PL	RA	N	RP	PI
H'	1,470ns	1,847ns	1,497ns	1,528ns	1,904ns	H'	1,187ns	1,464ns	1,141ns	1,277ns	1,418ns
J'	0,707b	0,841a	0,769a	0,785a	0,827a	J'	0,662ab	0,666a	0,637ab	0,614b	0,682a
C	0,241ab	0,189b	0,229ab	0,280a	0,189b	C	0,375ab	0,306ab	0,436a	0,407a	0,325b

ns: não significativo através de IC a 95%

Os resultados do teste de normalidade para H' , C e J' (Shapiro-Willk) indicaram que os dados seguem uma distribuição normal.

Considerando as estações do ano, a primavera mostrou um valor 2,081 (Tabela 5) no índice de H' , reconhecidamente uma estação que favorece a reprodução de insetos e de minhocas. Nesta estação, também foram registrados os (Tabela 5) valores de J' , semelhantes aos encontrados no verão (Tabela 5), indicando maior uniformidade na comunidade, refletindo condições propícias a vários grupos. Quanto à C , os valores variaram de 0,171 (RA, primavera) a 0,534 (RA, outono), indicando que não houve altos valores de dominância de um grupo sobre outros ao longo do estudo (Tabela 5).

Com os resultados do tratamento (N), uma técnica desenvolvida com baixo custo, e utiliza recurso de resíduos do próprio ambiente e também podem ser gerados na supressão da espécie exótica invasora, apresentou resultado importante considerando número de indivíduos para o processo de regeneração de uma área degradada por espécie invasora. O tratamento nucleação (N) é uma das estratégias de restauração mais utilizadas para resgatar a biodiversidade de ecossistemas (Rodrigues, 2009; Brancalion *et al.*, 2017).

Os resultados dos índices mostram a estação de outono com os maiores valores na abundancia total (Tabela 4). Com aumento de matéria orgânica e temperatura moderada (Silva, 2012), o outono proporciona um ambiente propício para a biodiversidade do solo, mostrando

também, que riqueza de grupos e diversidade foram maiores no tratamento Plantio em Linha (PL), por outro lado, a estação de outono também se destaca pela disponibilidade de detritos vegetais, favorecendo os detritívoros e a atividade biológica do solo (Pulleman *et al.*, 2012).

Os resultados reforçam a necessidade de considerar a ecologia da macro e mesofauna, no desenvolvimento de práticas de manejo sustentáveis que promovam a restauração de uma área degradada, buscando a recuperação do ecossistema solo e a funcionalidade de serviços ecossistêmicos (Tsiafouli *et al.*, 2015). Os resultados mostram a importância de integrar a sazonalidade ambiental e as necessidades ecológicas da fauna do solo, com uma atenção especial aos insetos, no planejamento de estratégias de restauração. Estratégias que promovem a diversidade da fauna do solo, como as estratégias de PL, N e RA (Tabela 4) podem ser particularmente benéficas, tendo em vista sua importância nos processos de decomposição e ciclagem de nutrientes (Lavelle *et al.*, 2016).

A fauna do solo é extremamente sensível a fatores climáticos, fato que é observado nas variações de densidade e diversidade ao longo das estações do ano (Santos *et al.*, 2020). Estudos registraram maior deposição de material vegetal na estação do outono quando comparada à primavera (Leão, 2018). Resultados que podem justificar maior abundância de organismos nessa estação, principalmente por estarem intimamente associados aos processos de decomposição do material e ciclagem de nutrientes (Baretta *et al.*, 2011).

Os tratamentos Plantio Linha (PL) e a Remoção de Acículas (RA) (Tabela 4), mostraram uma relação direta com a entomofauna. Enquanto a PL pode criar micro-habitats que aumentam a biodiversidade de insetos, a RA parece ter um efeito positivo na macrofauna, possivelmente devido à perturbação do micro-habitat superficial, conforme sugerido por (Blankinship; Niklaus; Hungate, 2011).

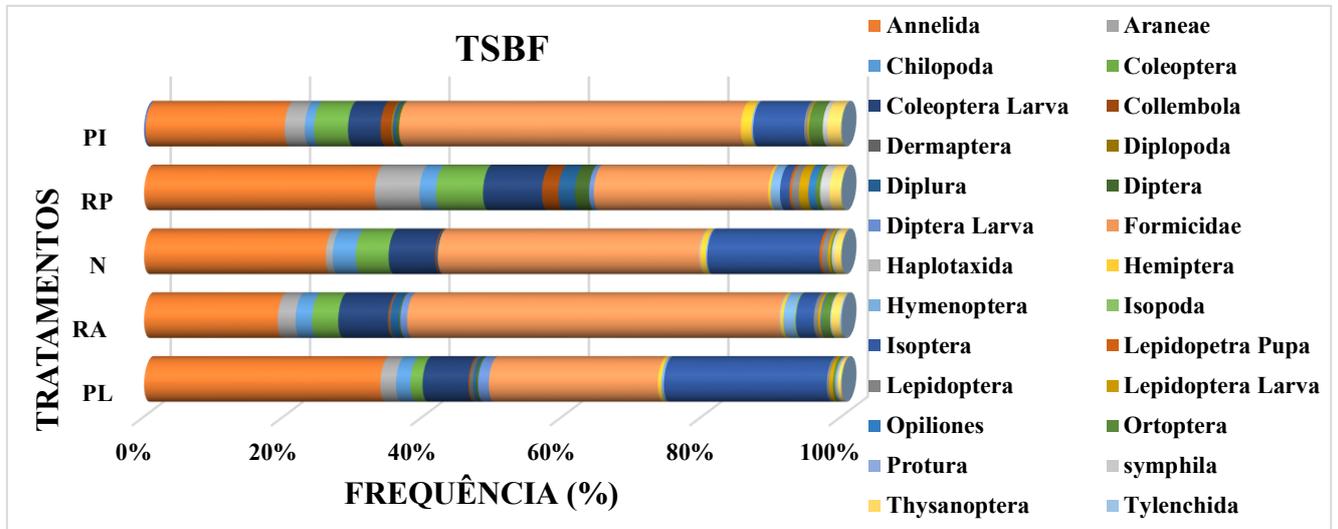
6.3 A FREQUÊNCIA DOS GRUPOS TAXONÔMICA - TSBF

A análise da frequência relativa dos grupos dos organismos na coleta de solo, representados na Figura 8, realizada na metodologia TSBF, mostrou no tratamento RA e PI na coleta do outono a maior frequência.

Os grupos de Formicidae mostraram uma frequência de 38%, Annelida 26%, Isoptera 11%, Coleoptera Larva 7%, Coleoptera 4%, Araneae 3%, Chilopoda 2%. Os outros grupos representaram 1% ou menos. É importante destacar que a metodologia de escavação de monólitos teve como objetivo amostra a macro e mesofauna que habita o solo em até 20 cm, especialmente organismos que vivem no seu interior, como por exemplo, as minhocas e cupins.

Considerando a classificação funcional dos organismos, os grupos Formicidae e Annelida, apresentaram os maiores valores de frequência, independente do tratamento, o que foi influenciado principalmente pelo grupo das Formicidae. Esse grupo, que ocorreu com maior frequência, talvez pelo fato de serem insetos sociais e ocorrerem em grande abundância, e pelo fato de a mesma apresentar uma gama mais diversificada de prováveis presas devido à maior complexibilidade do ambiente (Flórez, 2000). No tratamento RP foi observado um equilíbrio entre os grupos funcionais (Figura 8), também sendo verificado que organismos saprófagos foram os mais representativos nas áreas com RA, evidenciando a importância da deposição do material vegetal na conservação e manutenção da biodiversidade presente no solo, uma vez que ocorre o acúmulo das folhas na serapilheira (Leão, 2018). De acordo com Lavelle et al. (2001) ambientes com maiores aportes de recursos orgânicos sobre o solo, tendem a apresentar maiores populações de fauna invertebrada do solo.

Figura 8. Frequência dos grupos taxonômicos encontrados na macro e mesofauna edáfica nas coletas metodologia TSBF nos tratamentos de Remoção de Acículas (RA), Nucleação (N), Plantio em Linha (PL), Plantio em Ilhas (PI), Restauração Passiva (RP), ao longo das 4 coletas no Parque Estadual Rio Canoas - Campos Novo, SC.



6.4 ARMADILHAS DE QUEDA

Os grupos taxonômicos encontrados nas áreas pela metodologia Pitfall na macro e mesofauna estão explicitos na Tabela 6.

Tabela 6. Grupos Taxonômicos e Abundância da Macro e Fauna Edáfica Amostrados por Armadilha De Queda, nas coletas de pri/22, ver/22, out/23 E inv/23, nos tratamentos de Plantio Ilha (PI), Remoção Acículas (RA), Restauração Passiva (RP), Plantio Linha (PL), Nucleação (N), no Parque Estadual Rio Canoas, Campos Novos, Sc.

Grupo Taxonômico	Abundância	Grupo Taxonômico	Abundância
Acari	87	Diptera Larva	39
Annelida	38	Hemiptera	49
Araneae	806	Formicidae	3.278
Blatodea	15	Hymenoptera	339
Chilopoda	113	Isoptera	5
Coleoptera	165	Lepidoptera	8
Coleoptera Larva	129	Lepidoptera Larva	25
Collembola	2.115	Opiliones	9
Dermaptera	11	Ortoptera	177
Diplopoda	38	Protura	5
Diplura	16	Thysanoptera	97
Diptera	228		

No total, foram coletados 7.812 indivíduos por este método.

Os dados dos grupos da fauna edáfica amostrados por Armadilhas de Queda em parcelas de Remoção de Acículas (RA), Nucleação (N), Plantio em Linha (PL), Plantio em Ilhas (PI), Restauração Passiva (RP), sobre a diversidade da fauna edáfica em quatro coletas ao longo das estações pri/22, ver/22, out/23 e inv/23), são apresentados na tabela 7.

A partir dos dados foi calculado os índices de diversidade de Shannon-Wiener (H'), equabilidade de Pielou (J), Dominância (C), Riqueza Total(S) e Riqueza Média de Grupos, utilizando o programa Microsoft Excel 2010.

Tabela 7. Abundância total, Riqueza de grupos, Riqueza média, HMAX (LN S), índice de diversidade de Shannon-Wiener (H') índices de Dominância Simpson (C) e equabilidade de Pielou (J) dos grupos da fauna edáfica coletada por metodologia Armadilhas de Quedas, nos tratamentos de Plantio Ilha (PI), Remoção Acículas (RA), Restauração Passiva (RP), Plantio Linha (PL), Nucleação (N), no Parque Estadual Rio Canoas, Campos Novos, SC.

