

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS – UFAM
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA – INPA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA TROPICAL E
RECURSOS NATURAIS**

**COLLEMBOLA COMO BIOINDICADORES DA QUALIDADE DO SOLO DE
ÁREAS RECUPERADAS DA FLORESTA NACIONAL DA SARACÁ-
TAQUERA, PORTO TROMBETAS, PA.**

MARIANA BOTELHO SERRANO

Manaus – AM

2007

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS – UFAM
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA – INPA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA TROPICAL E
RECURSOS NATURAIS**

**COLLEMBOLA COMO BIOINDICADORES DA QUALIDADE DO SOLO
DE ÁREAS RECUPERADAS DA FLORESTA NACIONAL SARACÁ-
TAQUERA, PORTO TROMBETAS, PA.**

MARIANA BOTELHO SERRANO

ORIENTADORA: Dra. Elisiana Pereira de Oliveira

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Tropical e Recursos Naturais do convênio INPA/UFAM, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências Biológicas, área de concentração em Entomologia.

Fonte Financiadora: Mineração Rio do Norte - MRN

Manaus – AM
2007

FICHA CATALOGRÁFICA

S487

Serrano, Mariana Botelho

Collembola como bioindicadores da qualidade do solo de áreas recuperadas da Floresta Nacional de Saracá-Taquera, Porto Trombetas, PA / Mariana Botelho Serrano.--- Manaus : [s.n.], 2009.
vii, 79 f. : il. color.

Dissertação (mestrado)-- INPA, Manaus, 2009

Orientador : Elisiana Pereira de Oliveira

Área de concentração : Entomologia

1. Collembola. 2. Indicadores ambientais. 3. Reflorestamento. 4. Floresta Nacional de Saracá-Taquera, PA. I. Título.

CDD 19. ed. 595.715

DEDICATÓRIA

A **Deus**, pela sabedoria e paciência nos momentos de decisões.

Aos meus pais:

Emilio Serrano Junior (In Memoriam)

Ana Marcli N. Botelho Serrano

Dedico

Ao Emilio Serrano Neto, que durante os momentos mais difíceis sempre me apoiou, incentivou e me encheu de esperança.

Ofereço

AGRADECIMENTOS

À Dra. Elisiana Pereira de Oliveira, pela orientação, oportunidade, apoio, amizade e compreensão nesta caminhada ao longo da minha formação profissional;

À minha família, pelo amor, incentivo e apoio ao longo desta caminhada;

À Mineração Rio do Norte – MRN, que financiou e permitiu que este trabalho fosse desenvolvido;

Ao Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA) que possibilitou a realização deste trabalho;

A todos os Funcionários do PSA, em especial ao Ademar Cavalcanti, Milena Alves Moreira, Alexandre Castilho, Glariston Miranda Melo, Jenaldo Carvalho, Ronilson Picanço e Gentil Sousa, pelo apoio e colaboração ao longo do trabalho;

À Maria Lúcia da Paz, técnica do Laboratório de Pedobiologia, pela amizade, apoio e auxílio sempre que solicitada;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pela bolsa concedida durante o mestrado;

À Coordenação do Curso de Entomologia, pelo apoio recebido;

Aos professores do curso de Entomologia, pelos conhecimentos transmitidos;

Aos colegas de Curso de Pós-Graduação, pelo companheirismo;

À Valéria Araújo Braule Pinto, pelo apoio e amizade durante a graduação e na pós-graduação;

A todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para a execução deste trabalho, meu mais profundo agradecimento.

ÍNDICE

DEDICATÓRIA.....	iv
AGRADECIMENTOS.....	v
RESUMO.....	vi
ABSTRACT.....	vii
1. INTRODUÇÃO.....	5
1.1 COLLEMBOLA.....	6
1.2 MINERAÇÃO RIO DO NORTE – MRN.....	9
1.3 BIOINDICADORES.....	11
2 OBJETIVOS.....	13
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	13
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	14
3.1 ÁREA DE ESTUDO.....	14
3.2 CLIMA.....	15
3.3 SOLO E GEOMORFOLOGIA.....	16
3.4 VEGETAÇÃO NATURAL.....	16
3.5 SÍTIOS DE COLETA.....	16
3.5.1 COLETA DO MATERIAL.....	17
3.6 IDENTIFICAÇÃO.....	19
3.7 FATORES FÍSICOS.....	20
3.7.1 Teor de água retido nas amostras.....	20
3.7.2 Temperatura (°C) do solo.....	20
3.7.3 Temperatura (°C) e umidade do ar (%).....	20
3.7.4 Precipitação pluviométrica.....	21
3.7.5 Distribuição de serapilheira (folhas) no solo.....	21
3.8 ANÁLISE DOS DADOS.....	22
4 RESULTADOS.....	24
4.1 Análise qualitativa.....	24
4.2 Estrutura da comunidade de Collembola nos reflorestamentos.....	26
4.3 Densidade populacional e frequência das espécies.....	30
4.4 Identificação de espécies bioindicadoras.....	39
4.5 Diversidade de Collembola versus Diversidade Vegetal.....	41
4.6. Correlação de Spearman entre Collembola e fatores abióticos.....	44
5. DISCUSSÃO.....	46
6. CONCLUSÕES.....	54
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	55
ANEXOS.....	67
Figura 1 - Localização da cidade de Porto Trombetas. Em verde no mapa. Fonte: www.mrn.com.br.....	14
Figura 2 - Mapa dos Platôs de extração de bauxita da MRN.....	15
Figura 3 - Desenho esquemático de uma parcela com indicações dos pontos de amostragens de serapilheira/solo.....	18
Figura 4 - Amostras de serapilheira/solo no interior da sonda (A), sendo colocada no recipiente (B).....	18
Figura 5 - Aparelho de Berlese-Tullgren: Funil (A), vidro de 67 ml (B).....	19
Figura 6 - Desenho esquemático da parcela mostrando os dois fios de náilon para contagem das folhas onde, as bolas, representam a marcação de metro em metro.....	21
Figura 7 - Ilustração da contagem de folhas no campo. A seta mostra um ponto com a marca preta no fio, no momento de espetar o estilete para coleta das folhas.....	22
Figura 8 - Incremento do número de espécies por ano de estudo na estação chuvosa, no período de 2002 a 2006.....	26
Figura 9 - Incremento do número de espécies por ano de estudo na estação seca, no período de 2002 a 2006.....	27
Figura 10 - Distribuição da espécie <i>Mesaphorura amazonica</i> nas áreas de estudo da MRN, nas estações chuvosa e seca, no período de 2002 a 2006.....	28
Figura 11 - Distribuição da espécie <i>Paronella</i> sp 2 nas áreas de estudo da MRN, nas estações chuvosa e seca, no período de 2002 a 2006.....	28
Figura 12 - Distribuição das espécies <i>Isotomiella symetrimicronata</i> , <i>I. similis</i> e <i>I. nummulifer</i> nas áreas de estudo da MRN, nas estações chuvosa e seca, no período de 2002 a 2006.....	29
Figura 13 - Distribuição da espécie <i>Sphaeridia</i> sp nas áreas de estudo da MRN, nas estações chuvosa e seca, no período de 2002 a 2006.....	29
Figura 14 - Distribuição das espécies <i>Neelus</i> sp 1 e <i>Neelus</i> sp 2 nas áreas de estudo da MRN, nas	

estações chuvosa e seca, no período de 2002 a 2006.....	30
Figura 15 - Frequência das espécies dominantes na floresta do Periquito no período de 2002 a 2006.	34
Figura 16 - Frequência das espécies dominantes na floresta da Campina no período de 2002 a 2006.....	35
Figura 17 - Frequência das espécies dominantes no reflorestamento de 1984 período de 2002 a 2006.....	35
Figura 18 - Frequência das espécies no reflorestamento de 1987 no período de 2002 a 2006	36
Figura 19 - Frequência das espécies dominantes no reflorestamento de 1993 no período de 2002 a 2006	36
Figura 20 - Frequência das espécies dominantes no reflorestamento de 1996 período de 2002 a 2006.....	37
Figura 21 - Frequência das espécies dominantes no reflorestamento de 2001 no período de 2002 a 2006	37
Figura 22 - Frequência das espécies dominantes no reflorestamento de 2004 no período de 2002 a 2006	38
Figura 23 - Distribuição da densidade de indivíduos para as três décadas de reflorestamento e florestas no período de 2002 a 2006.....	39
Figura 24 - Ano de 1984.....	43
Figura 25 - Ano de 1986.....	43
Figura 26 - Ano de 1987.....	43
Figura 27 - Ano de 1993.....	43
Figura 28 - Ano de 1994.....	43
Figura 29 - Ano de 1998.....	43
Figura 30 - Ano de 2000.....	43
Figura 31 - Ano de 2001.....	43
Figura 32 - Ano de 2003.....	43
Tabela 1 - Lista das espécies e morfoespécies de Collembola estudadas nas áreas da Mineração Rio do Norte, nos anos de 2002 a 2006.....	25
Tabela 2 - Número de indivíduo por espécie de Collembola com o total, média e desvio padrão nas estações chuvosa e seca, no período de 2002 a 2006.....	32
Tabela 3 - Índice indicador (%) aplicado às espécies de Collembola das duas florestas e das décadas de 80, 90 e 2000, das áreas da Mineração Rio do Norte, no ano de 2002.....	68
Tabela 4 - Índice indicador (%) aplicado às espécies de Collembola das duas florestas e das décadas de 80, 90 e 2000, das áreas da Mineração Rio do Norte, no ano de 2003.....	69
Tabela 5 - Índice indicador (%) aplicado às espécies de Collembola das duas florestas e das décadas de 80, 90 e 2000, das áreas da Mineração Rio do Norte, no ano de 2004.....	70
Tabela 6 - Índice indicador (%) aplicado às espécies de Collembola das duas florestas e das décadas de 80, 90 e 2000, das áreas da Mineração Rio do Norte, no ano de 2005.....	71
Tabela 7 - Índice indicador (%) aplicado às espécies de Collembola das duas florestas e das décadas de 80, 90 e 2000, das áreas da Mineração Rio do Norte, no ano de 2006.....	72
Tabela 8 - Presença (+), ausência (-) e número de espécies de Collembola nas duas florestas e nos reflorestamentos das décadas de 80, 90, 00	73
Tabela 9 - Índice de Shanonn-Weaver aplicado às espécies de Collembola nas estações chuvosa e seca das décadas de 80, 90, 00 e florestas no período de 2002 a 2006	74
Tabela 10 - Correlação de Spearman entre as espécies de Collembola com os fatores abióticos das décadas de 80, 90, 00 e florestas para o ano de 2002	76
Tabela 11 - Correlação de Spearman entre as espécies de Collembola com os fatores abióticos das décadas de 80, 90, 00 e florestas para o ano de 2003.....	77
Tabela 12- Correlação de Spearman entre as espécies de Collembola com os fatores abióticos das décadas de 80, 90, 00 e florestas para o ano de 2004.....	78
Tabela 13 - Correlação de Spearman entre as espécies de Collembola com os fatores abióticos das décadas de 80, 90, 00 e florestas para o ano de 2005.....	79
Tabela 14 - Correlação de Spearman entre as espécies de Collembola com os fatores abióticos das décadas de 80, 90, 00 e florestas para o ano de 2006.....	80

RESUMO

Neste trabalho são apresentados os resultados da análise da estrutura ecológica de colêmbolos, tratados através de parâmetros de riqueza e diversidade, bem como aspecto taxonômico em áreas de reflorestamento e de duas florestas primárias. O foco principal do trabalho foi verificar a recuperação de áreas degradadas e recuperadas ao longo do tempo, comparando-se a dinâmica da comunidade de Collembola dessas áreas com a de uma floresta primária, e assim, determinar espécies de Collembola que possam servir como bioindicador das principais mudanças que ocorrem ao longo dos anos de plantio.

A comparação específica nessas áreas de estudo mostrou que a diversidade foi maior nas florestas. No entanto, apesar da perturbação sofrida, os reflorestamentos mostram alta capacidade de colonização onde a diversidade não foi afetada. Os colêmbolos são extremamente sensíveis às mudanças do ambiente natural. Entretanto, os resultados obtidos neste estudo sugerem que o modelo de restauração das áreas impactadas empregado pela Mineração Rio do Norte, tem conduzido a um processo de reabilitação positiva destas áreas, revelado pela alta diversidade de espécies registrada nas parcelas reflorestadas com árvores nativas. Além disso, espécies de Collembola podem ser usadas como bioindicadores da qualidade do solo destas áreas.

Palavras-chave: Restauração florestal, bioindicadores, Collembola, riqueza e diversidade de espécies.

ABSTRACT

This paper presents the results of the analysis of the ecological structure on collembola treated with parameters of richness and diversity, and taxonomic aspect, in reforestation areas and two primary forests. The main focus of this study was to verify the recovery of degraded areas and recovered areas over time, comparing the dynamics which species of Collembola can serve as bioindicators of major changes occurring over the years of planting.

The comparison in these areas showed that diversity was higher in forests. However, despite the disturbance, the reforestation show high capacity for colonization where diversity was not affected. The collembolos are extremely sensitive to changes in the natural environment. However, the results from this study suggest that the model for restoration of impacted areas employed by the North River Mining, has led to a positive process of rehabilitation of these areas, revealed the high diversity of species recorded in plots reforested with native threes. Moreover, species of Collembolas can be used as bioindicators of soil quality in these areas.

Key-words: Forest restoration, bioindicators, Collembola, richness, diversity of species.

1. INTRODUÇÃO

Os invertebrados terrestres são extremamente abundantes e diversificados em ecossistemas florestais, sendo Collembola o segundo grupo numericamente dominante depois de Acari. Collembola se destaca por sua participação nos diferentes processos que ocorrem no solo, comprovando, desta forma, a importância deste grupo nos ambientes florestais (Holt, 1985; Adis & Ribeiro, 1989; Oliveira & Deharveng, 1995; Gauer, 1995; Franklin *et al.*, 2001). Apesar disto, a maioria dos trabalhos desenvolvidos com Collembola na Amazônia central e oriental tratam basicamente de taxonomia e de ecologia (Thibaud & Oliveira, 1988; Cassagnau & Oliveira, 1992; Deharveng & Oliveira, 1990; Gama & Oliveira, 1994; Oliveira, 1994; Oliveira & Deharveng, 1990; Oliveira & Macambira, 2002; Oliveira *et al.*, 2002; Macambira, 2001).

Atualmente alguns estudos têm utilizado a densidade populacional de Collembola como indicador de áreas degradadas (Oliveira *et al.*, 2005; Sauter & Santos, 1991). Entretanto, considerando que são as espécies e não um grupo que tem as características de um bom indicador da qualidade do solo e que respondem adequadamente aos processos de colonização de áreas em vias de recuperação, este estudo está sendo proposto como uma forma de contribuir para a validação dos processos de recuperação de áreas degradadas.

Embora vários projetos de restauração tenham sido colocados em prática nos últimos anos (Daniels, 1994; Resende & Fonseca, 2005; Souza *et al.*, 2005), ainda existe uma lacuna das informações sobre o uso de parâmetros para se avaliar o grau de sucesso atingido por estas iniciativas (Pais, 2003).

(4) Ao longo dos anos a Mineração Rio do Norte - MRN sentiu a necessidade de mensurar cientificamente os resultados que estavam sendo obtidos, começando na década de 90 um programa de monitoramento de suas áreas recuperadas. O programa de

monitoramento é uma ferramenta fundamental na avaliação da sustentabilidade dos plantios, uma vez que fornece informações básicas para o manejo da floresta plantada (MRN, 2000).

O monitoramento da fauna do solo faz parte desse programa e vem sendo usada como um dos indicadores para avaliar a sustentabilidade das áreas recuperadas (Oliveira, 1997; Correia, 2002).

Os Artrópodes têm sido utilizados em vários estudos e os resultados têm mostrado as vantagens de se monitorar comunidades inteiras, famílias, ou pequenos grupos de espécies (Kotze & Samways, 1999), para se estimar o sucesso ou o fracasso de projetos de restauração de áreas degradadas (Majer, 1996; Mattoni *et al.*, 2000).

Vários grupos de artrópodos (insetos, colêmbolos, ácaros e aranhas), particularmente aqueles habitantes do solo, podem ser utilizados como bioindicadores na avaliação da qualidade ambiental (Bohac, 1999; King *et al.*, 1998; Stork & Eggleton, 1992). Dentre os grupos taxonômicos mais utilizados, Collembola destaca-se como um dos mais eficientes, por serem organismos que respondem sensivelmente às modificações do solo, e por serem altamente diversificado em riqueza de espécies (Oliveira, 1983, 1994; Oliveira & Deharveng, 1995; Oliveira *et al.*, 2005).

(8) Assim sendo, este trabalho tem como objetivo determinar espécies de Collembola como bioindicadores da qualidade do solo, que permitam avaliar e detectar problemas no funcionamento da recuperação de áreas degradadas e facilitar a identificação de metodologias adequadas que permitam o sucesso da recuperação.

1.1 COLLEMBOLA

Tradicionalmente os colêmbolos são classificados como Insecta – Apterygota. Entretanto esta classificação está em desuso por ser artificial e formar um grupo

polifilético (Zeppelini & Bellini, 2004) e sua posição exata dentro de Arthropoda ainda não está resolvida (Handschin, 1955; Hopkin, 1997). A maioria das classificações tradicionais divide Hexapoda em dois grupos irmãos, Entognatha e Ectognatha (Tuxen, 1959, 1970; Kristensen, 1975, 1981; Boudreaux, 1979; Henning, 1981). Os Entognathas são formados, segundo estes autores por Collembola, Protura e Diplura e os Ectognathas correspondem aos demais Hexapoda. Kukulová-Peck (1987) sugere que Entognatha é um grupo formado somente por Diplura e que Ellipura (Collembola + Protura) seria um grupo monofilético irmão de Insecta (Entognatha + Ectognatha) e o denomina Parainsecta.

Os colêmbolos são pequenos artrópodes, que variam de 0,1 a 0,5 mm de comprimento alcançando até 8 mm em alguns casos. Ápteros, com apêndices abdominais particulares, o corpo compreende basicamente três tagmas: cabeça, tórax e abdômen e tem como características básicas do grupo, a presença de uma fúrcula – que pode ser ausente em alguns gêneros e/ ou espécies, o tenáculo e o colóforo; São amétabolos, isto é, o recém emergido tem aparência semelhante ao adulto na forma geral do corpo, diferenciado por apresentarem pigmentação e chaetotaxia reduzida e ausência de abertura genital (Richards, 1979).

Apesar dos colêmbolos serem animais minúsculos em sua maioria, são bem sucedidos em sistemas florestais. São numericamente dominantes e abundantes no mundo, tendo sido encontrados em todos os continentes, incluindo a Antártida, e em quase todos os habitats, tais como ninhos de cupins, ninhos de formigas, vegetação herbácea, ninhos de aves, litoral marinho, epífitas, etc. (Hopkin, 1997, Richards, 1979).

Existem mais de 7500 espécies descritas de Collembola, distribuídas em cerca de 600 gêneros de 30 famílias, em todo mundo. Entretanto, em vista do tamanho minúsculo e do estilo de vida de muitas espécies, é provável que menos de 10% de todos os

Collembola estejam descritos (Christiansen & Bellinger, 1998; Hopkin, 1997; Zeppelini & Bellini, 2004).

A região Neotropical abriga a maior diversidade em todo mundo, com registros, até o momento, de mais de 1270 espécies em cerca de 110 gêneros (Hopkin, 1997; Zeppelini & Bellini, 2004). Um levantamento atualizado da diversidade de Collembola no Brasil foi feito por Culik e Zeppelini (2003), registrando no Brasil um total de 209 espécies distribuídas em 19 famílias e 82 gêneros. Na Amazônia central, Oliveira (1994) encontrou um total de 148 espécies em duas florestas primárias e uma floresta secundária. Enquanto Macambira (2001) encontrou um total de 89 espécies na Amazônia oriental.

Considerando que a posição sistemática de Collembola ainda hoje é muito debatida, adotou-se neste estudo, a classificação tradicional de Cassagnau (1971) e Massoud (1976) que classificam os colêmbolos em quatro sub ordens: Poduromorpha, Entomobryomorpha, Symphypleona e Neelipleona sintetizadas em Zeppelini & Bellini, 2004.

Poduromorpha é considerada a ordem com o padrão morfológico mais generalizado. São encontrados no solo ou serapilheira e geralmente possuem movimentos lentos. O corpo é alongado e cilíndrico ou aplanado. As únicas apomorfias conhecidas que caracterizam o grupo são: ornamentação cuticular formada por papilas e a forma condensada do sistema retrocerebral (Massoud, 1976).

