

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
COORDENÇÃO DE ENGENHARIA FLORESTAL
CÂMPUS DOIS VIZINHOS

JOSEANE APARECIDA DERENGOSKI

**MACROFAUNA EDÁFICA EM ÁREAS DE RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA EM
UMA REGIÃO DE TRANSIÇÃO ENTRE A FLORESTA OMBRÓFILA MISTA E A
FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL, NO SUDOESTE DO PARANÁ**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO II

DOIS VIZINHOS

2014

JOSEANE APARECIDA DERENGOSKI

**MACROFAUNA EDÁFICA EM ÁREAS DE RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA EM
UMA REGIÃO DE TRANSIÇÃO ENTRE A FLORESTA OMBRÓFILA MISTA E A
FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL, NO SUDOESTE DO PARANÁ**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II, do Curso Superior de Engenharia Florestal da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Florestal.

Orientador: prof. Dr. Gustavo Sene Silva

Co-orientador: prof. Dr. Mauricio Vicente
Alves

DOIS VIZINHOS

2014

D431m Derengoski, Joseane Aparecida

Macrofauna edáfica em áreas de restauração ecológica em uma região de transição entre a Floresta Ombrófila Mista e a Floresta Estacional Semidecidual, no sudoeste do Paraná -

Dois Vizinhos: [s.n.], 2014.

68 f.;il.

Orientador: Gustavo Sene Silva

Co-orient: Mauricio Vicente Alves.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curso de Engenharia Florestal.

Dois Vizinhos, 2014.

Inclui bibliografia

1. Biodiversidade- conservação 2. Biologia do solo 3. Recuperação ecológica I. Silva, Gustavo Sene, orient. II. Alves, Mauricio Vicente, co-orient. III. Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Dois Vizinhos. IV. Título.

CDD: 634.9

A minha família pela paciência e pela atenção durante esse período.

A Adonis Alicievica pelo apoio incondicional em todos os momentos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente aos Professores Dr. Gustavo Sene Silva e a Dr. Mauricio Vicente Alves, pela dedicação e orientação deste trabalho, além da paciência durante todo o período. Aos professores da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), *campus* Dois Vizinhos, por todo o conhecimento transmitido, que foram essenciais à conclusão desse projeto.

A Regiane Franco pela sempre pronta disponibilidade e a Jéssica Camile da Silva pelas horas incontáveis de trabalhos e risadas. A toda a equipe do grupo de pesquisa Ciência do Solo da UTFPR Campus Dois Vizinhos, principalmente ao professor Paulo César Conceição pela condução desse projeto de pesquisa.

Ao professor Fernando Campanhã Bechara, idealizador do projeto de restauração ecológica no *campus* da UTFPR Dois Vizinhos, pelo incentivo em monitorar a comunidade edáfica e pelo apoio irrestrito a condução das atividades. A Liane Barreto Alves Pinheiro que prontamente aceitou o desafio de caracterizar a biologia do solo e me direcionou a este projeto.

A Edilaine Duarte, Mariane Moura Andrade e Danieli Klein e Gabrielli Riboli Nava pela amizade e companheirismo durante esses cinco anos de formação acadêmica.

"Se um homem gasta metade de cada dia a passear pela floresta,
simplesmente por gostar delas,
arrisca-se a ser considerado um preguiçoso,
mas se ele gasta o dia inteiro como especulador,
devastando a floresta e provocando a calvície precoce da terra,
aí então ele ganhará a admiração de seus concidadãos
como pessoa ativa e empreendedora.

Pode uma cidade se interessar por suas florestas apenas para acabar com ela?"

(THOREAU, Henry David, 1984 p. 59)

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Classificação de tamanho da biota do solo	19
Figura 2 - Modelo hierárquico dos fatores que determinam os processos do solo.....	20
Figura 3 - Curva espécie - área.....	22
Figura 4 - Localização da área de estudo. UTFPR, Campus Dois Vizinhos.....	24
Figura 6 - Croqui da parcela experimental referente ao tratamento de regeneração natural....	28
Figura 7 - Croqui da parcela experimental referente ao tratamento de nucleação	29
Figura 8 - Croqui da parcela experimental referente ao tratamento plantio de árvores em área total sob linhas de preenchimento e diversidade.	33
Figura 9: Determinação da área mínima amostrada através do Método de Cain.....	37

LISTA DE FOTOGRAFIAS

Fotografia 1 - Grupo de Anderson (a) e <i>Cajanus cajan</i> (b).....	30
Fotografia 2 - Poleiro artificial implantado na área de restauração ecológica (a) e bromélias inseridas em área de restauração ecológica	31
Fotografia 3 - Abrigos para fauna	31
Fotografia 4 - Coletor de sementes usado para captura de chuva de sementes (a) e banco de Sementes.....	32
Fotografia 5 - Coleta de macrofauna edáfica pelo método TSBF: a coleta de serapilheira, b) coleta de solo, c) retirada do monólito de 20 cm de profundidade; d) identificação dos indivíduos com auxílio de microscópio estereoscópico.	34

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Média de temperaturas mínimas e máximas diárias, registrados pela estação meteorológica localizada na Universidade Tecnológica Federal do Paraná – <i>Campus</i> Dois Vizinhos, nos períodos de junho e outubro de 2013.....	26
Gráficos 2 a 17 - Curva espécie-área para os tratamentos Regeneração Natural (RN), Nucleação (N), Plantio em Linhas (PL) e Mata, nos compartimentos solo e serapilheira e em duas épocas de coleta – junho e outubro de 2013.....	41
Gráficos 18 e 19 - Número de indivíduos na Serapilheira (2) e no Solo (3) no período de junho de 2013 na RN – Regeneração Natural, N - Nucleação, PL – Plantio em Linhas de Preenchimento e Diversidade e Mata	42
Gráficos 20 e 21 - Número de indivíduos na Serapilheira (4) e no Solo (5) no período de junho de 2013 na RN – Regeneração Natural, N - Nucleação, PL – Plantio em Linhas de Preenchimento e Diversidade e Mata	43
Gráficos 22, 23, 24 e 25 - Frequência relativa dos indivíduos amostrados na serapilheira nos períodos de junho e outubro de 2013, na RN – Regeberação Natural (22), N - Nucleação (23), PL – Plantio em Linhas de Preenchimento e Diversidade (24) e Mata (25)	46
Gráficos 26, 27, 28 e 29 - Frequência relativa dos indivíduos amostrados no solo em junho de 2013, na RN – Regeberação Natural (26), N - Nucleação (27), PL – Plantio em Linhas de Preenchimento e Diversidade (28) e Mata (29).....	49
Gráfico 30, 31, 32 e 33 - Curva espécie-área para os quatro tratamentos avaliados em junho de 2013, na serapilheira (30) e no solo (31) e, em outubro de 2013, na serapilheira (32) e no solo (33)	51

RESUMO

DERENGOSKI, Joseane. **Macrofauna edáfica em áreas de restauração ecológica em uma região de transição entre a floresta ombrófila mista e a floresta estacional semidecidual, no sudoeste do Paraná.** 2014. 68 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Dois Vizinhos, 2014.

Atualmente as regiões tropicais e subtropicais estão sofrendo com a degradação dos solos pelo desmatamento da cobertura vegetal original, uso inadequado do solo e má gestão da terra. Com a crescente conscientização da população para a importância e necessidade de conservação dos recursos naturais, as pesquisas e os projetos na área de restauração tem sido crescentes. Por ser tão sensível a interferências do ambiente, a comunidade edáfica reflete as condições de funcionamento do sistema, havendo perdas de diversidade em ecossistemas onde ocorreram atividades antrópicas. Para tanto, foi desenvolvida a proposta de aplicação de diferentes tecnologias de restauração ecológica de áreas degradadas, na Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Dois Vizinhos, e dentre os parâmetros utilizados para esta avaliação esteve a macrofauna edáfica. Portanto o objetivo do presente trabalho foi avaliar a relação entre as diferentes tecnologias de restauração ecológica de matas ciliares empregadas e a diversidade da macrofauna edáfica. Para esta avaliação, foram analisados os seguintes tratamentos: I- regeneração natural; II- nucleação; III- plantio de árvores em área total sob linhas de preenchimento e diversidade e IV- mata ciliar (testemunha). O delineamento experimental é em blocos ao acaso, com quatro repetições. Foram coletadas amostras de solo e serapilheira em junho e outubro de 2013, sendo quatro pontos em cada parcela amostral, totalizando 16 pontos amostrais por tratamento e 16 pontos amostrais na mata ciliar. Para a coleta da macrofauna edáfica foi utilizado o método TSBF, o qual se baseia na retirada de um monólito de solo para análise. Em cada ponto coletou-se separadamente a serapilheira e solo (0-20 cm) e realizou-se à extração da macrofauna por catação manual. A fauna extraída do material coletado foi identificada em nível de ordem. A verificação da suficiência amostral das amostras da macrofauna edáfica foi realizada pela análise gráfica da curva espécie-área. O número de amostras foi considerado suficiente quando a curva tende a estabilização. A partir da triagem da fauna edáfica obteve-se os seguintes índices: densidade total, diversidade de Shannon, equabilidade de Pielou, dominância de Simpson e a riqueza de grupos taxonômicos. O ponto máximo de inflexão da curva gerada entre a riqueza total acumulada e o número de parcelas amostrado foi alcançado entre 5 e 6 subparcelas. O esforço amostral de 16 subparcelas mais do que o suficiente para se amostrar a riqueza presente nos tratamentos avaliados. A riqueza de espécies foi maior na Mata em ambas as coletas, em relação aos tratamentos de restauração ecológica. O tratamento Regeneração Natural apresentou a maior riqueza dentre os tratamentos de Restauração ecológica, tanto para serpilheira, quanto para o solo. O tratamento Nucleação apresentou uma riqueza média de grupos taxonômicos. O Plantio em Linhas foi o tratamento que teve a menor riqueza e número de indivíduos amostrados, sendo considerado para a macrofauna o pior tratamento. Assim, a caracterização da macrofauna edáfica em diferentes tecnologias de restauração ecológica permitiu avaliar que a proximidade de fragmentos florestais às áreas de restauração ambiental é fundamental na reestruturação dos processos ecológicos.

Palavras-chave: Biodiversidade. Biologia do solo. Bioindicadores. Nucleação. Regeneração natural.

ABSTRACT

DERENGOSKI, Joseane A. **Soil macrofauna in areas of ecological restoration in a transition region between the Araucaria forest and semideciduous forest in southwestern Paraná.** 2014. 68 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Dois Vizinhos, 2014.

Currently the tropical and subtropical regions are suffering from land degradation through deforestation of native vegetation, inappropriate land use and poor land management. With the growing public awareness of the importance and need for conservation of natural resources, research and projects on restoration has been increasing. For being so sensitive to environmental interference, the edaphic community reflects the operating conditions of the system, with loss of diversity in ecosystems where human activities occurred. Therefore, the proposed application of different technologies of ecological restoration of degraded areas in the Federal Technological University of Paraná, Campus Dois Vizinhos was developed, and among the parameters used for this evaluation was the soil macrofauna. Therefore the aim of this study was to evaluate the relationship between the different technologies employed ecological restoration of riparian forests and the diversity of soil macrofauna. For this evaluation, the following treatments were examined: I-natural regeneration; II-nucleation; III-planting trees in total area under fill lines and diversity and riparian-IV (control). The experimental design is randomized blocks with four replications. Litter and soil samples were collected in June and October 2013, with four points in each sample plot, totaling 16 sampling points per treatment and 16 sampling points in the riparian forest. To collect the soil macrofauna TSBF method, which is based on the removal of a soil monolith was used for analysis. At each point separately, we collected litter and soil (0-20 cm) and held the extraction of macrofauna by manual scavenging. The fauna of the extracted material was identified to order. Verification of sampling sufficiency of samples of soil macrofauna was conducted by graphical analysis of the species-area curve. The number of samples was considered sufficient when the curve tends to stabilize. From the screening of soil fauna yielded the following indices: total density, Shannon diversity, evenness, and Simpson dominance of the wealth of taxonomic groups. The maximum point of inflection of the curve generated between the total accumulated wealth and the number of plots sampled was reached between 5 and 6 subplots. The sampling effort of 16 subplots more than enough to sample the richness present in the evaluated treatments. Species richness was highest in the forest in both samples, in relation to ecological restoration treatments. Natural regeneration treatment was the richest among treatments Restoration Ecology, both litter, as to the ground. The nucleation treatment had an average wealth of taxonomic groups. The Planting in lines was the treatment that had the lowest richness and number of individuals sampled, being considered for macrofauna the worst treatment. Thus, the characterization of soil macrofauna in different ecological restoration technologies allowed us to assess the proximity of forest fragments in the areas of environmental restoration is fundamental restructuring of ecological processes.

Keywords: Biodiversity. Soil Biology. Bioindicators. Nucleation. Natural regeneration.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
1.1 OBJETIVOS	14
1.1.1 Objetivo Geral	14
1.1.2 Objetivos Específicos	14
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1 ÁREAS DEGRADADAS E RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA.....	15
2.2 FAUNA EDÁFICA	17
2.3 CURVA ESPÉCIE-ÁREA	21
3. MATERIAL E MÉTODOS	24
3.1 DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	24
3.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	26
3.2.1 Regeneração Natural.....	27
3.2.2 Nucleação	28
3.2.3 Plantio de Árvores em Área Total Sob Linhas de Preenchimento e Diversidade ...	33
3.3 MÉTODO DE COLETA	34
3.4 AMOSTRAGEM	35
3.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA	36
3.5.1 Curva espécie-área.....	36
3.5.2 Índices ecológicos.....	37
3.5.2.1 Índice de Shannon- Wiener (H)	37
3.5.2.2 Índice de Pielou (e)	38
3.5.2.3 Índice de Simpson (Is).....	38
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	40
4.1 CURVA ESPÉCIE-ÁREA	40
4.2 CARACTERIZAÇÃO DA MACROFAUNA EDÁFICA	42
4.2.2 FREQUÊNCIA RELATIVA.....	44
4.2.2.1 Serapilheira.....	44
4.2.2.2 Solo.....	47
4.3 RIQUEZA ACUMULADA DE ESPÉCIES.....	50
4.4 ÍNDICES ECOLÓGICOS	52
4.4.2 Serapilheira.....	52
4.4.3 Solo.....	54
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	57
6 REFERÊNCIAS	58

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos países com maior diversidade de fauna invertebrada do mundo. Do total de 1,01 milhões de espécies de invertebrados conhecidas no mundo atualmente, estima-se que de 88.790 - 118.290 ocorram no Brasil. Os principais responsáveis por esses números são os insetos, dos quais são conhecidas 950.000 espécies mundialmente e de 80.750 a 109.250 somente no Brasil (LEWINSOHN E PRADO, 2005, p. 39). Estima-se que o total de espécies de invertebrados seja sete vezes maior do que o já número conhecido (LEWINSOHN E PRADO, 2005, p. 41).

Tendo em vista o alto número de espécies desconhecidas e o aumento crescente no desmatamento e degradação ambiental, estima-se que o número de espécies extintas antes de ser descritas seja elevado, principalmente no bioma Mata Atlântica com seu alto nível de endemismo. Deste ecossistema restam atualmente apenas 12,5% de sua área original, considerando-se os pequenos fragmentos de floresta de 3 hectares (SOSMA, 2013) abrigando hoje 89 (76%) das 130 espécies de invertebrados terrestres ameaçados de extinção (MACHADO et al., 2008 p. 2).

O número estimado de espécies da fauna na floresta tropical é cerca de 100 vezes o número total de espécies vegetais (KRICHER, 1997, p. 34). Dessa forma, em apenas 1 hectare existem 500 espécies vegetais em média e cerca de 50.000 espécies de animais e microrganismos (KAGEYAMA, 2000, p. 72), sendo em sua maioria invertebrados.

Atualmente as regiões tropicais e subtropicais do mundo estão sofrendo com a degradação dos solos pelo desmatamento da cobertura vegetal original, uso inadequado do solo e má gestão da terra. Tais atividades causam perdas de fertilidade e acelerada erosão, além da forte pressão demográfica, e levam à redução da produtividade da terra e perda da biodiversidade (IFAD/FAO, 1999, p. 3).

Conforme a Lei 9.985 de 2000 (PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA, 2000) que institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), a restauração é definida como a “restituição de um ecossistema ou uma população silvestre degradada o mais próximo possível da sua condição original”.

Atualmente, com a crescente conscientização da população para a importância e necessidade de conservação dos recursos naturais, as pesquisas e os projetos na área de restauração tem sido crescentes (MARTINS, 2007). Os trabalhos que tem por reconstituir um

ecossistema autossustentável, consistente e resiliente, e que venham a equilibrar os processos naturais e a estrutura do ecossistema de forma que este se aproxime ao máximo das comunidades naturais, é considerado um trabalho de restauração ecológica (SILVA, 2011, p. 15).

Os métodos de restauração de áreas degradadas são remotos, sendo encontradas várias formas de utilização na história por diferentes povos, épocas e regiões (RODRIGUES & GANDOLFI, 2004, p. 235). Várias foram às técnicas utilizadas, sendo as de importância para este trabalho a condução da regeneração natural, plantio de espécies arbóreas de preenchimento e diversidade e nucleação.

As características e a qualidade dos solos são em grande parte determinadas pelos indivíduos que nele habitam. Por ser tão sensível a interferências do ambiente, a comunidade edáfica reflete as condições de funcionamento do sistema. Em ecossistemas onde ocorreram atividades antrópicas, remoção da cobertura vegetal, degradação dos solos, além da alteração da quantidade e qualidade da matéria orgânica do solo, a comunidade edáfica tem sua diversidade e a abundância afetada (CURRY & GOOD, 1992, p. 55; STORK & EGGLETON, 1992, p. 40; LAVELLE et al., 1993, p. 132).

O conhecimento desta comunidade de invertebrados edáficos permite avaliar os níveis de degradação em que uma área está sendo submetida e o grau de restauração de áreas degradadas, auxiliando no entendimento deste processo (COSTA, 2002; LINDEN et al., 1994, p. 96). De acordo com Aquino et al. (2008, p. 143), a macrofauna atua no conjunto serapilheira-solo em pelo menos um estágio do seu ciclo biológico e pode ser utilizada como indicadora da qualidade do solo, possibilitando uma avaliação rápida, fácil e econômica.

Muitos trabalhos têm usado avaliações de comunidade de invertebrados para analisar a qualidade do solo e o efeito de mudanças induzidas pelo homem, uma vez que a perda de espécies parece ter impacto direto na qualidade do solo (STORK e ENGGLETON, 1992, p. 38). O número de pesquisas sobre a fauna do solo no Brasil é insipiente se comparado à diversidade encontrada nos cinco biomas do país e na ausência de conhecimento sobre a própria biodiversidade da biota edáfica nesses ecossistemas. É possível que muitas espécies sejam extintas antes de serem conhecidas (MERLIM, 2005, p. 11).

