

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGROECOLOGIA
CURSO DE MESTRADO EM AGROECOLOGIA

ALEXANDRA ROCHA DA PIEDADE

**SAZONALIDADE DA COMUNIDADE DE MACROFAUNA DO SOLO
EM UM GRADIENTE DE DEGRADAÇÃO DE FLORESTAS RIPÁRIAS NA
AMAZÔNIA ORIENTAL**

São Luís
2015

ALEXANDRA ROCHA DA PIEDADE

Engenheira Agrônoma

**SAZONALIDADE DA COMUNIDADE DE MACROFAUNA DO SOLO
EM UM GRADIENTE DE DEGRADAÇÃO DE FLORESTAS RIPÁRIAS NA
AMAZÔNIA ORIENTAL**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Agroecologia da Universidade Estadual do Maranhão, para a obtenção do título de Mestre em Agroecologia.

Orientador: Prof. Dr. Guillaume Xavier Rousseau

São Luís

2015

Piedade, Alexandra Rocha da.

Sazonalidade da comunidade de macrofauna do solo em um gradiente de degradação de florestas ripárias na Amazônia Oriental / Alexandra Rocha da Piedade.–São Luís, 2016.

66 f

Dissertação (Mestrado) – Curso de Agroecologia, Universidade Estadual do Maranhão, 2015.

Orientador: Prof. Dr. Guillaume Xavier Rousseau.

1.Mata ciliar. 2.Estação. 3.Engenheiros do solo. I.Título

CDU: 631.468(811)

ALEXANDRA ROCHA DA PIEDADE

**SAZONALIDADE DA COMUNIDADE DE MACROFAUNA DO SOLO
EM UM GRADIENTE DE DEGRADAÇÃO DE FLORESTAS RIPÁRIAS NA
AMAZÔNIA ORIENTAL**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Agroecologia da Universidade Estadual do Maranhão, para a obtenção do título de Mestre em Agroecologia.

Orientador: Prof. Dr. Guillaume Xavier Rousseau

Aprovada em: / /

Comissão Julgadora:

Prof. Dr. Guillaume Xavier Rousseau (Orientador)
Doutor em Biologia Vegetal
Universidade Estadual do Maranhão

Prof.^a Dr.^a Patrícia Maia Correia de Albuquerque
Doutora em Entomologia
Universidade Federal do Maranhão

Prof.^a Dr.^a Ester Azevedo da Silva
Doutora em Agronomia/Entomologia
Universidade Estadual do Maranhão

DEDICO

Aos que foram (Guilherme da Piedade Neto, meu amado e perseverante pai - *in memoriam*) e aos que chegaram (Anderson da Piedade Leite, meu amado filho).

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela graça da vida e certeza de que o Senhor é comigo.

A Guilherme da Piedade Neto, meu amado pai, cuja vida foi um legado para mim. Seus ensinamentos de humildade, paciência, coragem, alegria, bondade, respeito, ânimo, e, principalmente, fidelidade a Deus, sob qualquer circunstância, mesmo a beira da morte, levarei por toda vida. Até breve!

A minha mãe Maria Antonia Piedade Rocha e meus irmãos Adriana Rocha, Alesandra Rocha e Guilherme Júlio Rocha da Piedade, que juntos investiram em minha educação e a consideram como maior legado de um cidadão.

Ao meu amado André Leite, pelo constante companheirismo, incentivo, compreensão, paciência, generosidade, e, acima de tudo, por seu amor, que se expandiu e gerou um ser lindo e encantador, nosso filho Anderson.

Ao Programa de Pós-graduação em Agroecologia da Universidade Estadual do Maranhão, na figura de seus professores, coordenadores e funcionários, pelas oportunidades, ensinamentos e apoio técnico-científico. E em especial a Rayanne Cristine pelo constante auxílio e apoio nos processos burocráticos uemianos.

Ao meu orientador Prof. Dr. Guillaume Rousseau, pela paciência durante as inúmeras fases de minha vida, pelo exemplo de dedicação à ciência, pelos ensinamentos precisos e pela fonte de calma, que foram decisivos para a conclusão de mais essa etapa.

Ao grupo de pesquisa em “Restauração de matas ciliares as margens do Rio Pepital, Alcântara/MA”, em especial ao grupo ‘Macrofauna do solo’, formado anteriormente por Stefania Pinzon e Ananda Lu, pelo apoio e crescimento profissional e pessoal durante o tempo que trabalhamos juntas.

As antigas e novas amigas Dayrle Valle, Hozania Barnabé, Priscila Pereira, Amanda Gouveia, Hulda Rocha, Virley Sena, Suelen Rayane, Emanuely, Vivian Do Carmo, Thais Maira, Rafa Souza e Mônica Shirley Brasil, por susterem minhas lágrimas nos momentos de desânimo e tristeza na vida, pelos incontáveis e valorosos conselhos e pela generosidade. Porque o generoso prosperará, e quem dá alívio aos outros, alívio receberá.

Aos colegas da turma 2013 de mestrado e doutorado do PPG em Agroecologia: Eduardo Henrique Souza, Raimundo Nonato Santos, Marta Jordana Coelho, Elyz Regina

Rocha, Margareth Araújo, Rafaella Souza, Ivaneide Nascimento, Elizangela Sousa, Ceália Santos e Carlos César Sousa.

Ao mestre e doutorando Márcio Fernandes, pelo presenteável saber das conversas e auxílios estatísticos. Michela Costa, você também foi fundamental, eu não me esqueci!!!