PITFALL	PRI/22				VER/22					OUT/23					INV/23					
	PL	RA	N	TC	PI	PL	RA	N	RP	PI	PL	RA	N	RP	PI	PL	RA	N	RP	PI
Acari	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	14	10	0	10	6	22	1	0	21	2
Annelida	0	4	0	0	0	0	0	1	5	1	10	6	7	4	0	0	0	0	0	0
Araneae	6	7	9	9	22	47	107	59	23	51	64	68	83	68	67	24	29	13	30	20
Blatodea	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	9	1	1
Chilopoda	1	0	0	0	7	0	16	19	15	9	5	3	3	23	5	1	2	0	4	0
Coleoptera	3	2	6	6	10	14	0	0	0	3	12	16	21	8	9	7	6	2	16	24
Coleoptera Larva	0	0	0	0	0	3	26	17	30	19	3	0	0	2	3	2	10	8	0	6
Collembola	2	9	30	7	14	13	0	0	0	0	186	383	249	332	328	153	206	8	109	86
Dermaptera	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	8	0	0	0	0	0	0	0
Diplopoda	0	0	1	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30	1	0
Diplura	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	5	0	1	1	2	0	0	0	0
Diptera	5	0	8	7	8	13	0	0	0	0	16	22	29	27	13	8	21	5	28	18
Diptera Larva	0	0	0	0	0	0	8	0	5	7	7	0	0	0	5	0	0	7	0	0
Formicidae	29	8	14	41	27	217	165	196	232	207	236	313	297	656	329	94	77	0	84	56
Haplotoxida	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Hemiptera	0	0	12	0	0	0	0	6	0	3	0	0	0	0	0	0	0	27	0	1
Hymenoptera	0	0	0	0	0	4	16	13	15	7	27	39	31	73	79	11	8	0	5	11
Isopoda	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Isoptera	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0
Lepidoptera Pupa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lepidoptera	0	0	0	0	0	0	0	6	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Larva	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	1	1	0	0	2	1	3	14
Opiliones	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	5	0	0	0	0	0	0	0
Orthoptera	1	1	1	3	0	16	10	5	12	5	11	25	23	8	28	6	10	0	8	4
Protura	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	3	0	0	0
Pulmonata	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
symphyla	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Thysanoptera	0	0	1	0	0	5	1	1	2	16	5	12	28	14	12	0	0	0	0	0
Tylenchida	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Abundância Total	49	32	82	75	92	332	349	324	340	329	610	904	785	1232	885	330	372	118	310	243
Riqueza Grupos	8,0	7,0	9,0	8,0	7,0	9,0	8,0	11,0	10,0	12,0	17,0	13,0	16,0	15,0	13,0	11,0	11,0	12,0	12,0	12,0
Riqueza média	1,69	1,10	2,83	1,69	3,17	11,45	12,03	11,17	11,72	11,34	21,03	31,17	27,07	42,48	30,52	11,38	12,83	4,07	10,69	8,38
Hmax (ln S)	2,08	1,95	2,20	2,08	1,95	2,20	2,08	2,40	2,30	2,48	2,83	2,56	2,77	2,71	2,56	2,40	2,48	2,48	2,48	2,48
H' (Diversidade)	1,39	1,69	1,77	1,45	1,77	1,25	1,40	1,33	1,22	1,34	1,77	1,52	1,70	1,39	1,54	1,52	1,43	2,13	1,80	1,88
Índ. Simpson (C)	0,38	0,21	0,21	0,34	0,19	0,45	0,33	0,41	0,48	0,43	0,26	0,31	0,26	0,36	0,29	0,31	0,36	0,15	0,22	0,21
J' Pielou	0,669	0,866	0,807	0,700	0,912	0,568	0,672	0,555	0,531	0,539	0,626	0,594	0,612	0,514	0,601	0,635	0,596	0,8560	0,724	0,757

Abundância Total (AT) foi 1.232 indivíduos nas parcelas de RP na 3º coleta no out/23 (Tabela 7). O tratamento RA apresentou 904 indivíduos na (AT), no out/23. No tratamento RA da 1º coleta na pri/22, apresentou (AT) mais baixas, com 32 indivíduos.

Foram identificados 17 grupos na Riqueza Grupos (Tabela 7), no tratamento PL, na 3º coleta no out/23. A parcela RA e PI apresentaram uma riqueza, de 7 grupos.

A riqueza média foi de 42.48 (Tabela 7) no tratamento RP, na 3º coleta no out/23. No tratamento RA apresentou uma riqueza média de 1.10, na coleta da pri/22.

Hmax (ln S) foi 2,833, (Tabela 7) no tratamento PL na coleta do out/23. O menor resultado foi apresentado no tratamento RA com 1.94, na coleta da pri/22.

O índice diversidade de Shannon-Wiener (H') foi de 2,12 (Tabela 7) no tratamento Nucleação, na 4º coleta no inv/23. No tratamento RP, na 3º coleta no out/23, apresentou a menor diversidade, com 1,22.

O índice de Simpson (C) foi 0,484 na parcela RP, na 3º coleta no out/23. A parcela N apresentou 0,152 (Tabela 7).

O índice J' (Uniformidade) Pielou, foi 0,912 na parcela PI, na 1º coleta na pri/22, o menor valor foi na parcela RP na 3º coleta no out/23, com 0,514 (Tabela 7).

Foi registrada no outono no tratamento RA 904 indivíduos na (AT), quando comparado as outras estações, esse tratamento mostrou os melhores resultado dos índices. Os índices de Shannon, Simpson e Equabilidade, apresentam resultados muito próximos em todos os tratamentos avaliadas (Tabela 7).

Tabela 8. Índice de diversidade de Shannon-Wiener (H') índices de Dominância Simpson (C) e equabilidade de Pielou (J') das coletas por Armadilhas de Queda na pri/22, ver/22, out/23 e inv/23, nos tratamentos de Plantio Ilha (PI), Remoção Acículas (RA), Restauração Passiva (RP), Plantio Linha (PL), Nucleação (N). No Parque Estadual Rio Canoas, Campos Novos, SC.

PRIMAVERA						OUTONO					
IND	PL	RA	N	RP	PI	IND	PL	RA	N	RP	PI
H'	1,391b	1,686ab	1,773a	1,455b	1,774a	H'	1,774a	1,524ab	1,697a	1,393b	1,542ab
J'	0,669b	0,866a	0,807ab	0,700b	0,912a	J'	0,626a	0,594a	0,612a	0,514b	0,601a
C	0,384a	0,211b	0,212b	0,339a	0,194b	C	0,258b	0,309a	0,261ab	0,364a	0,291ab
VERÃO						INVERNO					
IND	PL	RA	N	RP	PI	IND	PL	RA	N	RP	PI
H'	1,247b	1,398a	1,330ab	1,222b	1,339a	H'	1,523b	1,430b	2,128a	1,799ab	1,881a
J'	0,568b	0,672a	0,555b	0,531b	0,539b	J'	0,635ba	0,596b	0,856a	0,724a	0,757a
C	0,455a	0,329b	0,408ab	0,484a	0,428a	C	0,308a	0,361a	0,152b	0,223b	0,207b

ns: não significativo através de IC a 95%

Os dados mostram uma distribuição normal (Shapiro Wilk, $p > 0,05$). Pode-se observar o valor de H' 2,128a (Tabela 8), no inverno na Nucleação (N). O valor de 1,222b H' (Tabela 8), no verão no tratamento RP, o que pode ser um reflexo da condição de pouca chuva no final do ano de 2022, relacionado ao fenômeno *La Niña* (Nachtigall, 2023)

O índice de Simpson com valor 0,484 no verão, e os valores mais baixos são observados no inverno 0,152 (Tabela 8).

Essa variação é observada para os índices de Shannon e Simpson, o que indica que a dominância da macro e mesofauna é maior nos períodos mais frios e secos do ano.

O índices de Shannon, Pielou e Simpson também variam de acordo com o tratamento. No geral, os tratamentos de PL, RA e N, apresentam valores mais baixos dos índices do que os tratamentos RP (Tabela 8).

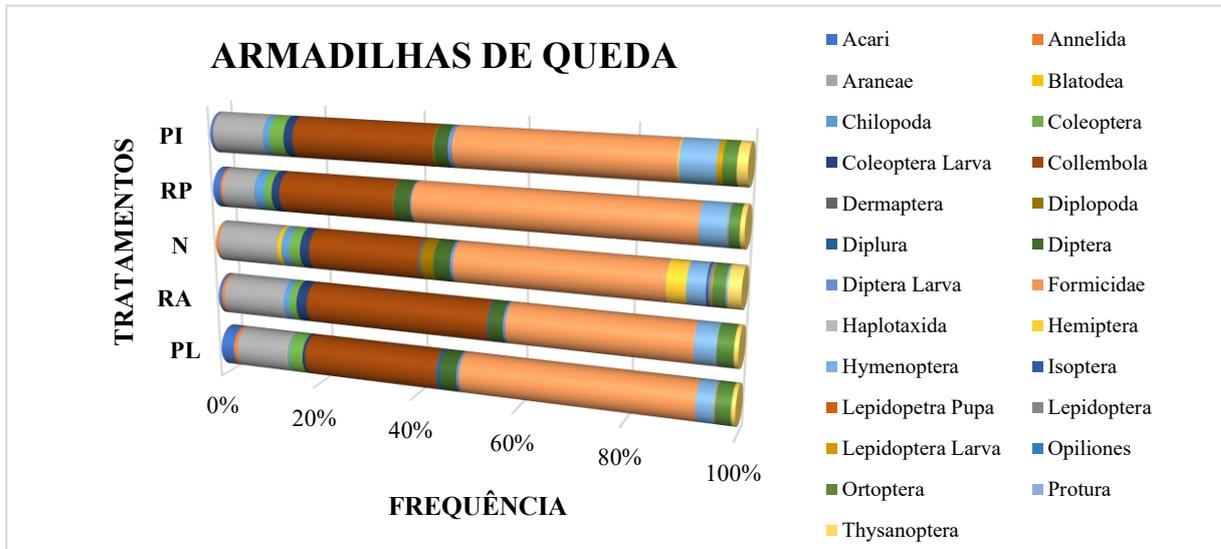
Análise do índice de Pielou apresenta os valores mais altos na primavera e no verão, e os valores mais baixos são observados no inverno (Tabela 8).