Entomobryomorpha compreende os colêmbolos com corpo alongado e protórax reduzido, sem tergo ou cerdas, condição apomórfica em relação à observada em Poduromorpha. Podem também ser encontrados entre a vegetação baixa, nas árvores, inclusive em torres metálicas (Oliveira *et al.*, 2002) sendo completamente ativos.

Symphypleona têm corpo globoso, porem são os quatro primeiros segmentos

abdominais os responsáveis pela forma da maior parte do corpo. São vistos freqüentemente na superfície das folhas e do húmus através de suas habilidades em saltos consideráveis (Zeppelini & Belinni, 2004).

Neelipleona caracterizada por apresentar o corpo globoso, têm o meso e o metatórax largamente expandido, formando a maior parte do corpo, além das coxas e sub-coxas também aumentadas em tamanho. Todas as espécies são minúsculas com menos de 0,5 milímetros de comprimento, e vivem na camada de húmus e na serapilheira (Hopkin, 1997).

1.2 MINERAÇÃO RIO DO NORTE – MRN

A Mineração Rio do Norte está situada na Amazônia oriental, em Porto Trombetas, município de Oriximiná, no oeste do estado do Pará, onde extrai bauxita a céu aberto causando grande distúrbio no solo. Para a extração do minério, a vegetação primária é derrubada e em seguida são feitas escavações que alcançam entre 5 a 8 m de profundidade. A degradação florestal traz como conseqüência a exaustão do solo, assoreamento, desaparecimento dos cursos de água e nascentes e a destruição da biodiversidade, alterando também os componentes físicos, químicos e biológicos do solo (Barbosa & Miranda; 2000; Ferraz, 2000; Oliveira, 2000). Apesar do distúrbio, a MRN realiza a recuperação da área arcando com sua responsabilidade na tentativa de devolver as condições ambientais originais, que consiste na realização de reflorestamento com árvores nativas desde 1981 (MRN, 1998).

Diversos termos são usados para designar diferentes tipos de recuperação florestal (Almeida, 2000) que geralmente estão relacionados com o destino final da área, com o grau de degradação e com a intensidade da ação antrópica necessária para reverter a situação de degradação. Segundo Rodrigues & Gandolfi, (2000), denomina-se

restauração a recuperação de um ecossistema que foi submetido a uma perturbação não muito intensa e que ainda tem capacidade de se recuperar dos efeitos negativos sem grandes intervenções antrópicas, capacidade esta chamada de resiliência. Em ecossistemas muito degradados, onde a resiliência é praticamente nula, a recuperação só é possível com forte intervenção antrópica e é denominada reabilitação (Daniels, 1994; Pais, 2003).

Neste trabalho, entretanto, o termo restauração não se aplica, uma vez que o ecossistema aqui tratado não apresenta mais nenhuma resiliência, portanto o termo recuperação será utilizado como sinônimo de reabilitação. Reis *et al.* (1999) propõe que o conceito de recuperação seja ampliado, levando em consideração não apenas a sucessão da flora, mas também do solo, da microflora e da fauna.

O primeiro registro de recuperação de áreas impactadas no Brasil foi o da floresta da Tijuca, no Rio de Janeiro, em 1886, na qual utilizaram uma mistura de espécies exóticas com espécies nativas (Almeida, 2000). Porém, foi apenas a partir da década de 1980 que projetos de recuperação florestal foram iniciados, surgindo novos modelos que passaram a valorizar o plantio heterogêneo através de espécies nativas autóctones, detectadas através de inventários florestais remanescentes da região (Almeida, 2000).

Desde o primeiro ano de operação em 1979, a Mineração Rio do Norte vem concentrando seus esforços para a redução do impacto ambiental e procurando uma maneira de recuperar as áreas mineradas dentro da política de manutenção das características originais da floresta. A MRN iniciou a recuperação das áreas impactadas em 1981, com o objetivo principal de buscar a formação de uma floresta com características e biodiversidade que se aproximassem da floresta primária. A recuperação é efetuada com a reposição do solo orgânico utilizando um elevado número

de espécies nativas (Salomão *et al*, 1997), o que, em grande escala, foi uma experiência pioneira na Amazônia (MRN, 1998).

O monitoramento das espécies plantadas mostra sua estrutura, diversidade, densidade, mortalidade e o incremento médio anual em área basal (Salomão *et al* 1997). Alguns dos indicadores que estão sendo avaliados são: sucessão vegetal, avifauna, pequenos mamíferos, fertilidade e mesofauna do solo (MRN, 2000). O monitoramento da mesofauna nas áreas em via de recuperação da Mineração Rio do Norte evidencia que as mesmas estão sendo colonizadas onde Collembola se destaca com elevada riqueza de espécies (Oliveira, 1997; Oliveira & Castilho, 2003).

1.3 BIOINDICADORES

Estudos recentes têm discutido a validade de medir as alterações na biodiversidade, isto é, na variedade e variabilidade das espécies animais e vegetais e dos ecossistemas usando espécies bioindicadoras, cujas funções vitais se correlacionam com alguns fatores ambientais, que podem ser empregados como indicadores na avaliação de um ecossistema (Pais, 2003). Os bioindicadores são organismos ou comunidades que respondem à poluição ambiental alterando suas funções vitais ou acumulando toxinas (Correia, 2002; Frighetto & Valarini, 2000; Markert, 1993).

A compreensão das interações e estruturas dos ecossistemas é a base da prática do uso de bioindicadores e biomonitores. Segundo, Markert (1993), a suposição é que, o que estiver ocorrendo com a espécie eleita como bioindicadora, esteja acontecendo também com outros grupos biológicos. O estudo detalhado do bioindicador, assim, substitui o estudo global, exaustivo e na prática impossível.

Os biólogos têm se apoiado primariamente nos vertebrados e nas plantas superiores como grupos indicadores, no entanto, os invertebrados respondem a

diferenças mais sutis tanto de habitat quanto de densidade de impacto (Oliver *et al.*, 1998), apresentando respostas demográficas e dispersivas mais rápidas que organismos com ciclos de vida mais longos (Lewinsohn *et al.*, 2005). Assim sendo, possuem algumas características que os tornam apropriados na utilização de indicadores ecológicos, por apresentarem curto período entre gerações, o que resulta numa rápida resposta populacional às mudanças ambientais, à alta densidade e capacidade de reprodução, o que permite uma amostragem intensiva sem que isso acarrete desequilíbrio à comunidade (Pais, 2003). Por isso, populações de invertebrados estão sendo muito utilizadas para avaliar a diversidade e a composição de espécies em habitats ou fisionomias distintas, assim como, avaliar respostas a diferentes regimes de perturbações ou manejos (Lewinsohn, *et al.*, 2005).

Schowalter (1995) justifica o uso de artrópodes como bioindicadores pelo fato de constituírem grupo com maior número de espécies dentro de uma população, além de atuarem sobre a produtividade e a ciclagem de nutrientes através de suas respostas às mudanças do ambiente. Brown (1997) considera os insetos como excelentes bioindicadores, por serem organismos pequenos, sempre presentes e muito sensíveis às mínimas modificações do ambiente.

Neste contexto, a Entomologia tem muito a contribuir (Pyle *et al.*, 1981). Diversos trabalhos têm utilizado a diversidade e riqueza de determinadas famílias (Major *et al.*, 1999, Van Rensburg *et al.*, 1999) ou mesmo a riqueza, diversidade e estrutura de comunidades inteiras de artrópodes (Schowalter, 1995, Deharveng, 1996, Hammond & Miller, 1998, Kotze & Samways, 1999) como parâmetros para se avaliar os efeitos da degradação florestal, bem como a recuperação sucessional de uma floresta (Oliveira, 1983; 1997).

Alguns grupos da fauna edáfica, tais como: Coleoptera (Bohac, 1999; Ganho &

Marinoni 2005), Lepidoptera (Moraes, 2000) e Formicidae, (Bruyn, 1999; King *et al.*, 1998) vêm sendo utilizados como indicadores biológicos da qualidade do solo. Dentre os grupos taxonômicos mais utilizados, Formicidae se destaca como um dos mais eficientes, por serem organismos que respondem sensivelmente às modificações do solo e por serem altamente diversificados (Paoletti, 1999). Collembola se destaca também em diversidade de espécies (Oliveira, 1983, 1994; Oliveira & Deharveng, 1995). Têm o solo como seu hábitat natural e são altamente sensíveis às perturbações ambientais respondendo imediatamente ao estresse do solo, podendo constituir importantes bioindicadores.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL:

- Avaliar a população de Collembola buscando espécies bioindicadoras de áreas recuperadas com árvores nativas de diferentes idades da Flona Saracá-Taquera da Mineração Rio do Norte tendo duas florestas primárias como parâmetro de comparação.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- 1 - Determinar a estrutura da população de Collembola em áreas recuperadas com plantios de diferentes idades e florestas primárias adjacente;
- 2 – Determinar a abundância de indivíduos e a riqueza de espécies de Collembola em plantios de diferentes idades e comparar com a floresta primária;
- 3 - Identificar as espécies de Collembola que possam servir como bioindicadoras das principais mudanças que ocorrem ao longo dos anos dos plantios e após a sucessão vegetal dos reflorestamentos;
- 4 - Relacionar a colonização das espécies de Collembola com a diversidade vegetal dos

plantios com diferentes idades;

5 - Relacionar a riqueza de espécies de Collembola com os fatores micro-climáticos de temperatura do solo, temperatura e umidade do ar, umidade do solo e a serapilheira.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 ÁREA DE ESTUDO

Este estudo foi realizado em áreas da Mineração Rio do Norte, localizada na Floresta Nacional do Saracá-Taquera, no município de Oriximiná, a oeste do estado do Pará, na localidade denominada Porto Trombetas (Figura 1), com as seguintes coordenadas geográficas: 1° 40' S e 56° 27' W, e altitude média de 180m.

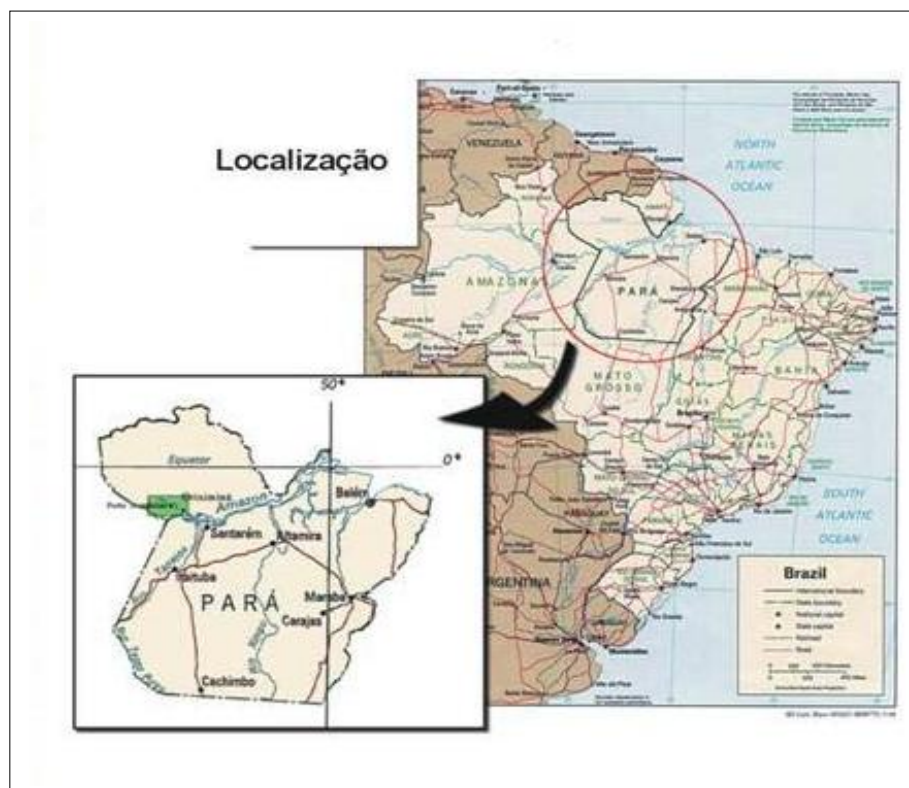


Figura 1 - Localização da cidade de Porto Trombetas. Em verde no mapa.
Fonte: www.mrn.com.br

A MRN tem atualmente seis áreas para exploração de bauxita (Figura 2):

Papagaio Oeste, Papagaio, Periquito, Saracá, Almeidas e Aviso, localizadas preferencialmente em platôs.

Este estudo foi realizado apenas em quatro áreas restauradas da MRN: Minas Papagaio, Papagaio Oeste, Saracá e Aviso (Figura 2).

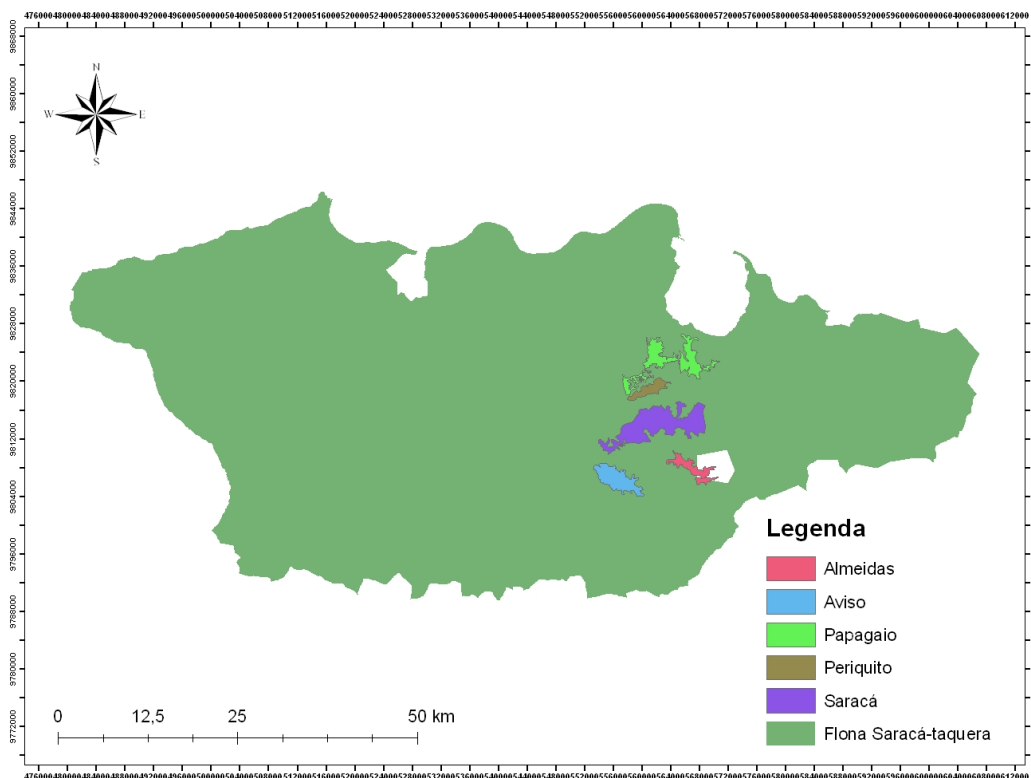


Figura 2 – Mapa dos Platôs de extração de bauxita da MRN.

3.2 CLIMA

Segundo a classificação Köppen, o clima da região é do tipo Am, caracterizado por temperaturas elevadas o ano todo, médias térmicas anuais variando de 25°C a 27°C, baixa amplitude térmica, elevada pluviosidade de 1.500 a 3.000 mm/anual e dois períodos distintos: um chuvoso que inicia em dezembro e termina em maio e um período seco que começa em junho e termina em novembro (MRN, 1998, 2002)

3.3 SOLO E GEOMORFOLOGIA

A Floresta Nacional do Saracá-Taquera localiza-se na região do médio Amazonas, onde predominam o Latossolo Amarelo distrófico, textura muito argilosa e o Latossolo Amarelo distrófico, textura argilosa. A região é formada por sedimentos do Terciário que constituem a formação de barreiras, de origem continental e encontra-se na Unidade morfoestrutural do Planalto Dissecado Rio Trombetas – Rio Negro. Na margem direita do Rio Trombetas existem relevos tabulares onde ocorre a exploração da bauxita (MRN, 1998; Salomão *et al.*, 1997).

3.4 VEGETAÇÃO NATURAL

Segundo inventário florestal realizado na região do rio Trombetas, a floresta caracteriza-se por ser relativamente homogênea, similares ao de outra floresta tropical úmida de terra firme (Salomão *et al.*, 1997). As famílias que se destacam com maior número de espécies são: Caesalpiniaceae (12 espécies); Sapotaceae (22 espécies) e as principais espécies que caracterizam o estrato vegetal emergente nessas florestas são: *Dionizia excelsa*, *Bertolletia excelsa*, *Cedrelinha cataenformis*. O subosque é aberto, com muitas espécies de palmeiras dominando o estrato mais inferior da mata.

3.5 SÍTIOS DE COLETA

Este estudo foi executado apenas em quatro Minas com áreas recuperadas da MRN: Papagaio, Papagaio Oeste, Saracá e Aviso, pois as demais minas são recentes e ainda estão em processo de exploração.

O delineamento experimental consistiu de 20 parcelas, cada uma medindo 10 m x 25 m, perfazendo 250 m², por parcela. Para este estudo foram selecionadas: seis parcelas da década de 80, englobando os plantios dos anos de 1982 a 1987, seis da

década de 90 que compreende plantios dos anos de 1992 a 1994 e, 1996 a 1998, seis da década de 2000, que compreende os plantios de 2000 a 2005, duas florestas primárias, uma em solo argiloso (Floresta Morro do Periquito) e a outra em solo arenoso (Floresta de Campina).

Informações adicionais sobre fatores de formação, textura, análise física e química do solo foram fornecidas pelo Dr. João Ferraz, Pesquisador da Coordenação de Pesquisas em Silvicultura Tropical do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA. A composição das espécies vegetais plantadas e espécies vegetais colonizadoras das áreas reflorestadas foram fornecidas pelo Dr. Rafael de Paiva Salomão, Pesquisador do Departamento de Botânica do Museu Paraense Emílio Goeldi - MPEG. Os dois Pesquisadores acima citados realizam monitoramento nas mesmas parcelas onde se realiza o estudo da fauna de invertebrados do solo – MRN.

3.5.1 COLETA DO MATERIAL

A metodologia utilizada teve como base o aparelho de Berlese-Tullgren (Berlese, 1905) específico para extração da mesofauna do solo, indicado, principalmente, para estudos qualitativos e quantitativos das espécies hemiedáficas e euedáficas (Handschin, 1955).

Em cada parcela foram coletadas cinco (5) amostras de serapilheira/solo (Figura 3) com auxílio de uma sonda de 7 cm x 7 cm (Figura 4 A), introduzida no solo a uma profundidade de 5 cm, colocadas em recipientes cilíndricos de 300 ml (Figura 4 B). As amostras foram coletadas preferencialmente no período matutino. No Laboratório de Meio Ambiente - MRN, as amostras foram pesadas para obtenção do peso fresco e transportadas em caixa de isopor para o INPA/Coordenação de Pesquisas em Ecologia, Laboratório de Pedobiologia, em Manaus.

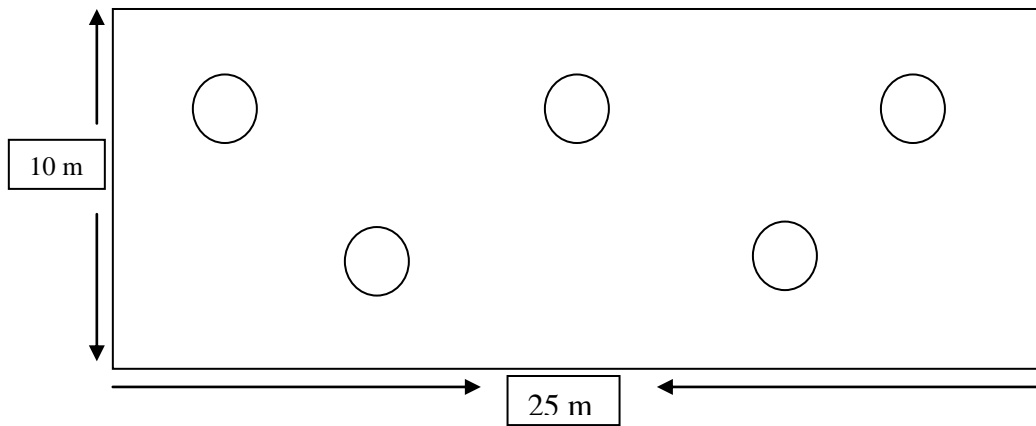


Figura 3 - Desenho esquemático de uma parcela com indicações dos pontos de amostragem de serapilheira/solo.