Ao Prof. Jucivan Lopes, Gerente do Núcleo Geoambiental/UEMA, pelo fornecimento sem demora dos dados pluviométricos de Alcântara/MA e pelo incentivo.

E aqui o meu agradecimento às inúmeras outras pessoas não citadas, que me foram fonte de apoio, encorajamento e aconselhamento. Este parágrafo é dedicado a você, que sabe que contribuiu e que também está muito feliz com a nossa vitória...

Muito Obrigada!

“Nenhuma abundância de recursos resiste ao impacto de uma exploração sem retorno”.

Paulo Nogueira Neto
Naturalista e Professor

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Tabela 1	Comparação entre as larguras mínimas de Área de Preservação Permanente (APP) estabelecidas pelo Código Florestal nos diferentes anos	17
Quadro 1	Resumo da ANOVA fatorial da comunidade de macrofauna do solo	50
Quadro 2	Resumo da ANOVA fatorial dos parâmetros ecológicos da comunidade de macrofauna do solo	51
Quadro 3	Densidade (ind.m ⁻²) e índices ecológicos da comunidade de macrofauna do solo coletada nas estações seca e chuvosa em um gradiente de degradação de floresta ripária na Amazônia Oriental	52
Figura 1	Mapa esquemático de localização dos rios Pepital e Grande em Alcântara, Maranhão	53
Figura 2	Precipitação mensal (mm) registrada nos anos de 2012 e 2013 em Alcântara, Maranhão	53
Figura 3	Esquema de amostragem de transecto de linha para coleta de monólitos de solo	54
Figura 4	Curva de saturação da macrofauna do solo coletada em florestas ripárias de Alcântara, Maranhão	54
Figura 5	AEC da comunidade de macrofauna do solo de florestas ripárias nas estações seca e chuvosa. A) Diagrama de ordenação das estações. B) Círculo de correlações dos grupos taxonômicos	55
Figura 6	AEC da comunidade de macrofauna do solo ao longo do gradiente de degradação de florestas ripárias. A) Diagrama de ordenação dos níveis de degradação. B) Círculo de correlações dos grupos taxonômicos	56
Figura 7	Abundância de grupos funcionais da macrofauna do solo ao longo do gradiente de degradação em florestas ripárias da Amazônia Oriental	57
Figura 8	Abundância de grupos funcionais da macrofauna do solo ao longo do gradiente de degradação em florestas ripárias da Amazônia Oriental	58
Figura 9	AEC da comunidade de macrofauna do solo coletada nas estações seca e chuvosa ao longo de um gradiente de degradação de florestas ripárias na Amazônia Oriental. A) Diagrama de ordenação das estações nos níveis de degradação: baixo (1) e alto (2). B) Círculo de correlações dos grupos taxonômicos	59

SUMÁRIO

CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO GERAL	10
1 INTRODUÇÃO	11
2 REVISÃO DE LITERATURA	13
2.1 Matas ciliares	13
2.1.1 Conceito e terminologias no Brasil	13
2.1.2 Serviços ambientais fornecidos por matas ciliares	14
2.1.3 Legislação ambiental brasileira para proteção das matas ciliares	16
2.1.4 Degradação das matas ciliares e consequências ambientais	18
2.2 Macrofauna do solo	19
2.2.1 Conceito e importância ecológica	19
2.2.2 Impacto do uso da terra sobre a comunidade de macrofauna do solo	20
2.2.3 Sazonalidade dos artrópodes	21
REFERÊNCIAS	23
CAPÍTULO II – SAZONALIDADE DA COMUNIDADE DE MACROFAUNA DO SOLO EM UM GRADIENTE DE DEGRADAÇÃO DE FLORESTAS RIPÁRIAS NA AMAZÔNIA ORIENTAL	29
RESUMO	30
ABSTRACT	31
INTRODUÇÃO	31
MATERIAL E MÉTODOS	33
RESULTADOS	36
DISCUSSÃO	39
CONCLUSÕES	45
AGRADECIMENTOS	45
REFERÊNCIAS	46
QUADROS	50
FIGURAS	53
ANEXO – NORMAS DA REVISTA	60

INTRODUÇÃO GERAL

1 INTRODUÇÃO

Matas ciliares são formações vegetais que ocorrem ao longo das margens dos cursos de água, sendo protegidas pelo Código Florestal Brasileiro, descrito na Lei Nº 12.651/2012 (BRASIL, 2012a), por serem consideradas Áreas de Preservação Permanente (APP). Mesmo assim, grandes extensões desses ambientes foram drasticamente modificadas a partir do seu estado natural no Brasil e no mundo, posicionando-o entre os ecossistemas mais degradados e ameaçados (RADFORD et al., 2008).

A degradação é entendida como o resultado de uma ação antrópica que leva à redução da produtividade, da biomassa e da biodiversidade do ecossistema, sendo geralmente caracterizada pela redução na cobertura de árvores (SIMULA, 2009). Nesse caso, as constantes fragmentações e eliminação das matas ciliares verificadas no Brasil têm causado um aumento significativo no processo de erosão dos solos, com prejuízo à hidrologia regional, a redução da biodiversidade e a degradação de imensas áreas (BARBOSA, 2004). Desta forma, funções importantes das matas ciliares estão sendo prejudicadas, podendo ser destacadas: a regulação climática e hidrológica; a mitigação de desastres naturais; a regulação natural de pragas; o controle de erosão do solo; a polinização agrícola e não agrícola; o sequestro de carbono; e, o fornecimento de abrigo e/ou alimento para a fauna aquática e terrestre, o que auxilia na conservação da biodiversidade.