Essa variação é semelhante à observada para o índice de Shannon, o que indica que a equabilidade da macro e mesofauna também é maior nos períodos mais quentes do ano.

7.5 FREQUÊNCIA DOS GRUPOS TAXONÔMICOS – ARMADILHAS DE QUEDA

A frequência dos grupos taxonômica encontrada na macrofauna edáfica nas coletas da metodologia Armadilhas de Queda (Figura 9) mostra a predominância dos grupos, Acari 1%, Araneae 10%, Chilopoda 1%, Coleoptera 2%, Coleoptera Larva 2%, Collembola 27%, Diptera 3%, Diptera Larva 1%, Formicidae 42%, Hemiptera 1%, Hymenoptera 4%, Ortoptera 2%, Thysanoptera 1%.

Figura 9. Frequência dos grupos taxonômicos encontrados na macro e mesofauna edáfica nas coletas metodologia Armadilhas de Queda nos tratamentos de Remoção de Acículas (RA), Nucleação (N), Plantio em Linha (PL), Plantio em Ilhas (PI), Restauração Passiva (RP), ao longo das 4 coletas no Parque Estadual do Rio Canoas, Campos Novo, SC.



As Formicidae com 42% de frequência nas armadilhas de queda. Com relação aos tratamentos, o Restauração Passiva (RP) obteve 656 Formicidae (Figura 9), provavelmente em virtude do ambiente que promove melhores condições e disponibilidade de alimentos (Aquino, 2006). Estudos realizados por Casal (2022), na mesma área de pesquisa, mostraram que as estratégias de restauração utilizadas apresentaram diferentes resultados quanto às propriedades químicas da serrapilheira e do solo, em relação aos valores de pH, nitrogênio total, carbono orgânico total (COT) e fósforo total. O tratamento RP, foi a estratégia de restauração que mais promoveu a porcentagem de COT, tanto na serrapilheira quanto no solo. Esse resultado corrobora com os estudos de Spera *et al.* (2008) e Bortolini *et al.* (2018), que constatam maior deposição e decomposição da serrapilheira aliado à presença de espécies arbóreas, que contribuem para a elevação dos teores de COT no solo e nas camadas superficiais. O estudo de Balin (2016) também avaliou uma área onde foi aplicada a técnica de restauração passiva e os níveis de COT no tratamento controle (floresta sem intervenção humana) foram semelhantes. Para Mônico (2019) a elevada produção de biomassa e a ausência de intervenção antrópica na RP estão relacionadas a taxas elevadas de COT no solo na camada de 0-20, em concordância com os estudos de Coutinho *et al.* (2017), indica que áreas de florestas com baixa influência antrópica, atribuídas a uma maior quantidade de COT, devido ao ambiente favorável à presença

de organismos edáficos e estrutura do ecossistema solo. Esse resultado pode justificar as 656 ou 20% da presença de formicidae no tratamento RP na coleta de out/2023. As Formicidae representam 1/3 do total da biomassa de insetos das florestas brasileiras, exercem uma atividade permanente no solo e geralmente se locomovem em grupo, o que facilita a sua coleta para transformar em alimento (Harada *et al.*, 2013). Esses grupos são denominados “engenheiros do ecossistema”, em razão de seus efeitos sobre a estruturação do solo, podem ser galerias, ninhos, tocas, possibilitando e disponibilizando recursos para outros organismos (Wolters, 2000; Anderson, 2009). As formigas, diferenciam-se por apresentarem organização social. Podem ser insetívoras (que se alimentam de outros insetos) ou fitófagos (que se alimentam de partes vivas das plantas) (Assad, 1997). Segundo, Silva *et al.*, (2007), a presença de cobertura vegetal no solo contribui para o aumento e promove a criação de novos habitats favoráveis à colonização por organismos invertebrados, o que pode beneficiar a sustentabilidade ecológica dos sistemas de restauração. Outro aspecto importante está no potencial de serem bioindicadores naturais das condições dos ecossistemas, também são agentes controladores de pestes (Silva *et al.* 2015; Ajayi et al. 2016). O aumento da temperatura e da umidade no outono (Nachtigall, 2023) pode explicar a maior atividade da fauna do solo, consequência da migração dos invertebrados para outras camadas do solo em busca de maior umidade e temperatura (Aquino, A.M.; Aguiar-Menezes, E.L.; Queiroz, 2016)

Com 27% de frequência, os Collembola foram a segunda maior coleta do out/23. Esses organismos são extremamente importantes como indicadores do equilíbrio de funcionamento do sistema em restauração (Lima *et al.*, 2007). Exercem função como transformadores e micro predadores, contribuindo no processo de fragmentação orgânica e regulatórios dentro da biota do solo. Este grupo tem distribuição no solo em função de fatores edáficos e ambientais, destacando-se a umidade do solo e teor de matéria orgânica (Brito et al., 2016; Alves et al., 2006). Os mesmos autores, citam que a presença de predadores, como as Araneae, justifica sua presença no tratamento RA de 806 ou 10%, por serem predadores, está relacionada à maiores frequências relativas de Collembola (Brito et al., 2016)

As Araneae com 42% de frequência (Figura 9). As aranhas são consideradas boas indicadoras no que se refere aos fatores físicos do ambiente, portanto apresentam sensibilidade em áreas em que há qualquer tipo de intervenção antrópica, tendo sua população reduzida com a intensidade do uso do solo e efeitos degradantes (Baretta, 2007).

As Diptera, com 3% de frequência, são organismos detritívoros, predadores e parasitas (Brown *et al.*, 2001), por serem considerados bioindicadores de qualidade, uma vez que as dipteras estão intrinsecamente correlacionadas a serrapilheira e umidade do solo, além de que algumas famílias são extremamente sensíveis a alterações antrópicas (Oliveira *et al.*, 2014).

6.6 FUNIL DE BERLESE

Os grupos taxonômicos encontrados nas áreas pela metodologia funil de Berlese da macro e mesofauna estão explícitos na Tabela 9.

Tabela 9. Grupos Taxonômicos e Abundância da Macro e Fauna Edáfica amostrados por Funil de Berlese, aas coletas de pri/22, ver/22, out/23 e inv/23, nos tratamentos, Plantio Ilha (PI), Remoção Acículas (RA), Restauração Passiva (RP), Plantio Linha (PL), Nucleação (N), no Parque Estadual Rio Canoas, Campos Novos, SC.

Grupo Taxonômico	Abundância	Grupo Taxonômico	Abundância
Acari	206	Diptera	29
Collembola	74	Formicidae	349
Coleoptera	42	Isoptera	27
Diplura	26		

Foram capturados 832 indivíduos por essa metodologia. O grupo de fauna com maior captura foi as Formicidae no tratamento PL, na estação do inverno (Tabela 10). Responsáveis pela criação de galerias e redistribuição de materiais ao longo do perfil do solo, aceitável a possibilidade dá coleta ocorrer em um ninho, aumentando o número de indivíduos nesses tratamentos. Elas são abundantes em áreas de mata nativa (Kraft *et al.*, 2021), o que pode ter influenciado na coleta, pois a área de pesquisa está próxima a mata nativa, o que corrobora com a teoria de Kraft. Sendo que algumas espécies somente são encontradas em ambientes altamente conservados e com alta biodiversidade de plantas (Roeder; Roeder, 2016). Certas espécies de formigas também são seres com hábito predador, possibilitando ativamente o equilíbrio ecológico e contensão de pragas em ecossistemas (Lobry, 1999).

A em segundo lugar os Acari com 206 indivíduos, nesta metodologia (Tabela 10). Este grupo apresenta uma grande diversidade alimentar e de habitat, agem como predadores, controlando populações de outros indivíduos no solo, principalmente a microbiota, ou como decompositores (Brown, 2015). Vivem principalmente na camada superficial do solo, utilizam as galerias escavadas por organismos maiores, como aqueles pertencentes a macro e mesofauna do solo, atuam como transformadores e predadores, contribuindo assim em processos de

fragmentação orgânica e em processos regulatórios dentro da biota do solo (Lavelle et al., 1997; moraes *et al.*, 2011).

Os Collembolas foram o terceiro grupo com maior número indivíduos com 74 (Tabela 9), sendo mais representativo no tratamento PL no outono e primavera, e a segunda maior presença no tratamento RP. Estes organismos edáficos, vivem dentro do solo, estes resultados indicam que tanto PL quanto RP parecem oferecer a estes organismos boas condições edáficas, considerando que os Collembola são reconhecidamente indicadores do equilíbrio e do funcionamento do sistema em restauração (Lima et al., 2007).

Os Isópteros, com 3% de representatividade (Tabela 9), são organismos que se alimentam principalmente de matéria vegetal e assimilam produtos de decomposição da celulose, tais como hemicelulose, amido e açúcares. A abundância foi baixa destes organismos pelo método Berlese.

Tabela 10. Abundância total, Riqueza de grupos, Riqueza média, HMAX (LN S), índice de diversidade de Shannon-Wiener (H') índices de Dominância Simpson (C) e equabilidade de Pielou (J) dos grupos da fauna edáfica coleta por metodologia Berlese nos tratamentos de Remoção Acículas (RA), Plantio Ilha (PI), Restauração Passiva (RP), Plantio Linha (PL), Nucleação (N), no Parque Estadual Rio Canoas, Campos Novos, SC.