Figura 4 – Amostras de serapilheira/solo no interior da sonda (A), sendo colocada no recipiente (B). Foto: E. Oliveira

No laboratório de Pedobiologia/INPA/CPEC, as amostras foram colocadas individualmente em funis do aparelho extrator de Berlese-Tullgren (Figura 5 A), contendo uma tela no interior de cada um através da qual os animais passam e são recuperados em vidros de 67 ml com solução aquosa de formol a 1% (Figura 5 B), como líquido coletor. O material permaneceu no aparelho extrator por um período de oito dias. Após esse período, os animais foram retirados da solução de formol e fixados em álcool puro morno e armazenados em álcool 80% com 5 ml de glicerina, para

posterior triagem e identificação.

O processo para extração dos invertebrados é efetuado com calor, para obrigar os animais a descerem para a camada mais profunda do funil, caindo no vidro coletor. As lâmpadas de 40 Watts são ligadas a partir do 2º dia da colocação das amostras nos funis, elevando-se a temperatura diariamente, até atingir 45 °C, no 8º dia, quando termina o processo de extração.

Para este estudo foram consideradas as amostras coletadas nos anos de 2002 a 2006, na estação chuvosa e na estação seca, perfazendo cinco anos consecutivos.



Figura 5 –Aparelho de Berlese-Tullgren: Funil (A), vidro de 67 ml (B) Foto: E. Oliveira

3.6 IDENTIFICAÇÃO

Exemplares de Collembola foram clarificados em ácido láctico aquecido (Gisin, 1947; Massoud, 1967) e montados entre lâmina e lamínula com uma gota do líquido de Marc André (Massoud, 1967). As lâminas foram devidamente etiquetadas, contendo a localização da área, ano do plantio, data da coleta e coletor.

As espécies de Collembola foram identificadas adotando-se as chaves de especialistas do grupo: Gisin (1960); Salmon (1964); Massoud (1967); Betsch (1980);

Jordana & Arbea (1989); Oliveira (1994).

3.7 FATORES FÍSICOS

3.7.1 Teor de água retido nas amostras:

O teor de água retido no solo é medido segundo o método de Allen *et al.*, (1974). Após a coleta no campo, cada amostra foi pesada para obtenção do seu peso fresco e após a permanência de oitos dias no aparelho de Berlese-Tullgren, foram retiradas e pesadas para obtenção do peso seco. O teor de água retido na amostra foi calculado utilizando-se a seguinte fórmula: $UR = (PF - PS) / PS \times 100$, onde:

UR = teor de água retido; PF = peso fresco; PS = peso seco.

3.7.2 Temperatura (°C) do solo:

Em todas as áreas foi medida a temperatura na superfície do solo utilizando-se termômetro digital simples Salviterm 120 (-30 à 120 °C), paralelamente as tomadas das amostras de serapilheira/solo.

3.7.3 Temperatura (°C) e umidade do ar (%):

Em todas as áreas foram medidas a temperatura e umidade do ar com um higrômetro digital (Hygroterm), colocado a 30 cm de altura do solo, paralelamente a tomada das amostras para extração da fauna.

3.7.4 Precipitação pluviométrica:

Os dados da precipitação pluviométrica foram fornecidos anualmente pela Mineração Rio do Norte.

3.7.5 Distribuição de serapilheira (folhas) no solo

A distribuição de folhas no solo foi estimada seguindo-se a metodologia de Molofsky & Augspurger, (1992), que consiste na contagem das folhas no chão com auxílio de um estilete. Na extensão em diagonal de cada parcela, estica-se um fio de náilon formando um “X” (Figura 6, Figura 7) com marcações pretas de metro em metro, espetando-se e contando-se as folhas a cada metro nos dois fios esticados, totalizando

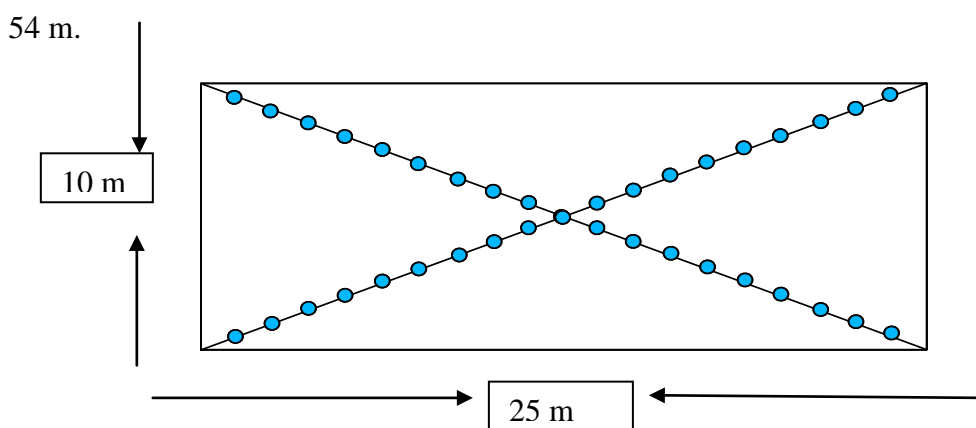


Figura 6: Desenho esquemático da parcela mostrando os dois fios de náilon para contagem das folhas onde, as bolas, representam a marcação de metro em metro.

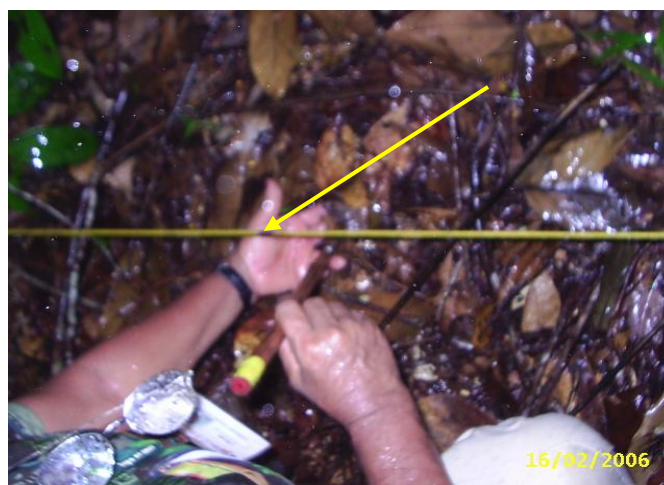


Figura 7: Ilustração da contagem de folhas no campo. A seta mostra um ponto com a marca preta no fio, no momento de espetar o estilete para coleta das folhas (E. Oliveira)

3.8 ANÁLISE DOS DADOS

- Para cada ano de reflorestamento e para as florestas foram calculados a soma total (Σ),

a média (χ) e o desvio padrão (δ) para cada espécie;

- A densidade de indivíduos foi calculada tomando-se em conta o número total de indivíduos de todas as coletas pela área da unidade de amostra (49 cm^2) extrapolando-se para 1 m^2 . Os dados são contagens as quais têm distribuição de Poisson, por isso foi necessário transformar estes valores utilizando-se $n = \log u$ (log neperiano), com o objetivo de normalizar os dados;

- A relação da densidade populacional de Collembola com os fatores micro-climáticos de temperatura do solo, temperatura e umidade do ar, teor de água da amostra, a média da serapilheira e a diversidade vegetal foram avaliados através do Coeficiente de Correlação de Spearman. O nível de correlação dos valores do coeficiente será delimitado de acordo com a tabela de Spearman (Motta & Wagner, 2003) calculadas no programa estatístico Systat versão 10;

- A população de Collembola nos plantios e nas florestas foi analisada com base na diversidade das espécies com a utilização de índices de diversidade: A diversidade de espécies foi calculada utilizando-se o índice de Shannon-Weaver ($H = - \sum p_i \cdot \log p_i$) onde $p_i = n_i/N$; n_i = valor de importância de cada espécie; N = total dos valores de importância;

- As espécies indicadoras foram identificadas para cada parcela através do método do valor indicador, INDVAL, (Dufrene & Legendre, 1997), que determina o grau (%) em que cada espécie preenche os critérios de especificidade (ocorrência em um único hábitat) e fidelidade (frequência dentro do hábitat) em cada parcela quando comparada com as demais. Os valores indicadores variam de zero (ausência de indicação) a 100 (indicação perfeita). Assim, quanto maior a porcentagem do valor indicador obtido, maior a especificidade e fidelidade daquela espécie e maior sua representatividade em relação àquela parcela. As espécies com valores indicadores

maiores que 70% (limite subjetivo adotado por Van Rensburg *et al*, 1999) foram então consideradas como indicadoras do área recuperada.

- $Indval = FO_{xj} * AR_{xj} * 100$, onde:

FO = Frequência de ocorrência

AR = Abundância relativa

x = espécie analisada

j = unidade amostral analisada

4 RESULTADOS

4.1 Análise qualitativa

A Tabela 1 mostra o número de subordens, número de famílias, de gêneros, de espécies e de morfoespécies de Collembola estudadas em 18 parcelas de reflorestamentos e em duas florestas primárias, sendo uma em solo argiloso e uma em solo arenoso em cinco anos consecutivo na Mineração Rio do Norte - PA.

As quatro sub ordens foram representadas neste trabalho por 12 famílias, 27 gêneros distribuídos em 17 espécies e 25 morfoespécies. Cada morfoespécie está identificada por uma numeração seqüencial dentro de cada gênero conforme a Tabela 1.

Entomobryomorpha englobou o maior número de famílias e de espécies, enquanto Poduromorpha e Symphypleona apareceram com o menor número de famílias.

Tabela 1 - Lista das espécies e morfoespécies de Collembola estudadas nas áreas da Mineração Rio do Norte, nos anos de 2002 a 2006.

Sub ordens	Famílias	Espécies/morfoespécies	
Poduromorpha	Brachystomellidae	<i>Brachystomella</i> sp	
	Neanuridae	<i>Neotropiella carli</i> Denis 1924 <i>Pseudachorutes</i> sp	
Entomobryomorpha	Onychiuridae	<i>Mesaphorura amazonica</i> Oliveira & Thibaud 1992	
	Entomobryidae	<i>Heteromurus</i> sp	
		<i>Mastigoceras camponoti</i> Handshin 1924	
		<i>Entomobrya wambae</i> Arlé 1959	
		<i>Entomobrya</i> sp 1	
		<i>Entomobrya</i> sp 2	
		<i>Entomobrya</i> sp 3	
		<i>Entomobrya</i> sp 4	
		<i>Lepidocyrtus</i> sp 1	
		<i>Lepidocyrtus</i> sp 2	
		<i>Lepidocyrtus</i> sp 3	
		<i>Lepidosira</i> sp	
		<i>Pseudosinella alba</i> Denis 1924	
		<i>Pseudosinella</i> sp 1	
		<i>Seira</i> sp	
		Paronellidae	<i>Paronella</i> sp 1
			<i>Paronella</i> sp 2
<i>Paronella</i> sp 3			
Cyphoderidae	<i>Campylothorax schaefferi</i> Börner 1906		
	<i>Salina celebensis</i> Cassagnau 1963		
	<i>Cyphoderus arlei</i> Cassagnau 1963		
	Isotomidae	<i>Isotomodes cf trisetosus</i> Winter 1963	
		<i>Isotomurus cf pseudosensillatus</i> Mendonça 1990	
		<i>Folsomides americanus</i> Denis 1931	
		<i>Folsomina onychiurina</i> Denis 1931	
		<i>Isotomiella symetrimucronata</i> Najt & Thibaud 1987	
		<i>Isotomiella similis</i> Oliveira & Deharveng 1990	
		<i>Isotomiella nummulifer</i> Deharveng & Oliveira 1990	
		<i>Isotomiella digitata</i> Deharveng & Oliveira 1990	
		<i>Isotomiella</i> sp 1	
		<i>Proisotoma oliveirae</i> Deharveng 1984	
		Symphypleona	Sminthuridae
<i>Amazoniatheca</i> sp 2			
<i>Neosminthurus</i> sp			
Sminthurididae	<i>Sphaeridia</i> sp 1		
Arrhopalitidae	<i>Arrhopalites</i> sp		
Dicyrtomidae	<i>Calvatomina</i> sp 1		
	<i>Calvatomina</i> sp 2		
Neelipleona	Neelidae	<i>Neelus</i> sp 1	
		<i>Neelus</i> sp 2	

4.2 Estrutura da comunidade de Collembola nos reflorestamentos

A estrutura da comunidade de Collembola foi analisada com base na densidade de cada espécie presente para cada ano de reflorestamento. A comunidade era constituída basicamente de indivíduos adultos, porém muitas formas jovens foram observadas, sem, contudo, separar os jovens dos adultos.

Das quatro sub ordens presentes neste estudo, Entomobryomorpha englobou o maior número de indivíduos, seguida de Neelipleona. É importante ressaltar que em Neelipleona, ocorreram duas espécies com densidade elevada de indivíduos. Entre os Entomobryomorpha, a densidade de indivíduos foi compartilhada pelas espécies: *I. symetrimucronata*, *I. similis*, *I. nummulifer*, *Folsomina onychiurina* e *Paronella* sp 2.

Maior número de indivíduos e de espécies ocorreu na estação chuvosa em comparação com a estação seca, onde, a maioria das espécies vêm ocorrendo desde o ano de 2002. Entretanto, outras espécies começaram a aparecer somente a partir do ano de 2005, constituindo as espécies raras. Houve, portanto, incremento anual de novas espécies.

A análise dos cinco anos de estudo mostrou que houve incremento anual de novas espécies, principalmente na estação chuvosa (Figura 8) enquanto na estação seca este incremento foi discreto e irregular, conforme a Figura 9.

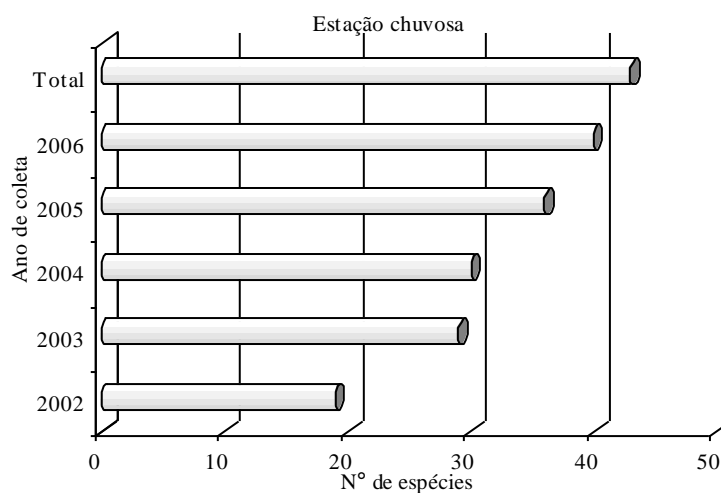


Figura 8 – Incremento do número de espécies por ano de estudo na estação chuvosa, no período de 2002 a 2006

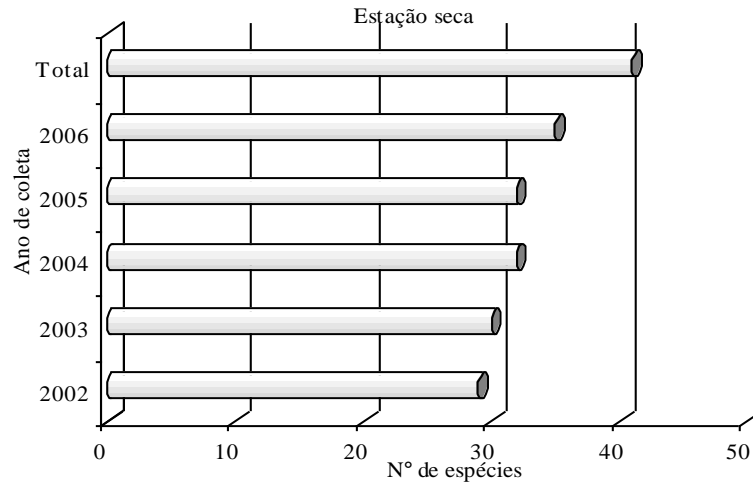


Figura 9 – Incremento do número de espécies por ano de estudo na estação seca, no período de 2002 a 2006

Das espécies estudadas, seis aumentaram em densidade de indivíduos a cada ano, fato este observado apenas na estação chuvosa, enquanto na estação seca este padrão não ficou definido, embora observando-se uma tendência de evolução no número de espécies anualmente. Destas espécies, apenas *Paronella* sp 2 pode ser considerada como uma espécie que vive associada a camada de serapilheira, enquanto as demais estão associadas a camada de húmus, encontradas mais profundamente no solo. As seis espécies estão representadas nas Figuras de 10 a 14.

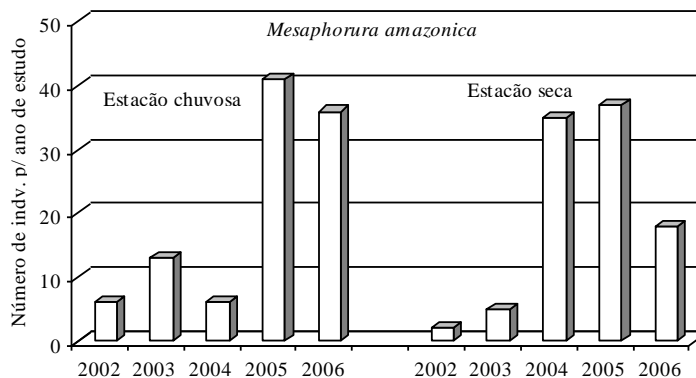


Figura 10 – Distribuição da espécie *Mesaphorura amazonica* nas áreas de estudo da MRN, nas estações chuvosa e seca, no período de

2002 a 2006.

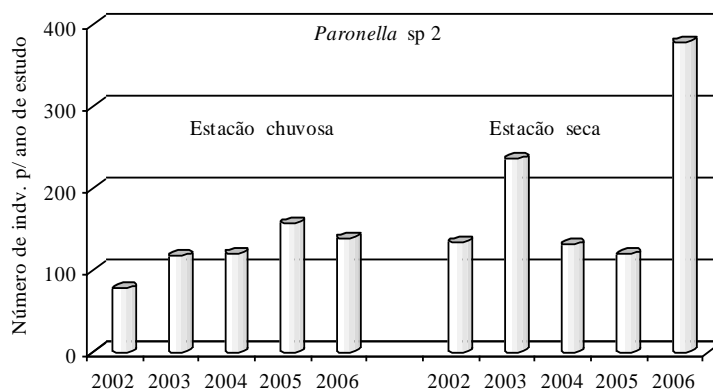


Figura 11 – Distribuição da espécie *Paronella* sp 2 nas áreas de estudo da MRN, nas estações chuvosa e seca, no período de 2002 a 2006.

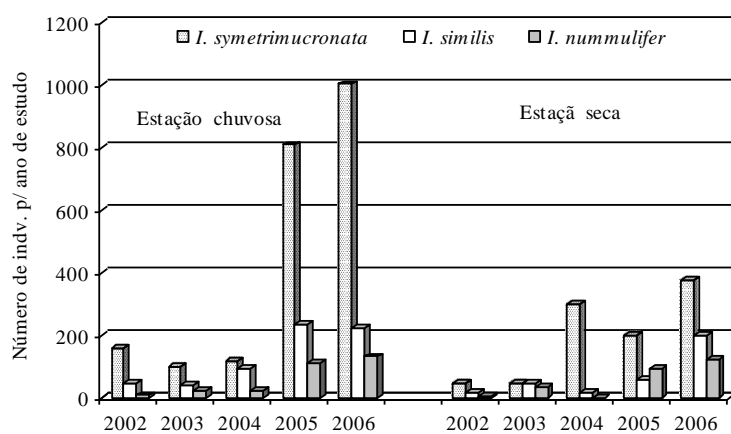


Figura 12 – Distribuição das espécies *Isotomiella symetrimucronata*, *I.similis* e *I. nummulifer* nas áreas de estudo da MRN, nas estações chuvosa e seca, no período de 2002 a 2006.

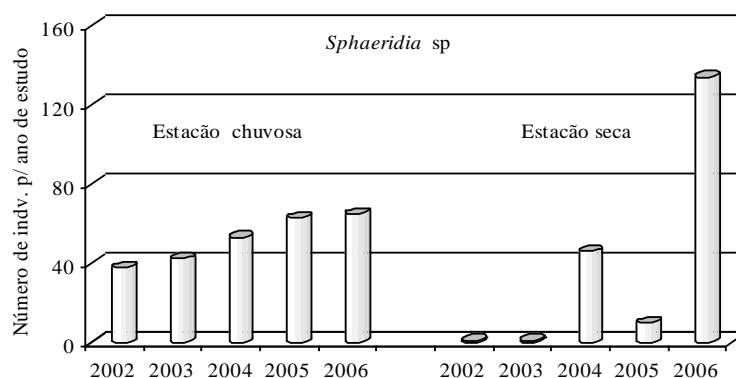


Figura 13 – Distribuição da espécie *Sphaeridia sp* nas áreas de estudo da MRN, nas estações chuvosa e seca, no período de 2002 a 2006.