Vários estudos demonstram que as mudanças na vegetação ao redor dos corpos hídricos afetam a fauna de invertebrados associados (KATO et al., 2003; BAXTER et al., 2005), o que tem ocasionado perdas de biodiversidade em múltiplas escalas, que ainda se acentua com as mudanças climáticas (AYUKE et al., 2009), já que esses organismos possuem ritmos sazonais regulados principalmente por temperatura e precipitação (VASCONCELLOS et al., 2010).

De forma geral, a sazonalidade é um aspecto importante da estratégia da sobrevivência dos artrópodes do solo, usado para tirar maior proveito das condições ambientais (ARUN; VIJAYAN, 2004). Muitos desses organismos têm a sua maior abundância durante a estação chuvosa, contudo alguns grupos são capazes de se beneficiarem da condição de seca (PINHEIRO et al., 2002).

A exploração agrícola tradicional conhecida como ‘roça no toco’ tem sido a estratégia de sobrevivência da agrovila Pepital e adjacências ao longo da bacia hidrográfica

do rio Pepital, principal abastecedora de água do município de Alcântara/MA, o que tem contribuído para a degradação das matas ciliares nas margens, e principalmente no entorno das nascentes, com estágio de degradação considerado crítico. Além desse tipo de exploração, a produção de carvão e a extração de madeira e areia estão entre as principais causas de degradação, conforme relata Celentano et al. (2014).

A ausência de vegetação provocou interferências que alteraram o equilíbrio ecológico do rio Pepital, como, por exemplo, o arraste de partículas pela ação do vento e do escoamento superficial, o que vêm ocasionando assoreamento do corpo hídrico, e consequente diminuição gradativa de sua profundidade. Assim, observa-se que, dentre as funções exercidas pelas matas ciliares, a estabilização das margens e regulação da quantidade e qualidade de água nos rios têm sido prejudicada.

Diante disso, o objetivo deste estudo foi avaliar o efeito da sazonalidade sobre a comunidade de macrofauna do solo ao longo de um gradiente de degradação em florestas ripárias localizadas na Amazônia Oriental.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Matas ciliares

2.1.1 Conceitos e terminologias no Brasil

Existe uma diversidade de termos empregados no Brasil para se referir às florestas que ocorrem ao longo das margens dos rios (MARTINS, 2007), pois esta vegetação incide em todos os domínios morfoclimáticos e fitogeográficos do país, recebendo denominação de acordo com os aspectos fisionômicos da vegetação ou condições microclimáticas (DURIGAN, 1994; RODERJAN, 2003).

Mata ou floresta de galeria é um termo comumente empregado em regiões cuja vegetação das áreas adjacentes é predominantemente Campo ou Cerrado (MANTOVANI, 1989; KOBIYAMA, 2003). Os termos floresta de brejo e floresta ripária são usados em áreas em que os solos são inundados, respectivamente, em caráter permanente (TORRES et al. 1992) e periódico (RODRIGUES, 2004). Mata de condensação é constante em locais onde há acúmulo de neblina no fundo dos vales em um período do ano (MANTOVANI, 1989), enquanto os termos mata marginal, justafluvial ou ribeirinha refletem conceitos demográficos, se relacionando com a proximidade que existe com o rio (DURIGAN, 1994).

Entre tantos termos, mata ciliar tem sido o mais amplamente utilizado nas esferas científicas, nos meios de comunicação de massa e na legislação (DURIGAN, 1994), pois designa qualquer formação florestal ocorrente às margens de cursos d'água (RODRIGUES, 2004; KOBIYAMA, 2003), independente do regime de elevação do rio ou do lençol freático e do tipo de vegetação de interflúvio (MARTINS, 2007). Portanto, é considerado um termo geral, que não tem fundamento em nenhum conceito ecológico (DURIGAN, 1994), mas que evoca o fato de serem tão importantes para a proteção dos corpos d'água, como os cílios são para nossos olhos (MARTINS, 2007).

Ao longo desta revisão, empregaremos o termo mata ciliar, nos referindo a toda vegetação que margeia corpos d'água e está sob influência de flutuações do lençol freático, apresentando ou não, segundo a topografia local, áreas sujeitas a inundações periódicas (SALIS, 1990).

2.1.2 Serviços ambientais fornecidos por matas ciliares

Na literatura especializada, observam-se múltiplos significados do termo “serviços ambientais”, sendo que até o momento não se conseguiu padronizar a definição (BOYD; BANZHAF, 2007). Nesta revisão, optou-se pelo conceito do programa internacional Avaliação Ecosistêmica do Milênio (em inglês, Millennium Ecosystem Assessment/MEA), um dos mais comumente utilizados, que, segundo o qual, “são os benefícios que as pessoas obtêm dos ecossistemas” (MEA, 2005). De acordo com este programa, os serviços ambientais podem ser classificados em quatro categorias, que são: serviços de provisão ou abastecimento, serviços de regulação, serviços culturais e serviços de suporte (MEA, 2005).

Os serviços de provisão são definidos como os “produtos obtidos dos ecossistemas” (MEA, 2005). Nas matas ciliares, existe uma grande diversidade de plantas úteis (tais como, medicinais e alimentícias) das quais os seres humanos extraem uma variedade de produtos como alimentos, medicamentos, caça e fibras (FREMIER et al., 2013).