Trabalhos que relacionem a fauna do solo com a restauração de áreas degradadas seja como indicadoras de perturbações ambientais ou da melhora da qualidade destas áreas são ainda mais difíceis de serem encontrados. Este fato abre espaço para uma nova e abrangente área de estudo para os pedobiólogos. Para tanto, foi desenvolvida a proposta de aplicação de

diferentes tecnologias de restauração ecológica de áreas degradadas, na Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Dois Vizinhos, e dentre os parâmetros utilizados para esta avaliação está a macrofauna edáfica.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Avaliar a relação entre as diferentes tecnologias de restauração ecológica de matas ciliares e a diversidade da macrofauna edáfica.

1.1.2 Objetivos Específicos

Registrar a diversidade da macrofauna edáfica pelo menos ao nível taxonômico de ordem.

Caracterizar a comunidade da macrofauna edáfica em áreas submetidas a diferentes tecnologias de restauração ecológica de matas ciliares.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 ÁREAS DEGRADADAS E RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA

De acordo com a Society for Ecological Restoration International (2006) a restauração ecológica é definida como sendo:

A ciência, prática e arte de assistir e manejar a recuperação da integridade ecológica dos ecossistemas, incluindo um nível mínimo de biodiversidade e de variabilidade na estrutura e funcionamento dos processos ecológicos, considerando-se seus valores ecológicos, econômicos e sociais (SER INTERNATIONAL, 2006).

Martins (2007) enfatiza que é através da regeneração natural que as florestas que sofreram algum impacto, seja ele natural ou antrópico, conseguem se recuperar. Com o simples isolamento da área, haverá a colonização da área sem a necessidade de introdução de novos indivíduos, tendo como vantagem a conservação do material genético regional. Esse processo ocorre através da brotação de raízes e caules, expressão do banco de sementes e da germinação dos propágulos advindos da chuva de sementes e a resiliência do próprio ecossistema (BRANCALION et al., 2009, p. 49).

Através da sucessão ecológica, uma comunidade vegetal é progressivamente substituída por outra ao longo do tempo e em um mesmo local (GANDOLFI et al., 2007). Para que esse processo ocorra, é necessário que exista uma área a ser colonizada pelas espécies, onde possam se estabelecer e sobreviver e que possibilite a chegada de novas espécies ao longo do tempo. A presença de um banco de sementes que acelere a regeneração natural e a colonização feita por espécies com comportamentos ecológicos distintos, que promoverão uma contínua substituição de espécies na área, também são fatores importantes para a sucessão. (RODRIGUES & GANDOLFI, 2004 p. 237-238).

As espécies são classificadas em grupos ecológicos que variam de acordo com a sucessão: (I) - pioneiras e secundárias iniciais apresentam mecanismos de propagação de sementes eficiente. (II) - secundárias tardias, espécies que toleram um sombreamento em sua fase inicial, mas tornam-se intolerantes na medida em que crescem. (III) - clímax, surgem em estágios de sucessão mais avançados, são espécies que toleram sombra na fase adulta,

dispersam sementes pela gravidade e tem abundante regeneração (BUDOWSKI, 1965 p. 40-41).

As espécies pioneiras têm o papel de cicatrizar os ambientes que sofreram algum tipo de perturbação. As espécies clímax são o oposto das pioneiras, pois são as espécies que aparecem por último na sequência da sucessão. As outras espécies que apresentam adaptações ecológicas intermediárias podem ser classificadas como secundárias iniciais, quando suas características são mais parecidas com as pioneiras ou secundárias tardias, quando apresentam características mais próximas das espécies clímax (RODRIGUES, 1995 p. 32).

Na técnica de restauração baseada na silvicultura, são feitos plantios de árvores, utilizando espécies nativas do bioma onde está inserida a área a ser restaurada. Cada espécie possui características diferenciadas de velocidade de crescimento, tolerância à sombra, tamanho das sementes e frutos, dormência das sementes e ciclo de vida. Para tanto, deve-se dar prioridade à escolha de espécies de rápido crescimento, baseado nas características sucessionais, como forma de reduzir os custos da restauração, determinados pela manutenção, através do recobrimento rápido da área. (BRANCALION et al., 2009, p. 16-17).

A restauração através da nucleação é composta por diversas técnicas que são implantadas em núcleos, ocupando em média 5% da área. Cada uma das técnicas nucleadoras possui diversos efeitos funcionais e particularidades que, em conjunto, produzem uma variedade de fluxos naturais sobre o ambiente degradado, mantendo processos-chave e contribuindo para resgatar a complexidade de condições dos sistemas naturais (REIS, 2006).

Para REIS (2003, p. 30) e Bechara (2005), as diferentes técnicas nucleadoras possibilitam a formação de microhabitats que favorecem a colonização de espécies de diferentes formas de vida e estas se irradiarão por toda a área. No Brasil a restauração ambiental utilizando a nucleação é um método novo, os primeiros experimentos tiveram início em áreas piloto “Unidades Demonstrativas” (UDs), instaladas nos biomas Floresta Estacional Semidecidual, Cerrado e Restinga.

A técnica de nucleação proporciona uma expressiva melhora nas condições ambientais, resgatando a funcionalidade local, atraindo a diversidade e, conseqüentemente, permitindo uma ampliação na probabilidade de ocupação por outras espécies da fauna e flora (YARRANTON & MORRISON, 1974, p. 417). A introdução de técnicas nucleadoras traz diferentes particularidades e efeitos funcionais para a área a ser restaurada, resgatando as condições dos sistemas naturais de forma complexa e mantendo os processos chave (ESPÍNDOLA et al., 2006, p. 3).

2.2 FAUNA EDÁFICA

O compartimento solo/serapilheira é um sistema vivo e dinâmico que serve de habitat para uma gama de organismos invertebrados que se alimentam dos nutrientes provenientes de resíduos vegetais e animais presentes na matéria orgânica (ALMEIDA, 2010 P. 11). O número de animais que vivem no solo é estimado entre 5 a 80 milhões de espécies compostos em sua maioria por artrópodes (GILLER et al., 1997, p. 5).

A transformação do ambiente realizada pela fauna edáfica, através da decomposição da matéria orgânica e a ciclagem de nutrientes resulta no surgimento de nichos que serão colonizados por novas espécies de microorganismos, fauna e vegetais. Esses organismos apresentam uma série de interações metabiômicas, onde a modificação do ambiente é resultado de relações entre espécies da fauna e dos microorganismos. Eles promovem um rápido recobrimento de áreas e o estímulo do funcionamento do solo, além de desempenhar importante papel na manutenção da cadeia alimentar e do fluxo energético do sistema. Tais fatores são de grande importância para a recuperação de áreas degradadas (WAID, 1999 p. 152; ALMEIDA, 2010 p. 12).

A macrofauna do solo desempenha um papel-chave no funcionamento do ecossistema, pois ocupa diversos níveis tróficos dentro da cadeia alimentar do solo e afeta a produção primária de maneira direta e indireta. Altera, por exemplo, as populações e atividade de microrganismos responsáveis pelos processos de mineralização e humificação e, em consequência, exerce influência sobre o ciclo de matéria orgânica e a disponibilidade de nutrientes assimiláveis pelas plantas (DECÄENS et al., 2003 p. 177-178).

A fauna do solo é afetada por fatores bióticos e abióticos do sistema, como clima, solo, qualidade e disponibilidade de alimento, cobertura vegetal e o tipo de manejo adotado (LAVELLE, 1993 p. 140). As condições edafoclimáticas do local e as atividades antrópicas praticadas interferem na estrutura e na qualidade da vegetação, que, conseqüentemente, influenciam a fauna invertebrada e os microorganismos que dependem da matéria orgânica produzida para permanecer no ambiente (AQUINO, 2006 p. 60). Por ser tão sensível a interferências do ambiente, a comunidade edáfica reflete as condições do sistema em que se encontra, havendo perdas de diversidade em locais onde ocorreram atividades antrópicas e remoção da cobertura vegetal. Por consequência, tornam-se indicadores da qualidade do ambiente (CURRY & GOOD, 1992; STORK & EGGLETON, 1992).

O equilíbrio ambiental dos solos pode ser avaliado através da observação de características das populações de grupos que compõem a fauna edáfica, onde um dos mais importantes indicadores são os insetos, devido a sua alta diversidade e facilidade de amostragem. A partir dessas observações, pode se intervir no ecossistema, buscando restaurar a sanidade do ecossistema e a sua sustentabilidade (Wink et al., 2005 p. 61).

De acordo com Souto (2006 p.12), ecossistemas conservados permitem a colonização de uma elevada diversidade e abundância de espécies da fauna do solo, e está é sensível a qualquer alteração no ambiente, afetando a comunidade e conseqüentemente, promovendo alterações nos ciclos bioquímicos dos elementos.

Fauna edáfica é o termo utilizado para identificar a comunidade de invertebrados que vive permanente ou que passa um ou mais ciclos de vida no solo (ANDERSON, 1988). A classificação da fauna do solo mais aceita pelos pesquisadores é a proposta por Swift et al. (1979), na qual os indivíduos são separados de acordo com seu tamanho, mobilidade, hábito alimentar e funções que desempenham no solo.

O tempo em que vivem no solo pode variar, sendo que alguns grupos passam todos os estágios no solo, de forma permanente, como Oligochaeta e Diplopoda. Para algumas espécies de insetos, o solo é o ambiente escolhido apenas na fase larval, sendo um habitat temporário. Outros insetos passam pelo solo periodicamente, de forma alternada, em período de transição ou de forma acidental, conforme a tabela 1.

Tabela 1 - Classificação da fauna do solo, de acordo com sua ocorrência no solo

CATEGORIA	CARACTERÍSTICAS	FAUNA REPRESENTATIVA
Permanente	Todos os estágios do animal vivem no solo	Symphyla, Diplopoda
Temporário	Um estágio ativo no solo, outro não	Oligochaeta, Collembola
Periódico	O animal move-se para dentro e fora do solo frequentemente	Larvas de muitos insetos
Alternante	Uma ou mais gerações no solo, outras acima do solo	Formas ativas de muitos insetos
Transiente	Estágios inativos no solo (ovos, pupas)	Alguns afídeos e vespas
Acidentais	O animal cai ou é carregado pela chuva	Larvas de insetos que vivem na copa das árvores

Fonte: HOLE (1981)

A fauna edáfica pode ser encontrada no habitat aquático (poros com água e filmes de água ao redor das partículas de solo) ou terrestre (atmosfera do solo). O hábito alimentar pode

ser biófago (alimentam-se de outro ser vivo) ou saprófago (obtem alimento a partir da matéria orgânica em decomposição). Quanto à locomoção, podem ser escavadores ou não escavadores (AQUINO E CORREIA, 2005 p. 7).

Em relação ao tamanho (Figura 1), a fauna edáfica é classificada em microfauna, na qual os indivíduos, fungos e nematóides em geral, apresentam diâmetro corporal inferior a 0,2 mm. A mesofauna é composta por indivíduos de diâmetro corporal entre 0,2 mm e 2,0 mm, representada por ácaros, colêmbolos, miriápodes, aracnídeos, oligoquetas, crustáceos e por insetos de diversas ordens. A macrofauna é representada por indivíduos com diâmetro corporal entre 2,0 mm e 20 mm que podem pertencer a quase todas as ordens encontradas na mesofauna, excetuando-se ácaros, colêmbolos, proturos e dipluros. Tem como grupos mais representativos Oligochaeta, Hymenoptera, Coleoptera e Isoptera. Acima de 20 mm de diâmetro corporal, os invertebrados do solo passam a pertencer à categoria da megafauna, composta por algumas espécies de oligoquetas, diplópodes, quilópodes e coleópteros (CORREIA E OLIVEIRA, 2006 p. 7).

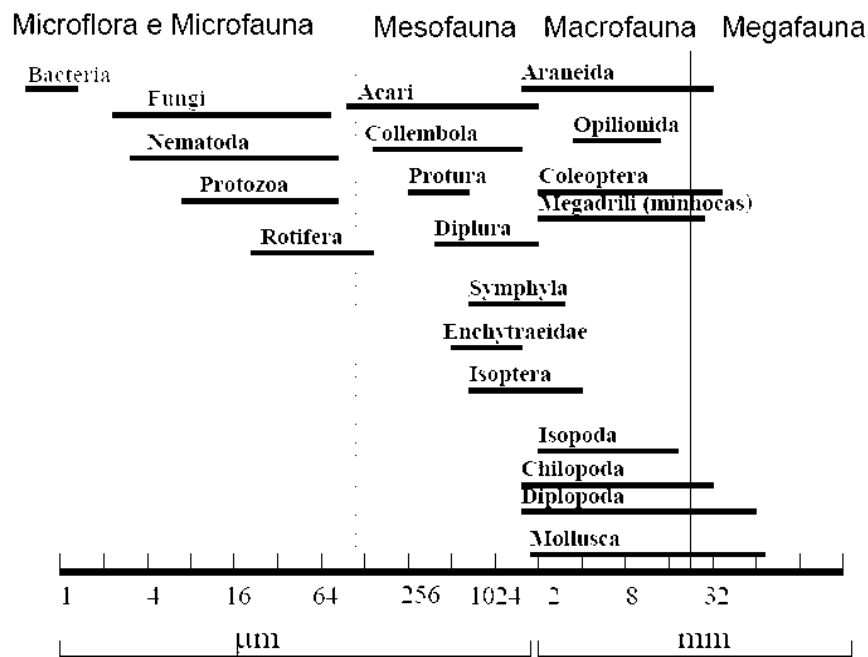


Figura 1 - Classificação de tamanho da biota do solo

Fonte: SWIFT et al. (1979).

Os componentes da macrofauna têm o corpo em tamanho suficiente para romper as estruturas dos horizontes minerais e orgânicos do solo ao se alimentar, movimentar e construir galerias no solo (ANDERSON, 1988). A macrofauna exerce um papel fundamental na fragmentação dos resíduos vegetais e na regulação indireta dos processos biológicos do solo, estabelecendo interações em diferentes níveis com os microrganismos (SWIFT et al., 1979).

Os invertebrados podem ser classificados em três grupos funcionais (Figura 2): engenheiros do ecossistema, decompositores e micropredadores. Tais classes dependem do tamanho do animal, da estrutura que criam no solo e da relação que desenvolvem com os microrganismos (LAVELLE et al., 1993 p. 6).

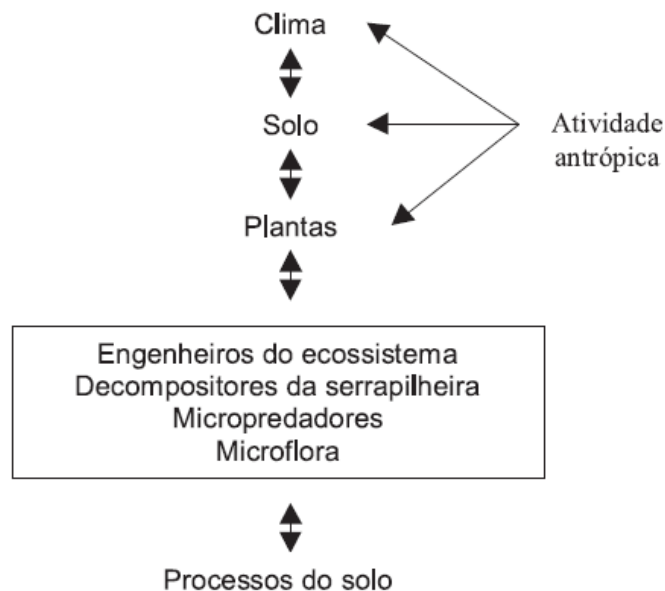


Figura 2 - Modelo hierárquico dos fatores que determinam os processos do solo

Fonte: Modificado de Lavelle et al. p. 6 (1993)

Os engenheiros do ecossistema incluem um pequeno número de grandes invertebrados e insetos sociais que possuem grande mobilidade, rompem as estruturas dos horizontes minerais e orgânicos do solo, criam galerias através da escavação e produzem *pellets* fecais, montículos e ninhos, modificando o ambiente físico e químico do solo. Esses invertebrados desenvolvem relações mutualísticas com microrganismos em seu trato digestivo (rúmen interno). e nas estruturas que constroem (rúmen externo), acarretando em elevada importância para a mineralização da matéria orgânica (LAVELLE, 1996 p. 3 - 16; AQUINO, 2005 p. 61 - 62).

Estes indivíduos disponibilizam recursos para outras espécies através de alterações na estrutura física dos materiais de natureza biótica e abiótica, promovendo a formação e manutenção de habitats que serão utilizados pelas espécies beneficiadas. São classificados de acordo com seu modo de atuação e interação com as espécies presentes em engenheiros autogênicos quando estes modificam o habitat com suas próprias estruturas físicas, sendo bons exemplos às árvores e corais, e em engenheiros alogênicos, quando modificam o ambiente pela transformação no estado físico de materiais vivos ou não, é o caso de Isoptera e Oligochaeta (Jones et al., 1994 p. 374).

No nível hierárquico inferior estão os decompositores da serapilheira (*litter-transformer*). Nesse grupo estão incluídos os artrópodes de mesofauna e macrofauna, que assimilam os metabólitos liberados pela microflora e, em uma escala maior de tempo, têm importante papel na formação dos solos (LAVELLE, 1996 p. 7).

Os micropredadores são pequenos invertebrados, principalmente protozoários e nematóides, que se alimentam dos microrganismos. Esse grupo vive em filme de água e não desenvolve relações mutualísticas com a microflora. A atividade desses invertebrados é de grande importância na regulação da biomassa microbiana (AQUINO, 2005 p. 62). E os microrganismos são um grupo composto por fungos e bactérias, que têm a capacidade de digerir qualquer substrato no solo e possuem uma estreita relação com os invertebrados edáficos (LAVELLE, 1996 p. 7).

A fauna do solo também é classificada de acordo com seus aspectos funcionais. Os saprófagos se alimentam de resíduos vegetais, fragmentando-os em partes menores, são as ordens Blattodea, Dermaptera, Diplopoda, Diplura, Isopoda, Psocoptera e Symphyla. Os indivíduos predadores utilizam-se de outros organismos para compor sua alimentação, sendo Araneae, Chilopoda, Pseudoscorpionida e Hymenoptera os mais importantes. Outras ordens como Coleoptera, Thysanoptera e os insetos sociais Isoptera e Hymenoptera (Formicidae) além de fases larvais de diversas ordens podem ser tanto saprófagos como predadores (CORREIA et al., 1995 p. 442).