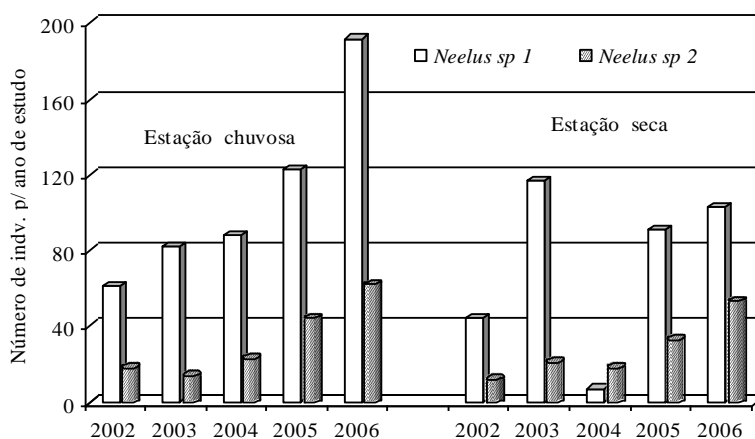


Figura 14 – Distribuição das espécies *Neelus sp 1* e *Neelus sp 2* nas áreas de estudo da MRN, nas estações chuvosa e seca, no período de 2002 a 2006.

4.3 Densidade populacional e frequência das espécies

Foi obtido um total de 12.670 indivíduos de Collembola, sendo 7.372 para a estação chuvosa e 5.298 para a estação seca, com padrão de distribuição das espécies mais elevado no período chuvoso.

Os resultados da densidade populacional das espécies de Collembola dos reflorestamentos estão mostrados na Tabela 2. Nesta tabela consta o número de indivíduos e riqueza de espécies para as estações chuvosa e seca, com o número total (Σ), a média (χ) e o desvio padrão (δ) para cada espécie nos anos de 2002 a 2006. Das 11 famílias registradas nesse estudo, a família Entomobryidae está representada por elevado número de gêneros e de espécies, correspondendo a aproximadamente 29% do total de indivíduos, seguida da família Isotomidae, com 21%.

Entre as espécies, algumas ocorreram com elevada densidade de indivíduos tanto na estação chuvosa quanto na seca: *I. symetrimucronata*, *F. onychiurina*, *I. similis*, *P. oliveirae*, *Paronella* sp 2, *Sphaeridia* sp, *Neelus* sp 1, *Mesaphorura amazonica*, *M. camponoti*, *Entomobrya* sp 1, *Lepidocyrtus* sp 1. Exceto *Lepidocyrtus* sp 1 e *Entomobrya* sp 1 ocorreram com elevada densidade apenas na estação seca.

Tabela 2 - Número de indivíduos por espécie de Collembola nas áreas da MRN, com o total (Σ), a média (χ) e o desvio padrão (δ) nas estações chuvosa e seca, no período de 2002 a 2006. Número total de indivíduos e riqueza de espécies para cada ano de estudo.

Espécies/Ano de estudo	Estação chuvosa								Estação seca							
	2002	2003	2004	2005	2006	Σ	χ	δ	2002	2003	2004	2005	2006	Σ	χ	δ
<i>Brachystomella</i> sp	10	2	35	10	8	65	13	12.7		3	1	2	71	77	19.3	34.5
<i>Neotropiella carli</i>	3	7	18	20	10	58	11.6	7.2		3	4	2	38	47	11.8	17.5
<i>Pseudachorutes</i> sp	5	3	7		3	18	4.5	1.9		3	4		15	22	7.3	6.7
<i>Mesaphorura amazonica</i>	6	13	6	41	36	102	20.4	16.9	2	5	35	37	18	97	19.4	16.3
<i>Heteromurus</i> sp		3	2	6	1	12	3	2.2	15		8		6	29	9.7	4.7
<i>Mastigoceras camponoti</i>		11	13	47	31	102	25.5	16.9	13	8	10	4	15	50	10.0	4.3
<i>Entomobrya wambae</i>	8	5	18	5	12	48	9.6	5.5	7	8	5	14	52	86	17.2	19.7
<i>Entomobrya</i> sp 1	22	5	22	9	20	78	15.6	8.0	11	11	9	9	81	121	24.2	31.8
<i>Entomobrya</i> sp 2	11	38	18	10	16	93	18.6	11.3	3	15	7	4	62	91	18.2	24.9
<i>Entomobrya</i> sp 3	12	13	10		6	41	10.25	3.1	9	4	2	8	37	60	12.0	14.3
<i>Entomobrya</i> sp 4			2		3	5	2.5	0.7				5		5	5.0	
<i>Lepidocyrtus</i> sp 1		13	7	16	28	64	16	8.8	30	17		30	77	154	38.5	26.4
<i>Lepidocyrtus</i> sp 2		2	11	5	4	22	5.5	3.9	19	37		2	5	63	15.8	16.0
<i>Lepidocyrtus</i> sp 3		7		17	13	37	12.3	5.0	10	14		1		25	8.3	6.7
<i>Lepidosira</i> sp		7	4	3	4	18	4.5	1.7	8	23	3	19	31	84	16.8	11.3
<i>Pseudosinella alba</i>			2		5	7	3.5	2.1			4	0	2	6	2.0	2.0
<i>Pseudosinella</i> sp 1		2				2	2	0.2				24		24	24.0	
<i>Seira</i> sp	4	4	2	2	27	39	7.8	10.8	1		5		13	19	6.3	6.1
<i>Paronella</i> sp 1				6	6	12	6									
<i>Paronella</i> sp 2	77	117	120	157	139	610	122	29.9	134	236	131	119	378	998	199.6	110.3
<i>Paronella</i> sp 3				15		15	15			4		19		23	11.5	10.6
<i>Campylothorax schaefferi</i>	30	3	8	1		42	10.5	13.3	3	8	2	26		39	9.8	11.1
<i>Salina celebensis</i>				1	3	4	2	1.4	8	10	2	6	6	32	6.4	3.0
<i>Cyphoderus arlei</i>		45	9	184	135	373	93.25	80.4	14	15	19	32	50	130	26.0	15.2
<i>Isotomodes trisetosus</i>				14	11	25	12.5	2.1								
<i>Isotomurus pseudosensillatus</i>				17	3	20	10	9.9	6		6		13	25	8.3	4.0

Continua na página seguinte

Continuação Tabela 2

<i>Folsomides americanus</i>				12	44	56	28	22.6	2	3	13	5	5	28	5.6	4.3
<i>Folsomina onychiurina</i>		71	17	121	332	541	135.25	137.9	8	61	118	88	73	348	69.6	40.5
<i>Isotomiella symetrimucronata</i>	161	102	118	808	1002	2191	438.2	432.2	50	50	300	199	378	977	195.4	147.1
<i>Isotomiella similis</i>	50	43	96	238	224	651	130.2	94.4	20	50	18	60	202	350	70.0	76.0
<i>Isotomiella nummulifer</i>	11	24	25	112	133	305	61	56.9	7	38	3	94	125	267	53.4	54.1
<i>Isotomiella digitata</i>					10	10	10				2	2		4	2.0	-
<i>Isotomiella sp 1</i>				4	2	6	3	1.4					6	6	6.0	
<i>Proisotoma oliveirae</i>	188	52	145	176	91	652	130.4	57.7	69	18	27	91	29	234	46.8	31.6
<i>Amazoniatheca sp 1</i>		9	2	14	12	37	9.25	5.3	6	1	1	1	25	34	6.8	10.4
<i>Amazoniatheca sp 2</i>		2	10	1	6	19	4.75	4.1	3	1	3	2	19	28	5.6	7.5
<i>Sphaeridia sp</i>	38	42	53	63	65	261	52.2	12.1	1	1	46	10	134	192	38.4	56.6
<i>Neosminthurus sp</i>	2			1	6	9	3	2.6		1		3	1	5	1.7	1.2
<i>Arrhopalites sp</i>			2		1	3	1.5	0.7			2		3	5	2.5	0.7
<i>Calvatomina sp 1</i>				4	1	5	2.5	2.1	1		1		11	13	4.3	5.8
<i>Calvatomina sp 2</i>				5	2	7	3.5	2.1					1	1	1.0	
<i>Neelus sp 1</i>	61	82	88	123	192	546	109.2	51.4	44	117	7	91	103	362	72.4	45.7
<i>Neelus sp 2</i>	18	14	23	44	62	161	32.2	20.3	12	21	18	33	53	137	27.4	16.2
Número de indivíduos	717	741	893	2312	2709	7372			516	786	816	1042	2138	5298		
Riqueza de espécies	19	29	30	36	40				29	30	32	32	35			

A análise da frequência das espécies nas áreas de estudo pode ser vista nas Figuras de 15 a 22. Cada espécie tem a mesma cor em todas as parcelas para facilitar a visualização da posição de frequência em cada área estudada, uma vez que a distribuição não é igual em todas as áreas. Nestas Figuras constam apenas as espécies que ocorreram com valor superior a 10 indivíduos.

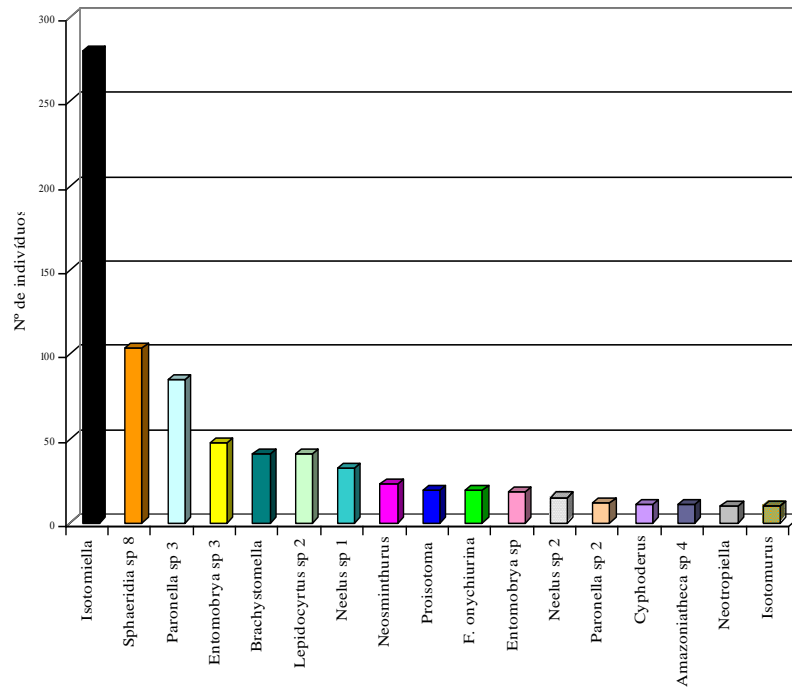


Figura 15 – Frequência das espécies dominantes na floresta do Periquito no período de 2002 a 2006.

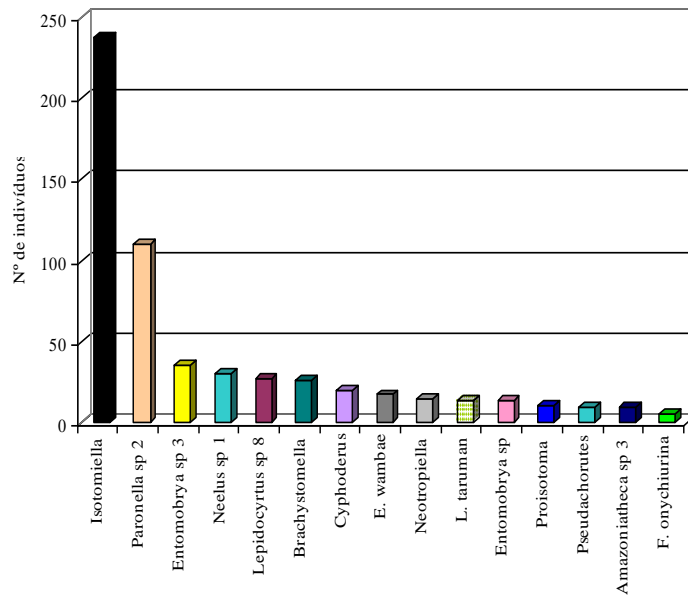


Figura 16 – Frequência das espécies dominantes na floresta da Campina NO período de 2002 a 2006

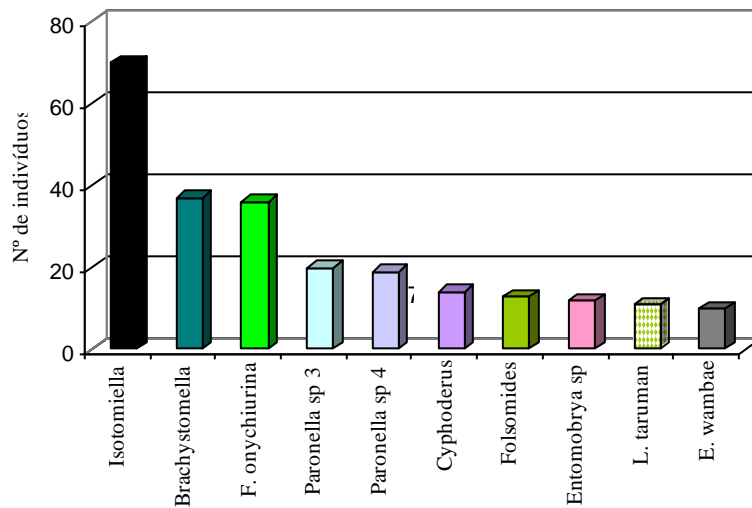


Figura 17 – Frequência das espécies dominantes no reflorestamento de 1984 período de 2002 a 2006

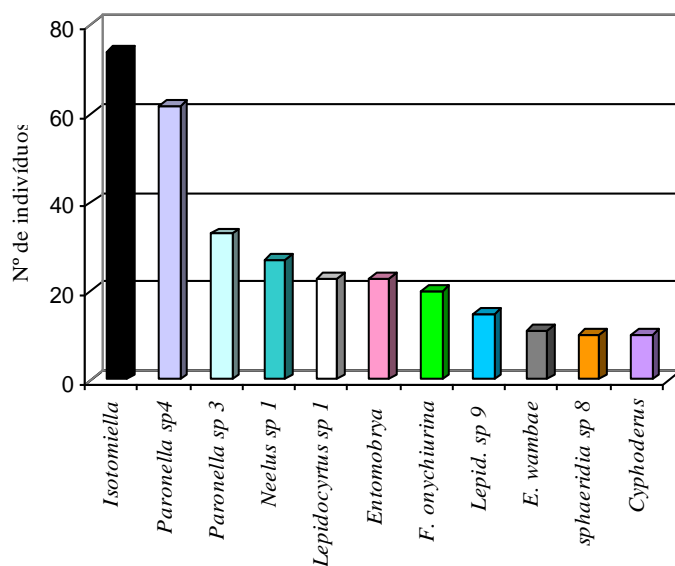


Figura 18 – Frequência das espécies no reflorestamento de 1987 no período de 2002 a 2006

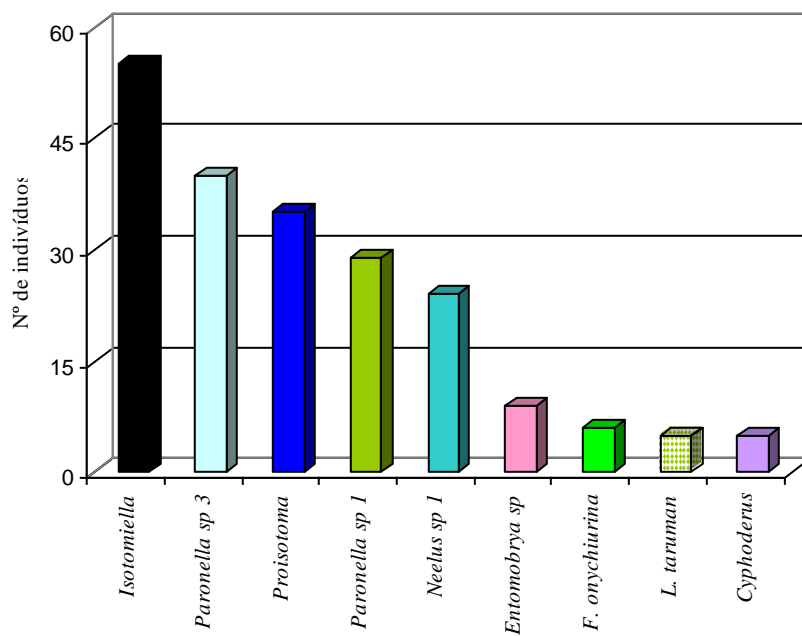


Figura 19 – Frequência das espécies dominantes no reflorestamento de 1993 no período de 2002 a 2006

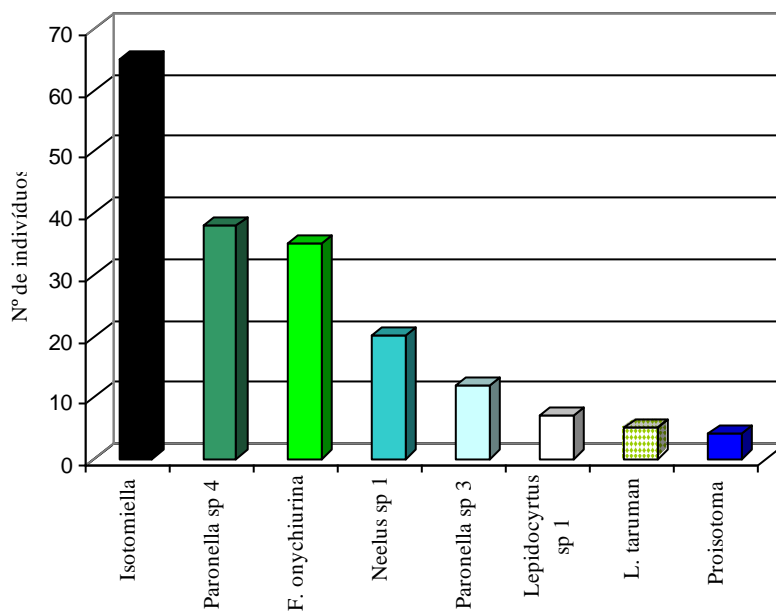


Figura 20 – Frequência das espécies dominantes no reflorestamento de 1996 período de 2002 a 2006

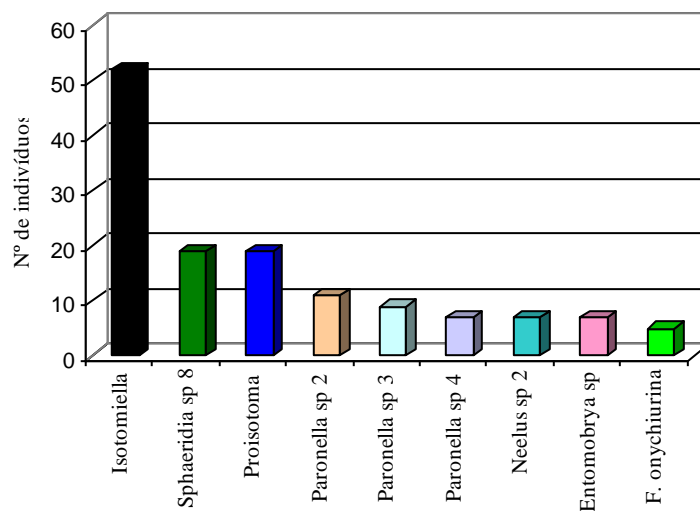


Figura 21 – Frequência das espécies dominantes no reflorestamento de 2001 no período de 2002 a 2006

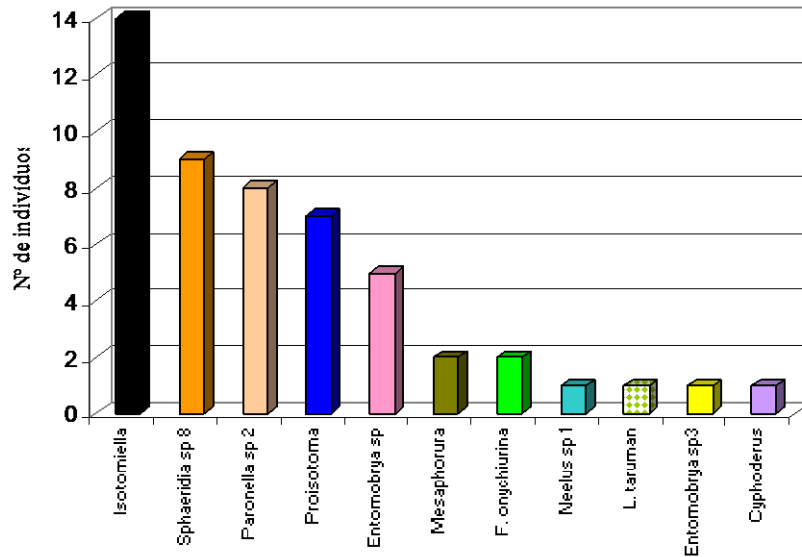


Figura 22 – Frequência das espécies dominantes no reflorestamento de 2004 no período de 2002 a 2006

Estes dados mostram *Isotomiella symetrimucronata* presente em todas as parcelas, ocupando sempre a primeira coluna, enquanto as demais espécies ocupam diferentes posições.