Os serviços de regulação se relacionam às características regulatórias dos processos ecossistêmicos (MEA, 2005). As matas ciliares concedem importantes serviços de regulação, que permitem aos seres humanos viverem em um ambiente estável, saudável e resistente. Dentre estes, podemos destacar:

- **Purificação da água:** as matas ciliares dificultam o escoamento superficial de partículas e sedimentos no solo, agindo como verdadeiros filtros. Desta forma, reduzem a entrada de fertilizantes e agrotóxicos para os corpos hídricos e promovem a absorção de nutrientes, o que contribui para a manutenção da qualidade da água nas bacias hidrográficas (LIMA; ZAKIA, 2004).
- **Regulação da quantidade de água:** as matas ciliares influenciam na manutenção da vazão dos cursos hídricos, pois, o dossel das árvores, intercepta a água das chuvas, aumentando a infiltração das águas do escoamento superficial no solo e liberando-as gradativamente para o lençol freático e corpos d’água (LIMA; ZAKIA, 2004).
- **Regulação hidrológica:** a vegetação transpira uma grande quantidade de vapor d’água, o que favorece a umidade do ar para a precipitação local (MORAN; OSTROM, 2009), constituindo, assim, um valioso papel na regulação hidrológica.

- **Regulação do clima:** por meio da fotossíntese, as florestas absorvem o gás carbônico da atmosfera e liberam o oxigênio. Esse carbono, juntamente com a água sob a luz do sol, se transforma em glicose, um tipo de açúcar utilizado como alimento pelas plantas. A captura, ou sequestro, do gás carbônico da atmosfera pelas matas ciliares é um mecanismo muito importante para evitar o aquecimento global, e conseqüentemente a mudança climática (VONADA; BORGES, 2011).
- **Regulação biológica:** as matas ciliares aumentam a complexidade da paisagem, ofertando maior quantidade de abrigo para os inimigos naturais e proporcionando barreiras à circulação de pragas. Desta forma, melhoram o serviço de regulação de pragas em áreas agrícolas e de polinização agrícola e não agrícola (AVELINO et al., 2012).
- **Controle de erosão:** o dossel e a serrapilheira interceptam e protegem o solo dos impactos da chuva, que cai por entre as copas das árvores, evitando ou reduzindo o escoamento superficial e a erosão do solo (MORAN; OSTROM, 2009).
- **Controle de enchentes, secas e desastres naturais:** devido a sua estratégica localização, as matas ciliares desempenham papel reconhecidamente importante na mitigação de desastres naturais, pois o emaranhado de raízes da vegetação contribui para a estabilidade das margens dos rios e da dinâmica hidráulica dos canais (LIMA, 2003), contendo, assim, as enxurradas e deslizamentos (LIMA; ZAKIA, 2004).

De acordo com o MEA (2005), os serviços culturais não fornecem benefícios materiais diretos à sociedade, mas contribuem para ampliar as necessidades, desejos e disposição de diversos segmentos da sociedade por ações de conservação. Dentro deste contexto, a estética natural das matas ciliares motiva o lazer e o ecoturismo, trazendo benefícios econômicos para a sociedade em escala local (NETO, 2008), com valor econômico direto nas escalas nacionais e internacionais (FREMIER et al., 2013). Tal integração move importantes questões sobre as estratégias mais adequadas e eficazes para a conservação e recuperação dessas áreas. De forma subjetiva, esse ecossistema está ligado à qualidade de vida das populações, não apenas pelas funções econômicas, mas pela possibilidade de promover a paz e conforto de espírito, ao proporcionar o enriquecimento cultural, histórico, educativo e científico (NETO, 2008).

Os serviços de suporte não fornecem benefícios diretos para os seres humanos, mas são essenciais para o funcionamento dos ecossistemas e, portanto, indiretamente responsáveis por todos os outros serviços (MEA, 2005). As matas ciliares interligam os fragmentos florestais funcionando como importantes corredores ecológicos para o movimento da fauna ao longo da paisagem e para a dispersão de propágulos vegetais (pólen e sementes), contribuindo para o fluxo gênico *in situ* e *ex situ* (OLIVEIRA, 2001; ARAUJO et al., 2004). Desta forma, essas florestas reduzem a probabilidade de que eventos ambientais imprevisíveis eliminem parte significativa das espécies e de seu patrimônio genético (RODRIGUES et al., 2009), e assim contribuem para a conservação da biodiversidade, que é tão importante para a manutenção dos demais serviços. Além disso, o efeito de filtragem de partículas e nutrientes transportados via solução proporcionada pela mata ciliar, confere estabilidade à microbacia em termos do processo de ciclagem geoquímica de nutrientes, tornando-o dinâmico (LIMA; ZAKIA, 2004).

A conservação da biodiversidade pode influenciar os demais serviços ambientais de duas maneiras. Primeiramente, a maior diversidade conduz geralmente a um aumento na quantidade global do serviço a ser prestado (BALVANERA et al., 2006). Ademais, o aumento da biodiversidade pode estabilizar serviços através da redução da variância ao longo do espaço e/ou tempo (TILMAN, 1999; YACHI; LOREAU, 1999). A relação positiva entre a diversidade e a estabilidade é observada através de uma série de serviços ambientais, incluindo a produção de biomassa (TILMAN et al., 2006; ISBELL et al., 2009), parasitismo (VEDDELER et al., 2010) e polinização (GARIBALDI et al., 2011).