BERLESE	PRI/22					VER/22					OUT/23					INV/23				
	PL	RA	N	RP	PI	PL	RA	N	RP	PI	PL	RA	N	RP	PI	PL	RA	N	RP	PI
Acari	8	1	0	4	2	3	5	2	4	2	21	35	7	4	6	19	18	8	34	23
Araneae	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	0	0	0	1	0
Chilopoda	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Coleoptera	1	1	5	1	3	3	0	0	1	0	2	3	3	2	9	1	0	1	1	4
Coleoptera Larva	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2	1	1	0	0	2	1
Collembola	17	1	4	12	2	0	1	0	0	0	25	5	0	0	2	1	1	1	1	1
Dermaptera	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Diplura	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	4	3	1	5	2	2	2	4
Diptera	1	4	1	0	4	1	0	0	0	0	0	1	2	0	1	2	1	5	4	2
Diptera Larva	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Formicidae	1	2	1	26	4	2	1	2	0	1	3	7	26	58	1	122	2	62	27	2
Hymenoptera	0	0	1	1	0	5	3	0	2	0	3	4	1	0	0	0	0	0	0	3
Isopoda	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Isoptera	7	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lepidoptera Larva	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	1	0	2	1	0	0	2	1
Orthoptera	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	1
Thysanoptera	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0
Tylenchida	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
Abundância Total	36	31	15	48	17	15	10	4	6	7	56	65	47	70	28	152	24	79	74	47
Riq. de Grupos	7	7	5	7	7	5	3	2	4	4	6	9	9	6	10	8	5	6	9	10
Riqueza Média	1,241	1,069	0,517	1,241	0,586	0,517	0,345	0,138	0,207	0,241	1,931	2,241	1,621	2,500	0,966	5,241	0,828	2,926	2,643	1,621
Hmax (Ln S)	1,946	1,946	1,609	1,946	1,946	1,609	1,099	0,693	1,386	1,386	1,792	2,197	2,197	1,792	2,303	2,079	1,609	1,792	2,197	2,303
H' (Diversidade)	1,405	1,233	1,490	1,252	1,824	1,361	0,943	0,693	0,963	0,994	1,230	1,522	1,449	0,718	1,976	0,738	0,895	0,800	1,350	1,708
Índ. Simpson (C)	0,313	0,444	0,244	0,389	0,176	0,307	0,420	0,500	0,278	0,265	0,353	0,334	0,367	0,693	0,181	0,661	0,580	0,631	0,350	0,280
J' Pielou	0,722	0,634	0,926	0,643	0,937	0,845	0,859	1,000	0,695	0,717	0,686	0,693	0,660	0,401	0,858	0,355	0,556	0,447	0,614	0,742

Na tabela 10, estão explícitos os dados dos grupos da fauna edáfica amostrados pela metodologia (Belserse). Foram calculados os índices de diversidade de Shannon-Wiener (H'), equabilidade de Pielou (J), Dominância (C), Riqueza Total(S) e Riqueza Média de Grupos, conforme descritos em materiais e métodos.

Com os resultados foi possível observar Abundância Total, 152 indivíduos (Tabela 10) no tratamento de PL, na 4ª coleta no inv/23. O tratamento N apresentou 79 indivíduos na abundância total na 4ª coleta no inv/23. O tratamento de PI da 2ª coleta no ver/22, apresentou a menor abundâncias, com 3 indivíduos.

A Riqueza de Grupos apresentou 11 grupos no tratamento PI (Tabela 10), na 4ª coleta no inv/23. O tratamento N e PI da 2ª coleta, apresentaram a menor riqueza, com 2 grupos.

A riqueza média PL, na 4ª coleta no inv/23, com média de 5,24. O tratamento PI apresentou a menor riqueza média de 0,11 na coleta da pri/22 (Tabela 10).

Hmax ($\ln S$) no tratamento PI apresentou um valor 2,40, na coleta inv/23 (Tabela 10). Os menores valores foram apresentados no tratamento N e PI com 0.69, na coleta do ver/22.

A diversidade Shannon (H'), no tratamento PI, na 3ª coleta na out/23 com diversidade de 1,98. No tratamento PI, na 2ª coleta no ver/22, apresentou a diversidade de 0,27 (Tabela 11).

O índice de Simpson (C) no tratamento RP (Tabela 11), na 3ª coleta no out/23 com dominância de 0,69. No tratamento PL apresentou o índice de Simpson, com 0,18.

O índice J' (Uniformidade) Pielou, no tratamento N, na 2ª coleta no ver/22 com valor 1,0 na parcela PL na 3ª coleta do out/23 com valor de 0,355 (Tabela 11).

Tabela 11. Índice de diversidade de Shannon-Wiener (H') índices de Dominância Simpson (C) e Equabilidade de Pielou (J) amostrados pela metodologia Berlese, nas coletas de pri/22, ver/22, out/23 e inv/23 nos tratamentos de Plantio Ilha (PI), Remoção Acículas (RA), Restauração Passiva (RP), Plantio Linha (PL), Nucleação (N). No Parque Estadual Rio Canoas, Campos Novos, SC.

PRIMAVERA						OUTONO					
IND	PL	RA	N	RP	PI	IND	PL	RA	N	RP	PI
H'	1,405b	1,233b	1,582a	1,341ab	1,700a	H'	1,304a	1,633a	1,540a	0,718b	1,976a
J'	0,722b	0,634b	0,883a	0,689b	0,949a	J'	0,670a	0,709a	0,669a	0,401b	0,858a
C	0,313ab	0,444a	0,236b	0,366a	0,195b	C	0,348b	0,321b	0,344b	0,693a	0,181b
VERÃO						INVERNO					
IND	PL	RA	N	RP	PI	IND	PL	RA	N	RP	PI
H'	1,640a	1,168ab	0,693b	1,273a	1,352a	H'	0,738b	0,895b	0,800b	1,350ab	1,779a
J'	0,915ab	0,843b	1,000a	0,918a	0,975a	J'	0,355b	0,556ab	0,447b	0,614ab	0,742a
C	0,218b	0,360a	0,500a	0,309a	0,265b	C	0,661a	0,580ab	0,631a	0,350ab	0,275b

Os resultados dos testes de normalidade para o Índice de diversidade de Shannon-Wiener (H') utilizando os testes de Shapiro-Willk na pri/22 $p > 0,83$ ver/22 $p > 0,75$ out/23 $p > 0,79$ inv/23 $p > 0,24$. Os valores - p são superiores a 0,05 indicando que não há evidências suficientes para rejeitar a hipótese nula de normalidade (Tabela 11).

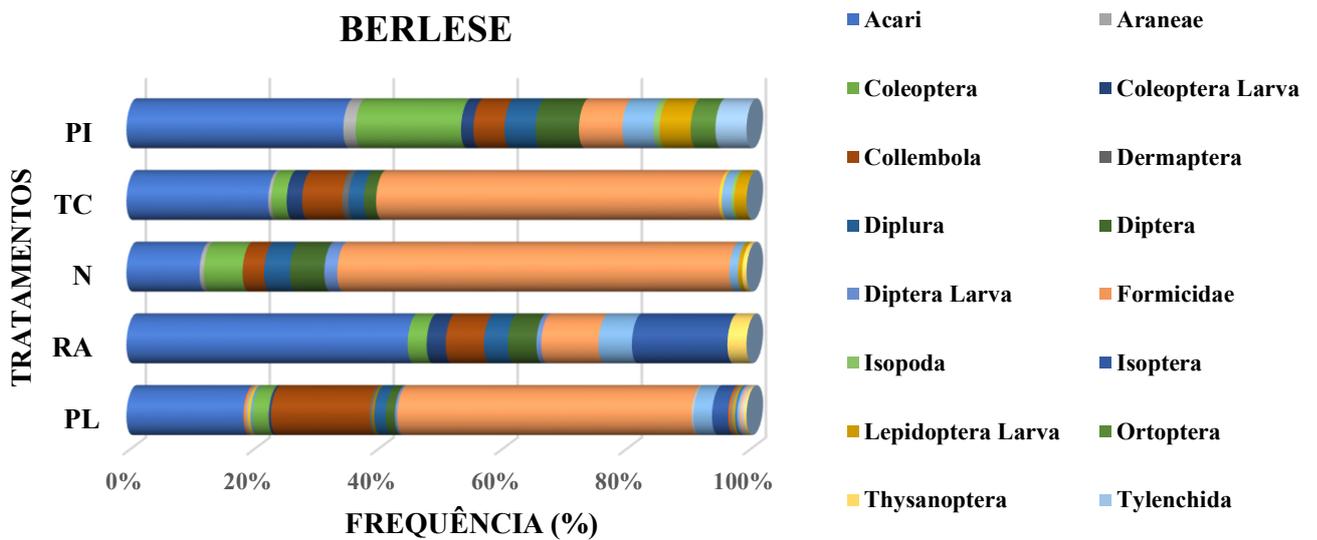
Os resultados dos testes de normalidade para o Índice de Equabilidade de Pielou (J) na Pri/22 $p > 0,47$ Ver/22 $p > 0,73$ Out/23: $p > 0,42$ Inv/23: $p > 0,98$. Novamente os valores - p são superiores a 0,05 indicando que não há evidências suficientes para rejeitar a hipótese nula de normalidade (Tabela 11).

Os resultados dos testes de normalidade para o Índice de Dominância Simpson (C) na pri/22 $p > 0,89$ ver/22 $p > 0,67$ out/23 $p > 0,16$ inv/23 $p > 0,22$. Novamente os valores - p são superiores a 0,05 indicando que não há evidências suficientes para rejeitar a hipótese nula de normalidade (Tabela 11).

6.7 A FREQUÊNCIA DOS GRUPOS TAXONÔMICOS – BERLESE

A frequência dos grupos taxonômicos encontrados na macro e mesofauna edáfica nas coletas da metodologia Berlese da (figura 10) mostram a predominância dos grupos, Acari 24%, coleóptera 5%, Collembola 9%, Diplura 3%, Diptera 3%, Isoptera 3%, os outros grupos representaram apenas 1%.

Figura 10 - Frequência dos grupos taxonômicas encontradas na macro e mesofauna edáfica nas coletas metodologia (Berlese), nos tratamentos de Remoção de Acículas (RA), Nucleação (N), Plantio em Linha (PL), Plantio em Ilhas (PI), Restauração Passiva (RP) ao longo das 4 estações do ano no Parque Estadual Rio Canoas - Campos Novo, SC.

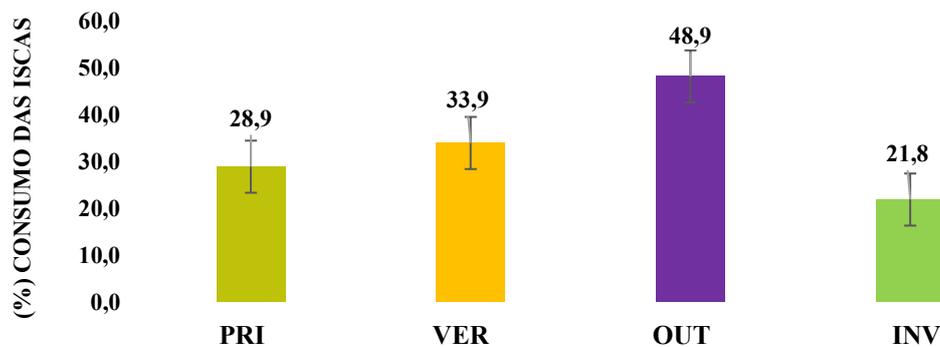


7 ATIVIDADE ALIMENTAR DA FAUNA EDÁFICA

No presente estudo, foi utilizado o método bait-lamina, que consiste em determinar a atividade alimentar da fauna do solo a partir de iscas de celulose. As iscas foram expostas no solo por um período de 21 dias, de forma vertical, abrangendo 10 cm de profundidade no solo.