De todas as famílias registradas neste estudo, Isotomidae englobou espécies que mostraram estar adaptadas às áreas reflorestadas. Esta família é constituída de espécies diminutas, em sua maioria partenogéticas, sobretudo do gênero *Isotomiella*, o mais diversificado, que explora a camada mais profunda do solo, tornando-as menos vulneráveis aos predadores. Ao contrário, a família Entomobryidae engloba espécies maiores, normalmente de coloração vistosa habitantes da camada de serapilheira, e, portanto vulneráveis a muitos predadores, invertebrados como Formicidae e pequenos vertebrados principalmente sapos e lagartos.

Nos cinco anos de estudo foi possível verificar que a década de 80 aparece com maior número de indivíduos seguido da década de 90 e de 2000. A floresta aparece com menor número de indivíduos, mas isso se dá ao fato de que as coletas foram feitas em

apenas duas florestas primárias, enquanto nos reflorestamentos foram coletados em seis plantios de cada década, totalizando 18 parcelas reflorestadas (Figura 23).

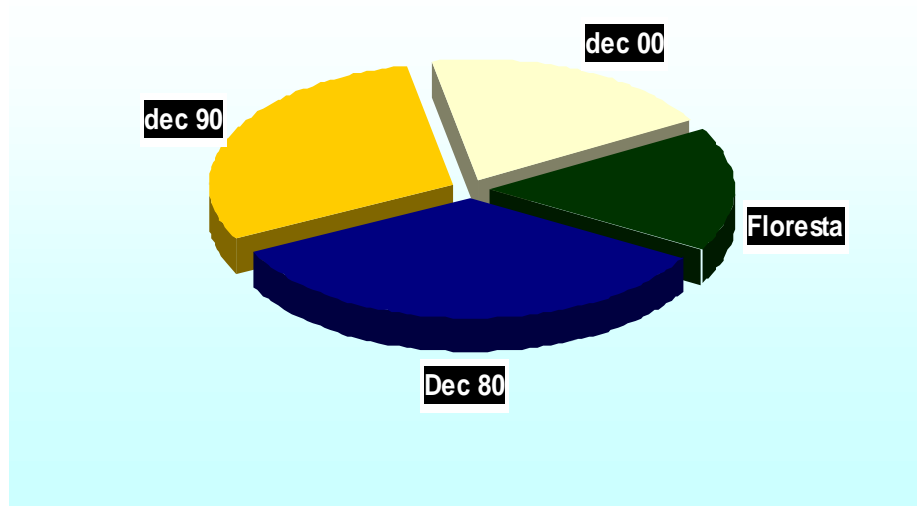


Figura 23 – Distribuição da densidade de indivíduos para as três décadas de reflorestamento e florestas no período de 2002 a 2006.

4.4 Identificação de espécies bioindicadoras

O valor indicador - INDVAL - tem como premissa determinar o grau de porcentagem para cada espécie a fim de indicá-la como bioindicadora da recuperação de um ambiente. Este índice foi aplicado para todas as espécies registradas nos anos de 2002 a 2006, mostrado nas Tabelas de 3 a 7 (anexos).

A Tabela 3 mostra os resultados encontrados para as espécies estudadas em 2002. Mais de 80% das espécies ficaram com índice menor que 10, registrando-se valores entre 10,39 % a 39,68 % para *Paronella sp 2*, *Cyphoderus arlei* e *Proisotoma oliveirae* para a década de 80. Valores mais elevados foram obtidos para a década de 90.

As florestas, consideradas ambientes em equilíbrio, exibiram porcentagens menores que as encontradas para a década de 90.

A Tabela 4 mostra os resultados encontrados para o estudo das espécies estudadas em 2003 com números baixos para a década de 80 e mais elevados para a década de 90 e 2000.

Os valores do INDVAL registrados para o ano de 2004 estão mostrados na Tabela 5, verificando-se valores mínimos para a década de 80 e mais elevados para a década de 90, onde *Isotomiella symetrimucronata* alcançou o valor de 47,83 % para o ano de 1998. Para a década de 2000, os valores foram mais elevados que os encontrados para a década de 80.

Na Tabela 6 consta os valores do indval para as coletas realizadas no ano de 2005, registrando-se valores mais elevados para a década de 80, tendo-se para os plantios de 1982, 1983, 1986 as porcentagens de 56,73; 57,07 e 54,89 para *Isotomiella symetrimucronata*. E para a mesma espécie registrou-se o valor de 64,08 no reflorestamento de 1996.

Finalmente, a Tabela 7 mostra os valores do indval encontrados para as espécies estudadas no ano de 2006, com o valor de 64,58 para *Isotomiella symetrimucronata* no reflorestamento de 1982. Valores que variaram de 41,88 % (ano de 1992) a 55,14 % (ano de 1998) foram encontrados para a mesma espécie para a década de 90.

4.5 Diversidade de Collembola versus Diversidade Vegetal

A riqueza de espécies de Collembola aqui representada é a simples contagem de espécies presentes em cada ambiente estudado. A riqueza das espécies variou de acordo com o nível de perturbação e/ ou de restauração dos ambientes analisados. Na floresta

primária do Periquito, teoricamente em equilíbrio, registrou-se a maior diversidade com um total de 36 espécies, seguida da floresta da Campina com 32. Nos reflorestamentos da década de 80 registrou-se um total de 26 espécies, com 23 para a década de 90 e 20 espécies para a década de 2000 (Tabela 8).

Vinte e sete espécies foram comum entre as cinco áreas estudadas; sete espécies estavam presentes apenas na floresta do Periquito, duas espécies ocorreram apenas na floresta da Campina e três espécies ocorreram somente nos reflorestamentos.

A aplicação do Índice de Shannon & Weaver aos dados no período de 2002 a 2006 nas estações chuvosa e seca para os reflorestamentos das décadas de 80, 90, 00 e florestas mostraram baixa diversidade para a maioria dos reflorestamentos (Tabela 9). Valores destacados em vermelhos indicam diversidade elevada para aquele ano.

Na floresta do Periquito o índice comprovou maior diversidade exceto para o ano de 2004 no período chuvoso. No período seco, a diversidade foi elevada apenas para os anos de 2002 e 2006.

Na floresta da Campina os resultados deste índice mostraram que a diversidade é mais baixa em comparação com a floresta em solo argiloso.

Nos reflorestamentos da década de 80, o índice de diversidade de Shannon-Weaver mostrou maior diversidade no período seco do ano de 2005, exceto para os reflorestamentos de 1985 e 1987. Na estação chuvosa, a maior diversidade foi registrada no ano de 2004 nos reflorestamentos de 1983 e 1987.

Menor diversidade foi registrada nos reflorestamentos da década de 90, enquanto para a década de 2000, este índice não revelou diversidade para os cinco anos de estudo. Com exceção de alguns reflorestamentos da década de 2000, muitos estão caracterizados por uma vegetação mais ou menos diversificada, onde foram plantadas espécies com boa produção primária, importantes para promover a cobertura do solo.

Na maioria destas parcelas a camada de serapilheira é espessa, promovendo menor variação dos fatores microclimáticos, importante para os grupos de invertebrados, sobretudo Collembola.

A fisionomia de alguns reflorestamentos é mostrada nas Figuras de 24 a 32 :

Reflorestamentos da década de 80 (Foto E. Oliveira)



Figura 24 - Ano de 1984



Figura 25 - Ano de 1986



Figura 26 - Ano de 1987

Reflorestamentos da década de 90 (Foto E. Oliveira)



Figura 27 - Ano de 1993



Figura 28 - Ano de 1994



Figura 29 - Ano de 1998

Reflorestamentos da década de 2000 (Foto E. Oliveira)



Figura 30 - Ano de 2000



Figura 31 - Ano de 2001



Figura 32 - Ano de 2003

4.6. Correlação de Spearman entre Collembola e fatores abióticos

A aplicação do teste de Correlação de Spearman revelou relação positiva e negativa entre algumas espécies de Collembola, assim como relação positiva e negativa entre algumas espécies com os fatores de temperatura do solo, umidade do solo e serapilheira no período de 2002 a 2006. As correlações positivas obtidas neste trabalho se destacam em vermelho e as correlações negativas em azul.

No ano de 2002 (Tabela 10 – anexo), para a década de 80 a espécie *Proisotoma oliveirae* se correlacionou positivamente com *Paronella* sp 2 e *F. onychiurina*. Correlações positivas foram encontradas entre *Isotomiella* com a temperatura do solo e com a camada de serapilheira; E a umidade do solo com *Paronella* sp 2 e *Proisotoma oliveirae*. Correlação negativa foi encontrada entre as espécies *F. onychiurina* e *Proisotoma oliveirae* com a camada de serapilheira.

Na década de 90 houve maior número de correlação: *I. symetrimucronata* que se correlacionou positivamente com *F. onychiurina*, com *P. oliveirae* e com a umidade do solo. Foi encontrada correlação positiva para *F. onychiurina* com a umidade do solo. Correlações negativas foram obtidas entre *C. arlei* com *P. oliveirae* e *F. onychiurina*. *I. symetrimucronata* se correlacionou negativamente com a temperatura do solo e distribuição de serapilheira no solo, enquanto *C. arlei* mostrou correlação negativa com a umidade do solo e positiva com a temperatura do solo.

No ano de 2003 (Tabela 11 - anexo) as correlações entre espécies foram encontradas para *M. camponoti* com *C. arlei* na década de 80; *I. symetrimucronata* com *Neelus* sp 1 e entre *P. oliveirae* com *F. onychiurina* para a década de 90; Enquanto na década 2000 as correlações positivas foram entre *I. symetrimucronata* com *F.*

onychiurina e com *Neelus* sp 1; entre *F. onychiurina* com *Neelus* sp 1. Correlações negativas foram encontradas para *F. onychiurina* com a temperatura do solo; *Proisotoma oliveirae* com a umidade do solo e com a distribuição de serapilheira. E *Neelus* sp 1 que se correlacionou negativamente com a temperatura do solo.

Na Tabela 12 (anexo) são mostradas as correlações para o ano de 2004, registrando-se correlações positivas entre *I. symetrimucronata* com *P. oliveirae* e com *Neelus* sp 2 e negativa entre *P. oliveirae* com *Neelus* sp 1 para a década de 80.

Para a década de 90, tem-se as seguintes correlações: Positiva entre *I. symetrimucronata* com *F. onychiurina* e *Neelus* sp 1 e com a temperatura do solo; *F. onychiurina* com a umidade do solo e distribuição de serapilheira; *Neelus* sp 1 com a temperatura do solo. Correlação negativa ocorreu entre *P. oliveirae* com a umidade do solo. E para a década de 2000, tem-se correlação positiva entre *P. oliveirae* com *I. symetrimucronata*; *I. symetrimucronata* com a umidade do solo e negativa com a temperatura do solo e com serapilheira. Correlação negativa para a espécie *Entomobrya* sp 1 com a umidade do solo e positiva com a temperatura do solo.

No ano de 2005 (Tabela 13 - anexo) foi observado o maior número de correlações. Para a década de 80: *I. symetrimucronata* correlacionou-se positivamente com *Neelus* sp 2, *C. arlei*, *M. camponoti* e com a serapilheira; *Neelus* sp 2 com *C. arlei* e com *M. camponoti*; *C. arlei* com *M. camponoti*. Foi obtida correlação positiva entre *Paronella* sp 2 com a umidade do solo e negativa com a temperatura do solo. Fraca correlação positiva entre *M. camponoti* com a serapilheira.

Década de 90: Forte correlação positiva entre *I. symetrimucronata* com *C. arlei* e *Neelus* sp 2; Positiva entre *C. arlei* com *Neelus* sp 2 e negativa com a serapilheira; Correlação positiva entre *P. oliveira* com *Neelus* sp 2 e negativa com a temperatura do solo e com a distribuição de serapilheira. Forte correlação negativa foi obtida entre

Neelus sp 2 com a temperatura do solo.

Década de 2000: Correlação positiva entre *I. symetrimucronata* com *P. oliveirae* e negativa com a umidade e temperatura do solo. Correlação negativa entre *F. onychiurina* com a temperatura do solo. *P. oliveirae* se correlacionou negativamente com *Neelus* sp 1 e com a umidade e a temperatura do solo; *Neelus* sp 1 se correlacionou positivamente com a umidade do solo.

Para o ano de 2006 (Tabela 14 - anexo), as correlações positivas foram registradas para *I. symetrimucronata* com *C. arlei*, *Neelus* sp 1 e negativa com a umidade do solo; *C. arlei* se correlacionou positivamente com *Neelus* sp e *Neelus* sp 2 e com a camada de serapilheira e correlação negativa com a umidade do solo; correlação positiva entre *Neelus* sp 1 com *Neelus* sp 2; Correlação negativa das espécies *Neelus* sp 1 e *Neelus* sp 2 com a umidade do solo.

Na década de 90 as correlações positivas foram encontradas entre: *I. symetrimucronata* com *F. onychiurina* e com a umidade do solo; entre *Neelus* sp 1 com temperatura do solo e serapilheira; *C. arlei* com a umidade do solo. E as negativas foram encontradas entre a distribuição de serapilheira com *F. onychiurina* e *C. arlei*.

Década de 2000: Correlações positivas entre *I. symetrimucronata* com *P. oliveirae* e entre *Neelus* sp 1 com a serapilheira; As correlações negativas foram obtidas entre a temperatura do solo com *I. symetrimucronata*, com *F. onychiurina*, com *P. oliveirae* e com *Neelus* sp 1. *I. symetrimucronata* se correlacionou negativamente com a serapilheira.

5. DISCUSSÃO

Neste estudo a composição qualitativa das espécies de Collembola foi dominada pela família Entomobryidae mostrando elevada diversidade de espécies, seguida pela família Isotomidae. Macambira (2001), estudando a comunidade de Collembola de duas florestas primárias na Amazônia Oriental, encontrou maior diversidade da família Entomobryidae, corroborando com os resultados obtidos neste estudo. Macambira (2001) ao utilizar amostras diretas como método seletivo para as espécies epigêicas registrou um total de 27 espécies de Entomobryidae. Esta diversidade aumentou, ao utilizar a metodologia de extração no aparato de Berlese-Tullgren, com 56 espécies no total. Oliveira (1994), ao utilizar simultaneamente três metodologias em florestas primárias e floresta secundária da Amazônia central, encontrou um total de 148 espécies, com amostragens mensais em período de dois anos. Câmara (2002) que estudou um fragmento florestal urbano na Amazônia central encontrou maior diversidade para a família Isotomidae seguida de Entomobryidae, utilizando a metodologia de extração no Berlese-Tullgren em um período de um ano, registrando 78 espécies de Collembola. O mesmo autor, ao utilizar a metodologia do Pitfall Traps na mesma área e mesmo período, encontrou diversidade muito mais elevada para a família Entomobryidae em comparação com as demais.

A diversidade de espécies registrada neste estudo é considerada baixa. Entretanto pode estar atribuída a vários fatores, considerando-se principalmente o período de amostragem. Enquanto nos estudos acima citados as amostragens foram realizadas mensalmente no período de 12 a 24 meses, neste estudo, as amostragens ficaram restritas a duas vezes por ano. Além do mais, os resultados aqui apresentados são provenientes de apenas uma metodologia. O próprio impacto causado pela extração da bauxita pode ter contribuído fortemente para estes resultados, dificultando a

colonização nas áreas por espécies mais raras, sobretudo nos reflorestamentos mais antigos que não tiveram a adição do solo superficial. Estudos com a comunidade de Collembola dos reflorestamentos e das florestas estão em andamento nas áreas da MRN, com a utilização de três metodologias, podendo refutar este resultado. Acioli (2001), que estudou a termitofauna nos reflorestamentos e floresta em solo argiloso da Mineração Rio do Norte, também registrou baixa diversidade de espécies, com a diversidade mais elevada na floresta, seguida dos reflorestamentos da década de 80 e 90, corroborando com os resultados obtidos para Collembola.

A estrutura da comunidade de Collembola pode ter sido influenciada de acordo com as mudanças sucessionais da vegetação e com a idade dos reflorestamentos. No caso dos reflorestamentos da Mineração, a idade variou de 1 a 25 anos. A estrutura da comunidade de Collembola está constituída principalmente por indivíduos adultos, mas registrou-se um elevado número de jovens, o que sugere forte dinâmica dos processos de mudanças da flora e da fauna. Estas mudanças tratam do crescimento da vegetação, produção primária, cobertura vegetal, menor variação dos fatores micro climáticos que vão atuar diretamente na dinâmica populacional de Collembola. Ao longo dos cinco anos de estudo, houve incremento anual da diversidade de espécies, mostrando que os processos sucessionais e a maturidade dos reflorestamentos começam a oferecer condições favoráveis para a colonização, reprodução e sucesso na permanência das espécies nestas áreas.

Estudo com a comunidade edáfica nas mesmas áreas reflorestadas mostrou a evolução dos grupos de invertebrados terrestres em um período de quatro anos com incremento anual de ordens de invertebrados (Oliveira, 2000). Mas, de onde as espécies de Collembola migraram para estas áreas reflorestadas ainda não está totalmente esclarecido. Algumas hipóteses podem evidenciar esta situação, citando-se

primeiramente a adição do solo superficial e, por este motivo, a diversidade dos reflorestamentos das décadas de 90 e 2000, a diversidade não é muito diferente dos reflorestamentos da década de 80, onde somente a partir de 1985 houve a adição do solo superficial; Fragmento florestal permanente próximo aos reflorestamentos favoreceu a uma migração mais rápida para estas áreas, fato este observado em parte para as décadas de 90 e 2000. As condições climáticas, fertilidade do solo e oferta de alimento são fatores importantes para que uma comunidade animal colonize e permaneça naquele ambiente. Câmara (2002) que estudou a estrutura da comunidade de Collembola em um fragmento florestal urbano concluiu que adultos e jovens de Collembola se alimentam de esporos e hifas de fungos, algas e detrito vegetal. Os resultados obtidos neste estudo mostraram muitos jovens, sobretudo nos reflorestamentos mais recentes. Uma análise do conteúdo estomacal de algumas espécies de *Isotomiella* mostrou a alimentação constituída basicamente de material amorfo e hifas de fungo nos reflorestamentos mais recentes. Isto indica que os fungos já colonizaram estas áreas, mas devem ocorrer em baixa densidade. Neste escopo, Collembola, além de participar do processo de decomposição da serapilheira, tem também a função de dispersão de fungos do solo em diferentes ambientes.

O padrão da densidade de indivíduos e a frequência das espécies nas áreas restauradas da Mineração Rio do Norte, pode ser entendido a partir do impacto causado na extração de bauxita e a forma de restauração destas áreas. É possível distinguir um padrão de distribuição onde algumas espécies aumentam em número de indivíduos nas áreas reflorestadas, caso típico para *Isotomiella.symetrimucronata*, *Folsomina onychiurina*, *Paronella* sp 2, *Proisotoma oliveirae* e *Sphaeridia* sp. Enquanto na floresta primária a frequência das espécies ocorreu de forma uniforme, nas áreas reflorestadas uma ou duas espécies ocorreram de forma irregular, onde aumentaram muito em

densidade e um grande número de espécies aparece com baixo número de indivíduos, situação esta encontrada neste estudo. Oliveira (1983) estudou as espécies epigêicas de Collembola em duas florestas primárias, uma floresta levemente perturbada, uma floresta secundária de seis anos e uma pastagem desativada e encontrou apenas na floresta secundária e na pastagem uma espécie que ocorreu com mais de 50 % do total de indivíduos, corroborando com os resultados obtidos para a Mineração Rio do Norte. Resultados semelhantes foram encontrados por Macambira (2001) para uma floresta levemente perturbada na Amazônia oriental.