2.1.3 Legislação ambiental brasileira para proteção das matas ciliares

No Brasil, a legislação ambiental prevê uma série de leis, resoluções e decretos que definem a largura de área preservada que deve ser mantida ao longo dos cursos d'água, as chamadas Áreas de Preservação Permanente (APP), que incluem as matas ciliares.

Dentre as legislações ambientais mais discutidas está o Código Florestal Brasileiro, que, mesmo com a nova redação dada pelas Leis Federais nº 12.651, de 25 de maio de 2012 (BRASIL, 2012a), e 12.727, de 17 de outubro de 2012 (BRASIL, 2012b), conservou como parâmetro para a delimitação da APP a ser mantida ao longo de cursos d'água sua largura. As referidas leis, dentre outras disposições, revoga a Lei nº 4.771, de 15 de setembro

de 1965 (BRASIL, 1965), a Lei n° 7.511, de 7 de julho de 1986 (BRASIL, 1986), a Lei n° 7.754, de 14 de abril de 1989 (BRASIL, 1989a), a Lei n° 7.803, de 18 de julho de 1989 (BRASIL, 1989b) e a Medida Provisória n° 2.166-67, de 24 de agosto de 2001 (BRASIL, 2001).

Em continuidade às aceções presentes no novo Código Florestal quanto às APPs, é oportuno transcrever o artigo 4° (BRASIL, 2012a; b), o qual estabelece a largura destas ao longo de cursos d'água: “as faixas marginais de qualquer curso d'água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular, em largura mínima de” (Tabela 1):

Tabela 1 - Comparação entre as larguras mínimas de Área de Preservação Permanente (APP) estabelecidas pelo Código Florestal nos diferentes anos.

Largura do rio	Larguras mínimas para preservação					
	Lei n° 4.771 de 15/09/65	Lei n° 7.511 de 07/07/86	Lei n° 7.803 de 18/07/89		Lei n° 12.651 de 25/05/12	
< 10 m	5 m	30 m	30 m		30 m	
10-50 m	= ½ da largura do rio	50 m	50 m		50 m	
50-100 m	= ½ da largura do rio	100 m				
100-200 m	= ½ da largura do rio	150 m		100 m	100 m	
> 200 m	100 m	= largura do rio	200-600 m	200 m	200-600 m	200 m
			> 600 m	500 m	> 600 m	500 m

Contudo, embora haja uma ampla legislação sobre o tema, nem sempre as condicionantes legais são respeitadas e, por vezes, o desrespeito se dá em razão da falta de clareza das próprias leis (ou das diferentes interpretações que a legislação faculta). Além disso, existe a dificuldade técnica de aplicação das leis, ou seja, delimitar as larguras de áreas de preservação ao longo dos cursos d'água, visto que cada curso, bem como cada bacia hidrográfica em que se situa, apresenta características únicas e distintas (MONTEIRO et al., 2013), o que expõe as matas ciliares à constante degradação.

2.1.4 Degradação das matas ciliares e consequências ambientais

A degradação é definida como o “resultado de uma ação antrópica que leva à redução da produtividade, da biomassa e da biodiversidade do ecossistema, sendo geralmente caracterizada pela redução na cobertura de árvores” (SIMULA, 2009).

Historicamente, os seres humanos têm usado os rios mais do que qualquer outro tipo de ecossistema (JUNGWIRTH et al., 2002). Dentre as causas da degradação das matas ciliares destaca-se a construção de barragens (SHAFROTH et al., 2002). Entre outras atividades humanas, pode-se citar ainda: canalização de rios; extração de areia; superpastoreio; desmatamento para expansão de áreas agrícolas e urbanas; extração de madeira sem manejo adequado; invasão de plantas exóticas; impactos do próprio lazer; bombeamento de águas subterrâneas; e, queimadas e incêndios criminosos (KRUEPER, 2000; MARTINS, 2007). Entretanto, a degradação da mata ciliar resulta em alterações significativas na prestação de importantes serviços ambientais (CHAN et al. 2006).

Dentre os serviços prejudicados, a mitigação de desastres naturais é notória. A destruição das matas ciliares tem propiciado aumento na possibilidade de inundações em áreas urbanas e rurais (HERRMANN; SILVA, 2008), como, por exemplo, as frequentes inundações verificadas na cidade de São Paulo, por causa do transbordamento dos rios Tietê e Pinheiros, observando-se o grave estado de degradação das matas ciliares (MARTINS, 2007).

Entre outras consequências do desmatamento das matas ciliares, destaca-se ainda a perda de capacidade de armazenamento de carbono da vegetação, que é de extrema relevância para a regulação climática. Na Planície Costeira da Carolina do Norte, observou-se que as matas ciliares conseguem armazenar somente 40% de sua capacidade potencial, com base nos 242 MgC/ha que poderiam ser armazenados caso a zona ribeirinha fosse composta apenas por floresta madura (RHEINHARDT et al., 2012). Assim, são observadas mudanças climáticas globais, registrando-se aumento na temperatura e irregularidade do regime de chuvas (WILLIAMS; MIDDLETON, 2008). Entre outras perdas, funções básicas como fornecer sombra, estabilidade e matéria orgânica para córregos e habitat para a fauna aviária e terrestre, têm sido em grande parte perdido ou oferecido de forma deficiente em milhares de localidades (KATTELMANN; EMBURY, 1996).