As porcentagens mais elevadas de taxas de consumo das iscas foram observadas no outono com 48,9%, seguido do verão 33,9%, seguido da primavera 28,9%, e a menor atividade sendo registrada no inverno 21,8%. Os resultados são apresentados na Figura 11.

Figura 11. –Atividade alimentar da fauna do solo indicada pela porcentagem de consumo (média \pm desvio padrão) de iscas de celulose (método *bait lâmina*) nos períodos de pri/2022, ver/2022, out/2023 e inv/2023, em uma área em restauração no Parque Estadual Rio Canoas, Campos Novos, SC.



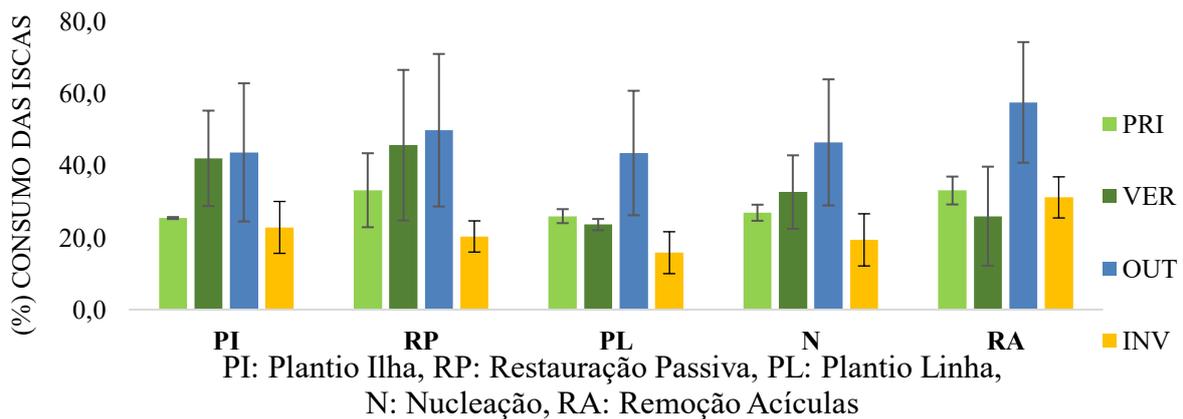
A atividade e a diversidade da fauna do solo são determinadas por fatores bióticos e abióticos, como clima, condições do solo, interações ecológicas e estratégias de manejo (Aquino, 2006). A fauna do solo pode ser influenciada pelas condições climáticas, como o caso de oscilações de temperatura, umidade e as características das estações do ano (Oliveira *et al.*, 2018; Gongalsky; Persson; Pokarzhevskii, 2008). A estação do outono favorece o aumento da serrapilheira pela queda de folhas das arbóreas decíduas, aumentando a atividade alimentar da fauna pela maior adição de matéria orgânica na serrapilheira, contribuindo na oferta de alimento e favorecendo o aumento do número de grupos funcionais e complexidade da teia trófica.

Schiavon *et al.* (2015), estudando a fauna do solo nas quatro estações do ano, também observou maior diversidade no período do outono (Baretta *et al.*, 2011).

O aumento da atividade alimentar no outono pode estar relacionado aos fatores descritos anteriormente, favorecendo o aumento de alguns grupos, como os Collembolas, enquitreídeos, ácaros, minhocas e microrganismos, que podem ser os responsáveis pelo maior consumo das iscas neste período (Gongalsky; Persson; Pokarzhevskii, 2008). Isso pode ser corroborado pela maior abundância de organismos da macro e mesofauna edáfica na amostragem de outono, conforme apresentado nas Tabelas 4, 7 e 10.

Nos resultados das estratégias de restauração, não houve diferenças significativas entre os tratamentos para cada época amostrada (Figura 12). Isso significa que, nesta fase do processo de restauração, todas as estratégias estão promovendo a atividade alimentar da fauna do solo de modo semelhante.

Figura 12. Atividade alimentar da fauna do solo indicada pela porcentagem de consumo (média \pm desvio padrão) de iscas de celulose (método *bait lâmina*) nos tratamentos Remoção de Acículas (RA), Nucleação (N), Plantio em Linha (PL), Plantio em Ilhas (PI), Restauração Passiva (RP), no Parque Estadual Rio Canoas, Campos Novos, SC.



8 CONCLUSÃO

A partir dos resultados fornecidos pelas estratégias de restauração e índices ecológicos, há indícios de que as práticas implementadas estão contribuindo para o retorno da comunidade edáfica, assim como o favorecimento do ecossistema em restauração.

Outro aspecto importante que este trabalho aponta é a importância de integrar a sazonalidade ambiental e as necessidades ecológicas da fauna do solo no planejamento de estratégias de restauração e no seu biomonitoramento. As estratégias que promovem a diversidade de recursos e de habitats, como as estratégias PL, e N, e que removem barreiras físicas, como RA, podem ser particularmente benéficas para a fauna de solo, indicando que podem trazer vantagens no processo de restauração, promovendo a biodiversidade da fauna edáfica de forma mais rápida. Porém, até o momento da restauração que este trabalho abrangeu (3 anos), estas diferenças aparecem ao se observar grupos taxonômicos em separado, mas ainda não aparecem como diferenças significativas considerando os índices ecológicos. Com base nisto, podemos dizer que, em termos de custo-benefício para a Unidade de Conservação inserida em um contexto de paisagem que favoreça a dispersão de sementes e a recolonização dos habitats em restauração, a RP pode constituir-se em uma estratégia adequada.

Recomenda-se que trabalhos futuros englobem estágios intermediários e avançados no processo de restauração, bem como a realização de novos trabalhos que avancem nas características ecológicas de grupos de fauna para caracterizar de forma ainda mais específica os efeitos das estratégias aqui estudadas.

REFERÊNCIAS

- AERTS, R. et al. Invasion by the alien tree *Prunus serotina* alters ecosystem functions in a temperate deciduous forest. **Frontiers in Plant Science**, v. 8, n. February, p. 1–11, 2017.
- ALEXANDRE, C. Proteção do Solo e Combate à Desertificação : oportunidade para as regiões transfronteiriças **Instituto Politécnico de Bragança**. 2015.
- ALMEIDA, Danilo Sette. Recuperação ambiental da mata atlântica. **Editus**, 2016.
- ALMEIDA, Jaime Antônio et al. Mineralogia da argila e propriedades químicas de solos do Planalto Norte Catarinense. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 17, n. 2, p. 267-277, 2018.
- ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013.
- ALVES, A. S. et al. Benthic meiofauna as indicator of ecological changes in estuarine ecosystems: The use of nematodes in ecological quality assessment. **Ecological Indicators**, v. 24, p. 462–475, 2013.
- AMARANTE, C. V. T; SANTOS, K. L; Goiabeira-serrana (*Acca sellowiana*). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n. 1, p. 0–0, 2011.
- ANDERSON, J. M.; INGRAM, J. S. I., BAILLIE, I. C. Tropical Soil Biology and Fertility: A Handbook of Methods. **The Journal of Ecology**, v. 78, n. 2, p. 547, 1990.
- ANDRADE, D. C; ANDRADE, D. C.; ROMEIRO, A. R. Serviços ecossistêmicos e sua importância para o sistema econômico e o bem-estar humano texto para discussão. **IE/UNICAMP**. n. 155, fev. 2009. ISSN 0103-9466 2009.
- ANGELO et al., 2020. Restauração florestal. **SENAR-AD** ed. Curitiba, PR.
- AQUINO, A. M; Aspectos ecológicos dos Isópoda terrestres. **Embrapa Agrobiologia**, v. 1, p. 0–23, 2008.
- AQUINO, A. M. et al. Amostragem da Mesofauna Edáfica utilizando Funis de Berlese-Tullgren Modificado. **Embrapa**, p. 4, 2006.
- AQUINO, A.M.; AGUIAR-MENEZES, E.L.; QUEIROZ, J. M. Recomendação para coleta de Artrópodes Terrestres por Armadilhas de Quedas (“Pitfall-Traps”). **Embrapa**, Seropédica, RJ 2006.
- ASSAD, M. L. L. Fauna do solo. In: VARGAS, M. A.T.; HUNGRIA, M., (eds.) *Biologia dos solos dos cerrados*. Planaltina, **EMBRAPA-CPAC**. p.363-443, 1997.

AUDINO, L. D.; NOGUEIRA, J. M.; SILVA, P. G. Identificação dos coleópteros (Insecta: Coleoptera) das regiões de Palmas (município de Bagé) e Santa Barbinha (município de Caçapava do Sul), RS. p. 92. **Embrapa** 2007.

AUER, C. G. et al. Fungos em Acículas da Serapilheira de Pinus Taeda L. em povoamentos com diferentes idades. **Floresta**, v. 36, n. 3, 2006.

AUER, C. G.; AMARO, T.; PIMENTEL, I. C. Fungos Isolados de Acículas de Pinus taeda. **Revista Floresta**, v. 44, n. 2, p. 179–184, 2014.

BALIN NM. **Atributos do solo sob modelos em estágio inicial de restauração de floresta subtropical. 104 f.** Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco 2016.

BARBOSA, R. V. R. **Áreas verdes e qualidade térmica em ambientes urbanos: estudos em microclimas de Macéio.** Dissertação - Escola de Engenharia de São Carlos-Universidade de São Paulo p. 117 - São Carlos - AL, 2005.

BARDGETT, R. D.; VAN DER PUTTEN, W. H. Belowground biodiversity and ecosystem functioning. **Nature**, v. 515, n. 7528, p. 505–511, 2014.

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, 2006.

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, 2006.

BARETTA, D.; A L. MAFRA, J. C. P. SANTOS, C. V. T. AMARANTE & BERTOL. Análise multivariada da fauna edáfica em diferentes sistemas de preparo e cultivo do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41:1674 – 1678, 2006.

BARETTA, D. et al. Fauna edáfica e qualidade do solo. Tópicos em Ciência do Solo, n. October 2014, **Revista de Ciências Agroveterinárias**, p. 119–170, 2011.