De um total de 42 espécies registradas para as áreas estudadas, 11 estavam presentes apenas nas duas florestas e ocorreram com baixa densidade de indivíduos, constituindo as espécies raras. *Lepidocyrtus* sp 2, *Isotomodes trisetosus* e *Folsomides americanus* ocorreram apenas nos reflorestamentos. Oliveira (1994) estudando a distribuição de espécies em duas florestas primárias, uma em solo argiloso, uma em solo arenoso e uma floresta secundária de seis anos em solo argiloso, a espécie *F. americanus* ocorreu apenas na floresta em solo arenoso e na floresta secundária. A variação dos fatores microclimáticos nestas duas áreas era sempre mais elevada em comparação com a floresta em solo argiloso, corroborando com os resultados deste estudo. Os reflorestamentos mais recentes têm como característica elevada variação dos fatores microclimáticos porque são normalmente muito abertos, com vegetação de pequeno porte, portanto, considerados neste estudo como ambientes de estresse. Enquanto nos reflorestamentos mais antigos e em alguns da década de 90, os fatores microclimáticos não sofreram variações elevadas aproximando-se ao ambiente das duas florestas. Mesmo com as variações climáticas e a instabilidade dos reflorestamentos mais recentes, as seguintes espécies estavam presentes nos cinco ambientes estudados: *Brachystomella* sp, *M. camponoti*, *E. wambae*, *Entomobrya* sp 1, *Entomobrya* sp 2,

Lepidocyrtus sp 1, *Paronella* sp 2, *C. arlei*, *I. symetrimucronata*, *I. similis*, *F. onychiurina* *P. oliveirae*, *Sphaeridia* sp, *Neelus* sp 1 e *Neelus* sp 2, mostrando capacidade adaptativa a ambientes onde as condições climáticas ainda sofrem grandes variações, como no caso dos reflorestamentos mais recentes. Muito provavelmente, estas espécies constituem as primeiras colonizadoras dos reflorestamentos. Os resultados obtidos para Collembola são comparáveis aos registrados para Isoptera das áreas restauradas da Mineração Rio do Norte (Acioli, 2001)

Nos últimos 10 anos especial atenção tem sido voltada para a determinação de espécies de invertebrados como bioindicadoras da qualidade ambiental. Segundo Correia (2002), os invertebrados têm alto potencial de utilização como bioindicadores em virtude de sua elevada diversidade de espécies, evidenciada em vários estudos com diferentes grupos de invertebrados. Dentre todos os grupos de invertebrados, os insetos são considerados bons indicadores das transformações ambientais por apresentarem curto período entre gerações (Brown, 1997; Bruyn, 1999).

Embora os estudos com bioindicadores pareçam ser recentes, a utilização de Collembola evidenciando a qualidade agroecológica de solos vinícolas é muito antiga (Gisin, 1955), tendo sido provavelmente o primeiro grupo utilizado como bioindicador da qualidade do solo. Neste estudo, as espécies *I. symetrimucronata*, *I. similis*, *P. oliveirae*, *Neelus* sp 1 e *Neelus* sp 2, espécies encontradas na camada de húmus e também na serapilheira foram as que ocorreram com maior frequência, distribuídas em todos os ambientes. Embora estas espécies apresentem plasticidade ambiental, uma vez que ocorreram até em ambientes simplificados, como os reflorestamentos mais recentes, elas não preencheram as características de bioindicadoras por não alcançarem porcentagem maior que 70 %, valor exigido para as espécies bioindicadoras de qualidade ambiental, segundo Dufrene & Legendre (1997). Entretanto, pelos valores

encontrados para *Isotomiella symetrimucronata*, cuja porcentagem foi crescente nos cinco anos de estudo, sobretudo nos reflorestamentos da década de 80, ela pode ser considerada em estágio inicial de indicação da qualidade ambiental dos reflorestamentos. Os reflorestamentos, incluindo os de 2000 a 2004, são dotados de características de “aptos para o uso” de acordo com a definição de Larson & Pierce (1991). De acordo com Doran & Parkin (1994) a qualidade do solo deve sustentar a produtividade biológica mantendo a qualidade do meio ambiente e promovendo a saúde das plantas e dos animais. Levando em consideração estes dois conceitos, todos os estudos de monitoramento dos reflorestamentos da Mineração Rio do Norte, indicam que a maioria das parcelas estudadas estão “aptas para o uso” (Ferraz, 2000; Oliveira, 2000, Oliveira *et al.*, 2005; Salomão, 2000).

A elevada diversidade de Collembola registrada nos reflorestamentos, sobretudo nos da década de 2000, sugere que Collembolla inclui espécies indicadoras da qualidade do solo. Behan-Pelletier (1999) utilizou espécies de Acari Oribatida para definir a qualidade do solo de ecossistemas terrestres baseado na elevada diversidade e densidade de indivíduos mostrando que o aumento em população é um resultado de atividade humana, principalmente em áreas cultivadas. Comparando estes resultados com os obtidos neste estudo, pode-se considerar que o aumento da densidade de indivíduos de *I. symetrimucronata* nos reflorestamentos mais recentes evidenciou um distúrbio na qualidade do solo.

O Indval mostrou uma evolução gradativa da porcentagem de indivíduos desta espécie dos reflorestamentos mais antigos para os mais recentes, equiparando-se as duas florestas no quinto e sexto ano deste estudo. De um total de 42 espécies, 15 foram comuns entre as florestas e os reflorestamentos das três décadas e destas, nove são constituídas das formas hemiedáficas e euedáficas, encontradas na camada de húmus.

Segundo Conceição *et al.* (2005), a matéria orgânica tem sido sugerida como um indicador-chave da qualidade do solo. E é exatamente nesta camada onde ocorrem os processos de decomposição e liberação de nutrientes. A biomassa microbiana é outro atributo importante fortemente relacionada com a matéria orgânica associada a fertilidade do solo (Conceição *et al.*, 2005) e as 15 espécies estavam presentes neste compartimento onde se encontram estes atributos. A elevada riqueza de espécies de Collembola aqui registrada parece indicar um solo saudável, onde as espécies indicadoras respondem a qualidade do solo, pelo menos, nos reflorestamentos mais antigos.

A remoção de uma floresta original com elevada diversidade para substituir por uma floresta plantada com menor número de espécies vai atuar negativamente sobre vários fatores biológicos devido as fortes mudanças ocorridas naquela área. A extração da bauxita é um processo extremo de grande impacto na vegetação e no solo, resultando na diminuição e/ou desaparecimentos de grupos e espécies da comunidade edáfica. Apesar do grande impacto causado ao meio ambiente, as áreas são restauradas com espécies de árvores nativas com elevado número de espécies. Em algumas parcelas as espécies florestais não se estabeleceram e isto resultou em baixo aporte de serapilheira ao solo, elevando a variação dos fatores microclimáticos, dificultando a colonização das parcelas pela comunidade edáfica. A adição de solo superficial nos reflorestamentos a partir de 1985 foi um passo importante para promover a colonização de forma mais rápida tanto pela comunidade edáfica (Oliveira *et al.*, 2005) quanto pelas plântulas (Oliveira *et al.*, 2004).

Os resultados obtidos neste estudo mostram uma relação direta do tipo de reflorestamento com a diversidade de Collembola, verificando-se que a maior diversidade de Collembola foi encontrada nos reflorestamentos que em geral

apresentaram espessa camada de serapilheira. A privação do aporte de serapilheira ao solo, com efeitos negativos sobre a diversidade de Collembola, foi observada por Betsch (1991) em plantações na França. A baixa diversidade de espécies de Collembola registrada nos reflorestamentos da década de 2000 reflete a instabilidade não de todas as parcelas, mas das que tiveram mortalidade de muitas espécies plantadas. Molofsky & Augspurger (1992), mostraram que a espessura da camada de serapilheira e sua variabilidade no solo é de fundamental importância para a germinação de sementes e o estabelecimentos das plantas em um ecossistema. Neste estudo, foi encontrada elevada diversidade de espécies de Collembola nos plantios onde a serapilheira era espessa e diversificada.

Collembola são adaptadas a vida terrestre e sua exposição a ambientes onde as condições climáticas são extremas, pode afetar a vida destes animais. Por este motivo vários estudos mostram que os fatores microclimáticos atuam diretamente sobre a população de Collembola. Embora este grupo seja relacionado com ambientes onde a umidade do solo é alta, algumas espécies suportam ambientes com extrema temperatura (Oliveira, 2000).

Neste estudo, as espécies de Collembola com alto potencial de bioindicadoras de reflorestamentos mostraram correlações positiva e negativa com os fatores microclimáticos. As correlações positivas das espécies de Collembola com a serapilheira e com os fatores de temperatura e umidade do solo indicam a importância das espécies vegetais plantadas que contribuem para a cobertura do solo, com formação de microhabitat assim como disponibilidade de alimento para as espécies de Collembola.

6. CONCLUSÕES

A análise da comunidade de Collembola baseada na biodiversidade com a finalidade de indicar espécies bioindicadoras da qualidade do solo nas áreas restauradas da Mineração Rio do Norte, permite concluir que:

- O incremento da diversidade de espécies ao longo de cinco anos foi alcançado em função do cumprimento da Mineração Rio do Norte no propósito de restaurar adequadamente as áreas impactadas para devolver no futuro, uma vegetação que se aproxime da que existia antes do impacto;

- A estrutura da comunidade vegetal mostra os reflorestamentos em contínua mudança sucessional, o que favorece a fauna colonizadora daquelas áreas;

- A diversidade vegetal mostrou que os reflorestamentos são homogêneos, facilitando a colonização, estabilização, reprodução e diversificação da comunidade de Collembola;

- Quatro espécies de Collembola têm o potencial de no futuro próximo constituírem espécies bioindicadoras da qualidade do solo das áreas restauradas, pois os valores exigidos ainda não foram atingidos;

- Os resultados obtidos neste estudo mostram que o modelo de restauração empregado pela Mineração Rio do Norte está conduzindo à reabilitação da área.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acioli, A.N.S. 2001. Diversidade e distribuição de cupins (Insecta, Isoptera) em uma floresta primária e em reflorestamentos com árvores nativas em Porto Trombetas, Oriximiná, Pará- Brasil.
- Adis, J.; Ribeiro, M.O.A. 1989. Impact of deforestation on soil invertebrates from central Amazonian inundation Forest and their survival strategies to long-term flooding. *Bol. Mus. Emilio Goeldi*, Série. Zool., 5(1) 101-125.
- Almeida, D.S. 2000. *Recuperação ambiental da Mata Atlântica*. Ilhéus, Ed. Editus, 130p.
- Allen, S.E.; Grinshaw, H.M.; Parkinson, J.A.; Quarmby, C. 1974. *Chemical analysis of ecological materials*. Blackwell Scientific Publications, Oxford, 565p.
- Barbosa, E.M.; Miranda, I.P.A. 2000. *Monitoramento dos Reflorestamentos da Mineração Rio do Norte S.A.: Sucessão Vegetal*. Mineração Rio do Norte, Relatório Técnico, 58p.
- Behan-Pelletier, V.M. 1999. Oribatid mite biodiversity in agroecosystems: role for bioindication. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 74: 411-423.
- Berlese, A. 1905. Apparecchi per raccogliere presto in gran numero piccoli anthropodi. *Redia*, 2 :85-89.
- Betsch, J-M. 1980. Elements pour une monographie des Collemboles Symphypleone (Hexapodes, Apterygotes). *Memóires du Museum d'Histoire Naturelle*, N.S.A. Zoologie, 116: 1-27.
- Betsch, J-M. 1991. Effets de la privation des apports annuels de litière sur les Collemboles symphypléones epigés d'une forêt sur rendzine. *Rev. Ecol. Biol. Sol*, 28 (1): 41-49.

- Bohac, J. 1999. Staphylinid beetles as bioindicators. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 74:357-372.
- Boudreaux, H.B. 1979; *Arthropod phylogeny with special reference to insects*. John Willey & Sons (Ed), New York. 320p
- Brown, K.S.J. 1997. Insetos como rápidos e sensíveis indicadores de uso sustentável de recursos naturais. In: Matos, H. L. & Maia, N. B. (Coord), *Indicadores ambientais* Sorocaba, 266 p.
- Bruyn, L.A.L. 1999. Ants as bioindicators of soil function in rural environments. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 74: 425-441.
- Câmara, V.A. 2002. *Flutuação populacional, diversidade específica e alguns aspectos ecológicos da comunidade de Collembola (Hexapoda) em um fragmento florestal urbano – Manaus-AM, Brasil*. Dissertação de Mestrado INPA/UFAM, 121p.
- Cassagnau, P. 1971. *La phylogenie des Collemboles à la lumiere des structures endocrines retrocerebrales*. I Symposio Internacional de Zoofilogenia. Facultad de Ciencias, Universidad de Salamanca, pp. 333-349.
- Cassagnau, P.; Oliveira, E.P. 1992. Sur *Mastigoceras Camponoti* Handschim, Collembole Orchesellinae d'Amazonie. *Bulletin Societé Histoire Naturelle*, 128: 27-31.
- Christiansen, K.; Bellinger, P. 1998. *The Collembola of North America. North of Rio Grande*. Grinnell College, Grinnell, Iowa, pp.501-512.
- Conceição, P.C.; Amado, T.J.C.; Mielniczuk, J.; Spagnollo, E. 2005. Qualidade do solo em sistemas de manejo avaliada pela dinâmica da matéria orgânica e atributos relacionados. *R. Bras. Ci. Solo*, 29:777-788.
- Correia, M.E.F. 2002. Potencial de utilização dos atributos das comunidades de fauna e de grupos chave de Invertebrados como bioindicadores do manejo de ecossistemas.

- Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*, Documentos 157, Embrapa.
- Culik, M.; Zeppelini, D.F. 2003. Diversity and distribution of Collembola (Arthropoda: Hexapoda) of Brazil. *Biodiversity and Conservation*, 12: 1119-1143.
- Daniels, W.L. 1994. *Princípios para a restauração de áreas degradadas*. I Simpósio Sul-Americano e II Simpósio Nacional sobre Recuperação de Áreas Degradadas, Paraná, Anais do Simpósio p 3-4.
- Deharveng, L. 1996. Soil Collembola diversity, endemism and reforestation: a case study in the Pyrenees (France). *Conservation Biology*, 10 (1): 74-84.
- Deharveng, L; Oliveira, E.P. 1990. *Isotomiella* (Collembola, Isotomidae) D'Amazonie: Les Espèces Du Groupe Delamarei. *Annales Société Zoologique France*, 26 (2):185-205.
- Doran, J.W.; Parkin, T.B. 1994. Defining assessing soil quality. In: Doran, J.W.; Coleman, D.C. Bezdicsek, D.F. & Stewart, B.A. eds. *Defining soil quality for a sustainable environment*. Pp 3-32.
- Dufrêne, M.; Legendre, P. 1997. Species Assemblages and indicator species: The need for a flexible asymmetrical approach. *Ecological Monographs* 67 (3): 345-366.
- Ferraz, J. 2000. *Monitoramento dos Reflorestamentos da Mineração Rio do Norte S.A: Nutrientes do Solo*. Mineração Rio do Norte, Relatório Técnico, 69p.
- Franklin, E.N.; Morais, J.W.; Santos, E.M.R. 2001. Density and biomass of Acari and Collembola in primary Forest, secondary regrowth and polycultures in central Amazonia. *Andrias*, 15:141-154.
- Frighetto, R.T.S.; Valarini, P.J. 2000. *Indicadores biológicos e bioquímicos da qualidade do solo: manual técnico*. Embrapa Meio Ambiente. Documentos, 21. 198 p.
- Gama, M.M.; Oliveira, E.P. 1994. Systematique Evolutive Des *Xenylla*. XVI.

- Description d'une Nouvelle Espèce Provenant D'Amazonie (Insecta, Collembola).
Amazoniana, XVIII, (1-2):205-208
- Ganho, N.G.; Marinoni, R.C. 2005. A diversidade inventarial de Coleoptera (Insecta) em uma paisagem antropizada do Bioma Araucária. *Rev. Bras. entomol.*, 49 (4): 535-543.
- Gauer, U. 1995. Zur Taxonomie und Ökologie der Collembolenzoonosen der Schwarz- und Weibwasser-Uberschwemmungswälder (Igapó und Várzea) in Zentralamazonien. Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, 184p.
- Gisin, H. 1947. Notes taxonomique sur quelques espèces suisses des genres *Hypogastrura* et *Xenylla* (Collembola). *Mitt. Schweiz. Entomol. Ges.*, 20(4): 341-344.
- Gisin, H. 1955. Recherches sur la relation entre la faune endogée de Collemboles et les qualités agrologiques de sols viticoles. *Revue Suisse de Zoologie* 62 (37): 601-647.
- Gisin, H. 1960, Collembolenfauna Europas. *Mus. Hist. Natur. Genève*, 50: 1-312.
- Hammond, P.C.; Miller, J.C. 1998. Comparison of the biodiversity of Lepidoptera within three forested ecosystems. *Conservation biology and Biodiversity* 91(3): 323-328.
- Handschin, E. 1955. Considérations sur la position systématique des collemboles. *Mémoires de la Société Royale d'Entomologie de Belgique*, Tome Vingt-Septième, volume Jublaire, p. 40-53.
- Henning, W. 1981. *Insect Phylogeny*. John Wiley & Sons, New York. 514p.
- Holt, J.A. 1985. Acari and Collembola in the litter and soil of three north Queensland rainforest. *Australian Journal of Ecology* 10: 57-65.

- Hopkin, S.P. 1997. *Biology of the Springtails (Insecta: Collembola)*. Oxford University Press, New York, 322p.
- Jordana, A.; Arbea, J.I. 1989. *Chave de identificação de los géneros de Colémbola de Espana (Insecta: Collembola)*. Pamplona, Espanha. Universidade de Navarra, 19: 1-16.
- King, J.R.; Andersen, A.N.; Cutter, A.D. 1998. Ants as bioincators of habitat disturbance: validation of the functional group model for Australia's tropics. *Biodiversity and Conservation*, 7: 1627-1638.
- Kukalová-Peck, J. 1987. New Carboniferous Diplura, Monura and Thysanura, the hexapod ground plan and the role of thoracic side lobes in the origin of win (Insecta). *Canadian Journal of Zoology* 65: 2327-2345.
- Kristensen, N.P. 1975. The phylogeny of hexapod "orders". A critical review of recent accounts. *Zeitschrift fuer Zoologische Systematik und Evolutions forschung*, 13: 1-44.
- Kristensen, N.P. 1981. Phylogeny of insect orders. *Annual Review of Entomology*, 26, 135-157.
- Kotze, D. H.; Samways, M. J. 1999. Iinvertebrate conservation at the interface between the grassland matrix and natural Afromontane forest fragments. *Biodiversity and Conservation* 8: 1339-1363.
- Larson, W.E.; Pierce, F.J. 1991. Conservation enchancement of soil quality. In: International Board for soil Research and Manegement, 12., Bangkok, v. 2, 4p.
- Lewinsohn, T.M.; Freitas, A.V.L.; Prado, P.I. 2005. Conservação de invertebrados terrestres e seus hábitats no Brasil. *Megadiversidade* 1 (1):62-69.
- Macambira, M.L.J. 2001. *Colêmbolos (Hexapoda: Collembola) da Amazônia oriental: Taxonomia e Ecologia*. Tese de Doutorado, INPA/UFAM, 173 p.

- Majer, J.D. 1996. Ant recolonization of rehabilitated bauxite mines at Trombetas, Pará, Brazil. *J. Appl. Ecol.* 12: 257-273.
- Major, R.E.; Smith, D.; Cassis, G.; Gray, M.; Colgan, D.J. 1999. Are roadside strips important reservoirs of invertebrate diversity? A comparison of the ant and beetle faunas of roadside trips and large remnant woodlands. *Australian Journal of Zoology* 47 p.
- Mattoni, R.; Longcore, T.; Novotny, V. 2000. Arthropod monitoring for fine scale habitat analysis: a case study of the El Segundo dunes. *Environmental Management* 25: 445–452.
- Markert, B. 1993. *Plants as Biomonitors: indicators for heavy metals in the terrestrial environment*. Weinheim, VHC, 190 p.
- Massoud, Z. 1967. *Monographie des Collemboles Poduromorphes à pièces buccales modifiés*. Thèse de Doucteur de L'Université. Éditions du Centre National de la Recherche Scientifique, 399p.
- Massoud, Z. 1976. Essai de synthèse sur la phylogénie des collemboles. *Revue d'Ecologie et Biologie du Sol*, 13: 241-252.
- MRN 1998. *Reflorestamento*. Enviroment Report. Edição número 1, 34 p.
- MRN 2000. *Monitoramento dos Reflorestamentos*. Enviroment Report. Edção número 3, 28 p.
- MRN. 2002. *Mina Almeidas: Extraíndo bauxita e preservando o meio ambiente*. Enviroment Report. Edição número 06, 43 p.
- Molofsky, J.; Augspurger, C.K. 1992. The effect of leaf litter on early seedling stablishment in a tropical florest. *Ecology*, 73 (1):68-77.
- Moraes, F.T. 2000. *Borboletas como indicadores de sucesso de reabilitação de áreas degradadas por mineração de bauxita em Poços de Caldas, MG*. In: IV Simpósio

- Nacional sobre Recuperação de Áreas Degradadas, Blumenau - Sc, Anais do Simpósio p 194.
- Motta, V.T.; Wagner, M.B. 2003. *Bioestatística*. EDUCS, São Paulo: Robe Editorial, 201 p.
- Oliveira, E.P. 1983. *Colembolos (Insecta, Collembola) epigêicos como indicadores ecológicos de ambientes florestais*. Dissertação de Mestrado INPA/UFAM, Manaus, 104 p.
- Oliveira, E.P. 1994. *Le peuplement des Collemboles édaphiques en amazonie brésilienne: Systematique, Biogéographie et écologie*. Tese de Doutorado, Université Paul Sabatier, Toulouse/França, 200 p.
- Oliveira, E.P. 1997. *Monitoramento da mesofauna do solo para avaliação de áreas recuperadas com árvores nativas na Mineração rio do Norte* In: SOBRADE ed. Viçosa - MG : Editora Folha de Viçosa, p. 215-222.
- Oliveira, E.P. 1998. *Monitoramento dos Reflorestamentos da Mineração Rio do Norte S.A.: Mesofauna do Solo. Mineração Rio do Norte, Relatório Técnico, 66 p, ilustr.*
- Oliveira, E.P. 2000. *Monitoramento dos Reflorestamentos da Mineração Rio do Norte S.A.: Fauna do Solo. Mineração Rio do Norte, Relatório Técnico, 42 p.*
- Oliveira, E.P.; Deharveng, L. 1990. *Isotomiella (Collembola, Isotomidae) d'Amazonie: les Espèces Du Groupe Minor. Bulletin Muséum National Histoire Naturelle, France, 12 (1):75-93.*
- Oliveira, E.P.; Deharveng, L. 1995. Response of Soil Collembola (Insecta) Communities to Forest Disturbance in Central Amazonia Brazil. In: Bellan, D.; Bonin, G.; Emig, C. (Org.). *Functioning and dynamics of natural and perturbed ecosystems*, France, p. 361-376.
- Oliveira, E.P.; Macambira, M.L.J. 2002. Colêmbolos. In: LISBOA, Pedro L. B. (Org.).