2.3 CURVA ESPÉCIE-ÁREA

A ‘curva de acumulação de espécies’ é uma representação gráfica com grande utilização nas áreas de ecologia (SCHILLING E BATISTA, 2006). De acordo com Imaña-Encinas et al. (2009), estas curvas coletoras de espécies ou curvas espécies garantem:

- A confiabilidade dos inventários biológicos possibilitando a sua comparação;
- O melhor planejamento do trabalho de amostragem;
- A extrapolação o número de espécies observadas para o total de espécies que poderiam estar presentes em grandes áreas contíguas.

O modelo logarítmico denominado de curva espécie-área foi proposto por Kylin (1926) é recomendado para determinar a menor área necessária para incluir todas as espécies associadas. De acordo com o modelo criado, inicialmente o número de espécies aumenta rapidamente, posteriormente os ingressos vão sendo menores, até que a curva estabilize, adotando uma forma assintótica, ou seja, quase paralela ao eixo X.

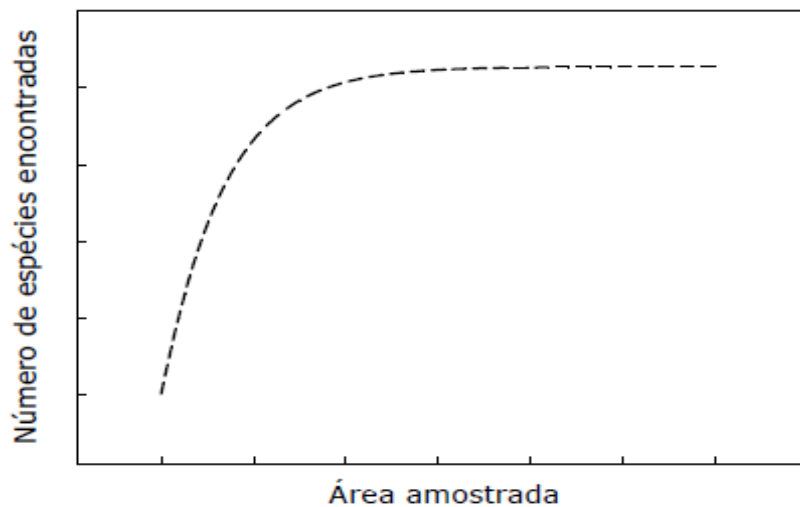


Figura 3 - Curva espécie - área

Fonte: Imaña-Encinas et al. (2009)

Para Pielou (1977), o modelo que se baseia tanto no número de indivíduos quanto na área amostrada, é denominado curva do coletor. Este modelo é normalmente utilizado para designar a área mínima de amostragem. A suficiência amostral é um conceito quantitativo que informa se a amostra utilizada é representativa da comunidade em estudo (MUELLER-DOMBOIS & ELLENBERG, 1974).

A curva do coletor afere a que taxa novas espécies são adicionadas em relação ao aumento do esforço amostral, dado pelo número de indivíduos observados ou por alguma medida substituta, temporal ou espacial. Existem dois tipos de curva espécie-área: as que relacionam o número de espécies com a área, para diferentes áreas, descrevendo a riqueza de espécies de uma região. E as que descrevem a riqueza local, construídas com áreas crescentes (parcelas acumuladas) numa área relativamente homogênea. Somente essas últimas podem ser consideradas curvas de acumulação de espécies (MAGURRAN, 2004).

Para se definir o tamanho ótimo da amostra através da curva de acumulação de espécies deve levar em consideração a sua natureza assintótica. A partir do momento em que ocorre uma inflexão na curva assintótica, pode-se determinar a diminuição da eficiência amostral. Para tanto podem ser utilizados os conceitos de incremento médio e marginal do número de espécies para verificar a existência desse ponto na curva de acumulação (SCHILLING et al., 2012).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo localiza-se na fazenda experimental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Dois Vizinhos (Figura 4), entre as coordenadas geográficas 25°41'44" - 25°41'49"S e 53°06'23" - 53°06'07"W. Esta área é um remanescente de mata ciliar utilizado por muitos anos para cultivos anuais como milho e soja, sendo considerada uma área degradada pelo uso intensivo e pela não conservação dos recursos naturais.

O remanescente de floresta ciliar que se encontra adjacente à área de estudo (Figura 4) localiza-se entre as coordenadas 25°41'30"S e 53°06'04"W, ocupando um total de 48 hectares, cortado por pequenos e poucos cursos d'água quase que intermitentes. Apresenta manchas de estágios iniciais e médios da sucessão florestal, com poucos em estágios finais. Tal floresta já sofreu extração de madeira (GORESTEIN, 2010).



Figura 4 - Localização da área de estudo. UTFPR, Campus Dois Vizinhos

Fonte: Google Earth (2014)

A vegetação original foi classificada como uma área de ecótono, onde ocorre a transição entre a Floresta Ombrófila Mista (FOM) Montana, com altitudes entre 500 e 1000 m e a Floresta Estacional Semidecídua (FES) Montana, apresentando características intermediárias entre os tipos vegetacionais que a compõem (IBGE, 2012).

A Floresta Ombrófila Mista é também conhecida como mata de Araucárias ou Pinheiral, sendo uma formação florestal onde se encontram elementos da flora temperada, como *Araucaria angustifolia* e *Podocarpus lambertii* e da flora tropical. Na região sul do Paraná, *Araucaria angustifolia* (Pinheiro-do-Paraná) originalmente se encontrava associada a agrupamentos característicos com *Ocotea porosa* (Canela-Imbuia), emergindo de seu sub-bosque (IBGE, 2012 p. 80 - 82).

Já a Floresta Estacional Semidecídua submontana (FES) possui dupla estacionalidade climática, e durante a estação mais seca cerca de 20 a 50% das árvores perdem suas folhas. A espécie que a caracteriza no planalto paranaense é a *Aspidoperma polyneuron* (Peroba-rosa), além de outros gêneros característicos como *Cedrella*, *Paraptadenia*, *Peltophorum* e *Handroanthus* (IBGE, 2012 p. 94).

O município de Dois Vizinhos apresenta altitude que varia entre 475 a 510 m e em relação à pedologia, há predominância de Latossolo Vermelho, Latossolo Bruno, Cambissolo e Nitossolos (EMBRAPA, 2006).

O clima é classificado como subtropical úmido mesotérmico (Cfa), sendo a temperatura média no mês mais frio inferior a 18°C e a temperatura média no mês mais quente acima de 22°C, com verões quentes (ALVARES, 2013). A umidade relativa varia entre 64 a 74% e as chuvas são bem distribuídas durante todo o ano, com precipitação pluviométrica entre 1800 a 2200 mm anuais (MAACK, 1981).

Nos meses em que foram realizadas as coletas da macrofauna edáfica (junho e outubro), foram registrados os dados de precipitação mensal que foram de 536,6 mm e 228,6 mm acumulados respectivamente e de temperatura mínima e máxima diária, conforme o gráfico 1.

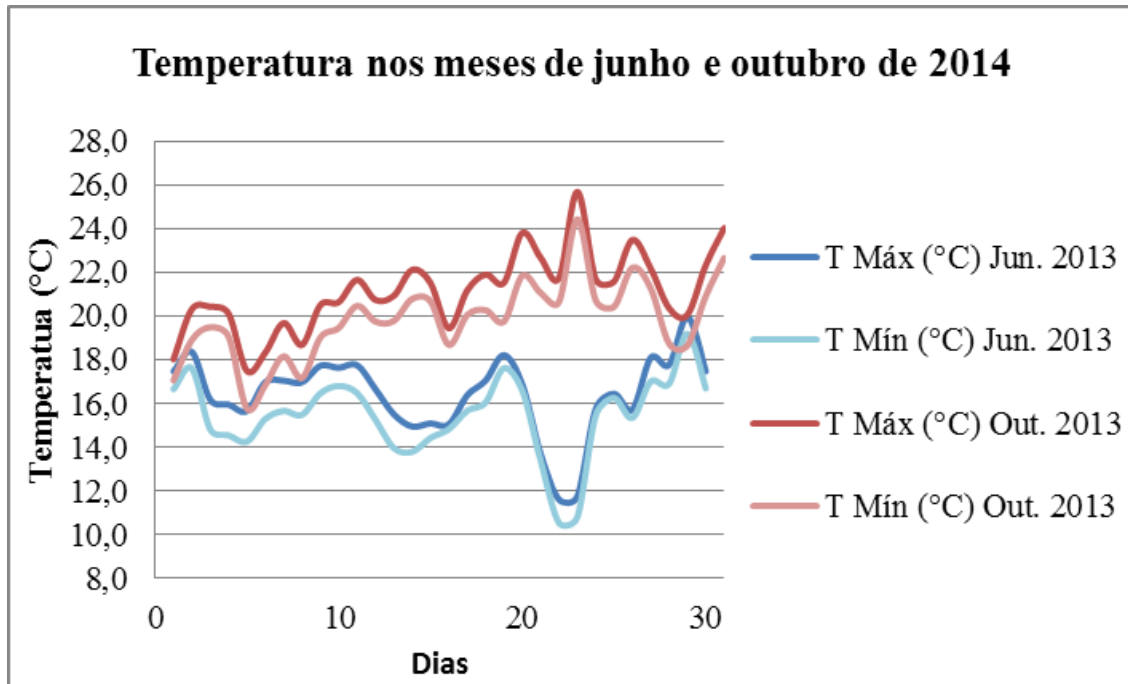


Gráfico 1 – Média de temperaturas mínimas e máximas diárias, registrados pela estação meteorológica localizada na Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Dois Vizinhos, nos períodos de junho e outubro de 2013

3.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O experimento apresenta área total de 8 hectares, sendo conduzido em um delineamento de blocos inteiramente casualizados, com 4 repetições, sendo que cada repetição tem 3 parcelas experimentais de 40 x 54 m ou 2.160 m² espaçadas 3 m uma da outra. Cada parcela é quadriculada em 24 subparcelas de 9 x 10 m ou 90 m² e em 3 regiões: superior, mediana e inferior conforme a figura 5.

Os tratamentos empregados na restauração ecológica são: regeneração natural, plantio de árvores em área total sob linhas de preenchimento e diversidade, nucleação e mata ciliar (testemunha).

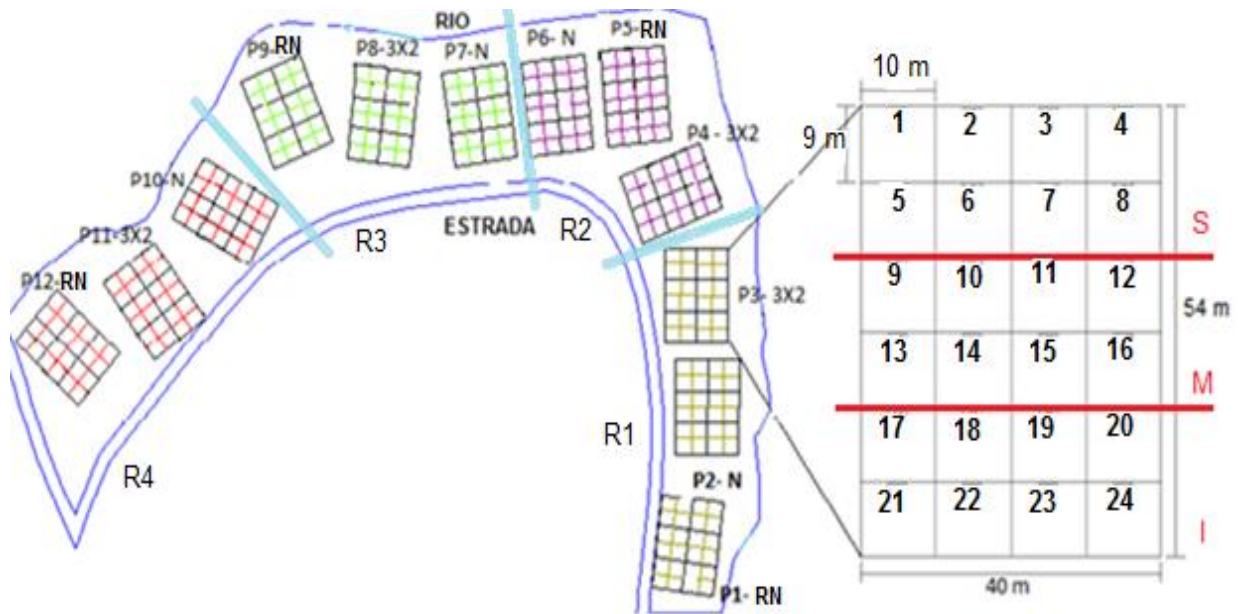


Figura 5 - Croqui da área com o delineamento experimental. UTFPR, Campus Dois Vizinhos. P= Parcela; RN= Regeneração Natural; N= Nucleação; 3x2= Plantio em linha 3x2m; R= Repetição; S= Região superior; M= Região mediana; I= Região Inferior

Fonte: BECHARA, Fernando C. (2010)

3.2.1 Regeneração Natural

Este método consiste na simples isolamento da parcela experimental para que a chuva e o banco de sementes propiciem a recolonização da área sem que ocorra nenhuma interferência antrópica, conforme a figura 6.

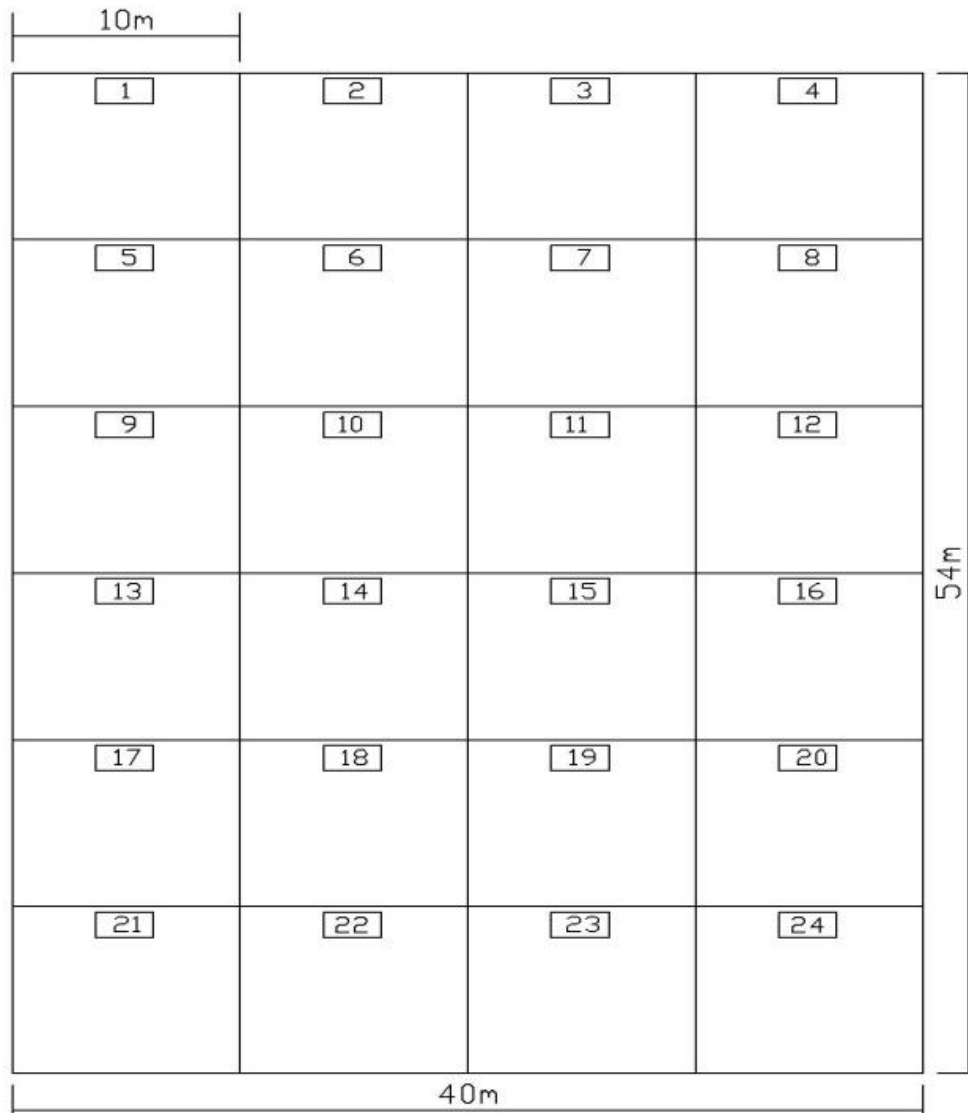


Figura 6 - Croqui da parcela experimental referente ao tratamento de regeneração natural

Fonte: BECHARA, Fernando C. (2010)

3.2.2 Nucleação

A nucleação é um conjunto de técnicas aplicadas em núcleos, que são alocados sistematicamente na parcela, apresentando distância de dois metros entre técnicas (Figura 7).