BARGOENA, L. R.; CAVALHEIRO, A. L.; BIANCHINI, E. Seed bank in reforestation, edge and interior of seasonal semi-deciduous forest remnant in southern Brazil. *Iheringia - Serie Botanica*, v. 75, n. Silvertown 1987, 2020.

BARNES, A. D. et al. The role of species traits in mediating functional recovery during matrix restoration. **PLoS ONE**, v. 9, n. 12, p. 1–19, 2014.

BAZZO E. M. et al. Recuperação ambiental e contaminação biológica: aspectos ecológicos e legais. Departamento de Botânica, Centro de Ciências Biológicas, **Universidade Federal de Santa Catarina**. Florianópolis, SC, Brasil 2004.

BECHARA, F. C.; TRES, D. R. Nucleation in tropical ecological restoration. **Scientia Agricola**, v. 67, n. 2, p. 244–250, 2010.

BEUGNON, R. et al. Tree diversity and soil chemical properties drive the linkages between soil microbial community and ecosystem functioning. **ISME Communications**, v. 1, n. 1, 2021.

BEZERRA ET AL., J. M. Fauna invertebrada do solo em fragmento florestal urbano em Maceió, Al. **Universidade Federal do Alagoas**, Al. p. 194–214, 2022.

BOSCARDIN, Jardel; COSTA, Ervandil Corrêa. A nogueira-pecã no Brasil: uma revisão entomológica. **Ciência Florestal**, v. 28, p. 456-468, 2018.

BLANKINSHIP, J. C.; NIKLAUS, P. A.; HUNGATE, B. A. A meta-analysis of responses of soil biota to global change. **Oecologia**, v. 165, n. 3, p. 553–565, 2011.

BRANCALION, P. H. S. et al. Using markets to leverage investment in forest and landscape restoration in the tropics. **Forest Policy and Economics**, v. 85, n. July, p. 103–113, 2017.

BRANCALION, Pedro Henrique Santin et al. Avaliação e monitoramento de áreas em processo de restauração. **Restauração ecológica de ecossistemas degradados**, v. 2, p. 262-293, 2012.

BRANCALION, Pedro HS et al. Análise crítica da Lei de Proteção da Vegetação Nativa (2012), que substituiu o antigo Código Florestal: atualizações e ações em curso. **Natureza & Conservação**, v. 14, p. 1-16, 2016.

BRITO, M. F. et al. Diversidade da fauna edáfica e epigeica de invertebrados em consórcio de mandioca com adubos verdes. **Pesquisa Agropecuária brasileira**, v.51, n.3, p.253-260. Brasília 2016.

BROWN, G. G. et al. Biodiversidade da fauna do solo e sua contribuição para os serviços ambientais. Serviços Ambientais em Sistemas Agrícolas e Florestais do Bioma Mata Atlântica. **Embrapa**, 2015.

BROWN, George G. et al. How earthworms affect plant growth: burrowing into the mechanisms. **Earthworm ecology**, v. 2, p. 13-49, 2004.

BROWN, George G. et al. Soil macrofauna communities in Brazilian land-use systems. **Biodiversity Data Journal**, v. 12, 2024.

BROWN, George G.; DOMÍNGUEZ, Jorge. Uso das minhocas como bioindicadoras ambientais: princípios e práticas-o 3º Encontro Latino Americano de Ecologia e Taxonomia de Oligoquetas (ELAETAO3). **Acta zoológica mexicana**, v. 26, n. SPE2, p. 1-18, 2010.

BOURSCHEID, K.; REIS, A. **Dinâmica da invasão de Pinus elliottii Engelm. em restinga sob processo de restauração ambiental no Parque Florestal do Rio Vermelho, Florianópolis, SC**
doi: 10.5007/2175-7925.2010v23n2p23. **Biotemas**, v. 23, n. 2, p. 23–30, 2011.

BUENO V. J. Diplópodos: Los Desconocidos Formadores de Suelo. **Biodiversitas**, p. 1–5. **Conabio** 2012.

BURATTO, D. A. et al. Avaliação dos danos causados por Formigas-Cortadeiras do Gênero *Acromyrmex* (Hymenoptera) aos Plantios de *Pinus Taeda* no Planalto Sul-Catarinense. **Floresta**, v. 42, n. 4, p. 683, 2012.

BUSS, T. O. D. L. **Técnicas de Nucleação e Cobertura do Solo para Acelerar a Sucessão Florestal em Antigas Áreas de Mineração de Cascalho**. Dissertação, Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, da Universidade do Estado de Santa Catarina. p. 137, Lages 2019.

CASAL T. **Processos ecológicos da regeneração natural e biota edáfica no Parque Estadual Rio Canoas**. Dissertação, Programa de Pós-Graduação em Ecossistemas Agrícolas e Naturais (PPGEAN) da Universidade Federal de Santa Catarina. p. 1–23. Curitiba 2022.

EPAGRI - Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina. Banco de dados de variáveis ambientais de Santa Catarina. Florianópolis: **Epagri**, 2023. 20p. (Epagri, Documentos, 310) - ISSN 2674-9521 (On-line)

CORADIN, L. et al. Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: plantas para o futuro – Região sul. Lidio Coradin; Alexandre Siminski; Ademir Reis. – **Brasília**: MMA, 2011.

CÓRDOVA, M.; CHAVES, C. L.; MANFREDI-COIMBRA, S. Fauna do Solo X Vegetação: Estudo Comparativo da Diversidade Edáfica em Áreas de Vegetação Nativa e Povoamentos de *Pinus* sp. **Geoambiente On-line**, v. 0, n. 12, p. 30–41, 2013.

COSTA N. E. The perception of diplopoda (arthropoda, myriapoda) by the inhabitants of the county of pedra branca, santa teresinha, bahia, Brazil. **Acta biol. colomb**, v. 12, n. 2, p. 123–134, 2007.

COUTINHO, P. et al. Restauração passiva em pastagens abandonadas a partir de núcleos de vegetação na Mata Atlântica, Brasil. Passive restoration of abandoned pastures from the nuclei of vegetation in the Atlantic Rainforest, **Brazil**. p. 1307–1323, 2019.

CREAMER, R. E. et al. The life of soils: Integrating the who and how of multifunctionality. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 166, p. 108561, 2022.

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

FAO. **State of knowledge of soil biodiversity - Status**, challenges and potentialities.

FLÓREZ, E. D. Comunidades de aranhas de la región Pacífica del departamento del Valle del Cauca, Colômbia. **Revista Colombiana de Entomología**, Bogotá, v. 26, n. 4, p. 77-81, 2000.

FOCKINK, G. D. et al. Ecological indicators of passive restoration in South Brazil’s Atlantic Forest areas with former *Pinus taeda* L. plantations. **Ecological Engineering**, v. 179, n. August 2022.

FOCKINK, G. D. et al. **Riqueza e abundância de espécies de minhocas e abundância de enquitreídeos em sistemas agroflorestais na UFSC** Dissertação Programa de Pós-Graduação em Ecossistemas Agrícolas e Naturais (PPGEAN) da Universidade Federal de Santa Catarina. n. September, 2016.

FRANCO, J. L. A. O conceito de biodiversidade e a história da biologia da conservação: da preservação da wilderness à conservação da biodiversidade (São Paulo), v. 32, n. 1980–4369, p. 21–48. **Universidade de Brasília, Brasília**, Distrito Federal, Brasil 2013.

FREITAS, G. B. **Modelos de Recuperação na Mata Ciliar do Rio Jaguaribe. João Pessoa, Pb.** Dissertação, Programa Regional de Pós- Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente – PRODEMA, Universidade Federal da Paraíba. p. 72, 2011

GANHO, N. G.; MARINONI, R. C. A variabilidade espacial das famílias de Coleoptera (Insecta) entre fragmentos de Floresta Ombrófila Mista Montana (Bioma Araucária) e plantação de *Pinus elliottii* Engelm, no Parque Ecológico Vivat Floresta, Tijucas do Sul, Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 23, n. 4, p. 1159–1167, 2006.

GHIZELINI, A. M.; AUER, C. G.; PIMENTEL, I. C. **Sucessão de Fungos em Acículas e Pinus Taeda em Decomposição.** Dissertação curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná. 2004

GOYTACAZES -RJ, C. Caracterização da Fauna Edáfica de Diferentes Coberturas Vegetais no Norte do Estado do Rio de Janeiro, Brasil. Universidade Estadual do Norte Fluminense. Darcy Ribeiro. **Uenf** 2011.

GRANI, R. A Restauração Ecológica e as Ações Nucleadoras nos Projetos de Recuperação de Áreas Degradadas - **Prad. Cobreap Xix**, 2017.

GRIFFITHS, H. M. et al. Ants are the major agents of resource removal from tropical rainforests. **Journal of Animal Ecology**, v. 87, n. 1, p. 293–300, 2018.

GUIMARÃES, N. DE F. et al. Fauna do solo associada a diferentes sistemas de cultivo. *Research, Society and Development*, v. 10, n. 2, p. e54610212787, 2021. Solo, F. D. E.; Gerais, A. Fauna de Solo: Aspectos Gerais e Metodológicos. **Estudos Avançados**, v. 14, n. 38, p. 67–84, 2000.

HARADA, A. Y. et al. Assessment of ant communities in secondary forest in the eastern Amazon. **Comunicata Scientiae**, v. 4, n. 2, p. 186–194, 2013.

HARRIS, J. SA. et al. Ecological restoration and global climate change. **Restoration Ecology**, v. 14, n. 2, p. 170–176, 2006.

HIGA, R. C. V. et al. Zoneamento Climático: Pinus taeda no Sul do Brasil. **Embrapa Florestas**, p. 17, 2008.

HOLL, K. D.; AIDE, T. M. When and where to actively restore ecosystems? **Forest Ecology**

and Management, v. 261, n. 10, p. 1558–1563, 2011.

IBA. Relatório Anual. Indústria Brasileira de Árvores, p. 80, **Iba.org**. 2022.

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

KRAFT, E. et al. Edaphic fauna affects soybean productivity under no-till system. **Scientia Agricola**, v. 78, n. 2, 2021.

KUBIAK, K. L. et al. Fauna epiedáfica associada a fragmentos florestais de Araucaria angustifolia em diferentes condições edafoclimáticas no estado do Paraná. v. 02, p. 1070–1080. **Revista Brasileira de Geografia Física**, 2021.