2.2 Macrofauna do solo

2.2.1 Conceito e importância ecológica

Entre os organismos que constituem a fauna do solo, a macrofauna compreende os invertebrados maiores que 10 mm de comprimento (LAVELLE et al., 1997) e/ou com diâmetro corporal maior que 2 mm (LAVELLE; SPAIN, 2001; VASCONCELLOS et al., 2013), e que atuam no conjunto serrapilheira-solo em pelo menos um estágio do seu ciclo biológico completo (AQUINO et al., 2008). Eles incluem diversos grupos taxonômicos, tais como: Oligochaeta, Isoptera, Diplopoda, Isopoda, Formicidae, Chilopoda, Coleoptera, Araneae, Gastropoda, etc. (VASCONCELLOS et al., 2013).

Os macroinvertebrados podem atuar como engenheiros do solo (JONES et al., 1994), uma vez que suas atividades de ingestão seletiva de partículas organo-minerais, produção de pelotas fecais, bioturbação do solo e escavação de galerias e câmaras modificam a disponibilidade e acessibilidade de recursos para outros organismos e exercem papel fundamental na morfologia e função do solo (JIMÉNEZ; LAL, 2006; JOUQUET et al., 2006; LAVELLE et al., 2006). Esses artrópodes podem agir ainda como: saprófagos, por se alimentarem de matéria orgânica (animal e vegetal) em decomposição; herbívoros, por se alimentarem de partes da planta acima e abaixo do solo; e, predadores, por atuarem no topo da cadeia alimentar edáfica como biocontroladores de organismos ativos (MOÇO et al., 2010).

Desta forma, a macrofauna do solo desempenha um papel central em várias funções ecossistêmicas que são fundamentais na prestação de serviços ambientais, como a formação e ciclagem de nutrientes do solo (MOÇO et al., 2009). Entre essas funções podemos destacar: a decomposição da matéria orgânica; a mineralização dos nutrientes; o revolvimento e agregação do solo; a proteção da planta contra pragas (controle biológico); e, a recuperação de áreas degradadas e contaminadas (BROWN; FRAGOSO, 2003; LAVELLE et al., 2006).

Adicionalmente, a macrofauna invertebrada vem sendo comumente utilizada como indicador de qualidade do solo (BARROS et al., 2003; ROUSSEAU et al., 2010; VASCONCELLOS et al., 2013), pois estes compartilham uma série de qualidades que os tornam altamente adequados como indicadores biológicos, que incluem: sensibilidade às mudanças de hábitat, respostas rápidas a perturbação e amostragem fácil e de baixo custo (PEARCE; VENIER, 2006; BASSET et al., 2008).

2.2.2 Impacto do uso da terra sobre a comunidade de macrofauna do solo

Mudanças de uso da terra na Amazônia são intensos, e a conversão de florestas nativas em áreas de cultivo ou pastagens é o principal efeito de perturbação impactando os últimos remanescentes florestais nativos (FEARNSIDE, 2005; 2006). Essa conversão resulta em mudanças drásticas de vegetação (LAVELLE; PASHANASI, 1989), pois a primeira etapa do processo consiste na retirada da vegetação natural para a implantação das culturas de interesse econômico (TAPIA-CORAL et al., 1999).

As intervenções na cobertura vegetal levam a mudanças significativas nas características biológicas do solo (ASSAD, 1997), por desestruturarem ecologicamente o conjunto de 'condições ideais' (BROWN, 1991), tais como umidade do solo, qualidade e quantidade de matéria orgânica, química do solo, composição da vegetação e biomassa radicular (DAVIS et al., 2006). Os macroinvertebrados podem responder de diversas maneiras, que vão desde indiferença até desaparecimento total de determinados grupos, ou mesmo favorecimento de super-reprodução (BROWN, 1991).

Há um consenso entre os pesquisadores quanto aos efeitos negativos da modificação do habitat (por exemplo, o desmatamento) sobre a diversidade e abundância da macrofauna do solo (ROSSI; BLANCHART, 2005; AYUKE et al., 2009; ROUSSEAU et al., 2014). As maiores ameaças à diversidade biológica resultam de atividades humanas, e são devido à destruição, fragmentação, degradação do habitat, superexploração das espécies para uso humano e introdução de espécies exóticas ou geneticamente modificadas (PRIMACK; RODRIGUES, 2001).

Modificações na abundância e diversidade da comunidade de macrofauna em relação às mudanças do uso da terra são descritos. Em floresta secundária na Ilha Grande (RJ), foram encontrados somente 337 dos 5.400 indivíduos/m² antes da derrubada e queima de uma pequena área de floresta, com o objetivo de simular uma roça caiçara (SILVA, 1998). Na Amazônia Central, a conversão da floresta amazônica para pasto reduziu a comunidade original de macrofauna do solo em 68%, e levou à invasão massiva da minhoca *Pontoscolex corethrurus* (Glossoscolecidae, Oligochaeta), que reduziu a macroporosidade do solo de 3 para 1,6 cm³/100 g (CHAUVEL et al., 1999).

2.2.3 Sazonalidade dos artrópodes

A sazonalidade é um termo geral que se refere às mudanças periódicas no ambiente físico e a resposta biológica a essas mudanças (POWEL; LOGAN, 2005). Desta forma, mudanças cíclicas nas condições ambientais, geralmente interligadas às condições climáticas (ARUN, 2000), podem ser fatores importantes de mudanças na estrutura da assembleia de espécies.