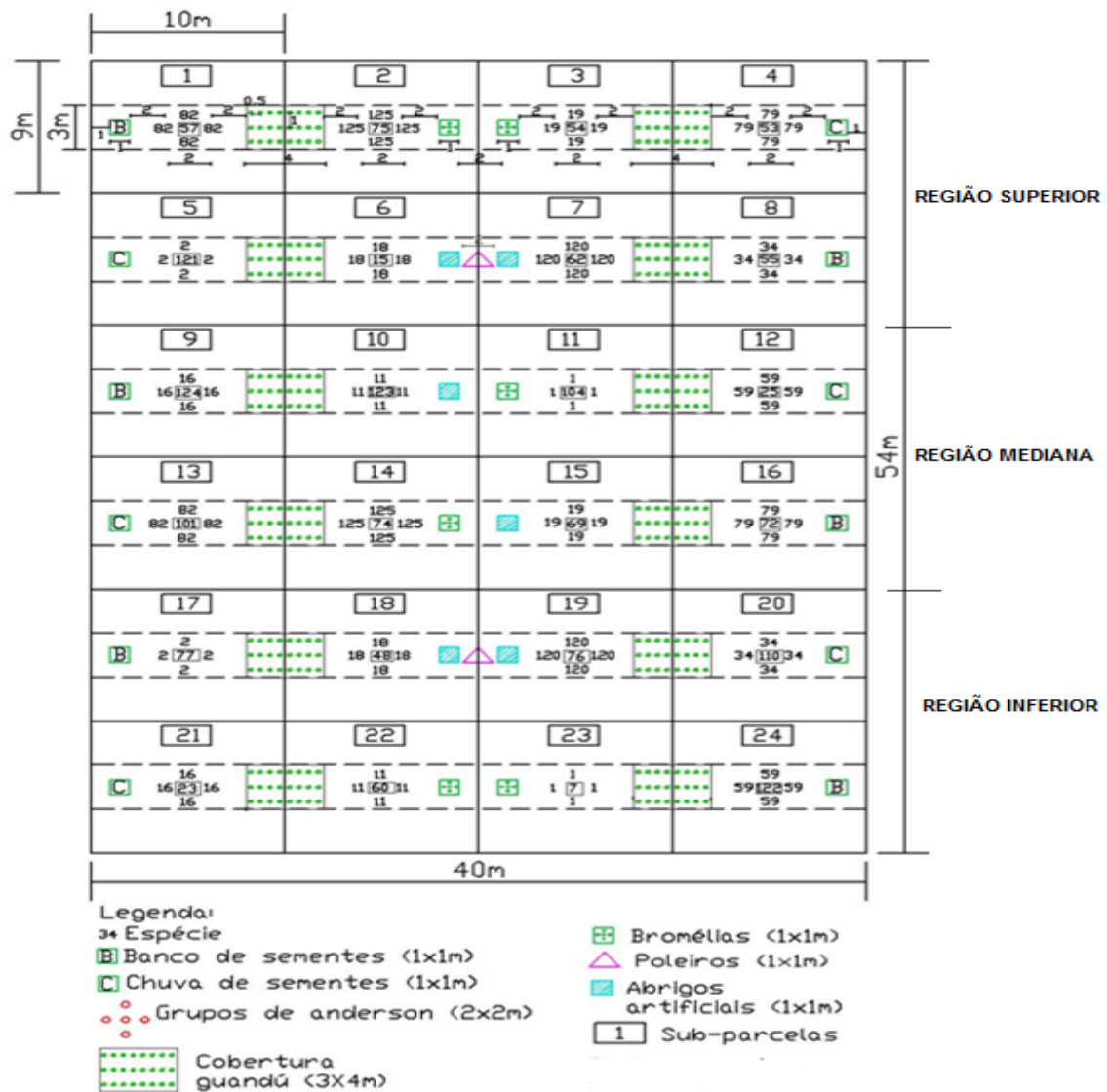


Figura 7 - Croqui da parcela experimental referente ao tratamento de nucleação
Fonte: BECHARA, Fernando C. (2010)

São várias as técnicas utilizadas para compor este tratamento:

- Grupo de Anderson: Núcleo composto por cinco mudas de árvores: quatro mudas externas da mesma espécie, heliófitas e pioneiras (se desenvolvem a pleno sol e com rápido crescimento) e uma espécie central, esciófita e secundária (germinam e crescem na sombra de outras árvores e de crescimento mais lento). Estas quatro mudas são adensadas sob espaçamento 1,0 x 1,0 m. Cada grupo de Anderson se diferencia de outro (próximo ou distante) através da composição de espécies.

Nesse arranjo, a muda localizada no centro (Fotografia 1a), se desenvolve melhor em altura, enquanto as externas tem maior crescimento em ramificações, fazendo com que o grupo se comporta e como um só indivíduo (ESPÍNDOLA et al., 2006 p. 8).



Fotografia 1 - Grupo de Anderson (a) e *Cajanus cajan* (b)
Fonte: BECHARA, Fernando C. (2011)

- Feijão-guandú: Núcleo composto por uma faixa de 4 x 3,0 m com cobertura anual de *Cajanus cajan* (Fotografia 1 b).

- Poleiro: Núcleo composto por poleiro artificial do tipo “torre de cipó”. Postes de eucalipto coberto por plantas trepadeiras (*Passiflora* sp.), para servir de pouso para a aves e morcegos, auxiliando a dispersão zoocórica de sementes (Fotografia 2 a).

As aves e os morcegos são os dispersores de sementes mais eficientes entre fragmentos florestais. Ao vir de fragmentos próximos, esses animais buscam um local de pouso, encontrando os poleiros artificiais, onde defecam e deixam sementes. Esse atrativo é uma das formas mais efetivas para a vinda de sementes, que auxilia a acelerar o processo sucessional (REIS et al., 2003 p. 29).

- Bromélias: bromélias plantadas em um núcleo de 1 m². As bromélias e epífitas em geral (Fotografia 2 b) desempenham um importante papel em áreas degradadas, fornecendo vários recursos importantes para a fauna, como alimentos (frutos, néctar, pólen), água ou material para a construção de ninhos (NADKARNI, 1988 p. 60).



Fotografia 2 - Poleiro artificial implantado na área de restauração ecológica (a) e bromélias inseridas em área de restauração ecológica

Fonte: BECHARA, Fernando C. (2011)

- Abrigo artificial: Núcleo composto por abrigo artificial para animais. É composto por um estéreo de madeira de resíduo florestal enleirado, o que corresponde a aproximadamente 1 m³, disposto de forma a proporcionar abrigo para a fauna (Fotografia 3). Ao enleirar galhos e tocos, cria-se um abrigo para a fauna que é o objetivo principal, mas essa ação também estimula ação de agentes decompositores, que auxiliaram na produção de húmus, tendo alto potencial na recuperação de solos degradados (REIS et al., 2003 p. 33).



Fotografia 3 - Abrigos para fauna

Fonte: BECHARA, Fernando C. (2013)

- Chuva de sementes: composto por 1 m² de mudas germinadas oriundas da chuva de sementes. As sementes dispersadas em um fragmento florestal próximo da área experimental são coletadas, mensalmente, através de coletores permanentes (Fotografia 4a), sendo propagadas em um viveiro de mudas e transpostas em placas de substrato para “covas” de 20 cm de profundidade em uma área de 1 m².

A chuva de sementes acelera a sucessão devido ao aporte de sementes de espécies advindas de áreas vizinhas (alóctone) e de novos materiais genético das espécies locais (autóctone). Essa troca de sementes permite o dinamismo do banco de sementes e do banco de plântulas, dando continuidade ao processo sucessional (TRES, 2006 p. 36).



Fotografia 4 - Coletor de sementes usado para captura de chuva de sementes (a) e banco de Sementes

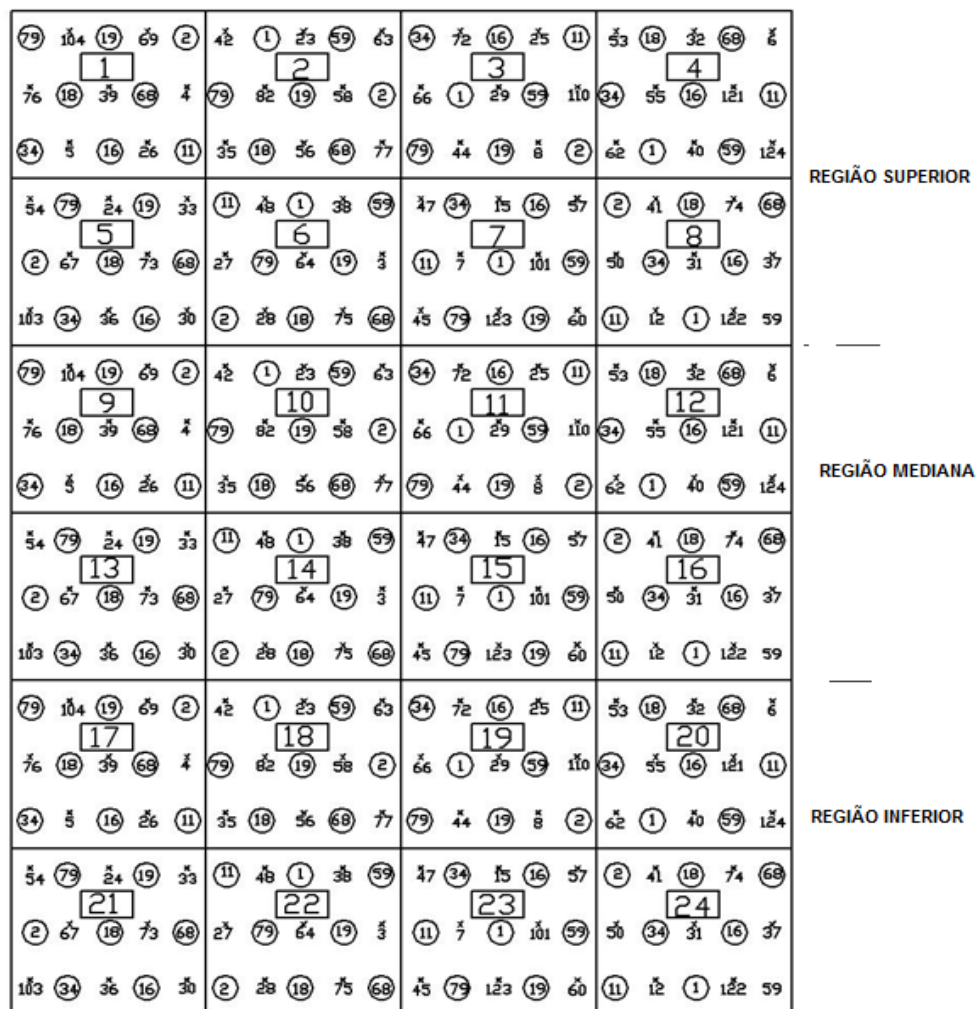
Fonte: BECHARA, Fernando C. (2010)

- Banco de sementes: composto por 1 m² de transposição de serapilheira e *top-soil*: Placas de solo e serapilheira de 1 x 1 m e 10 cm de profundidade foram retiradas de um fragmento conservado próximo contendo as sementes propagadas pelas espécies nativas da área e que não foram germinadas. Estas placas de solo são transpostas para a área experimental, compondo o banco de sementes (Fotografia 7).

Ao transpor o solo para uma área degradada, propicia-se a vinda da biologia do solo, sementes e propágulos provenientes desse solo, que auxiliaram no processo de colonização e restauração da área (VIEIRA E REIS, 2009 p. 191).

3.3.3 Plantio de Árvores em Área Total Sob Linhas de Preenchimento e Diversidade

Nesse tratamento foram selecionadas 72 espécies arbóreas diferentes (ANEXO A). Estas foram plantadas em linhas no espaçamento 3x2, com 3 metros entre linhas e 2 metros entre plantas (Figura 14). Foram alternadas “plantas de preenchimento” (espécies pioneiras de rápido crescimento e copa densa) com “plantas de diversidade” (espécies secundárias de crescimento mais lento) (Figura 8).



Legenda:

1 Sub-parcelas

79 Espécies de preenchimento

104 Espécies de diversidade

Figura 8 - Croqui da parcela experimental referente ao tratamento plantio de árvores em área total sob linhas de preenchimento e diversidade.

Fonte: BECHARA, Fernando C. (2010)

3.3 MÉTODO DE COLETA

Para a coleta da macrofauna edáfica foi utilizado o método recomendado pelo programa “Tropical Soil Biology and Fertility” (TSBF) descrito por Anderson e Ingram (1993). Esse método consiste na realização de quatro etapas: 1) retirada de blocos de solo; 2) extração manual dos animais; 3) conservação dos animais; 4) contagem e identificação dos animais (AQUINO, 2001, p. 7).

Em cada ponto amostral foi coletado um monólito de solo com auxílio de marcador constituído de chapas de ferro galvanizadas com 25 x 25 cm de largura e 30 cm de profundidade, sendo coletada a serapilheira (Figura 8a) e o solo na profundidade de 0 - 20 cm (Figura 8b). Cada amostra coletada foi colocada em saco plástico e devidamente etiquetada (Figura 8c).



Fotografia 5 - Coleta de macrofauna edáfica pelo método TSBF: a coleta de serapilheira, b) coleta de solo, c) retirada do monólito de 20 cm de profundidade; d) identificação dos indivíduos com auxílio de microscópio estereoscópico.

Fonte: O autor

Os sacos plásticos contendo as amostras de serapilheira e solo foram armazenados em refrigerador até o momento da triagem. Para avaliação da macrofauna, avaliou-se as amostras individualmente, despejando-as em uma bandeja plástica branca e coletando-se todos os indivíduos visíveis a olho nú. Estes foram preservados em recipientes identificados contendo álcool etílico a 80%, com exceção dos Oligochaeta que foram conservadas em álcool etílico 100%. Posteriormente, os espécimes foram identificados em nível de ordem, com auxílio de microscópio estereoscópico de 40 aumentos (Figura 8d).

3.4 AMOSTRAGEM

Para a amostragem da macrofauna edáfica, foram realizadas duas coletas. A primeira foi realizada em junho de 2013, na qual amostrou-se as subparcelas 1 e 3 (região superior da parcela) e 9 e 11 (região mediana da parcela), resultando em 4 pontos amostrais por parcela e 16 pontos amostrais por tratamento (Tabela 2).

Na segunda coleta, realizada em novembro de 2013, amostrou-se as subparcelas 2 e 4 (região superior da parcela), 10 e 12 (região mediana da parcela), resultando em 4 pontos amostrais por parcela e 16 pontos amostrais por tratamento (Tabela 2).

No total, avaliou-se 48 pontos amostrais por coleta, sendo que em cada ponto amostral foram coletadas amostras de serapilheira e de solo, resultando em 96 amostras por coleta (Tabela 2).

Para fins de comparação, foram coletadas amostras em um fragmento de mata ciliar adjacente a área de restauração ecológica. Foram coletados 16 pontos amostrais em cada coleta, nos compartimentos serapilheira e solo 0-20 cm, totalizando em 32 amostras por coleta (Tabela 3). A locação dos pontos amostrais foi realizada através de transectos, coletando-se as amostras sistematicamente, de modo a ter uma maior representação da área total.

3.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

3.5.1 Curva espécie-área

A verificação da suficiência amostral da macrofauna edáfica coletada foi realizada através da análise gráfica da curva espécie-área ou curva acumuladora. De acordo com Cain e Castro (1959), os procedimentos para confecção da Curva Espécie - área são:

- Locam-se as unidades amostrais (subparcelas de 90 m²), iniciando-se com uma área pequena, dobrando-se a área sucessivamente;
- Registram-se para cada unidade, o número de espécies encontradas, de forma cumulativa;
- Plota-se em um gráfico, o número de espécies na ordenada (eixo “Y”) e a área amostrada na abscissa (eixo “X”);
- A área mínima corresponde ao ponto em que a curva torna-se horizontal, indicando que a maioria das espécies foi amostrada.

As curvas espécie - área foram resultantes da acumulação das espécies na ordem de coleta dos dados (subparcelas), ou seja, foram construídas observando-se a ordem de coleta das subparcelas, preservando assim a estrutura espacial dos dados.

Segundo Brower e Zar (1984), o número de amostras é considerado suficiente quando a curva tende a estabilização. Para Cain e Castro (1959) e Mueller-Dombois e ElleMBERG (1974), a ideia de existência de um patamar, no qual o ponto em que a inclusão de unidades amostrais não resultaria na inclusão de novas espécies na amostra é considerado um aspecto limitante da curva do coletor. Em florestas tropicais, onde a diversidade de espécies é muito alta, esse patamar provavelmente não será observado.

Para tanto, criou-se uma derivação do método citado anteriormente, definindo com mais precisão o valor da área mínima (CAIN E CASTRO, 1959).

- Traçar uma reta unindo os extremos da curva.
- Traçar uma reta paralela à primeira, passando pela tangente da curva.
- Projetar no eixo “x” o ponto de intersecção tangencial, obtendo-se o valor da área mínima.

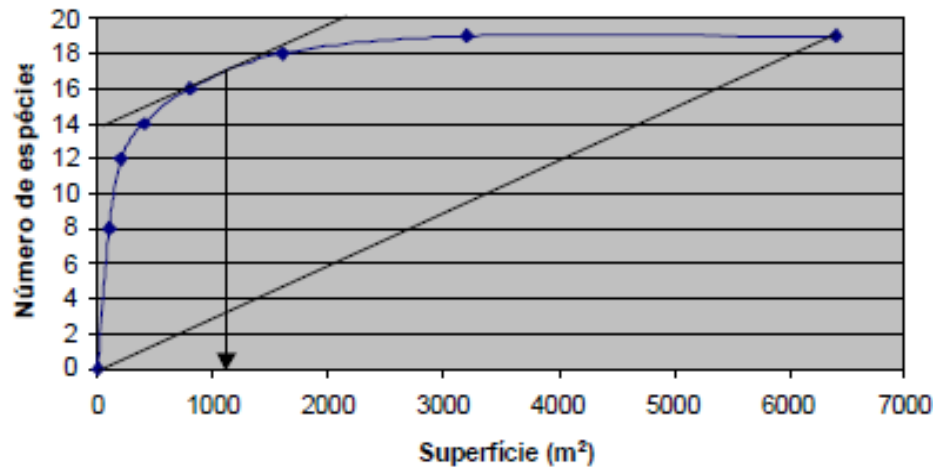


Figura 9: Determinação da área mínima amostrada através do Método de Cain

Fonte: Cain e Castro (1959)

3.5.2 Índices ecológicos

A partir da triagem da fauna edáfica foram obtidos os dados de densidade total (número de indivíduos por metro quadrado) e riqueza (S) de grupos taxonômicos (número total de grupos taxonômicos) e frequência relativa ($Fr\% = \text{frequência absoluta} / \text{total de frequências absolutas}$).

3.5.2.1 Índice de Shannon- Wiener (H)

O índice de Shannon-Wiener (SHANNON, 1948) é um índice de diversidade alfa (α) procedente da teoria da informação que leva em consideração a riqueza das espécies e sua abundância relativa, sendo definido pela equação 1:

$$H = - \sum p_i \cdot \log p_i \quad (1)$$

Sendo: $p_i = n_i / N$

Onde: n_i = densidade de cada grupo e $N = \sum$ da densidade de todos os grupos

O índice de diversidade de Shannon é muito utilizado em ecologia do solo devido a sua capacidade de atribuir maiores valores a espécies raras presentes na comunidade. O índice pode variar de 0 a 5, sendo que uma maior diversidade é indicada por valores mais altos, e valores menores indicam que há predominância de uma ou algumas poucas espécies no ambiente, diminuindo a diversidade da comunidade (CATANOZI, 2010).

3.5.2.2 Índice de Pielou (e)

É um índice de equitabilidade proposto por Pielou (1975). Refere-se ao padrão de distribuição dos indivíduos entre as espécies, sendo definido pela equação 2:

$$e = \frac{H}{\log S} \quad (2)$$

Onde: H = índice de Shannon e S = Número de espécies ou grupos

A equabilidade corresponde à proporção entre a diversidade observada de uma amostra e a diversidade máxima, ou seja, ela mede a uniformidade da distribuição da abundância entre as espécies de uma comunidade (LLOYD E GHELARDI, 1964).