LAMB, D.; ERSKINE, P. D.; PARROTTA, J. A. Restoration of degraded tropical forest landscapes. **Science**, v. 310, n. 5754, p. 1628–1632, 2005.

LAVELLE, P.; BIGNELL, D.; LEPAGE, M.; WOLTERS, V.; ROGER, P.; INESON, P.; HEAL, O. W.; DHILLION, S. Soil function in a Changing World: the role of invertebrate ecosystem engineers – **European Journal Soil Biology**, New Jersey, v. 33:158 - 194, 1997.

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

LAVELLE, P. et al. Soil function in a changing world: The role of invertebrate ecosystem engineers. **European Journal of Soil Biology**, v. 33, n. 4, p. 159–193, 1997.

LAVELLE, P. Soil invertebrates and ecosystem services. n. July 2015, p. 2–15. **Published by Elsevier Masson SAS**. doi: 10.1016/j.ejsobi.2006.10.002.

LEÃO, A. F. **Diversidade de Coleópteros em Sistemas Florestais no Município de Curitiba**, Dissertação Programa de Pós-Graduação em Ecossistemas Agrícolas e Naturais (PPGEAN) da Universidade Federal de Santa Catarina, SC. 2018.

LEITE-FILHO, A. T. et al. Deforestation reduces rainfall and agricultural revenues in the Brazilian Amazon. **Nature Communications**, v. 12, n. 1, p. 1–7, 2021.

LIMA, C. A.; DELLA LUCIA, T. M. C.; SILVA, N. A. Formigas-cortadeiras: biologia e controle. **Boletim de Extensão** nº 44. Viçosa, Minas Gerais, 2001. Universidade Federal de Viçosa. ISSN: 1234-5678.

LIMA, C. S. **Macrofauna edáfica e mirmecofauna (hymenoptera: formicidae) em diferentes paisagens e sistemas de usos do solo no bioma cerrado**. Tese, Pós-Graduação em Ambiente e Desenvolvimento, da Universidade do Vale do Taquari – UNIVATES. Brasil. 2020.

LIMA, P. A. F. et al. Indicadores Ecológicos: Ferramentas para o Monitoramento do Processo de Restauração Ecológica. **Embrapa Cerrados**, n. May 2015, p. 44, 2015.

- LÔBO, R. L. DE L. et al. Sistemas agroflorestais na recuperação de áreas degradadas / Agroforestry systems in the recovery of degraded areas. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 4, p. 38127–38142, 2021.
- LOBRY DE BRUYN, L. A. Ants as bioindicators of soil function in rural environments. Agriculture, **Ecosystems and Environment**, v. 74, n. 1–3, p. 425–441, 1999.
- MACHADO, D. L. et al. Soil fauna in successional dynamics of atlantic forest in semi-deciduous seasonal forest in the basin of river ‘Paraíba do Sul’, Rio de Janeiro state. **Ciencia Florestal**, v. 25, n. 1, p. 91–106, 2015.
- MAGRINI, F. E. et al. Características químicas e avaliação microbiológica de diferentes fases de maturação do biofertilizante Bokashi. **Revista Agrarian**, v. 4, n. 12, p. 146–151, 2011.
- MAJER, J. D. Animals in the restoration process - Progressing the trends. **Restoration Ecology**, v. 17, n. 3, p. 315–319, 2009.
- MARIA, L. et al. Familial growth hormone deficiency associated with MRI abnormalities. **American Journal of Medical Genetics**, v. 80, n. 2, p. 128–132, 2012.
- MARQUES, At Al. N. 2014. POTAPOV, A. M. Multifunctionality of belowground food webs: resource, size and spatial energy channels. **Biological Reviews**, n. April, 2022.
- MENEZES, C. E. G. et al. Macrofauna edáfica em estádios sucessionais de Floresta Estacional Semidecidual e pastagem mista em Pinheiral (RJ): Rio de Janeiro State. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 6, p. 1647–1656, 2009.
- MELO, F. V. de.; BROWN, G. G.; CONSTANTINO, R.; LOUZADA, J. N. C.; LUIZÃO, F. J.; MORAIS, J. W. de.; ZANETTI, R. A importância da meso e macrofauna do solo na fertilidade e como bioindicadores. **Boletim Informativo da SBCS**, 3 p., 2009. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/428233>>. doi: 428233.
- MÔNICO AC. **Alternativas para restauração florestal de pastagens**. 181 f. Tese (Doutorado) – Curso Recursos Florestais, Universidade de São Paulo, Piracicaba. Morales-Márquez 2019.
- MORAES, J. et al. Species diversity of edaphic mites (Acari: Oribatida) and effects of topography, soil properties and litter gradients on their qualitative and quantitative composition in 64 km² of forest in Amazonia. **Experimental and Applied Acarology**, v. 55, n. 1, p. 39–63, 2011.
- MORAIS, J. W. et al. Soil mesofauna in different systems of land use soil in upper River Solimões, AM, Brazil. **Neotropical Entomology**, v. 39, n. 2, p. 145–152, 2010.
- MOREIRA, T. **Restauração Ecológica no Brasil: Desafios e Oportunidades**. A intenção do a degradação ambiental no País. **WWF-Brasil** 2014.
<https://wwfbrnew.awsassets.panda.org/downloads/restauracao_ecologica_1.pdf>

MUSSO, C.; MIRANDA, H. S.; SOARES, A. M.; LOUREIRO, S. Biological activity in Cerrado soils: evaluation of vegetation, fire and seasonality effects using the “bait-lamina test”. **Plant and soil**, v. 383, n. 1-2, p. 49-58, 2014

NACHTIGALL, G. R. Persistência do fenômeno ‘ La Ni ãa ’ provoca redução no volume de precipitação pulviométrica nos meses de outubro a dezembro. n. Figura 2, p. 1–8, Boletim Agroclimático. **Embrapa Uva e Vinho**. Dezembro 2022.

NIVA, C. C. et al. Método bait-lamina para a avaliação da atividade alimentar de invertebrados edáficos: Eficiência, limitações e adaptações para seu uso. Documentos 392, p. 39, **Embrapa Cerrados Planaltina**, DF 2021.

OLIVEIRA FILHO, L. C. I.; BARETTA, D. Por que devemos nos importar com os colêmbolos edáficos? **Scientia Agraria**, v. 17, n. 2, p. 21, 2016.

OLIVEIRA, et al. Avaliação da Macrofauna Edáfica sob dois Métodos de Coleta – Triagem Manual e Armadilhas de Queda em Fragmento de Floresta Ombrófila Mista. v. 3, n. 1, p. 1–6. **Fertbio**. Maceió (AL) 2012.

ORTIZ, D. C. **Efeito do Plantio de Pinus Elliottii para a Fauna Edáfica e para a Germinação de Sementes**: Estudos na Floresta Nacional e Três Barras. (TCC) Curso de Engenharia Florestal, do Campus Curitibanos da Universidade Federal de Santa Catarina. 2015.

PADILHA, P.; CITADINI-ZANETTE, V.; SANTOS, R. DOS. Técnicas de restauração de áreas degradadas em unidades de conservação. **Universidade do Extremo Sul Catarinense**, SC, Brasil, 2014.

PARISI, V. et al. Microarthropod communities as a tool to assess soil quality and biodiversity: A new approach in Italy. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 105, n. 1–2, p. 323–333, 2005.

PASQUALIN, L. A. et al. Macrofauna edáfica em lavouras de cana-de-açúcar e mata no noroeste do Paraná - Brasil. **Seminário Ciências Agrárias**, v. 33, n. 1, p. 7–18, 2012.

PECH, T. M. et al. **Influência da Macro e Mesofauna Edáfica para a Decomposição da Serrapilheira em Plantio de Pinus taedaL**. Universidade Federal de Santa Catarina, Campus de Curitibanos. Engenharia Florestal, 2018.

PECH, T. M. et al. Role of soil fauna to litter decomposition in pine stands under Atlantic Forest biome. **Ciencia Florestal**, v. 31, n. 4, p. 1849–1866, 2021.

PENTEADO, S.; IEDE, E. TADEU; FILHO, W. R. Manual para o controle da vespa da madeira em plantios de pínus. **Embrapa**, v. 76, n. Dezembro, 2015.

PÉTILLON, J.; CANARD, A.; YSNEL, F. Spiders as indicators of microhabitat changes after a grass invasion in salt-marshes: Synthetic results from a case study in the Mont-Saint-Michel Bay. **Cahiers de Biologie Marine**, v. 47, n. 1, p. 11–18, 2006.

- PEY, B. et al. Current use of and future needs for soil invertebrate functional traits in community ecology. **Basic and Applied Ecology**, v. 15, n. 3, p. 194–206, 2014.
- PIMENTEL, C. Decomposição e ciclagem de nutrientes dos resíduos de quatro plantas de cobertura do solo. **Idesia**, v. 30, n. 1, p. 55–64, 2012.
- PODGAISKI, L. R.; MENDONÇA JR., M. DE S.; PILLAR, V. D. O uso de atributos funcionais de invertebrados terrestres na ecologia: O que, como e por quê? **Oecologia Australis**, v. 15, n. 04, p. 835–853, 2011.
- PODGAISKI, L. R.; SILVEIRA, F. S.; MENDONÇA JR., M. Avaliação da Atividade Alimentar dos Invertebrados de Solo em Campos do Sul do Brasil – Bait-Lamina Test. **EntomoBrasilis**, v. 4, n. 3, p. 108–113, 2011.
- POKARZHEVSKII, A. Effects of soil temperature and moisture on the feeding activity of soil animals as determined by the bait-lamina test. **Applied Soil Ecology**, v. 39, p. 84–90, 1 maio 2008.
- POMPEO, P. N. et al. Fauna e sua relação com atributos edáficos em Lages , Santa Catarina – Brasil. p. 42-51. **Revista Scientia Agraria**, 2016.
- POTAPOV, A. et al. Towards a global synthesis of Collembola knowledge: challenges and potential solutions. **Soil Organisms**, v. 92, n. 3, p. 161–188, 2020.
- PULLEMAN, M. et al. Soil biodiversity, biological indicators and soil ecosystem services-an overview of European approaches. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, v. 4, n. 5, p. 529–538, 2012.
- REALE, Giovanni. História da filosofia: filosofia page antiga, v. 11 - SBo Paulo: **Paulus**. 2003.
- REIS, A; BECHARA, F.C.; ESPÍNDOLA, M.B.; VIEIRA, N.K.; SOUZA, L.L. Restauração de áreas degradadas: a nucleação como base para incrementar os processos sucessionais. **Natureza e Conservação**. v.1, n.1, p.28-36.2003.
- REIS, A. et al. Recuperação de áreas florestais degradadas utilizando a sucessão e as interações planta-animal. **Série Cadernos da Biosfera**, São Paulo, n. 14, p. 1-42, 1999.
- REIS, A.; TRES, D. R. Nucleação: integração das comunidades naturais com a paisagem. In: FUNDAÇÃO CARGILL (Coord.). **Manejo Ambiental e Restauração de Áreas Degradadas**. São Paulo: Cargill, 2007. p. 28-55.
- REIS, A. et al. Restauração de áreas degradadas: a nucleação como base para incrementar os processos sucessionais. **Natureza & Conservação**. v.1, n.1, p. 28-36, 2003.
- REIS, A. Dinâmica da invasão de *Pinus elliottii* Engelm. em restinga sob processo de restauração ambiental no Parque Florestal do Rio Vermelho, Florianópolis, SC. doi: 10.5007/2175-7925.2010v23n2p23. **Biotemas**, v. 23, n. 2, p. 23–30, 2011.