- CAXIUANÃ Populações Tradicionais, Meio Físico e Diversidade Biológica.*
Belém-Pará, p. 503-510.
- Oliveira, E.P.; Macambira, M.L.J.; Zanuto, M.A. 2002. Colonização de Colêmbolos na torre de observação. In: LISBOA, Pedro L. B. (Org.). *CAXIUANÃ Populações Tradicionais, Meio Físico e Diversidade Biológica.* Belém-Pará, p. 511-515.
- Oliveira, E.P., Castilho, A.F. 2003. *Atributos biológicos indicadores da qualidade de solos recuperados com árvores nativas na Amazônia Oriental.* In: XXIX Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Ribeirão Preto – SP, **CD-ROM**, p.1 - 4
- Oliveira, E.P., Carvalho, J.; Castilho, A.F. 2004. Relação entre a serapilheira e o estabelecimento de plântulas em áreas reflorestadas com árvores nativas na Amazônia Oriental. In: XV Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água, Santa Maria - RS. **CD-Rom**, p.01 - 03
- Oliveira, E.P.; Castilho, A.F.; Serrano, M.B. 2005. *Em busca de grupos da mesofauna do solo como bioindicadores de áreas reflorestadas com árvores nativas da Mineração rio do Norte, Pará.* 6º Simpósio Nacional e Congresso Latino Americano sobre Recuperação de Áreas Degradadas, Curitiba, Anais do Simpósio p 452-453
- Oliver, I.; Beattie, A.; York, A. 1998. Spatial fidelity of plant vertebrate assemblages in multiple use forest in eastern Australia. *Conservation Biology*, 12: 822-835.
- Pais, M.P. 2003. *Artropodes e suas relações de herbivoria como bioindicadores nos primeiros estágios de uma recomposição de floresta estacional semidecidual em Ribeirão Preto, SP.* São Paulo, 114p.
- Paoletti, M.G. 1999. Using bioindicators based on biodiversity to assess landscape sustainability. *Agriculture Ecosystem and Environment*, 74: 1-18
- Pyle, R.; Bentzein, M.; Opler, P. 1981. Insect conservation. *Ann. Rev. Entomol.* 26: 233-

258.

- Reis, A.; Zambonin, R. M.; Nakazono, E.M. 1999. *Recuperação de áreas florestais degradadas utilizando a sucessão e as interações planta – animal*. Série cadernos da reserva da biosfera N° 14. Conselho Nacional da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica, São Paulo, 42p.
- Rezende, R.P.; Fonseca, C.E.L. 2005. *Aspectos determinantes no sucesso da recuperação de matas de galeria em propriedades rurais do Distrito Federal e entorno*. In: 6° Simpósio Nacional e Congresso latino Americano sobre Recuperação de Áreas Degradadas, Curitiba, Anais do Simpósio p 529-530.
- Richards, W.R. 1979. Collembola. *Mem. Ent. Soc. Can.*, 108: 300-330.
- Rodrigues, R.R.; Gandolfi, S. 2000. Conceitos, tendências e ações para recuperação de florestas ciliares. São Paulo. In: *Matas Ciliares Conservação e Recuperação*. pp 235-247, EDUSP.
- Salomão, R.P; Rosa, N.A.; Ferraz, J.; Matos, A.H.: 1997. *Uso de parcelas permanentes em reflorestamentos de diversas idades para avaliação da recuperação de áreas mineradas, Porto Trombetas, Oriximiná, Pará*. In: Sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas Degradadas – *SOBRADE*, Viçosa, 407-415.
- Salmon, J.T. 1964. An index to the Collembola. New-Zeland. *Bull. Royal Soc.* Vol. III: 1-651.
- Sauter, K. D.; Santos, H.R. 1991. Recuperação de solos degradados pela mineração de xisto, tendo como bioindicadores insetos da ordem Collembola. *Rev. Set. Ciênc. Agrár.*, 11 (1-2): 85-91.
- Schowalter, T.D. 1995. Canopy arthropod communities is relation to forest age and alternative harvest practices in western Oregon. *Forest Ecology and Management* 78: 115-125.

- Souza, P.A.; Venturin, N.; Macedo, R.L.G.; Carlos, L.; Higashikawa, E.M. 2005. Avaliação de leguminosas (Fabaceae) na recuperação de áreas degradadas. In: 6º Simpósio Nacional e Congresso latino Americano sobre Recuperação de Áreas Degradadas, Curitiba, Anais do Simpósio p 532-533.
- Stotk, N.E.; Eggleton, P. 1992. Invertebrates as determinants and indicators of soil quality. *American Journal of Alternative Agriculture*, 7: 38-47.
- Thibaud, J.-M.; Oliveira, E.P. 1988. Durée Du Developpment Postembryonne et Intermues et Temperatures Lethales Chez Les Insects Collemboles Neotropicaux. *Revue de Biologie et Ecologie du Sol*, 25 (2): 251-256.
- Tuxen, S.L. 1959. The phylogenetic significance of entognathy in entognathous apterygotes. *Smithsonian Miscellaneous Collections*, 137 p.
- Tuxen, S.L. 1970. The systematic position of entognathous apterygotes. *Anales de la Escutela Nacional de Ciencias Biologicas de Mexico*, 17: 65-79.
- Van Rensburg, B.J.; Mc Geoch, M.A.; Chown, S.L.; Jaarsveld, A.S. 1999. Conservation of heterogeneity among beetles in the Maputaland Centre of Endemism, South Africa. *Biological Conservation* 88: 145-153.
- Zeppelini, D.F.; Bellini, B.C. 2004. *Introdução ao estudo dos Collembola*. João Pessoa: Editora da UFPB. 82p.

ANEXOS

Tabela 3 – Índice indicador (%) aplicado às espécies de Collembola das duas florestas e das décadas de 80, 90 e 2000, das áreas da Mineração Rio do Norte, no ano de 2002.

2002 - Década de 80						
Indval	1982	1983	1984	1985	1986	1987
<i>Paronella</i> sp 2	15,11	14,69	13,98	18,95	39,68	10,39
<i>I. symetrimucronata</i>	6,18	7,68	6,99	12,39		8,77
<i>Cyphoderus arlei</i>	5,36	2,60	6,06	18,95	5,16	
<i>Proisotoma oliveirae</i>	18,13	1,47			8,73	2,14
<i>Sphaeridia</i> sp	7,42	1,80	5,59		7,14	7,60
<i>Entomobrya</i> sp 2		6,68	4,66	4,37	3,97	3,90
<i>F. onychiurina</i>	3,02	11,01	1,71	1,60		
<i>Astigoceras camponoti</i>		0,47	7,61	1,02		4,55
<i>Lepidocyrtus</i> sp 1		0,60	1,40		3,57	4,68
<i>Neelus</i> sp 1					3,57	5,84
<i>Lepidocyrtus</i> sp 3	0,55	4,54				1,82
<i>Isotomiella similis</i>	1,51			1,60		1,43
<i>Neotropiella carli</i>	1,37		2,33	0,73		
<i>Seira</i> sp	0,55	0,53	0,62			
<i>Calvatomina</i> sp 1			1,40			0,19
<i>Folsomides americanus</i>	0,69	0,33				0,32

2002 - Década de 90 e florestas								
Indval	1992	1993	1994	1996	1997	1998	Campina	Periquito
<i>Isotomiella symetrimucronata</i>	34,28	27,59	30,71	33,87	19,84	22,30	27,56	18,86
<i>Proisotoma oliveirae</i>	17,40	23,39	24,62	7,45		7,43	3,70	7,86
<i>Folsomina onychiurina</i>	6,86		13,56	10,84	17,46	3,19	9,46	1,57
<i>Paronella</i> sp 2	4,79	2,18					11,22	10,95
<i>Neelus</i> sp 1	1,73	6,87	0,91	2,22	5,19		3,37	3,86
<i>Cyphoderus arlei</i>	4,36	4,25		0,80	1,88	1,25	0,97	2,48
<i>Entomobrya</i> sp 2				0,62	0,72	0,97	1,12	9,52
<i>Sphaeridia</i> sp	2,59	0,49					1,68	0,43
<i>Amazoniatheca</i> sp 1	0,34	0,76	0,53	1,29			1,05	0,33
<i>Lepidocyrtus</i> sp 1			0,45	0,55	0,65		1,01	0,43
<i>Neotropiella carli</i>							1,87	1,19
<i>Salina celebensis</i>			0,10		0,58	0,77		0,76
<i>Entomobrya wambae</i>		0,65	0,10		0,29		1,05	
<i>Mastigoceras camponoti</i>	1,01	0,38			0,51			
<i>Mesaphorura amazonica</i>	0,14				0,43	0,87		
<i>Folsomides americanus</i>	0,24			0,31				

Tabela 4 – Índice indicador (%) aplicado às espécies de Collembola das duas florestas e das décadas de 80, 90 e 2000, das áreas da Mineração Rio do Norte, no ano de 2003.

2003 - Década de 80						
Indval	1982	1983	1984	1985	1986	1987
<i>Isotomiella symetrimucronata</i>	24,39	3,23	13,33	18,90	21,28	18,18
<i>Folsomina onychiurina</i>		2,87	3,56	2,10	8,51	8,82
<i>Proisotoma oliveirae</i>	4,07	2,69		0,66	1,77	
<i>Neelus</i> sp 1	10,84	17,20	3,56	11,90	9,46	16,16
<i>Cyphoderus arlei</i>	7,59		7,26	4,90	12,41	3,86
<i>Neelus</i> sp 2				0,79		0,41
<i>Entomobrya</i> sp 1		1,43	1,19	0,35	0,47	1,10
<i>Mesaphorura amazonica</i>		0,63			2,07	1,61
<i>M. camponoti</i>	2,17		3,56	0,70	0,95	0,37
<i>Entomobrya wambae</i>		1,61	1,33		0,53	1,24
<i>Paronella</i> sp 2			2,37			
<i>Lepidosira</i> sp	3,25	2,15	3,56	0,52	1,42	0,55
<i>Lepidocyrtus</i> 1			1,56	4,90	1,65	2,25
<i>Campylothorax schaefferi</i>			1,19		0,47	0,37
<i>Salina celebensis</i>		0,81	0,67	1,97	0,53	0,41

2003 - Década de 90						
Indval	1992	1993	1994	1996	1997	1998
<i>Isotomiella symetrimucronata</i>	27,81	16,05	12,00	13,04	10,42	14,75
<i>Folsomina onychiurina</i>	7,06	3,29	28,44	21,64	7,41	11,66
<i>Proisotoma oliveirae</i>	2,21	9,26	13,33	2,17		1,37
<i>Neelus</i> sp 1	8,83	14,27	4,74	10,05	11,11	27,69
<i>Paronella</i> sp 2	3,09					
<i>Cyphoderus arlei</i>	1,55	1,92	1,04	3,38	4,86	1,28
<i>Neelus</i> sp 2	0,66	1,23	0,67	0,43	1,04	1,64
<i>Entomobrya</i> sp 1	1,47	0,55	0,59			
<i>Mesaphorura amazonica</i>	1,03		0,52			
<i>Entomobrya wambae</i>	0,33	0,62		0,43	1,04	
<i>Lepidosira</i> sp	0,88	1,65		1,74	5,56	1,09
<i>Campylothorax schaefferi</i>	0,59	0,55		0,39		
<i>Salina celebensis</i>	0,33		1,33	0,43		

2003 - Decada de 2000 e florestas						
Indval	2000	2001	2002	2003	Campina	Periquito
<i>Isotomiella symetrimucronata</i>	20,00	33,33	50,91	20,00	34,38	25,24
<i>Folsomina onychiurina</i>	4,44	7,41	9,70		8,33	1,73
<i>Proisotoma oliveirae</i>	33,33	13,89	4,55	37,50	3,91	2,43
<i>Neelus</i> sp 1			11,31	22,22	10,42	7,77
<i>Paronella</i> sp 2	6,67				2,78	
<i>Cyphoderus arlei</i>			2,83		0,61	0,76
<i>Paronella</i> sp 1		1,85				1,29
<i>Entomobrya</i> sp 3			0,81		2,43	3,67
<i>Mesaphorura amazonica</i>				1,94		0,19
<i>Mastigoceras camponoti</i>					0,35	0,22
<i>Lepidocyrtus</i> sp 1		1,85				0,65

Tabela 5 – Índice indicador (%) aplicado às espécies de Collembola das duas florestas e das décadas de 80, 90 e 2000, das áreas da Mineração Rio do Norte, no ano de 2004.

2004 - Decada de 80						
Indval	1982	1983	1984	1985	1986	1987
<i>Isotomiella symetrimucronata</i>	11,90	11,94	38,28	13,79	18,00	15,22
<i>Proisotoma oliveirae</i>	13,16	8,25	15,42			3,43
<i>Neelus</i> sp 1				8,98	6,95	5,03
<i>Folsomina onychiurina</i>		1,02	8,55	2,36		2,97
<i>Cyphoderus arlei</i>		1,57	2,47	1,81	5,26	
<i>Mastigoceras camponoti</i>	2,26	2,12	2,59	0,82	1,89	1,03
<i>Entomobrya wambae</i>			0,41	1,81	3,16	4,58
<i>Paronella</i> sp 2		9,43				
<i>Entomobrya</i> sp 2					8,21	
<i>Mesaphorura amazonica</i>		0,86		1,00		3,78
<i>Paronella</i> sp 1	5,51					
<i>Neelus</i> sp 2		0,79			1,05	1,72
<i>Entomobrya</i> sp 1		0,94		1,09		1,37
<i>Campylothorax schaefferi</i>		1,65				

2004 - Decada de 90						
Indval	1992	1993	1994	1996	1997	1998
<i>Isotomiella symetrimucronata</i>	42,70	44,29	39,20	44,62	33,33	47,83
<i>Folsomina onychiurina</i>	5,38	0,98	1,56			8,92
<i>Proisotoma oliveirae</i>	1,77	4,51	9,42	2,43	8,10	
<i>Neelus</i> sp 1	3,25	3,31	5,92	6,23		10,07
<i>Paronella</i> sp 2	2,37					
<i>Cyphoderus arlei</i>	2,96	0,75	0,60			
<i>Entomobrya</i> sp	2,13	0,90			3,24	
<i>Paronella</i> sp 3	0,00	3,91				
<i>Entomobrya</i> sp 4	1,06	2,26	0,18			
<i>Mesaphorura amazonica</i>	1,30	0,83	0,99			
<i>Paronella</i> sp 7						2,29
<i>Entomobrya wambae</i>	1,77	0,75	1,20	0,81	1,35	

2004 - Decada de 2000 e floresta							
Indval	2000	2001	2002	2003	2004	Campina	Periquito
<i>Isotomiella symetrimucronata</i>	16,95	40,14	37,90	32,79	33,85	31,31	39,17
<i>Folsomina onychiurina</i>	23,19	10,24	13,24	3,36	2,11		2,28
<i>Proisotoma oliveirae</i>	4,01	8,06	20,06		6,07	4,78	3,95
<i>Mesaphorura amazonica</i>	5,89	6,70	0,93	0,95			0,96
<i>Entomobrya</i> sp 1	3,21	2,58	1,27		2,91	1,28	2,63
<i>Paronella</i> sp 2	2,50					5,95	
<i>Neelus</i> sp 1	3,93		2,57				1,45
<i>Paronella</i> sp 1		1,29					5,09
<i>Sphaeridia</i> sp				4,92			
<i>Cyphoderus arlei</i>	1,78				0,81	1,06	
<i>Neelus</i> sp 2						2,92	
<i>Calvatomina</i> sp 1					1,62		
<i>Entomobrya wambae</i>							1,32

Tabela 6 - Índice indicador (%) aplicado às espécies de Collembola das duas florestas e das décadas de 80, 90 e 2000, das áreas da Mineração Rio do Norte, no ano de 2005.

2005 - Década de 80						
Indval	1982	1983	1984	1985	1986	1987
<i>Isotomiella symetrimucronata</i>	56,73	57,07	47,44	37,43	54,89	30,43
<i>Folsomina onychiurina</i>	5,25	2,89	4,00	6,96	0,92	11,09
<i>Neelus sp 2</i>	4,91	3,34	9,62	5,70	2,45	3,26
<i>Cyphoderus arlei</i>	1,75	3,46	2,82	8,77	11,74	
<i>Neelus sp 1</i>	2,07	1,24	0,81	1,11	1,03	20,65
<i>Mesaphorura amazonica</i>	1,96	1,88	2,69	3,16	2,93	3,91
<i>Proisotoma oliveirae</i>	4,91	1,18	1,92	1,32	0,82	
<i>Paronella sp 2</i>	4,07	1,68	1,03	0,94	2,17	
<i>Mastigoceras camponoti</i>	0,36	4,06	0,64	1,17	1,36	
<i>Campylothorax schaefferi</i>	0,60	1,01	0,94	0,64	0,60	
<i>Lepidosira sp</i>	0,65	0,47	1,28	0,35	0,65	
<i>Entomobrya wambae</i>	0,00	0,31	0,51	0,70		1,74
<i>Entomobrya sp 1</i>	0,47	1,19	0,83		0,35	
<i>Folsomides americanus</i>	0,13	0,18	1,35			

2005 - Década de 90						
Indval	1992	1993	1994	1996	1997	1998
<i>Isotomiella symetrimucronata</i>	40,00	38,81	15,58	64,08	42,20	46,53
<i>Paronella sp 2</i>	11,73	4,75	3,64	3,11	9,71	10,30
<i>Proisotoma oliveirae</i>	14,00		24,11	0,73		1,49
<i>Cyphoderus arlei</i>	1,60	26,03	1,36		2,08	
<i>Neelus sp 2</i>	2,00	1,03	17,78	1,46	5,64	2,23
<i>Folsomina onychiurina</i>	1,13	1,94	2,48	7,43	3,44	11,78
<i>Neelus sp 1</i>		1,30	1,85	2,77	4,39	2,82
<i>Mesaphorura amazonica</i>		1,23	1,46	1,75	0,52	0,89
<i>Entomobrya wambae</i>	2,67			0,39	0,46	0,40
<i>Campylothorax schaefferi</i>	0,73		0,36		0,64	0,54
<i>Entomobrya sp 1</i>	0,87		0,21		0,38	0,64
<i>Lepidosira sp</i>	0,80			0,58	0,35	
<i>Mastigoceras camponoti</i>	0,67		0,32		0,29	
<i>Salina celebensis</i>		0,14		0,29	0,17	

2005 - Década de 2000 e floresta								
Indval	2000	2001	2002	2003	2004	2005	Campina	Periquito
<i>Isotomiella symetrimucronata</i>	60,78	41,67	52,63	37,66	35,90	44,16	25,77	27,59
<i>Neelus sp 1</i>	2,61	1,98	7,33	2,47	36,54	1,23	3,92	20,75
<i>Folsomina onychiurina</i>	9,00	0,89		5,52		38,08	1,75	
<i>Proisotoma oliveirae</i>	1,76	11,72	19,47	11,69		3,41		1,72
<i>Paronella sp 2</i>	13,49	9,17	1,96				9,90	5,52
<i>Mesaphorura amazonica</i>	2,47	2,81	3,16	1,17	6,92	3,51		2,07
<i>Neelus sp 2</i>		5,47					1,55	5,17
<i>Entomobrya sp 1</i>	0,76	0,68	0,23				1,34	1,49
<i>Cyphoderus arlei</i>			0,21	0,78	3,08			
<i>Neotropiella carli</i>							2,63	0,52
<i>Sphaeridia sp</i>				2,73				
<i>Entomobrya sp 1</i>		0,47					1,24	

Tabela 7 – Índice indicador (%) aplicado às espécies de Collembola das duas florestas e das décadas de 80, 90 e 2000, das áreas da Mineração Rio do Norte, no ano de 2006.