O índice de Pielou (e) apresenta valores que podem variar de 0 a 1, sendo que valores tendendo a 1 indicam maior uniformidade da comunidade, ou seja, todas as espécies são igualmente abundantes (CATANOZI, 2010).

3.5.2.3 Índice de Simpson (I_s)

É um índice de dominância segundo Simpson (1949), no qual a probabilidade de dois indivíduos retirados aleatoriamente de uma comunidade pertencer à mesma espécie em uma população finita é dada por:

$$I_s = \sum_{i=1}^S \frac{n_i(n_i - 1)}{N(N - 1)} \quad (3)$$

Onde: N_i é o número indivíduos do grupo “i” e N é o número total de indivíduos.

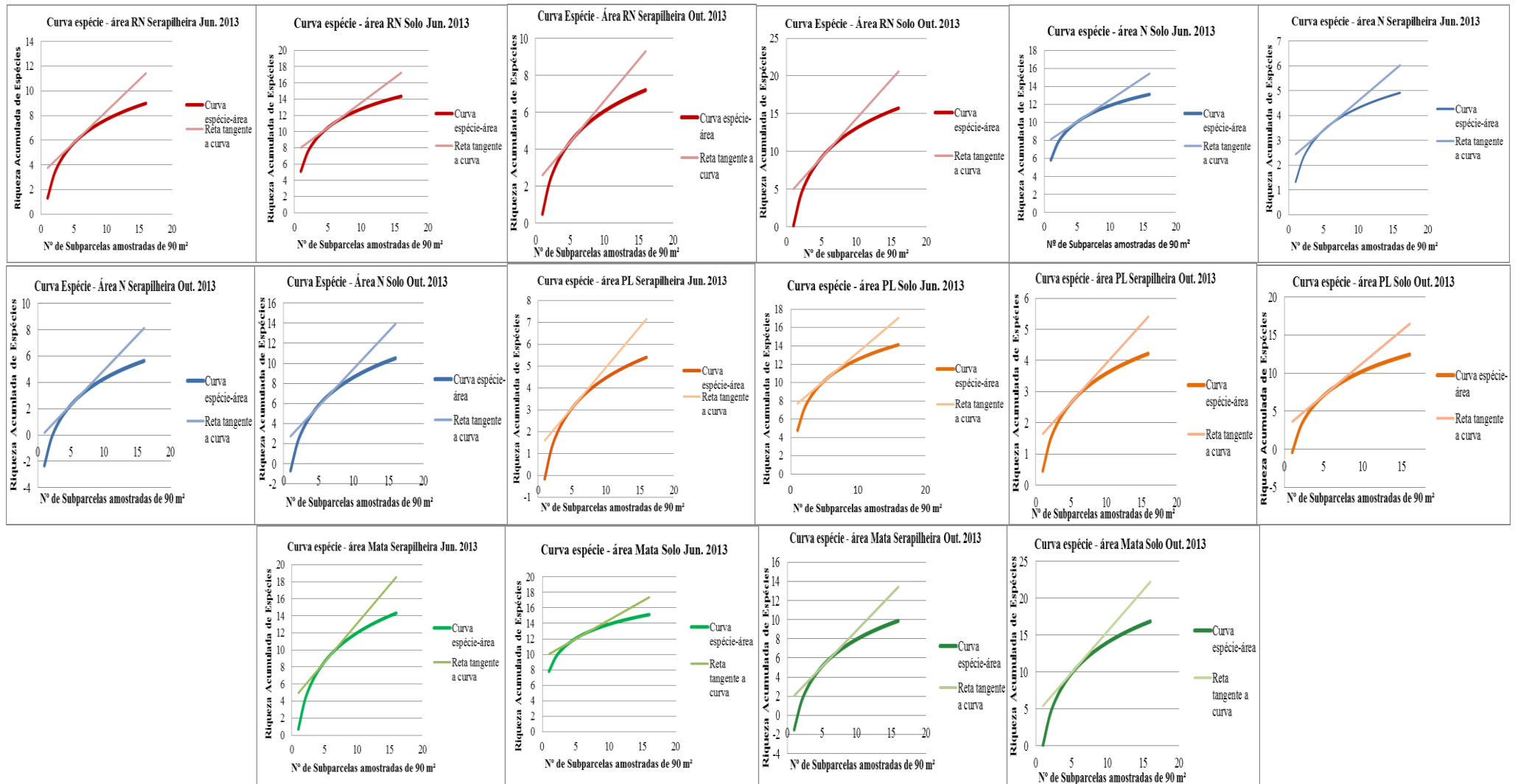
O índice de Simpson pode variar de 0 a 1, quanto maior for o valor de I_s menor será a diversidade. Trata-se de um índice que valoriza a dominância, isto é, valoriza as espécies comuns de uma comunidade (CATANOZI, 2010).

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 CURVA ESPÉCIE-ÁREA

A definição de um tamanho ótimo de amostra está baseada na ideia de que quanto maior o tamanho da amostra, maior o número de espécies que será encontrado, mas a uma taxa decrescente, até o ponto em que a curva estabiliza e torna-se horizontal. Esse ponto seria a área mínima necessária para representar a comunidade (SCHILLING, 2008).

Pela análise da curva espécie-área realizada para cada tratamento, compartimento, em ambas as coletas (Gráficos 2 a 17) o ponto máximo de inflexão da curva gerada entre a riqueza total acumulada e o número de parcelas amostrado foi alcançado entre 5 e 6 subparcelas, o que corresponde a 450 e 540 m² de área amostral. Sendo considerado 6 o número mínimo necessário para expressar satisfatoriamente a riqueza da comunidade, o esforço amostral de 16 subparcelas com área total de 90 m² (1440 m²) foi 62,5% a mais do que o suficiente para se amostrar a riqueza presente nos tratamentos avaliados.

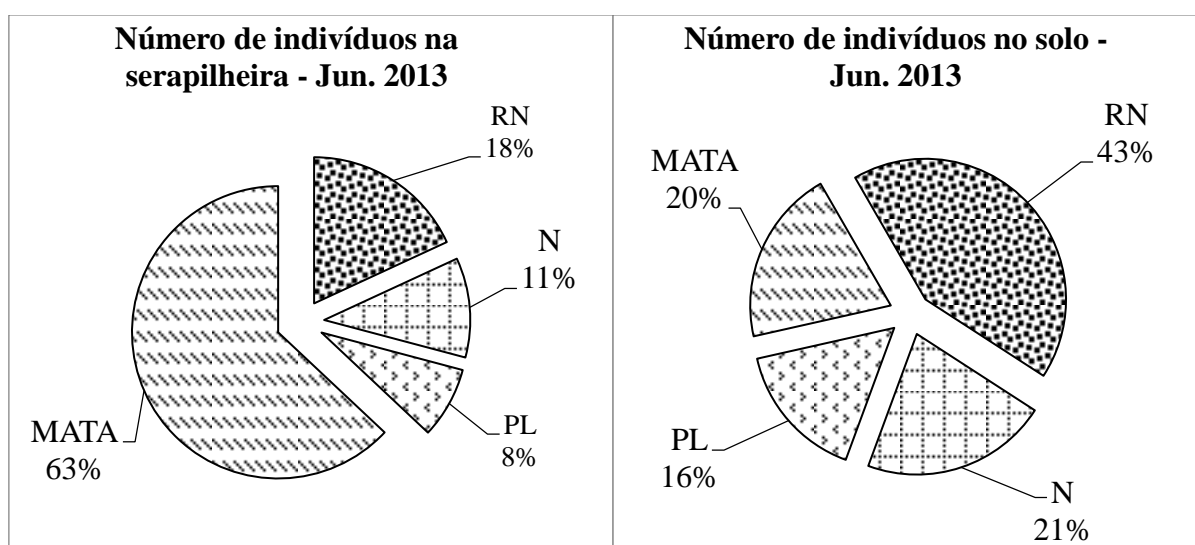


Gráficos 2 a 17 - Curva espécie-área para os tratamentos Regeneração Natural (RN), Nucleação (N), Plantio em Linhas (PL) e Mata, nos compartimentos solo e serapilheira e em duas épocas de coleta – junho e outubro de 2013

4.2 CARACTERIZAÇÃO DA MACROFAUNA EDÁFICA

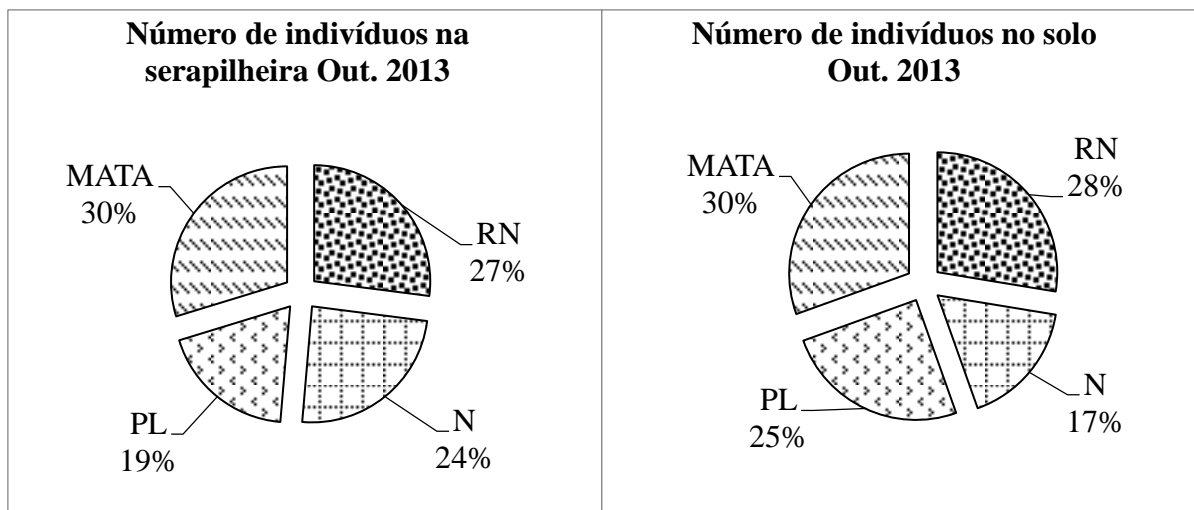
4.2.1 Número de indivíduos amostrados

Na coleta de macrofauna realizada no mês de junho de 2013, foram amostrados 984 indivíduos, sendo que 127 indivíduos foram encontrados no compartimento serapilheira (Gráfico 18) e 857 no compartimento solo (Gráfico 19). Em relação aos tratamentos, a Mata foi à área que contribuiu de forma mais significativa com os valores totais da serapilheira, sendo coletados 80 indivíduos (63% do total). Para o solo, a Regeneração natural foi o tratamento que teve maior representatividade, com 364 indivíduos (43% do total).



Gráficos 18 e 19 - Número de indivíduos na Serapilheira (2) e no Solo (3) no período de junho de 2013 na RN – Regeneração Natural, N - Nucleação, PL – Plantio em Linhas de Preenchimento e Diversidade e Mata

Na coleta realizada em outubro foram amostrados 451 indivíduos, sendo 74 no compartimento serapilheira e 377 no compartimento solo. A mata novamente apresentou os maiores valores relacionados à serapilheira (Gráfico 20), sendo amostrados 20 indivíduos (30%) e também para o solo (Gráfico 21), com 115 indivíduos (30%), seguida de perto pela Regeneração Natural, com 104 indivíduos (28%).



Gráficos 20 e 21 - Número de indivíduos na Serapilheira (4) e no Solo (5) no período de junho de 2013 na RN – Regeneração Natural, N - Nucleação, PL – Plantio em Linhas de Preenchimento e Diversidade e Mata

As temperaturas amenas, com máxima de 20 °C em junho e a alta precipitação, 535,6 mm, parecem ter favorecido a biota do solo, criando um microclima propício ao seu desenvolvimento, possibilitando a maior amostragem de indivíduos nesse período do que na estação quente. Bandeira e Harada (1998); Merlim (2005), Moço *et al.* (2005) e Lima (2009), encontraram resultados diferentes, nos quais os maiores valores de densidade da macrofauna foram observados no verão.

De acordo com Damasceno (2005), a densidade populacional da fauna do solo é influenciada pelas estações do ano, devido às oscilações de temperatura e umidade, causando migrações verticais no perfil do solo. Segundo Bandeira e Harada (1998), em ecossistemas tropicais, onde as estações chuvosas e secas são bem definidas, a fauna edáfica normalmente migra da superfície orgânica do solo, quando este apresenta deficiência de umidade, para a camada mineral mais profunda, retornando para superfície, quando a umidade é restabelecida. Em situações de temperaturas mais altas, algumas minhocas e larvas de besouro procuram camadas mais profundas para se protegerem do superaquecimento do solo (KÜHNELT, 1961).

Em ambas as coletas, as maiores densidades de indivíduos foram amostradas no compartimento solo. O baixo acúmulo de matéria orgânica nos tratamentos de Restauração ecológica explicam a baixa densidade e riqueza de espécies. Para Bengtsson *et al.* (1998), quando se remove a cobertura do solo, ocorre uma queda na disponibilidade de nutrientes e

acúmulo de matéria orgânica, podendo refletir em um decréscimo na abundância e na biomassa em todas as posições tróficas. Costa (2002), avaliando a fauna do solo em plantios experimentais de espécies arbóreas, observou uma preferência dos indivíduos coletados, pela serapilheira, na primavera, outono e inverno, e no verão, pelo compartimento solo.

Para Kühnelt (1961), a composição da fauna edáfica é afetada pelas variações sazonais, mas também é influenciada diretamente pelo recobrimento vegetal do solo. Se o solo for recoberto por um ecossistema florestal, os invertebrados poderão ocorrer tanto na superfície junto à serapilheira, como nas camadas mais profundas. Em formações florestais, o solo é mais estruturado, assim, ninfas, larvas e alguns adultos conseguem penetrar mais facilmente nos horizontes, onde se estabelecem. Esses fatores podem explicar a menor ocorrência de indivíduos no período de verão. As temperaturas mais elevadas e a acelerada decomposição do material vegetal dificultaram a permanência da fauna nas camadas mais superficiais, restringindo a sua amostragem.

4.2.2 FREQUÊNCIA RELATIVA

4.2.2.1 Serapilheira

A frequência relativa (FR) dos principais grupos da fauna edáfica foi diferenciada nas diferentes técnicas de restauração florestal e nos compartimentos avaliados. No compartimento serapilheira da coleta de junho (Gráficos 22, 23, 24 e 25), as ordens mais representativas foram Coleoptera, Lepidoptera e Blattodea. Juntas elas correspondem a 45,5% dos indivíduos amostrados na serapilheira nessa coleta.

Em relação à Coleoptera, esta foi à ordem de maior expressão nesta avaliação. É considerada uma das ordens mais importantes dentre as que habitam o solo, devido à grande riqueza de espécies, distribuição cosmopolita, fácil captura e utilização como ferramenta no controle biológico de pragas (MELNYCHUK et al., 2003). Em junho, a ordem foi responsável por 25% dos indivíduos amostrados e em outubro 36 %.

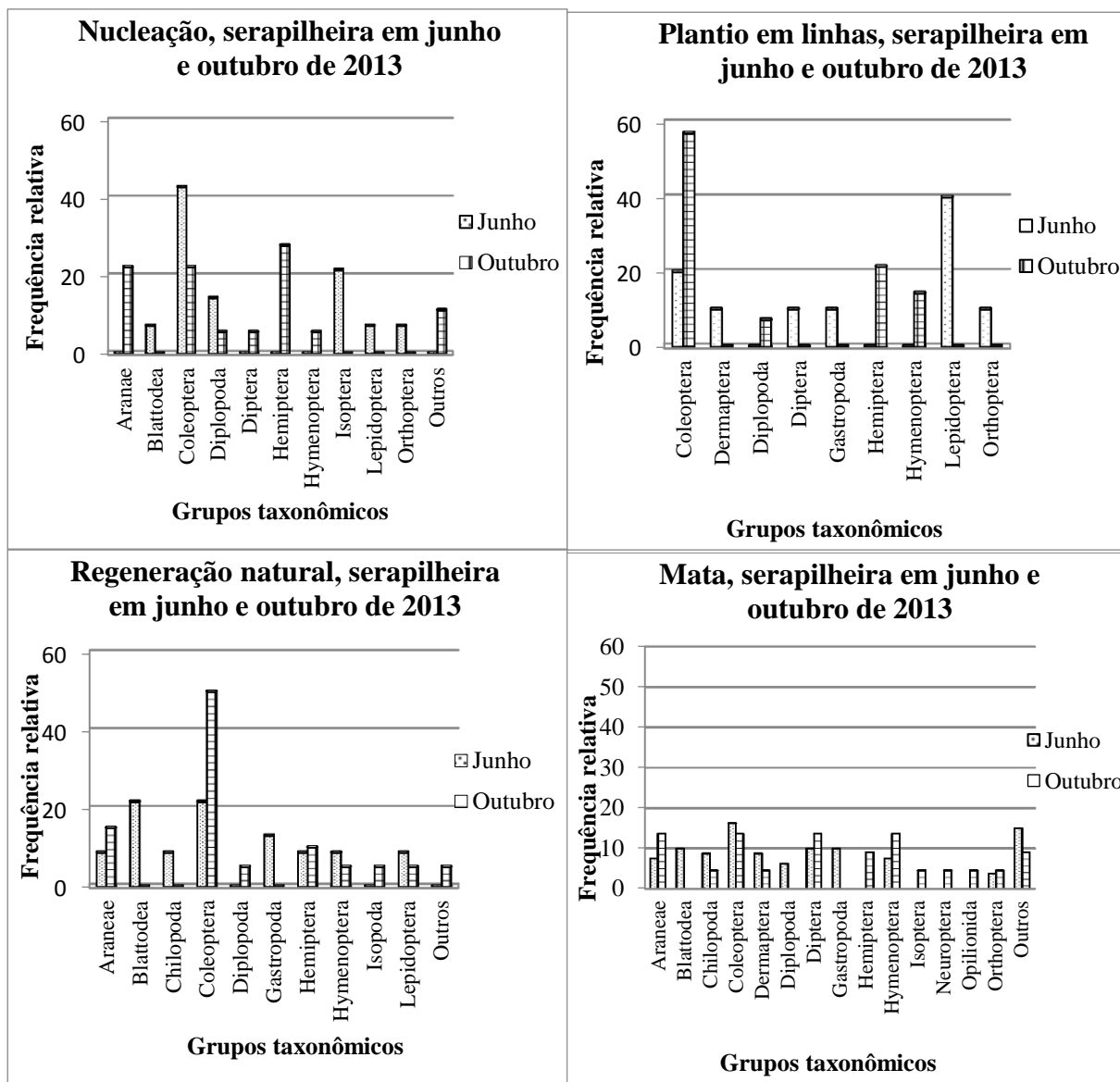
Os coleópteros apresentam hábitos alimentares diversos, tanto na forma larval quanto na adulta. Alguns representantes são importantes para a manutenção da qualidade do solo por

apresentar indivíduos que atuam na decomposição da matéria orgânica e ciclagem de nutrientes e outros que controlam a população de decompositores, via predação da fauna detritívora (PENNY et al., 1978). Realizam também importante função na redução de excretas e de resíduos de origem animal e vegetal, facilitando a decomposição (COLEMAN & CROSSLEY JR., 1996).