REIS, A.; FREIRE, L. R.; ARAÚJO, E. DA S.; BERBARA, R. L. L. Tempo de captura de organismos da mesofauna do solo e seus reflexos na interpretação de índices da comunidade edáfica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, n. 5, p. 1282–1291, 2015.

REIS, A.; TRES, D. R.; BECHARA, F. C. A Nucleação como Novo Paradigma na Restauração Ecológica : “ Espaço para o Imprevisível ”. **Simposio sobre Recuperação de áreas degradadas com ênfase em matas ciliares**, p. 17, 2006.

RICARDO, B. H. **Ecologia da Invasão Biológica de Pinus spp** . No Parque Estadual Rio Canoas – SC. Curitiba. 2019.

RICARDO, B. H.; SIMINSKI, A.; REIS, M. S. Invasive alien species in protected areas: the dynamics of Pinus taeda, Rio Canoas State Park Can. J. For. Res. Vol. 52, **Species**. Brazil, 2022.

ROCHA, J. R. M. DA et al. Insects As Indicators of Environmental Changing and Pollution: a Review of Appropriate Species and Their Monitoring. **Holos Environment**, v. 10, n. 2, p. 250, 2010.

RODRIGUES, K. DE M. et al. Funis de Berlese-Tüllgren modificados utilizados para amostragem de macroartrópodes de solo. **Embrapa**, v. s/v, n. 22, p. 6, 2008.

RODRIGUES, R. R. Pacto Pela Restauração Ecológica a Mata Atlântica. São Paulo: LERF/ESALQ. **Instituto BioAtlântica**, 2009.

ROEDER, K. A.; ROEDER, D. V. A checklist and assemblage comparison of ants (Hymenoptera: Formicidae) from the Wichita Mountains Wildlife Refuge in Oklahoma. **Check List**, v. 12, n. 4, 2016.

ROLT, V. A. Insetos fitófagos associados as plantas medicinais Calendula officinalis L. (Asteraceae) e Foeniculum vulgare Mill. (Apiaceae) em uma propriedade rural de Grão-Pará, Santa Catarina. 2009. 59 f. Monografia (Graduação em Ciências Biológicas) - Universidade do Extremo Sul Catarinense, UNESC, Criciúma, 2009.

ROUSSEAU, L. et al. Soil macrofauna as indicators of soil quality and land use impacts in smallholder agroecosystems of western Nicaragua. **Ecological Indicators**, v. 27, p. 71–82, 2013.

SAMPAIO, A.B., and Schmidt, I.B. 2013. Espécies Exóticas Invasoras em Unidades de Conservação Federais do Brasil. **Biodiversidade Brasileira**, 3(2): 32–49. doi:10.37002/biobrasil.v%25i%25i.351.

SAMPAIO, A. B. et al. Guia de Restauração ecológica para Gestores de Unidades de Conservação. p. 1–68. **Instituto Chico Mendes**, 2021.

SANTOS, J. C. P. et al. Fauna edáfica como bioindicadora da qualidade do solo em diferentes sistemas de preparo e cultivo. 29o **Cbcs**, 2020.

SER. The SER **International Ecological Restoration**. **British journal of pharmacology**, v. 55, n. 2, p. 282P-283P, 2004.

SILVA, J. Invertebrados edáficos em diferentes sistemas de manejo do cafeeiro na Zona da Mata de Minas Gerais Edaphic invertebrates in different coffee management systems in Zona da Mata of Minas Gerais. **Revista Brasileira de Agroecologia** v. 7, n. 2, p. 112–125, 2012

SILVA N. **Aplicação de resíduo de indústria de papelão em áreas de reflorestamento de pinus: avaliação ecotoxicológica e ecológica**. Dissertação, Pós- Graduação em Ecossistemas Agrícolas e Naturais da Universidade Federal de Santa Catarina – Campus de Curitiba, 2020.

SILVA, L. N.; ALVES, A. Amostragem da mesofauna e macrofauna de solo com armadilha de queda. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 8, n. 5, p. 108–115, 2013.

SIMINSKI, A.; FANTINI, A. C.; REIS, M. S. Classificação da vegetação secundária em estágios de regeneração da Mata Atlântica em Santa Catarina. **Ciência Florestal**, v. 23, n. 3, p. 369–378, 2013.

SIMPSON, Edward H. Measurement of diversity. **Nature**, v. 163, n. 4148, p. 688-688, 1949.

SWIFT M.J., Heal O.W.& Anderson J.M. Decomposition in terrestrial ecosystems. Oxford: **Blackwell Scientific** 1979.

SNYDER, B. A.; HENDRIX, P. F. Current and potential roles of soil macroinvertebrates (earthworms, millipedes, and isopods) in ecological restoration. **Restoration Ecology**, v. 16, n.

SPERA ST, DENARDIN JE, ESCOSTEGUY PAV, SANTOS HP, FIGUEROA EA (2008) Dispersão de argila em microagregados de solo incubado com calcário. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v. 32, p. 2613-2620.

SPILLER, M.S.; SPILLER, C.; GARLET, J. Arthropod bioindicators of environmental quality. **Revista Agroambiente On-line**, Boa Vista, v. 12, n.1, p. 41-57, jan 2018. **SOSMA** 4, p. 629–636, 2008.

TOMAZI, A. L.; ZIMMERMANN, C. E.; LAPS, R. R. Poleiros artificiais como modelo de nucleação para restauração de ambientes ciliares: caracterização da chuva de sementes e regeneração natural doi: 10.5007/2175-7925.2010v23n3p125. **Biotemas Blumenau SC**, 2010.

TORNE, E. VON. Assessing feeding activities of soil-living animals. **Pedobiologia**, v. 34, p. 89–101, 1990.

TÓTOLA, M. R.; CHAER, G. Microrganismos e processos microbiológicos como indicadores da qualidade do solo. **Tópicos em ciência do solo**, n. 2, p. 195–276, 2002.

TSIAFOULI, M. A. et al. Intensive agriculture reduces soil biodiversity across Europe. **Global Change Biology**, v. 21, n. 2, p. 973–985, 2015.

VASQUEZ, A. G. et al. Uma Síntese da Contribuição do Gênero Pinus para o Desenvolvimento Sustentável no Sul do Brasil. **Floresta**, v. 37, n. 3, p. 445–450, 2007.

PIFFER, P. R. et al. Turnover rates of regenerated forests challenge restoration efforts in the Brazilian Atlantic forest. **Environmental Research Letters**, v. 17, n. 4, 2022.

VEZZANI, F. M.; MIELNICZUK, J. Uma visão sobre qualidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 4, p. 743–755, 2009.

VIANA, E. et al. **Diversidade da fauna edáfica em solos com diferentes sistemas de manejos no norte do Rio Grande do Sul**. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 5, p. e42211528307, 2022.

VIANA, L. **Dinâmica Da Deposição E Decomposição De Serapilheira Em Sistema Silvopastoril Com Eucalipto**. Dissertação, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Área de Concentração em Produção Animal. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2019.

VON TÖRNE, E. Assessing feeding activities of soil-living animals. I. Bait-lamina-tests. **Pedobiologia**, v. 34, n. 2, p. 89-101, 1990

WALL, Diana H. et al. Global decomposition experiment shows soil animal impacts on decomposition are climate-dependent. **Global Change Biology**, v. 14, n. 11, p. 2661-2677, 2008.

WALL, Richard L.; SHEARER, David. **Veterinary ectoparasites: biology, pathology and control**. **John Wiley & Sons**, 2008.

WARDLE, D. A.; WALKER, L. R.; BARDGETT, R. D. Ecosystem properties and forest decline in contrasting long-term chronosequences. **Science**, v. 305, n. 5683, p. 509–513, 2004.

WARDLE, D.; KLIRONOMOS, J.; WALL, D. H. **Ecological Linkages Between Aboveground and Belowground Biota**. n. April 2016, 2004.

WATTS, C. H. et al. Invertebrate communities in a modified isolated raised bog compared to an intact raised bog in new zealand. **Mires and Peat**, v. 26, p. 1–12, 2020.

WINK, C. et al. Insetos Edáficos como Indicadores da Qualidade Ambiental Soilborne Insects As Indicators Of Environmental Quality Charlotte Wink 1 , Jerson Vanderlei Carus Guedes 2 , Camila Kurzmann Fagundes 3 , Ana Paula Rovedder 4. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 4, n. 1, p. 60–71, 2005.

WOLTERS, V. Invertebrate control of soil organic matter stability. **Biology and Fertility of Soils**, v. 31, n. 1, p. 1–19, 2000.

ANEXOS

Area de Pesquisa 2022 – PAERC



Fonte: O autor

Instalação bait lâmina 2022 – PAERC



Fonte: O autor

1º Coleta macro e mesofauna em outubro 2022 - Paerc



Triagem de monólitos da 1º coleta macro e mesofauna em outubro 2022 - Paerc



Fonte: O autor

Triagem de monólitos da 2º Coleta macro e mesofauna em outubro 2022 - Paerc

Fonte: O autor



Fonte: O autor

Triagem de monólitos da 1º Coleta macro e mesofauna em outubro 2022 - Paerc



Fonte: O autor

Triagem de monólitos da 1º Coleta macro e mesofauna em outubro 2022 - Paerc



Fonte: O autor