2006 - Década de 80						
Indval	1982	1983	1984	1985	1986	1987
<i>Isotomiella symetrimucronata</i>	65,58	37,20	25,47	46,91	39,25	37,65
<i>Neelus</i> sp 1	11,05	11,67	7,08	2,35	6,21	5,44
<i>Cyphoderus arlei</i>	4,19	12,54	3,26	4,63	4,91	7,00
<i>Folsomina onychiurina</i>		1,54	4,47	7,78	7,57	5,69
<i>Entomobrya</i> sp 1	1,67	3,07	3,91	4,07	3,36	5,15
<i>Brachystomella</i> sp		0,19	12,98	0,23	1,03	0,83
<i>Entomobrya wambae</i>		2,63	2,61	0,29	5,89	1,90
<i>Neelus</i> sp 2	0,84	3,48	4,10	1,73	0,56	1,27
<i>Mastigoceras camponoti</i>	0,70	2,56	0,93	0,93	1,40	
<i>Mesaphorura amazonica</i>	0,98	0,96	0,43	3,46	0,65	
<i>Folsomides americanus</i>		0,41		2,80	1,87	
<i>Seira</i> sp	0,30	0,67	2,42		0,61	
<i>Proisotoma oliveirae</i>	1,63	0,72		0,86		
<i>Paronella</i> sp 2		0,72	2,42			
<i>Lepidosira</i> sp	0,30		0,81	0,27		0,98
<i>Isotomurus pseudosensillatus</i>			0,62		0,47	0,15
<i>Paronella</i> sp 1		1,09				

2006 - Década de 90						
Indval	1992	1993	1994	1996	1997	1998
<i>Isotomiella symetrimucronata</i>	41,88	43,83	53,09	45,89	49,55	55,14
<i>Neelus</i> sp 1	12,35	3,52	6,67	3,29	17,97	12,43
<i>Folsomina onychiurina</i>	4,22	2,22	12,39	24,55	7,30	1,68
<i>Cyphoderus arlei</i>	0,54	3,24	1,26	1,62	4,05	2,80
<i>Entomobrya</i> sp 1	3,57	4,44	1,01		2,43	1,68
<i>Proisotoma oliveirae</i>	0,51	2,16	1,38	1,21		1,96
<i>Mastigoceras camponoti</i>	1,08	2,31	0,42	0,97	0,68	0,70
<i>Entomobrya wambae</i>	0,25	0,43			3,78	0,65
<i>Neelus</i> sp 2	3,03		0,67	1,30		
<i>Paronella</i> sp 2	0,07	3,70				
<i>Mesaphorura amazonica</i>	0,25		0,39	0,61	2,52	
<i>Folsomides americanus</i>	0,43	0,49	1,24	1,21		
<i>Paronella</i> sp 1	2,67					
<i>Seira</i> sp	0,94	1,60				
<i>Entomobrya</i> sp 3		1,30	1,10			
<i>Lepidosira</i> sp	0,23	0,80		0,28		
<i>Entomobrya</i> sp 2	1,19		0,08			

Continua página seguinte

Continuação Tabela 7

2006 - Década de 2000 e floresta								
Indval	2000	2001	2002	2003	2004	2005	Campina	Periquito
<i>Isotomiella symetrimucronata</i>	32,62	51,61	48,62	59,63	54,55	43,26	47,80	30,26
<i>Folsomina onychiurina</i>	7,70	14,52	8,26	10,73		27,00	1,44	1,52
<i>Neelus</i> sp 1	7,62		0,87	0,87	7,07	1,24	2,47	2,77
<i>Proisotoma oliveirae</i>	0,37			4,50	7,52	8,98	0,42	0,54
<i>Entomobrya</i> sp 2	2,41		4,13	2,48	2,23	2,35	1,98	2,21
<i>Mesaphorura amazonica</i>	1,12		8,35	1,28	2,31	0,30		
<i>Cyphoderus arlei</i>					6,82		2,25	0,92
<i>Seira</i> sp	0,70	2,10	1,79	1,19	2,69	0,71		0,30
<i>Paronella</i> sp 2	5,24						2,44	
<i>Paronella</i> sp 1		6,77						0,74
<i>Sphaeridia</i> sp		1,29						3,13
<i>Entomobrya wambae</i>	1,12		0,64	0,64			1,26	0,54
<i>Entomobrya</i> sp 1					0,25		2,16	1,52
<i>Lepidosira</i> sp	0,35		0,60		0,54	0,28	1,43	0,60
<i>Lepidocyrtus</i> sp 1								2,12
<i>Mastigoceras camponoti</i>			1,38				0,15	0,23

Tabela 8 - Lista das espécies de Collembola presentes (+), ausentes (-) e riqueza de espécies nas cinco áreas da MRN, no período de 2002 a 2006.

Espécies/Áreas	Fl. Periquito	Fl. Campina	Década 80	Década 90	Década 2000
<i>Brachystomella</i> sp	+	+	+	+	+
<i>Neotropiella carli</i>	+	+	+	+	-
<i>Pseudachorutes</i> sp	+	+	+	+	-
<i>Mesaphorura amazonica</i>	+	+	-	-	+
<i>Heteromurus</i> sp	+	+	+	+	-
<i>Mastigoceras camponoti</i>	+	+	+	+	+
<i>Entomobrya wambae</i>	+	+	+	+	+
<i>Entomobrya</i> sp 1	+	+	+	+	+
<i>Entomobrya</i> sp 2	+	+	+	+	+
<i>Entomobrya</i> sp 3	+	+	-	-	-
<i>Entomobrya</i> sp 4	-	+	-	-	-
<i>Lepidocyrtus</i> sp 1	+	+	+	+	+
<i>Lepidocyrtus</i> sp 2	-	-	+	+	+
<i>Lepidocyrtus</i> sp 3	+	+	-	+	+
<i>Lepidosira</i> sp	+	+	+	-	-
<i>Pseudosinella alba</i>	+	+	+	-	-
<i>Pseudosinella</i> sp 1	+	+	-	-	-
<i>Seira</i> sp	+	-	-	-	-
<i>Paronella</i> sp 1	+	-	-	-	-
<i>Paronella</i> sp 2	+	+	+	+	+
<i>Paronella</i> sp 3	+	-	-	-	-
<i>Campylothorax schaefferi</i>	+	+	-	+	-
<i>Salina celebensis</i>	+	+	+	-	-
<i>Cyphoderus arlei</i>	+	+	+	+	+
<i>Isotomodes trisetosus</i>	-	-	+	+	-
<i>Isotomurus pseudosensillatus</i>	+	+	+	-	-
<i>Folsomides americanus</i>	-	-	+	+	+
<i>Folsomina onychiurina</i>	+	+	+	+	+
<i>Isotomiella symetrimucronata</i>	+	+	+	+	+
<i>Isotomiella similis</i>	+	+	+	+	+
<i>Isotomiella nummulifer</i>	+	+	-	-	+
<i>Isotomiella digitata</i>	+	-	-	-	-
<i>Proisotoma oliveirae</i>	+	+	+	+	+
<i>Amazoniatheca</i> sp 1	+	+	-	-	-
<i>Amazoniatheca</i> sp 2	+	+	+	-	-
<i>Sphaeridia</i> sp	+	+	+	+	+
<i>Neosminthurus</i>	+	-	-	-	-
<i>Arrhopalites</i> sp	-	+	-	-	-
<i>Calvatomina</i> sp 1	+	-	-	-	-
<i>Calvatomina</i> sp 2	+	-	-	-	-
<i>Neelus</i> sp 1	+	+	+	+	+
<i>Neelus</i> sp 2	+	+	+	+	+
Riqueza de espécies	36	32	26	23	20

Tabela 9 – Índice de Shannon-Weaver aplicado às espécies de Collembola nas duas florestas e nos reflorestamentos das décadas de 80, 90 e 2000, nas estações chuvosa e seca, no período de 2002 a 2006.

		Florestas		
Estações	Ano	Periquito	Campina	
Chuvosa	2002	2,1	1,31	
	2003	2,31	2,07	
	2004	1,47	1,91	
	2005	2,09	2,34	
	2006	2,06	1,68	
Seca	2002	2,17	2,3	
	2003	1,96	1,6	
	2004	1,77	1,39	
	2005	1,84	1,79	
	2006	2,33	2	

		Década de 80					
Estações	Ano	1982	1983	1984	1985	1986	1987
Chuvosa	2002	1,49	1,72	1,63	1,1	0	1,65
	2003	1,31	1,37	1,73	1,51	1,7	1,98
	2004	1,44	2,01	1,57	1,5	1,95	2,08
	2005	1,48	1,42	1,4	1,9	1,3	0
	2006	1,11	1,77	1,89	1,81	1,71	1,53
Seca	2002	1,84	1,5	2,01	1,76	1,46	2,03
	2003	1,67	1,7	2,06	1,9	2,23	1,83
	2004	1,12	1,2	1,52	1,32	1,24	0,99
	2005	2,09	2,43	2,43	1,91	2,22	1,7
	2006	1,48	1,92	1,95	1,8	2,07	2,04

		Década de 90					
Estações	Ano	1992	1993	1994	1996	1997	1998
Chuvosa	2002	1,6	1,54	1,28	1,56	1,76	1,77
	2003	2,14	1,62	1,76	1,87	1,48	1,11
	2004	1,91	1,68	1,97	1,4	1,63	1,25
	2005	0	1,17	1,87	0,49	2	1,63
	2006	1,96	1,64	1,54	1,67	1,45	1,33
Seca	2002	1,77	1,58	1,84	2,22	1,87	1,19
	2003	2	1,79	1,62	1,79	1,49	1,51
	2004	1,9	1,74	1,89	1,03	0,83	0
	2005	1,91	1,34	2,12	1,54	1,45	1,43
	2006	1,95	1,44	2,22	1,16	1,72	1,42

Continua página seguinte

Continuação da Tabela 9

Década de 2000

Estações	Ano	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Chuvosa	2002	0	0	0	0	0	0
	2003	0.86	1.56	1.26	1.16	0	0
	2004	1.56	1.41	1.29	1.12	0.94	0
	2005	1.19	1.55	0.99	1.25	1.3	1.07
	2006	1.74	1.26	1.82	1.37	1.36	1.28
Seca	2002	0	0	0	0	0	0
	2003	0.96	1.04	1.15	0.69	0	0
	2004	1.4	1.36	1.25	0.99	1.68	0
	2005	1.39	1.44	1.39	1.78	0.96	0.94
	2006	1.61	0	0	0.86	1.59	1.78

Tabela 10 – Correlação de Spearman entre algumas espécies de Collembola e entre espécies com os fatores abióticos das décadas de 80, 90 e 2000 para o ano 2002

Década de 80 e florestas					
	<i>I. symetrim.</i>	<i>Paronella sp 2</i>	<i>F. onychiurina</i>	<i>C. arlei</i>	<i>P. oliveirae</i>
<i>I. symetrim.</i>	1.000				
<i>Paronella sp 2</i>	0.493	1.000			
<i>F. onychiurina</i>	0.062	0.594	1.000		
<i>C. arlei</i>	0.134	-0.045	0.281	1.000	
<i>P. oliveirae</i>	0.017	0.783	0.826	0.052	1.000
Umidade do solo	0.290	0.765	0.516	0.177	0.845
Temp. solo	0.522	0.324	-0.334	0.353	-0.135
Serapilheira	0.638	-0.235	-0.516	0.265	-0.507

Década 90				
	<i>I. symetrim.</i>	<i>P. oliveirae</i>	<i>F. onychiurina</i>	<i>C. arlei</i>
<i>I. symetrim.</i>	1.000			
<i>P. oliveirae</i>	0.836	1.000		
<i>F. onychiurina</i>	0.736	0.754	1.000	
<i>C. arlei</i>	-0.470	-0.552	-0.736	1.000
Umidade do solo	0.567	0.456	0.899	-0.806
Temp. solo	-0.736	-0.406	-0.429	0.588
Serapilheira	-0.559	-0.464	-0.086	0.383

Tabela 11 - Correlação de Spearman entre algumas espécies de Collembola e entre espécies com os fatores abióticos das décadas de 80, 90 e 2000 para o ano 2003

Década de 80

	<i>I. symetrim.</i>	<i>C. arlei</i>	<i>Neelus sp 1</i>	<i>M. camponoti</i>
<i>I. symetrim.</i>	1.000			
<i>C. arlei</i>	0.429	1.000		
<i>Neelus sp 1</i>	0.036	0.364	1.000	
<i>M. camponoti</i>	-0.018	0.709	0.000	1.000
Umidade do solo	0.334	0.371	-0.057	0.679
Temp. solo	0.000	0.357	0.837	0.218
Serapilheira	0.612	0.000	0.104	-0.520

Década de 90

	<i>I. symetrim.</i>	<i>F. onychiurina</i>	<i>P. oliveirae</i>	<i>Neelus sp 1</i>
<i>I. symetrim.</i>	1.000			
<i>F. onychiurina</i>	0.412	1.000		
<i>P. oliveirae</i>	0.403	0.638	1.000	
<i>Neelus sp 1</i>	0.907	0.395	0.493	1.000
Umidade do solo	-0.765	-0.086	0.174	-0.516
Temp. solo	0.647	0.143	-0.348	0.395
Serapilheira	0.242	-0.118	-0.687	0.188

Década de 2000

	<i>I. symetrim.</i>	<i>F. onychiurina</i>	<i>P. oliveirae</i>	<i>Neelus sp 1</i>
<i>I. symetrim.</i>	1.000			
<i>F. onychiurina</i>	0.775	1.000		
<i>P. oliveirae</i>	0.000	-0.258	1.000	
<i>Neelus sp 1</i>	0.949	0.816	0.211	1.000
Umidade do solo	0.400	0.258	-0.800	0.105
Temp. solo	-0.400	-0.775	-0.200	-0.632
Serapilheira	-0.258	0.333	-0.775	-0.272

Tabela 12 - Correlação de Spearman entre algumas espécies de Collembola e entre espécies com os fatores abióticos das décadas de 80, 90 e 2000 para o ano 2004

Década de 80

	<i>I. symetrim.</i>	<i>P. oliveirae</i>	<i>Paronella sp 3</i>	<i>Neelus sp 1</i>	<i>Neelus sp 2</i>
<i>I. symetrim.</i>	1.000				
<i>P. oliveirae</i>	0.570	1.000			
<i>Paronella sp 3</i>	-0.426	0.204	1.000		
<i>Neelus sp 1</i>	-0.481	-0.931	-0.158	1.000	
<i>Neelus sp 2</i>	0.530	0.000	-0.184	-0.075	1.000
Umidade do solo	-0.163	-0.441	0.154	0.375	0.358
Temp. solo	0.133	0.216	0.078	-0.317	0.204
Serapilheira	-0.110	-0.329	0.000	0.407	-0.117

Década de 90

	<i>I. symetrim.</i>	<i>F. onychiurina</i>	<i>P. oliveirae</i>	<i>Neelus sp 1</i>
<i>I. symetrim.</i>	1.000			
<i>F. onychiurina</i>	0.537	1.000		
<i>P. oliveirae</i>	0.368	-0.045	1.000	
<i>Neelus sp 1</i>	0.735	0.493	0.250	1.000
Umidade do solo	0.123	0.563	-0.770	0.277
Temp. solo	0.522	0.091	0.388	0.627
Serapilheira	0.157	0.906	-0.235	0.172

Década de 2000

	<i>P. oliveirae</i>	<i>I. symetrim.</i>	<i>Entom. sp 1</i>	<i>Neelus sp 1</i>
<i>P. oliveirae</i>	1.000			
<i>I. symetrim.</i>	0.821	1.000		
<i>Entomobrya sp 1</i>	0.289	-0.154	1.000	
<i>Neelus sp 1</i>	0.344	0.224	0.344	1.000
Umidade do solo	0.359	0.700	-0.667	-0.447
Temp. solo	0.051	-0.500	0.872	0.224
Serapilheira	-0.289	-0.616	-0.079	-0.057

Tabela 13 - Correlação de Spearman entre algumas espécies de Collembola e entre espécies com os fatores abióticos das décadas de 80, 90 e 2000 para o ano 2005

Década de 80

	<i>I. symetrim.</i>	<i>Neelus sp 2</i>	<i>C. arlei</i>	<i>Paronella sp 2</i>	<i>M. camponoti</i>
<i>I. symetrim.</i>	1.000				
<i>Neelus sp 2</i>	0.756	1.000			
<i>C. arlei</i>	0.756	0.550	1.000		
<i>Paronella sp 2</i>	0.419	0.012	-0.086	1.000	
<i>M. camponoti</i>	0.805	0.600	0.975	-0.025	1.000
Umidade do solo	0.394	0.173	-0.058	0.510	0.058
Temp. solo	-0.356	-0.063	0.038	-0.519	0.038
Serapilheira	0.577	0.254	0.423	0.332	0.592

Década de 90

	<i>I. symetrim.</i>	<i>C. arlei</i>	<i>P. oliveirae</i>	<i>Neelus sp 2</i>
<i>I. symetrim.</i>	1.000			
<i>C. arlei</i>	0.880	1.000		
<i>P. oliveirae</i>	-0.135	0.108	1.000	
<i>Neelus sp 2</i>	0.667	0.770	0.514	1.000
Umidade do solo	0.034	0.108	0.500	0.257
Temp. solo	-0.406	-0.493	-0.566	-0.912
Serapilheira	-0.412	-0.594	-0.609	-0.478

Década de 2000

	<i>I. symetrim.</i>	<i>F. onychiurina</i>	<i>P. oliveirae</i>	<i>Neelus sp 1</i>
<i>I. symetrim.</i>	1.000			
<i>F. onychiurina</i>	0.213	1.000		
<i>P. oliveirae</i>	0.771	-0.152	1.000	
<i>Neelus sp 1</i>	-0.086	-0.152	-0.543	1.000
Umidade do solo	-0.655	-0.417	-0.655	0.655
Temp. solo	-0.794	-0.688	-0.559	0.294
Serapilheira	-0.293	-0.311	-0.293	0.293

Tabela 14 - Correlação de Spearman entre algumas espécies de Collembola e entre espécies com os fatores abióticos das décadas de 80, 90 e 2000 para o ano 2006

Década de 80

	<i>I. symetrim.</i>	<i>C. arlei</i>	<i>Neelus sp 1</i>	<i>Neelus sp 2</i>
<i>I. symetrim.</i>	1.000			
<i>C. arlei</i>	0.707	1.000		
<i>Neelus sp 1</i>	0.695	0.602	1.000	
<i>Neelus sp 2</i>	0.386	0.752	0.636	1.000
Umidade do solo	-0.773	-0.655	-0.685	-0.540
Temp. solo	-0.180	-0.319	0.145	-0.188
Serapilheira	0.218	0.604	0.329	0.497

Década de 90

	<i>I. symetrim.</i>	<i>F. onychiurina</i>	<i>Neelus sp 1</i>	<i>C. arlei</i>
<i>I. symetrim.</i>	1.000			
<i>F. onychiurina</i>	0.580	1.000		
<i>Neelus sp 1o</i>	0.232	0.191	1.000	
<i>C. arlei</i>	0.324	0.358	-0.493	1.000
Umidade do solo	0.516	0.277	-0.339	0.625
Temp. solo	0.348	0.176	0.794	-0.179
Serapilheira	0.088	-0.552	0.582	-0.621

Década de 2000

	<i>I. symetrim.</i>	<i>F. onychiurina</i>	<i>P. oliveirae</i>	<i>Neelus sp 1</i>
<i>I. symetrim.</i>	1.000			
<i>F. onychiurina</i>	0.426	1.000		
<i>P. oliveirae</i>	0.896	0.493	1.000	
<i>Neelus sp 1</i>	0.279	0.191	0.448	1.000
Umidade do solo	0.471	-0.103	0.090	0.015
Temp. solo	-0.551	-0.928	-0.618	-0.522
Serapilheira	-0.552	-0.493	-0.409	0.567