Algumas espécies da família Carabidae (Coleoptera) são sensíveis indicadores de variação de temperatura e umidade do solo (STORK E EGGLETON, 1992). Além disto, a movimentação vertical destes besouros e outros organismos da serapilheira estão associados às mudanças de temperaturas do solo, que por sua vez, são influenciados pela presença de diferentes tipos de vegetais (VILLANI E WRIGHT, 1990). Devido a essa ampla distribuição, grande riqueza de espécies e diferenciados hábitos alimentares, os coleópteros são facilmente encontrados tanto no solo, quanto na serapilheira, justificando o alto número de indivíduos amostrados nas duas estações do ano.

A ordem Blattodea teve uma importância significativa na época de inverno na serapilheira, sendo encontrada nas três técnicas de restauração e na área de fragmento florestal, sendo que na Mata o valor observado foi o dobro em relação às outras áreas. As espécies dessa ordem habitam locais quentes e úmidos, como serapilheira, cascas de árvores e ninhos de Hymenoptera e Isoptera, interior de casas e canalização de esgoto. As espécies silvestres alimentam-se de material animal e vegetal em decomposição (TEIXEIRA & COUTINHO, 2002). Por preferirem ambientes mais úmidos, só foram encontrados no período em que havia alta umidade no ambiente, devido aos altos índices pluviométricos do mês de junho, confirmando essa preferência.

Hemiptera correspondeu a 16 % do número de indivíduos amostrados na serapilheira em outubro, período que foram mais frequentes. Essa ordem tem pouca interação com o solo, são raros os trabalhos que mencionam a sua importância na qualidade do sistema solo-serapilheira, sendo encontrada de forma acidental nesse ambiente.



Gráficos 22, 23, 24 e 25 - Frequência relativa dos indivíduos amostrados na serapilheira nos períodos de junho e outubro de 2013, na RN – Regeberação Natural (22), N - Nucleação (23), PL – Plantio em Linhas de Preenchimento e Diversidade (24) e Mata (25)

As aranhas são predadores com alta distribuição na serapilheira. A maioria dos artrópodes encontrados nesse compartimento podem ser tornar presas desses indivíduos, e essa atividade de predação desses aracnídeos tem efeito regulador na comunidade edáfica (POGGIANI et al., 1996).

Na coleta realizada em junho, estes indivíduos só foram amostrados nos tratamentos Regeneração natural e Mata, com frequência de 4%. A ausência nos outros dois tratamentos é justificada pelo menor acúmulo de matéria orgânica no solo, dificultando a permanência de

indivíduos que venham a ser predados pelos aracnídeos, que tendem a migrar para locais com maior disponibilidade de alimento. No período mais quente, houve um efetivo aumento na frequência desses organismos, sendo que no tratamento Plantio em Linhas (PL), foram responsáveis por 57% do total amostrado em outubro. Algumas famílias de aranhas são consideradas bons indicadores de qualidade do solo e no que diz respeito aos fatores físicos do ambiente como alterações no microclima. Dessa forma, são sensíveis em áreas que sofreram algum tipo de intervenção antrópica, tendo sua população reduzida com a intensidade do uso do solo e efeitos degradantes. A presença ou ausência dessas famílias podem ser indicativas do grau de intervenção antrópica em florestas, especialmente na Floresta Ombrófila Mista (BARETTA et al., 2007; BARETTA et al., 2007b).

Os himenópteros também tiveram grande importância na fauna amostrada na serapilheira em outubro, sendo responsáveis por 10 % do total, sendo as formigas, família Formicidae, os maiores responsáveis por esses valores. As formigas são o grupo taxonômico dominante na maioria dos ecossistemas, elas somam mais de 15% da biomassa animal de florestas tropicais, estando presente nos mais diferentes habitats (AGOSTI et al. 2000). Exercem papel importante na estrutura do solo, pela construção de formigueiros, galerias subterrâneas e pelo transporte de matéria orgânica da superfície para camadas mais profundas no solo, influenciando o ciclo de nutrientes disponíveis às plantas e aos microrganismos do solo (FORGARAIT, 1998).

Sua riqueza de espécies está diretamente relacionada com o tipo e a variedade da vegetação, ou seja, a recolonização de áreas por certas espécies de plantas é seguida pela recolonização de formigas (MAJER et al., 1984). Assim, as espécies de formigas são fundamentais no estudo de áreas degradadas, em estágio de regeneração ou em áreas florestais com diferentes usos do solo. Em virtude de sua presença em todos os estratos da vegetação (abundância e riqueza), elas permitem a avaliação de alterações ambientais indicando o estado de conservação ou de degradação (NASCIMENTO E DELABIE, 1999)

4.2.2.2 Solo

Em relação à amostragem no compartimento solo, as ordens mais representativas na coleta de junho (Gráfico 30, 31, 32 e 33), foram Isoptera, Coleoptera e Diplopoda, totalizando 62 %. Em outubro essas ordens novamente foram as mais importantes, representando 50%

do total amostrado. A ordem Coleoptera, como falado anteriormente, é uma das ordens mais importantes dentre as encontradas no solo, sendo responsável por 23% do total amostrado em ambas as épocas de amostragem. Freitas et al (2002) afirma que as modificações ambientais favorecem o aumento na comunidade de coleópteros. A menor competição no ambiente favorece a proliferação desses indivíduos, que encontram alta disponibilidade de alimentos e baixa quantidade de inimigos naturais.

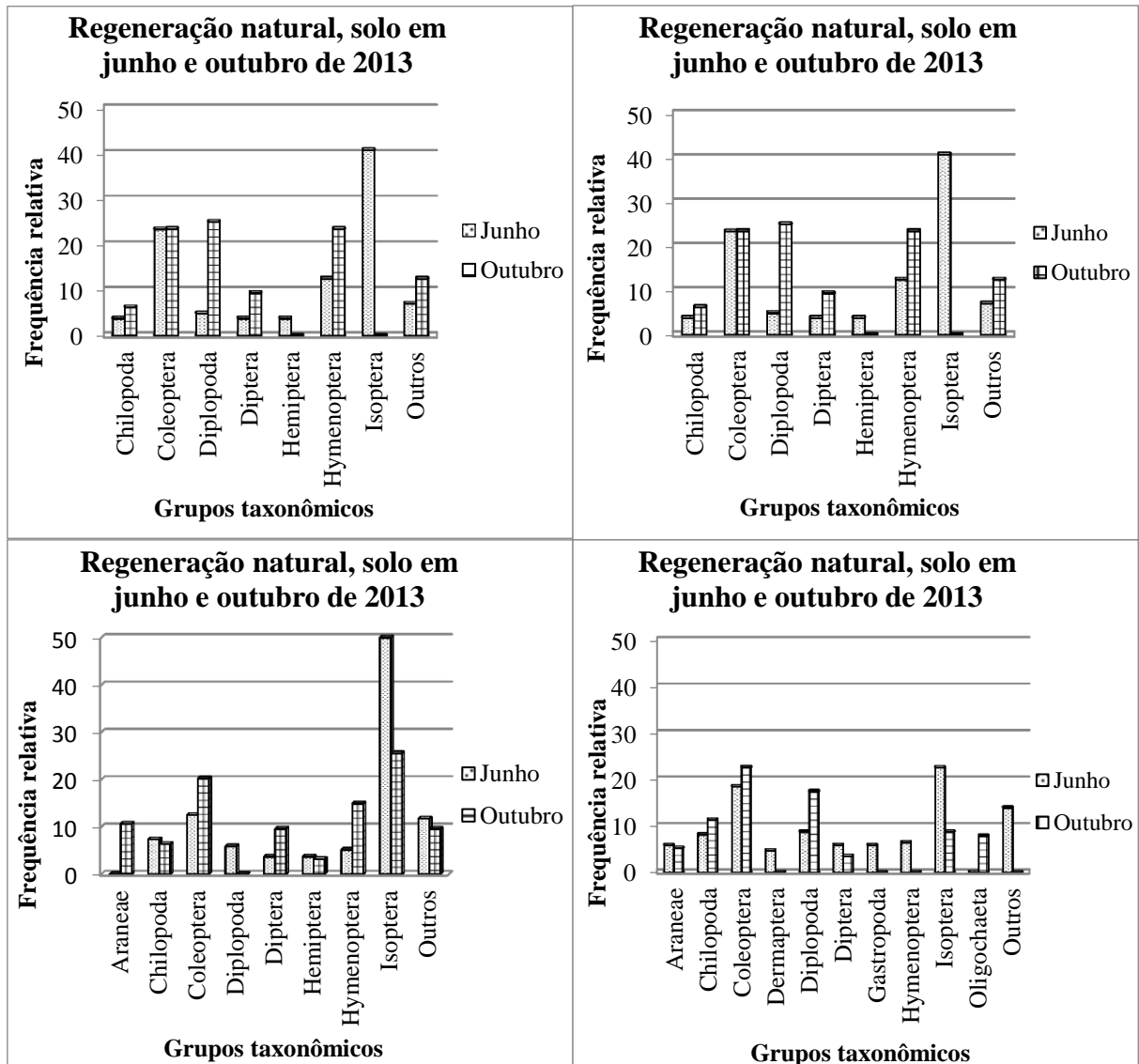
A ordem Isoptera teve destaque nas amostragens no solo, devido a grande concentração de cupins subterrâneos e geófagos. A frequência total para o grupo foi de 31 % e 13 % respectivamente para as duas épocas de coleta. Houve uma maior densidade de indivíduos no inverno, tendo alta relação com a umidade do período. Merlin (2005) também encontrou elevada densidade de Isoptera e Coleoptera na época chuvosa.

Quando ocorre redução de recursos alimentares, insetos sociais como cupins, podem-se estabelecer com grande eficiência e dominar a comunidade (SILVA et al., 2006). Em áreas com florestas contínuas, os cupins geófagos e subterrâneos apresentam dominância por serem sensíveis a variações microclimáticas. Já em fragmentos florestais são importantes como decompositores de serapilheira e intermediários de geófagos e xilófagos (SOUZA e BROWN, 1994).

Os térmitas têm importante papel no enriquecimento do solo através da construção de ninhos, que acumulam material fecal de importante qualidade, no auxílio da humificação da matéria orgânica, e também pelo aumento da atividade microbiana no solo, o que permite uma aceleração da ciclagem e a reabsorção dos nutrientes pelos produtores primários (LAVELLE et al., 1997).

Os cupins recebem a denominação de engenheiros do ecossistema, por apresentarem a capacidade de alterar os recursos disponíveis a ponto de este tornar-se utilizável. Além disso, suas atividades levam à criação de estruturas biogênicas (galerias, ninhos, câmaras e bolotas fecais) que modificam as propriedades físicas dos solos onde vivem (COLLEMAN; CROSSLEY, 1996; LOPES ASSAD, 1997).

Considerando a resposta dos cupins às modificações do habitat, esses insetos podem ser bons bioindicadores de uso e manejo do solo (BARROS et al., 2002). Barreta (2007), concluiu que a ordem Isoptera esteve entre os melhores indicadores para separação de áreas de Araucária em diferentes níveis de conservação. Isso se deve ao fato de que os cupins são sensíveis indicadores de áreas que sofreram alguma perturbação (BROWN Jr., 1997).



Gráficos 26, 27, 28 e 29 - Frequência relativa dos indivíduos amostrados no solo em junho de 2013, na RN – Regeneração Natural (26), N - Nucleação (27), PL – Plantio em Linhas de Preenchimento e Diversidade (28) e Mata (29)

Os diplópodos, conhecidos popularmente como piolho-de-cobra, foram responsáveis por 15 % do total amostrado na coleta de junho e 9% na de outubro. Esses indivíduos, são, em sua maioria, fungívoros, detritívoros e saprófagos, alimentando-se de matéria orgânica em decomposição, desempenhando papel importante na decomposição da matéria orgânica e na formação do solo. Porém, embora essa generalização seja válida para a maioria dos diplópodes, não é incomum a existência de espécies carnívoras em certas ordens do grupo (COSTA NETO, 2007; HOPKIN; READ, 1992). São os maiores consumidores de fragmentos

orgânicos em florestas temperadas e tropicais, onde se alimentam predominantemente de material vegetal morto (UHLIG, 2005).

Possuem hábitos predominantemente noturnos, evitando a exposição ao sol e ao calor, exceto em condições de alagamento do solo devido às chuvas de verão ou quando migram para lugares alternativos de sobrevivência. Geralmente são encontrados em ambientes úmidos, ricos em matéria orgânica, vivendo no interior das matas, sob folhas caídas, cascas e troncos apodrecidos (PEREZ, 2011). Pelos seus hábitos, os diplópodes têm sido considerados bons indicadores ambientais para análises de solo, podendo ser utilizados como organismos-testes (HOPKIN et al., 1985).

4.3 RIQUEZA ACUMULADA DE ESPÉCIES

A riqueza de espécies na serapilheira foi maior na Mata em ambas as coletas, em relação aos tratamentos de restauração ecológica, apresentando riquezas de 15 e 12 para junho e outubro respectivamente. O mesmo ocorreu no compartimento solo, as riquezas obtidas foram superiores ao tratamentos, mas diferentemente da serapilheira, foram menores em junho (14) do que em outubro (19).

O tratamento Regeneração Natural apresentou a maior riqueza dentre os tratamentos de Restauração ecológica, tanto para serpilheira, quanto para o solo. Foram obtidas riquezas de 8 grupos taxômicos em Junho e 7 em outubro na serapilheira e 15 e 17 no solo (Gráficos 30, 31, 32 e 33).

A Regeneração Natural, por ser um tratamento em que não houve muita interferência antrópica e sim apenas o isolamento da área, teve suas características edáficas e fitossociológicas mais semelhantes ao fragmento florestal, o qual foi a fonte da maioria dos propágulos que vieram a germinar e colonizar esse tratamento.

A comunidade edáfica que se estabeleceu nesse tratamento encontrou uma estrutura semelhante ao seu habitat natural antes da degradação, conseguindo se estabelecer com eficiência. Assim, esse tratamento, após três anos de implantação, está muito semelhante às condições naturais da Mata. Houve apenas um menor aporte de serapilheira e acúmulo de matéria orgânica, o que dificulta o estabelecimento da macrofauna epígea, muito embora,

supostamente, isto deva alcançar níveis mais semelhantes à mata com o passar do tempo.

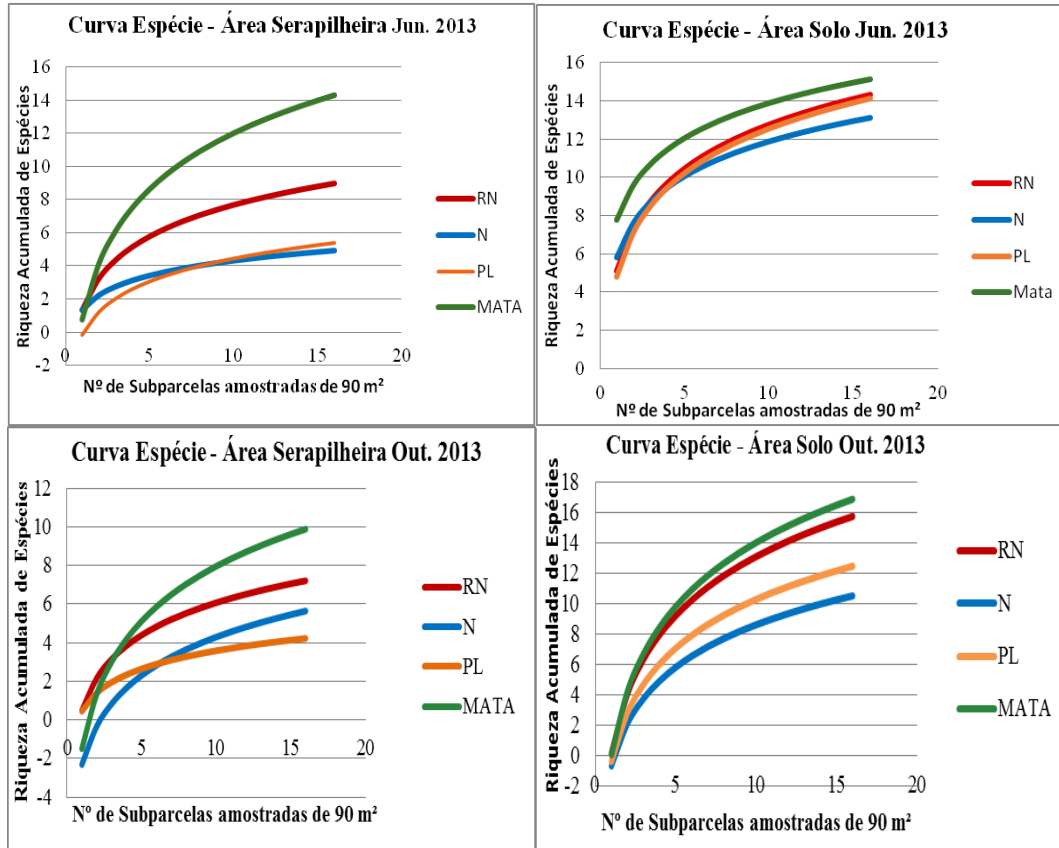


Gráfico 30, 31, 32 e 33 - Curva espécie-área para os quatro tratamentos avaliados em junho de 2013, na serapilheira (30) e no solo (31) e, em outubro de 2013, na serapilheira (32) e no solo (33)

A Nucleação e o Plantio em Linhas apresentaram valores de riqueza intermediários entre os três tratamentos, apresentando valores de 6 e 7 grupos taxonômicos na serapilheira e 14 e 11 grupos no solo para a nucleação e no Plantio em Linhas, a riqueza obtida na serapilheira foi de 6 grupos em junho e 4 em outubro e no solo 14 e 12.