A manutenção de uma adequada sazonalidade é uma exigência ecológica básica para todos os organismos (POWEL; LOGAN, 2005), com a finalidade de tirar maior proveito das condições ambientais (ARUN; VIJAYAN, 2004), evitar temperatura letal ou outras condições ambientais extremas, coordenar o tempo dos ciclos reprodutivos e evitar a predação (POWEL; LOGAN, 2005).

Condições climáticas sazonais podem exercer uma influência sobre os artrópodes (VASCONCELLOS et al., 2010), principalmente dos insetos, nos quais um sistema ativo para a regulação da temperatura do corpo está ausente (ARUN, 2000). Nesse caso, sua abundância e atividade podem mudar ao longo do tempo, devido às alterações macro- e microclimáticas e variação na disponibilidade de recursos alimentares (PINHEIRO et al., 2002).

A temperatura e precipitação são apontadas como os principais fatores abióticos que regulam a abundância e sazonalidade de invertebrados em muitos estudos (PINHEIRO et al., 2002; ROSSI; BLANCHART, 2005; VASCONCELLOS et al., 2010). Entretanto, o padrão de sazonalidade das chuvas constitui o principal fator de variabilidade nos ecossistemas tropicais, enquanto a temperatura parece ser mais importante nas regiões subtropicais e zona temperada (VASCONCELLOS et al., 2010).

Além dos fatores ambientais, é relatado que a sazonalidade da fauna do solo pode ser regulada por muitos outros fatores, tais como: idade e tamanho da floresta, predação por inimigos naturais, diversidade de árvores (ARUN, 2000). Contudo, para atravessar as estações desfavoráveis ou se beneficiar de habitats diferentes, muitos artrópodes utilizam de muitas estratégias, sendo a dormência e migração as principais (PINHEIRO et al., 2002).

A dormência é uma adaptação que suprime o desenvolvimento das atividades normais do indivíduo, observando-se alterações na morfologia do inseto, tais como mudanças na forma, tamanho, coloração, secreção do casulo ou em órgãos internos (DANKS, 1987), e pode se apresentar de duas formas: diapausa, a redução metabólica antecede às mudanças

ambientais de longo prazo, e a sobrevivência do envolvido está comumente condicionada ao acúmulo de reservas energéticas, observando-se pouca ou nenhuma atividade de alimentação durante este tempo (WOLDA; DELINGER, 1984; MESSIAS, 2011); e, quiescência, a redução ocorre em respostas a mudanças bruscas e localizadas de condições ambientais, podendo as atividades vitais retornarem assim que o período desfavorável acabar (MESSIAS, 2011).

Finalmente, as migrações, que são os movimentos direcionais de uma espécie de um local para outro, que ocorrem no tempo e espaço, e que cujo objetivo principal é manter o organismo em um ambiente que seja propício ao desenvolvimento da espécie. No espaço, implica em movimentação do indivíduo de acordo com a estação do ano em diferentes ambientes, com a finalidade de escapar das mudanças na disponibilidade de alimento e no clima. No tempo, significa que os indivíduos permanecem no mesmo ambiente, implicando em migração vertical para ocorrência da dormência (BEGON et al., 2007). Desta forma, as migrações são estimuladas por algum fenômeno sazonal, sendo uma estratégia evolutiva utilizada principalmente em ambientes que ocorrem eventos sazonais (GULLAN; CRANSTON, 2008), como as inundações periódicas.

REFERÊNCIAS

- AQUINO, A. M.; CORREIA, M. E. F.; ALVES, M. V. Diversidade da Macrofauna Edáfica no Brasil. In: MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O.; BRUSSARD, L. (Org.) **Biodiversidade do Solo em Ecossistemas Brasileiros**. Lavras: Ed. UFLA, 2008. p.143-170.
- ARAUJO, M. M.; LONGHI, S. J.; BARROS, P. L. C.; BRENA, D. A. Caracterização da chuva de sementes, banco de sementes do solo e banco de plântulas em floresta estacional decidual ripária Cachoeira do Sul, RS, Brasil. **Scientia Florestalis**, n.66, p.128-141, 2004.
- ARUN, P. R. **Seasonality and abundance of insects with special reference to butterflies (Lepidoptera; Rhopalocera) in a moist deciduous forest of Siruvani, Nilgiri Biosphere Reserve, South India**. 2000. 238f. Tese (Doutorado em Zoologia) – Bharathiar University, Coimbatore, 2000.
- ARUN, P. R.; VIJAYAN, V. S. Patterns in abundance and seasonality of insects in the Siruvani Forest of Western Ghats, Nilgiri Biosphere Reserve, Southern India. **TheScientificWorldJOURNAL**, v.4, p.381-392, 2004.
- ASSAD, M. L. L. Fauna do Solo. In: VARGAS, M. A. T.; HUNGRIA, M. (Org.) **Biologia dos Solos do Cerrado**. Brasília: Embrapa, CPAC, 1997. p.361-443.
- AVELINO, J.; ROMERO-GURIDÁN, A.; CRUZ-CUELLAR, H. F.; DECLERCK, F. A. J. Landscape context and scale differentially impact coffee leaf rust, coffee berry borer and coffee root-knot nematodes. **Ecological Applications**, v.22, p.584-596, 2012.
- AYUKE, F. O.; KARANJA, N. K.; MUYA, E. M.; MUSOMBI, B. K.; MUNGATU, J.; NYAMASYO, G. H. Macrofauna diversity and abundance across different land use systems in Embu, Kenya. **Tropical and Subtropical Agroecosystems**, v.11, p.371-384, 2009.
- BALVANERA, P.; PFISTERER, A. B.; BUCHMANN, N.; HE, J.-S.; NAKASHIZUKA, T.; RAFFAELLI, D.; SCHMID, B. Quantifying the evidence for biodiversity effects on ecosystem functioning and services. **Ecology Letters**, v.9, p.1146-1156, 2006.
- BARBOSA, L. M. Considerações gerais e modelos de recuperação de formações ciliares. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. F. (Org.) **Matas ciliares: conservação e recuperação**. 2ª ed. São Paulo: Edusp, 2004. 320p.
- BARROS, E.; NEVES, A.; BLANCHART, E.; FERNANDES, E. C.; WANDELLI, E.; LAVELLE, P. Development of the soil macrofauna community under silvopastoral and agrosilvicultural systems in Amazonia. **Pedobiologia**, v.47, p.273-280, 2003.
- BASSET, Y.; MISSA, O.; ALONSO, A.; MILLER, S. E.; CURLETTI, G.; De MEYER, M.; EARDLEY, C.; LEWIS, O. T.; MANSELL, M. W.; NOVOTNY, V.; WAGNER, T. Choice of metrics for studying arthropod responses to habitat disturbance: one example from Gabon. **Insect Conservation and Diversity**, v.1, p.55-66, 2008.
- BAXTER, C.V.; FAUSCH, K. D.; SAUNDERS, W. C. Tangled webs: reciprocal flows of invertebrates prey link streams and riparian zones. **Freshwater Biology**, v.50, p.201-220, 2005.
- BEGON, M.; TOWNSEND, C. R.; HARPER, J. L. **Ecologia de indivíduos a ecossistemas**. 4ª ed. Porto Alegre: Aritmed Editora, 2007.
- BOYD, J.; BANZHAF, S. What are ecosystem services? The need for standardized environmental accounting units. **Ecological Economics**, v.63, p.616-626, 2007.