Os tratamentos Nucleação e Plantio em linhas de preenchimento e diversidade em sua composição, apresentam interferências antrópicas nos 3 anos iniciais de implantação. Essas interferências são destinadas aos tratos culturais que devem ser realizados para permitir um melhor crescimento das espécies plantadas, diminuindo a mata competição e o ataque de pragas. Assim, semestralmente são feitas atividades como coroamento, roçada em área total e aplicação de herbicida sistêmico, para o controle de gramíneas exóticas invasoras. Além disso, são aplicadas iscas formicidas no controle de *Atta* sp., que veio a se tornar praga ao

atacar os plantios. Essas iscas podem ter afetado as outras espécies de formigas presentes no local, afetando a diversidade local. Todos esses fatores somados contribuíram de forma evidente para a diminuição da riqueza da macrofauna edáfica, que foi inferior ao tratamento regeneração natural, em que não houve nenhuma interferência em sua constituição. Espera-se que em avaliações futuras, posteriores aos 3 anos iniciais de implantação, a sessão das interferências seja percebível, através do aumento da diversidade de espécies e maior equabilidade da comunidade.

A Mata, como já era esperado, foi o tratamento com maior riqueza e maior número de indivíduos amostrados, tanto no solo, quanto na serapilheira. Ao se escolher amostrar esse fragmento, buscou-se encontrar uma comunidade edáfica mais estabilizada, para servir de comparação aos tratamentos de restauração ecológica.

4.4 ÍNDICES ECOLÓGICOS

4.4.2 Serapilheira

Em relação ao compartimento serapilheira, o índice de Shannon (H) para a Regeneração Natural foi maior em Junho (0,865) do que em outubro (0,770). Essa diferença foi causada pela alta dominância de Coleoptera em outubro, sendo responsáveis por 50 % do total de indivíduos amostrados. Essa predominância de um grupo sobre os demais diminui a diversidade da comunidade, como sugerido pelos índices de Dominância de Simpson (I_s) e de Equabilidade de Pielou (e). Em outubro o I_s foi maior do que em Junho (0,111 e 0,258 respectivamente), e quanto maior for o seu valor, menor é a diversidade e maior a dominância. Para o e , Junho teve um ótimo valor (0,958), já que nesse índice valores tendendo a 1 indicam maior uniformidade da comunidade, ou seja, todas as espécies são igualmente abundantes.

Tabela 4 – Índices ecológicos: diversidade de Shannon (H), dominância de Simpson (Is), equitabilidade de Pielou (e) e número de indivíduos por metro quadrado (Ind/m²) calculados para o compartimento serapilheira nos períodos de junho e outubro de 2013, nos quatro tratamentos avaliados

SERAPILHEIRA JUN. E OUT. 2013								
Trat./Índices	H		Is		e		Ind/m ²	
	Jun.	Out.	Jun.	Out.	Jun.	Out.	Jun.	Out.
RN	0,865	0,699	0,111	0,258	0,958	0,774	368	320
N	0,667	0,760	0,209	0,150	0,858	0,899	224	288
PL	0,699	0,485	0,156	0,352	0,898	0,805	160	224
MATA	1,055	1,027	0,079	0,061	0,897	0,952	1280	352

Na Nucleação, o H foi maior em outubro (0,760) do que em junho (0,667), devido a menor riqueza de grupos taxonômicos. Houve um maior Is no período de junho (0,209), também justificado pela menor diversidade. O *e* foi semelhante aos dois períodos (0,858 e 0,899 respectivamente), demonstrando que a comunidade tende à uniformidade, com abundância de espécies semelhantes.

No tratamento Plantio em Linhas, teve maior índice de Shannon em junho (0,669) do que em outubro (0,485), devido à baixa riqueza de grupos taxonômicos, e novamente presente dominância de Coleoptera, que contribuiu com 57 % do total de indivíduos amostrados. Essa dominância ficou clara ao se analisar o alto Is do período (352) o *e* que foi inferior em outubro se comparado a junho.

A Mata, como já era o esperado, foi o melhor tratamento ao se analisar os índices. O H em ambos os períodos foi alto se comparado aos outros tratamentos (1,055 e 1,027 respectivamente). A dominância de um grupo sobre os demais (Is) foi baixa, devido à diminuição da dominância de Coleoptera, que já não estava influenciando em outubro e consequentemente, o *e* indicou uma evolução na uniformidade da comunidade, sugerindo uma tendência de igualdade entre as espécies.

Em relação à densidade de indivíduos por metro quadrado (Ind./m²) na serapilheira, obteve-se valores semelhantes para a Regeneração Natural em ambos os períodos, com um leve declínio de junho para outubro. O mesmo ocorreu na Mata, que apresentou os altos valores de 1280 Ind./m² em junho, diminuído para 320 Ind./m² em outubro.

Já a Nucleação e Plantio em Linhas tiveram um comportamento oposto, apresentando menores valores de densidade em junho (224 e 288 Ind./m²) e aumentaram no período seguinte (160 e 224 Ind./m²).

4.4.3 Solo

Em relação ao compartimento solo (Tabela 5), pode-se perceber uma evolução tanto em relação aos maiores números de indivíduos coletados e maior riqueza quanto aos índices ecológicos avaliados. O tratamento Regeneração natural apresentou um aumento na riqueza de uma época de coleta até a outra, tendo um consequente aumento no Índice de Shannon (0,827 e 0,986). Houve uma dominância de 37 % de Coleoptera sobre os demais grupos em junho, o que ocasionou um maior *Is* no período (0,192) e um baixo *e* (0,703), confirmando a baixa uniformidade da comunidade. Em outubro, com a ausência da dominância, os índices *Is* e tiveram uma significativa melhora (0,132 e 0,801 respectivamente).

Tabela 5 – Índices ecológicos: diversidade de Shannon (H), dominância de Simpson (Is), equitabilidade de Pielou (e) e número de indivíduos por metro quadrado (Ind/m²) calculados para o compartimento solo nos períodos de junho e outubro de 2013, nos quatro tratamentos avaliados

SOLO JUN. E OUT. 2013								
Trat./Índices	H		Is		e		Ind/m ²	
	Jun.	Out.	Jun.	Out.	Jun.	Out.	Jun.	Out.
RN	0,827	0,986	0,192	0,132	0,703	0,801	5824	1664
N	0,783	0,824	0,240	0,175	0,683	0,792	2944	1024
PL	0,792	0,901	0,277	0,147	0,691	0,835	2176	1504
MATA	0,948	1,058	0,115	0,111	0,827	0,827	2768	1840

Comportamento contrário apresentou a teve a Nucleação, que teve uma diminuição na riqueza de um período a outro, mas mesmo com maior riqueza em junho, o H foi menor se comparado a outubro. Essa baixa diversidade em junho foi causada pela alta dominância de Isoptera e Coleoptera, que juntos somaram 64 % do total de indivíduos amostrados no período. Essa dominância ocasionou em um alto *Is* (0,240) e em um baixo *e* (0,792), indicando a baixa uniformidade do tratamento no período.

A grande abundância de Isoptera encontrada em ambientes nos quais ocorreram algum tipo de perturbação, pode ser consequência da própria alteração, devido ao fato de que em áreas em estado de regeneração podem apresentar densidade superior de cupins do que em áreas primárias (BANDEIRA 1979, BANDEIRA E VASCONCELOS, 2002).

Em outubro a dominância foi de três grupos (Coleoptera, Diplopoda e Hymenoptera) em relação aos demais, representando 72 % do total de indivíduos amostrados. Apesar dessa alta dominância, o I_s e o e , tiveram uma melhora no período (0,175 e 0,792 respectivamente), provavelmente pela riqueza não ser muito alta (11), a dominância dos 3 grupos taxonômicos parece não ter tido tanto efeito nos índices, quanto no período de junho, que era uma dominância de 2 grupos em relação a 14 demais. Isoptera, Hymenoptera e Coleoptera também se mostraram dominantes nos trabalhos de Merlim (2005) em ecossistemas preservados e degradados de Araucária em Campos do Jordão/SP.

Em projetos de restauração, boa parte das espécies arbóreas plantadas é pioneiras, devido ao seu acelerado crescimento e rápida cobertura do solo. Essas espécies pioneiras favorecem o surgimento de formigas, principalmente as cortadeiras, devido ao fato de que as folhas dessas espécies são mais palatáveis ou com menores concentrações de defesas químicas (COLEY E BARONE, 1996), aumentando a abundância desses indivíduos nestas áreas, o que pode vir a causar alguma dominância.

O plantio em Linhas maior riqueza e menor H em junho, isso devido à dominância de Isoptera (49 % dos indivíduos amostrados) sobre os demais grupos. Essa dominância novamente foi refletida nos índices de Simpson e Pielou que demonstraram a dominância no período ($I_s = 0,277$) e a baixa uniformidade da comunidade ($e = 0,691$). Em outubro, na ausência da dominância, houve melhora significativa nos índices, que passaram pra 0,147 e 0,835 respectivamente.

A Mata teve um expressivo aumento de diversidade de junho para outubro, o H aumentou de 0,948 para 1,058. A baixa dominância pode ser visualizada pelos valores inferiores de I_s para os dois períodos (0,115 e 0,111 respectivamente). Consequentemente, o e foi o melhor dentre os tratamentos no compartimento solo, se repetindo em ambas as coletas (0,827). Barreta et al (2008), ao avaliar uma área de Floresta Ombrófila Mista, com latossolo vermelho-amarelo distrófico, em Campos do Jordão –SP, encontrou uma diversidade de 1,73. Em uma floresta Estacional localizada em Santa Rita do Passo Quatro – SP, com latossolo vermelho-escuro-fraco e Latossolo vermelho distrófico, Espírito-santo Filho (2005), encontrou um índice de Shannon de 2,11.

Em relação à densidade por metro quadrado no compartimento solo, a Nucleação, Plantio em Linha e Mata tiveram resultados semelhantes na coleta de junho, sendo superior a coleta de outubro em aproximadamente 2000 Ind/m² no caso da Nucleação, 600 Ind/m² no Plantio em Linhas e 900 Ind/m² na Mata.

A Regeneração Natural teve resultado oposto aos outros tratamentos. Em junho, obteve-se a alta densidade de 5824 Ind/m², diminuído consideravelmente na coleta de outubro no qual a densidade foi de 1664 Ind/m².

Em um estudo realizado por Correia et al. (2003), em uma área de regeneração natural com 15-30 anos, foram observados valores de densidade e riqueza da macrofauna muito similares, variando de 549 a 1768 ind. m² e de 17 a 23 grupos, respectivamente. Esses dados foram similares a uma área de remanescente com floresta há pelo menos 150 anos sem intervenção antrópica, que apresentou uma densidade de 723 a 1517 ind. m² e uma riqueza de 19 a 24. Em relação à composição da comunidade, os grupos mais freqüentes nessas áreas foram Formicidae, Isoptera e Coleoptera.

Em outro estudo realizado na região de Londrina – PR foi encontrada uma densidade elevada com aproximadamente 2500 indivíduos por metro quadrado em uma floresta secundária. Já em uma floresta primária essa densidade foi menor com aproximadamente 1350 indivíduos por metro quadrado (KORASAKI et al., 2006). Merlin (2005) observou uma densidade superior em uma floresta de Araucária em Campos de Jordão – SP, sendo encontrado 2936 indivíduos por metro quadrado.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A fauna do solo desempenha importante papel no ecossistema, tendo estreita relação com a sua heterogeneidade e seus processos ecológicos, além do alto grau de sensibilidade às mudanças ambientais. Os organismos respondem de forma diferenciada a um distúrbio, sendo importante reconhecer a sua interação com as alterações ambientais e compreender a sua evolução tanto em locais degradados como em diferentes estágios de recuperação.

Com a realização da presente avaliação, pode-se perceber que a técnica de restauração ambiental Regeneração Natural é a mais eficiente na manutenção de uma comunidade edáfica estabilizada. Devido à semelhança que esta apresenta com o ambiente anterior à degradação, a adaptação dos indivíduos é mais efetiva, já que a disponibilidade por habitats e por recursos alimentares é semelhante ao que estavam habituados, além do microclima ser o ideal a sua condição.

Os tratamentos Nucleação e Plantio em Linhas apresentaram as menores diversidades. As interferências antrópicas necessárias à manutenção dos tratamentos nos anos iniciais afetaram diretamente a qualidade do habitat e disponibilidade de recursos, impedindo uma recolonização eficiente da fauna do solo. É necessário que haja a cessação dos tratamentos culturais para que a comunidade possa se restabelecer efetivamente e assim, analisar de forma eficiente esse tratamento.

Essa avaliação consiste em apenas uma parte de um projeto mais amplo, onde serão avaliados outros componentes edáficos e os fatores que podem afetar a sua disponibilidade no ambiente. Para se obter dados mais consistentes, necessita-se realizar novas avaliações após os três anos de implantação do experimento para avaliar de forma eficiente, o reestabelecimento da comunidade edáfica em cada técnica de restauração ecológica.

6 REFERÊNCIAS

AGOSTI, Donat; MAJER, Jonathan D.; ALONSO, Leeanne E.; SCHULTZ, Ted R. **Ants, standard methods for measuring and monitoring biodiversity**. 1. ed., Smithsonian Institution Press, Washington, 2000, 280p.

ALMEIDA, Marcos Antônio X. **Fauna edáfica, decomposição foliar e liberação de nutrientes em área de caatinga do Curimataú da Paraíba, Brasil**. 2010. 136 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2010.

ALVARES, Clayton A.; STAPE, José Luiz; SENTELHAS, Paulo Cesar; GONÇALVES, José Leonardo de M.; SPAROVEK, Gerd. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Fast Track Article. Gebrüder Borntraeger, Stuttgart 2013.

ANDERSON, Jonathan M. Invertebrate-mediated transport process in soils. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 25, p. 5-19, nov. 1988.

ANDERSON, Jonathan M.; INGRAM, John S. I. **Tropical soil biological and fertility: A Handbook of methods**. 2. ed. Wallingford: C.A.B. International, 1993.

AQUINO, Adriana Maria de. Fauna do Solo e sua Inserção na Regulação Funcional do Agroecossistema. In: AQUINO, Adriana Maria de; ASSIS, Renato L. de (Ed.). **Processos biológicos no sistema solo-planta: ferramentas para uma agricultura sustentável**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2005. p. 47 - 76.

AQUINO, Adriana. M de. **Manual para coleta de macrofauna do Solo**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2001. 21 p.

AQUINO, Adriana Maria de.; CORREIA, Maria Elizabeth F. **Invertebrados edáficos e o seu papel nos processos do solo**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2005. 52 p.

AQUINO, Adriana; M. de; CORREIA, Maria E. F.; ALVES, Mauricio V. Diversidade da macrofauna edáfica no Brasil. In: MOREIRA, Fátima M. S.; SIQUEIRA, José O.; BRUSSAARD, Lijbert. (Eds.). **Biodiversidade do solo em ecossistemas brasileiros**. Lavras: -Ed. UFLA, 2008. p. 143 - 170.

BANDEIRA, Ademar G. Ecologia de cupins (Insecta, Isoptera) da Amazônia Central: efeitos do desmatamento sobre as populações. **Acta Amazônica**, v. 9, p. 481-499. 1979.

BANDEIRA, Ademar G.; HARADA, Ana Yoshi. Densidade e distribuição vertical de macroinvertebrados em solos argilosos e arenosos na Amazônia central. **Acta Amazônica**, v.28, p.191-204, 1998.

BANDEIRA, Ademar G.; VASCONCELOS, Alexandre. A quantitative survey of termites in a gradient of disturbed highland Forest in northeastern Brazil (Isoptera). **Sociobiology**, v. 39, p. 429-439. 2002.

BARETTA, Dilmar. **Fauna do solo e outros atributos edáficos como indicadores da qualidade ambiental em áreas com *Araucaria angustifolia* no Estado de São Paulo**. 2007. 158 f. Tese (Doutorado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2007.

BARETTA, Dilmar; BRESCOVIT, Antonio D.; KNYSAK, Irene; CARDOSO, Elke J. B. N. Trap and soil monolith sampled edaphic spiders (arachnida: araneae) in *Araucaria angustifolia* forest. **Sci. Agric.**, 64:375-383, 2007b.

BARETTA, Dilmar; BROWN, George G.; JAMES, Samuel W.; CARDOSO, Elke J. B. N. Earthworm populations sampled using collection methods in Atlantic Forests with *Araucaria angustifolia*. **Sci. Agric.**, 64:384-392, 2007a.

BARROS, Eleusa; PASHANASI, Beto; CONSTANTINO, Reginaldo; LAVELLE, Patrick. Effects of land-use system on the soil macrofauna in western Brazilian Amazonia. **Biol. Fert. Soils**, 35:338- 347, 2002.

BROWN Jr, George; KEITH S. **Insetos como rápidos e sensíveis indicadores de uso sustentável de recursos naturais**. In: MARTOS, H.L.; MAIA, N. B., eds. Indicadores ambientais. Sorocaba: ESALQ, p.143-155, 1997.

BECHARA, Fernando C. **Unidades demonstrativas de restauração ecológica através de técnicas nucleadoras: Floresta Estacional Semidecidual, Cerrado e Restinga**. 2006. 249 f. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

BECHARA, Fernando C.; CAMPOS FILHO, Eduardo M.; BARRETTO, Klaus D.; ANTUNES, Alexsander Z.; REIS, Ademir. Nucleação de diversidade ou cultivo de árvores nativas? Qual paradigma de restauração? In: SIMPÓSIO NACIONAL E CONGRESSO LATINO-AMERICANO SOBRE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 6., 2005. Curitiba. **Anais...** Curitiba: Sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas Degradadas, 2005. p. 355-363.

BRANCALION, Pedro Henrique S.; ISERNHAGEN, Ingo; GANDOLFI, Sergius; RODRIGUES, Ricardo R. Plantio de árvores nativas brasileiras fundamentada na sucessão florestal. In: RODRIGUES, Ricardo R.; BRANCALION, Pedro Henrique S. ISERNHAGEN, Ingo. (Eds.). **Pacto pela restauração da mata atlântica: referencial dos conceitos e ações de restauração florestal**. São Paulo: LERF/ESALQ: Instituto BioAtlântica, 2009. p. 14 - 24.

BRANCALION, Pedro Henrique S.; GANDOLFI, Sergius; RODRIGUES, Ricardo R. Incorporação do conceito da diversidade genética na restauração ecológica. In: RODRIGUES, Ricardo R.; BRANCALION, Pedro Henrique S.; ISERNHAGEN, Ingo. (Eds.). **Pacto pela restauração da mata atlântica: referencial dos conceitos e ações de restauração florestal**. São Paulo: LERF/ESALQ: Instituto BioAtlântica, 2009. p. 37 - 54.

BRAUN-BLANQUET Josias. **Fitosociologia: bases para el estudio de las comunidades vegetales**. 3. ed. Madrid: Aum. Blume; 1979.

BROWER, James E.; ZAR, Jerrold H. **Field and laboratory methods for general ecology**. 2 ed., Iowa: Brown Publishers, 1984. 226 p.

BUDOWSKI, Gerardo N. Distribution of tropical American rain forest species in the light of succession processes. **Turrialba**, n. 15, p. 40-2, 1965.

CAIN, Stanley. A., CASTRO, Gustavus M. de O. Application of some Phytosociological Techniques to Brazilian Rain Forest. **Amer. J. Bot.** 43 (3) 205-217, 1956.

CAIN, Stanley. A., CASTRO, Gustavus M. de O. Manual of vegetation analysis. **Harper & Brothers**, New York, 1959.

CATANOZI, Gerson. **Análise espacial da macrofauna edáfica sob diferentes condições ambientais dos trópicos úmidos**. 2010. 202 f. Tese (Doutorado em Ciências na área de Análise Ambiental e Dinâmica Territorial) - Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências, Pós-graduação em agronomia, Campinas, 2010.

COLEMAN, David C.; CROSSLEY Jr., Dac A. **Fundamentals of soil ecology**. San Diego, Academic Press, 1996. 205p.

COLEY, Phyllis D.; BARONE, John A. Herbivory ad plant defenses in tropical forests. **Annual review of ecology and systematics**, 27: 305-335, 1996.

CORREIA, Maria E. F.; FARIA, Sérgio M.; CAMPELLO, Eduardo F.; FRANCO, Avílio A. Organização da comunidade de macroartrópodos edáficos em plantios de eucalipto e

leguminosas arbóreas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25., Viçosa, 1995. **Anais...** Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1995. p. 442-444.

CORREIA, Maria E. F.; OLIVEIRA, Luís Cláudio M. de. Importância da fauna de solo para a ciclagem de nutrientes. In: AQUINO, Adriana Maria de; ASSIS, Renato L. de (Ed.). **Processos biológicos no sistema solo-planta: ferramentas para uma agricultura sustentável**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2005. p.77-99.

COSTA, Paulo. **Fauna do solo em plantios experimentais de *Eucalyptus grandis* Maiden, *Pseudosamanea guachapele* Dugand e *Acácia mangium* Willd.** 2002. 93 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2002.

COSTA NETO, Eraldo M. The perception of Diplopoda (Arthropoda, Myriapoda) by the inhabitants of the county of Pedra Branca, Santa Teresinha, Bahia, Brasil. **Acta Biologica Colombiana**, v. 12, p. 125-136, 2007.

CURRY, Jeffery P.; GOOD, John. A. Soil faunal degradation and restoration. In: LAL, Rattan; STEWART, B. A (Eds.). **Advances in Soil Science: soil restoration**. 1992.

DAMASCENO, Andréia Caroline F. **Macrofauna edáfica, regeneração de espécies arbóreas, lianas e epífitas em florestas em processo de restauração com diferentes idades no Portal do Paranapanema**. 2005. 107 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. 2005.

DECAËNS, Thibaud; MARIANI, Lucero; BETANCOURT, Nixon; JIMÉNEZ, Juan José. Seed dispersion by surface casting activities of earthworms in Colombian Grasslands. **Acta Oecologica**, vol. 24, p. 175–185, set. 2003.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (SNLCS). **Levantamento e Reconhecimento dos solos do estado do Paraná**. Curitiba, 1984. 196p. (Boletim Técnico 27).

ESPINDOLA, Marina B.; REIS, Ademir; SCARIOT, Eliziane C.; TRES, Deisy R. 2006. **Recuperação de áreas degradadas: a função das técnicas de nucleação**. Disponível em: <http://iras.ufsc.br/images/stories/art_marina-ademir.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2013.

ESPÍRITO-SANTO FILHO, K. **Efeito de distúrbios ambientais sobre a fauna de cupins (Insecta: Isoptera) e seu papel como bioindicador**. Dissertação (Mestrado). Rio Claro, Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, 2005.

FORGARAIT, Patricia J. Ant its relationship to ecosystem functioning: **A review. Biol. Conser.**, 7:1221-1244, 1998.

FREITAS, F. A.; ZANUNCIO, T. V.; LACERDA, M. C. Fauna de Coleoptera coletada com armadilhas luminosas em plantios de *Eucalyptus grandis* em Santa Bárbara, Minas Gerais. **Revista Árvore**, v. 26, n. 4, p. 505-511, jul./ago. 2002.

GANDOLFI, Sergius; RODRIGUES, Ricardo R.; MARTINS, Sebastião V. Restoration Actions. In: RODRIGUES, Ricardo R.; MARTINS, Sebastião V.; GANDOLFI, Sergius. (eds.). **High diversity forest restoration in degraded areas: Methods and Projects in Brazil**. New York: Nova Science Publishers, 2007. p. 77 - 102.

GILLER, Ken E.; BEARE, Michael H. LAVELLE, Patrick; IZAC, Anne-Marie N.; SWIFT, Michael J. Agricultural intensification, soil biodiversity and agroecosystem function. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 6, p. 3 - 16, ago 1997.

GORENSTEIN, Mauricio R.; BECHARA, Fernando C.; ESTEVAN, Daniela A.; SGARBI, Ana Suelem; BERTOLINI, Iris C. Estrutura e diversidade da comunidade arbórea na trilha ecológica da UTFPR, Campus Dois Vizinhos, através do método de quadrantes. **In: Seminário: sistemas de produção agropecuária - ciências agrárias, animais e florestais - UTFPR, Campus Dois Vizinhos**, 2010, Dois Vizinhos, PR. Resumos, 2010.

HOLE, Francis D. Effects of animals on soil. **Geoderma**, Amsterdam, v.25, p.75-112, fev. 1981.

HOPKIN Steve P., WATSON Kelly, MARTIN Mary. H., MOULD Meredith L. 1985. The assimilation of heavy metals by *Lithobius variegates* and *Glomeris marginata* (Chilopoda; Diplopoda). **Bijdr. Dierkd.**, 55:88-94, 1985.

HOPKIN, Steve P.; READ, Henry J. **The biology of millipedes**. Oxford University Press, New York, 233p, 1992.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**: Sistema fitogeográfico, Inventário das formações florestais e campestres, Técnicas e manejo de coleções botânicas e Procedimentos para mapeamentos. 2 ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2012.

IMAÑA-ENCINAS, José; REZENDE, Alba Valeria; IMAÑA, Christian R.; SANTANA, Otacílio A. **Contribuição dendrométrica nos levantamentos fitossociológicos**. Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Florestal, Brasília - DF, 2009. 46 p.

JONES, Clive G., LAWTON, John H.; SHACHAK, Moshe. Organisms as ecosystems engineers. **Oikos**, Copenhagen, v. 69, p. 373-386, 1994.

KÜHNELT, Wilhelm. **Soil Biology**: with special reference to the animal Kingdom. London: Faber and Faber, 1961. 397 p.

KYLIN, Harald. Über Begriffsbildung und Statistik in der Pflanzensoziologie. **Botan. Notiser**. 1926, p. 81-180.

LAMPRECHT, HANS. **Silvicultura en los trópicos**. Eschborn (Alemanha): Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit - GTZ, 1990. 335p.

LAVELLE, Patrick. Diversity of Soil Fauna and Ecosystem Function. **Biology International**, n. 33, p. 3-16, jul. 1996.

LAVELLE, Patrick; BIGNELL, David; LEPAGE, Michel; WOLTERS, Volkmar; ROGER, Pierre; INESON, Philip; HEAL, O. W.; DHILLION, Shivcharn. Soil function in a changing world: the role of invertebrate ecosystems engineers. **European Journal of Soil Biology**, Oxford, v. 33, n. 4, p. 159-193, 1997.

LAVELLE, Patrick; BLANCHART, Eric; MARTIN, Agnès; MARTIN, Serge; SPAIN, Alistair; TOUTAIN, François; BAROIS, Isabelle; SCHAEFER, Roger. A hierarchical model for decomposition in terrestrial ecosystems: Application to soil of the humid tropics. **Biotropica**. v. 25, n.2, p. 130-150, jun. 1993.

LIMA, Thais Espinola Oliveira. **Análise fitossociológica, da macrofauna edáfica e da biomassa em um trecho de floresta ripária no município de Guarapauva, Paraná**. 130p. (Tese: Doutorado). Universidade Federal do Paraná. 2009.

LINDEN, Dennis R.; HENDRIX, Paul F.; COLEMAN, David. C.; VAN VILET, Petra C. J. Faunal indicators of soil quality. In: DORAN, John Walsh; COLEMAN, David C.; BEZDICEK, D. F.; STEWART, B. A. (Eds.). **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison: Soil Science Society of American (SSSA Special Publication), 1994. p. 91-106.

LLOYD, Monte; GHELARDI, Richard J. A table for calculating the equitability component of species diversity. **Journal of Animal Ecology**, v.33, p.217-225, 1964.

MAAK, Reinhard. **Geografia física do estado do Paraná**. Curitiba: Banco de desenvolvimento do Paraná, 1968.

MAGURRAN, Anne Elizabeth. **Measuring biological diversity**. Oxford: Blackwell Publishing, 2004. 256 p.

MAJER, Jonathan D., BRENNAN Karl E.C.; MOIR, Melinda L. Invertebrates and the Restoration of a Forest Ecosystem: 30 Years of Research following Bauxite Mining in Western Australia. **Restor. Ecol.** 15:104-115, 2007.

MARTINS, Sebastião V. **Recuperação de Matas Ciliares**. 2. ed. Viçosa: Aprenda fácil, 2007.

MELNYCHUK, Nina A; OLFERT, Owen; YOUNGS, Ben.; GILLOTT, Cedric. Abundance and diversity of *Carabidae* (Coleoptera) in different farming systems. **Agriculture, Ecosystem & Environmental**, v. 95, p. 69-72, 2003.

MERLIM, Analy de O. **Macrofauna edáfica em ecossistemas preservados e degradados de araucária no Parque Estadual de Campos do Jordão, SP**. 2005. 89 f. Dissertação (Mestre em Ecologia de Agrossistemas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

MOÇO, Maria Kellen da S.; GAMA-RODRIGUES, Emanuela F da; GAMA-RODRIGUES, Antonio Carlos da; CORREIA, Maria Elizabeth F. Caracterização da Fauna Edáfica em Diferentes Coberturas Vegetais na Região Norte Fluminense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, vol. 29, n. 4, pp. 555-564. 2005.

MUELLER-DOMBOIS Dieter, ELLENBERG Heinz. **Aims and methods of vegetation ecology**. New York: John Wiley & Sons; 1974.

NASCIMENTO, Ivan C. do; DELABIE, Jacques H. C. Gêneros dominantes das pastagens no sul da Bahia: abordagens probabilísticas em escalas local e regional. São Paulo. **Naturalia**, n.24, p.109-110, 1999.

NADKARNI, Nalini M. Tropical rainforest ecology from a canopy perspective in Monteverde Cloud Forest Reserve, Costa Rica. **Brenesia**, San Jose, v. 24, p. 55-62, 1988.

PENNY, Norman D.; ARIAS, Jorge R.; SCHUBART, Herbert O. R. Tendências populacionais da fauna de coleópteros do solo sob floresta de terra firme na Amazônia. **Acta Amazonica** 8: 259-265, 1978.

PEREZ, Danielli G. **Caracterização morfofisiológica dos hemócitos do diplópodo *Rhinocricus padbergi* antes e após exposição a substrato contendo lodo de esgoto**. 2011. 90 f. Dissertação. (Mestrado em Ciências Biológicas). Instituto de Biociências do Campus de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista, Programa de Pós-graduação em Ciências Biológicas (Biologia Celular e Molecular), Rio Claro, 2011.

PIELOU, Evelyn C. **Ecological Diversity**. New York: John Wiley & Sons, 1975.

PIELOU, Evelyn C. **Mathematical Ecology**. New York: John Wiley & Sons, 1977.

POGGIANI, Fábio; OLIVEIRA, Renata E.; CUNHA, Girlei C. **Práticas de ecologia florestal**. Piracicaba, 1996. p. 1-44. (Documentos. Florestais, 16).

PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. **Lei Nº 9.985, de 18 de julho de 2000**. Casa Civil, Subchefia para Assuntos Jurídicos. Brasília, jul. 2000. Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/sisbio/images/stories/instrucoes_normativas/SNUC.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2013.

PRODAN, Michail; PETERS, Roland; COX, Fernando; REAL, Pedro. **Mensura forestal**. San José, C. R.: Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH; Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), 1997. 586 p.

REIS, Ademir; BECHARA, Fernando C.; ESPINDOLA, Marina B.; VIEIRA, Neide K.; SOUZA, Leandro L. Restauração de áreas degradadas: a nucleação como base para incrementar os processos sucessionais. **Revista Natureza & Conservação**, v.1, n. 1, p. 28-36, 2003.

REIS, Ademir; TRES, Deisy R.; BECHARA, Fernando C. A nucleação como novo paradigma na restauração ecológica: espaço para o imprevisível. SIMPÓSIO SOBRE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS COM ÊNFASE EM MATAS CILIARES E WORKSHOP SOBRE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS NO ESTADO DE SÃO PAULO: Avaliação da Aplicação e Aprimoramento da Resolução SMA 47/03, **Anais...** São Paulo: Instituto de Botânica, 23, 24 e 25 de nov. 2006.

RODRIGUES, Ricardo R. A sucessão florestal. In: MORELLATO, P. C., LEITÃO FILHO, H. F. (Orgs.). **Ecologia e preservação de uma floresta tropical urbana**: Reserva de Santa Genebra. Campinas: UNICAMP, 1995. p. 30-36. 136 p.

RODRIGUES, Ricardo R.; GANDOLFI, Sergius. Conceitos, tendências e ações para recuperação de florestas ciliares. In: RODRIGUES, Ricardo R.; LEITÃO-FILHO,

Hermógenes de F. (Eds.). **Matas ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: EDUSP, 2004. p. 235-247.

SCHILLING, Ana Cristina; BATISTA, João Luis F. Efeito do tamanho da amostra sobre a curva de acumulação de espécies arbóreas em florestas tropicais. **In: Caderno de Resumos da 51ª Reunião Anual da Região Brasileira da Sociedade Internacional de Biometria**. Botucatu: RBRAS; 2006.

SCHILLING, Ana Cristina; BATISTA, João Luis F.; COUTO, Hilton Z. Ausência de estabilização da curva de acumulação de espécies em florestas tropicais. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 22, n. 1, p. 101-111, jan.- mar., 2012

SER INTERNATIONAL. The SER International Primer on Ecological Restoration. **Society for Ecological Restoration International Science & Policy Working Group**. (Version 2: October, 2004). Disponível em: <<http://www.ser.org/docs/default-document-/english.pdf>>. Acesso em: 10 jan. 2014.

SHANNON, Claude E. A mathematical theory of communication. **The Bell System Technical Journal**, v. 27, p. 379 - 423, 623 - 656, jul. out. 1948.

SILVA, Idaiana A. da. **Avaliação das técnicas de nucleação para restauração ecológica das matas ciliares do córrego Santo Antônio**. 2011. 62 f. Monografia (Tecnólogo em Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Centro Paula Souza, Faculdade de Tecnologia de Jahu, 2011.

SILVA, Rogério F.; AQUINO, Adriana Maria de; MERCANTE, Fábio M.; GUIMARÃES, Maria de Fátima. Macrofauna invertebrada do solo sob diferentes sistemas de produção em Latossolo da região do Cerrado. **Pesq. Agropec. Bras.**, 41:697-704. 2006.

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

SOUTO, Patrícia C. **Acumulação e decomposição da serrapilheira e distribuição de organismos edáficos em área de caatinga na Paraíba – Brazil**. 2006. 145 f. Tese (Doutorado em Agronomia). Paraíba: UFPB - Universidade Federal da Paraíba. 2006.

SOUZA, Og F. F. de; BROWN, Valerie K. Effects of habitat fragmentation on Amazonian termite communities. **Journal of Tropical Ecology**, 10: 197–206, 1994.

STORK, Nigel E.; EGGLETON, Paul. Invertebrates as determinants and indicators of soil quality. **American Journal of Alternative Agriculture**, Greenbelt, v.7, n.1 e 2, p.38-47, 1992.

SWIFT, Michael John; HEAL, Oliver W.; ANDERSON, J. M. **Decomposition in terrestrial ecosystems**. Oxford, Blackwell, 1979. 372p.

TEIXEIRA, Rogerio L.; COUTINHO, Edilânia S. Hábito alimentar de *Proceratophrys boiei* (Wied) (Amphibia, Anura, Leptodactylidae) em Santa Teresa, Espírito Santo, Sudeste do Brasil. **B. Mus. Biol.** Melo Leitão, 14:13-20, 2002.

TER BRAAK, Cajo J. F.; ŠMILAUER, Petr. **CANOCO Reference manual and CanoDraw for Windows user's guide: Software for Canonical Community Ordination (version 4.5)**. Ithaca, Microcomputer Power, 2002. 500p.

THOREAU, Henry David. **Desobedecendo: desobediência civil e outros escritos**. Tradução de DRUMMOND, José Augusto. - Rio de Janeiro: Rocco, 1984. 167 p.

TRES, Deisy R. **Restauração ecológica de uma mata ciliar em uma fazenda produtora de *Pinus taeda* L. no norte do Estado de Santa Catarina**. 85 f. 2006. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal). UFSC, Florianópolis. 2006.

UHLIG, Vivian M. **Caracterização da mesofauna edáfica em áreas de regeneração natural da floresta ombrófila densa submontanha, no município de Antonina, Paraná**. 97 f. (Dissertação de Mestrado) Curitiba, Universidade Federal do Paraná, 2005.

VIEIRA, Neide K.; REIS, Ademir. Transposição de solo como técnica nucleadora de restauração em ambiente de restinga. In: TRES, D. R.; REIS, A. 1(Ed.) **Perspectivas sistêmicas para a conservação e restauração ambiental: do pontual ao contexto**. Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues, p. 191-193, 2009.

VILLANI, Michael G.; WRIGHT, Robert J. Environmental influences on soil macroarthropod behavior in agricultural systems. **Annual Review Entomology**, v.35, p.249-269, 1990.

WAID, John S. Does soil biodiversity depend upon metabolic activity and influence? **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 13, n. 2, p. 151-158, out. 1999.

WINK Charlotte; GUEDES, Jerson V. C.; FAGUNDES, Camila K.; ROVEDDER, Ana Paula
Insetos edáficos como indicadores da qualidade ambiental. **Revista de Ciências
Agroveterinárias**, v. 4, n.1, p. 60-71, 2005.

YARRANTON, George. A.; MORRISON. Richard G. Spatial dynamics of a primary
succession: nucleation. **Journal of Ecology**. vol. 62, n.2, p. 417-428. jul. 1974.