- BRASIL. Lei Federal nº 12.727, de 17 de outubro de 2012. Altera a Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 2012b.
- BRASIL. Lei nº 7.511, de 7 de julho de 1986. Altera dispositivos da Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, que institui o novo Código Florestal. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 1986.
- BRASIL. Lei nº 7.754, de 14 de abril de 1989. Estabelece medidas para proteção das florestas existentes nas nascentes dos rios e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 1989a.
- BRASIL. Lei nº 7.803, de 18 de julho de 1989. Altera a redação da Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, e revoga as Leis nºs 6.535, de 15 de junho de 1978, e 7.511, de 7 de julho de 1986. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 1989b.
- BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 2012a.
- BRASIL. Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965. Institui o Novo Código Florestal. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 1965.
- BRASIL. Medida Provisória nº 2.186-16, de 23 de agosto de 2001. Regulamenta o inciso II do § 1º e o § 4º do art. 225 da Constituição, os arts. 1º, 8º, alínea "j", 10, alínea "c", 15 e 16, alíneas 3 e 4 da Convenção sobre Diversidade Biológica, dispõe sobre o acesso ao patrimônio genético, a proteção e o acesso ao conhecimento tradicional associado, a repartição de benefícios e o acesso à tecnologia e a transferência de tecnologia para sua conservação e utilização, e dá outras providências. Brasília: **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 2001.
- BROWN, G. G.; FRAGOSO, C. El uso de la macrofauna edáfica en la agricultura del siglo XXI: problemas y perspectivas. In: BROWN, G. G.; FRAGOSO, C.; OLIVEIRA, L. J. (Org.). **O uso da macrofauna edáfica na agricultura do século XXI: a importância dos engenheiros do solo**. Londrina: Embrapa Soja Série Documentos, n.224, 2003. p.11-19.
- BROWN, K. S. **Conservation of Neotropical environments: insects as indicators**. 1991. p. 349-404.
- CELENTANO, D.; ROUSSEAU, G. X.; ENGEL, V. L.; FAÇANHA, C. L.; OLIVEIRA, A. M.; MOURA, E. G. Perceptions of environmental change and use of traditional knowledge to plan riparian forest restoration with relocated communities in Alcântara, Eastern Amazon. **Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine**, v.10, p.11, 2014.
- CHAN, K. M. A.; SHAW, M. R.; CAMERON, D. R.; UNDERWOOD, E. C.; DAILY, G. C. Conservation planning for ecosystem services. **PLOS Biology**, v.4, p.2138-2152, 2006.
- CHAUVEL, A.; GRIMALDI, M.; BARROS, E.; BLANCHART, E.; DESJARDINS, T.; SARRAZIN, M.; LAVELLE, P. Pastured amageb y an Amazonian earthworm. **Nature**, v.398, p.32-33, 1999.
- DANKS, H. V. **Insect dormancy: an ecological perspective**. Biological Survey of Canada Monographs Series N° 1, Ottawa. 1987.

DAVIS, C. A.; AUSTIN, J. E.; BUHL, D. A. Factors influencing soil invertebrate communities in riparian Grasslands of the Central latte river Floodplain. **USGS Northern Prairie Wildlife Research Center**, v.26, n.2, p.438-454, 2006.

DURIGAN, G. **Florística, fitossociologia e produção de folheda em matas ciliares da região do estado de São Paulo**. 1994. 160f. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1994.

FEARNSIDE, P. M. Deforestation in Brazilian Amazonia: history, rates, and consequences. **Conservation Biology**, p.19, p.680-688, 2005.

FEARNSIDE, P. M. Fragile soils and deforestation impacts: The rationale for environmental services of standing forest as a development paradigm in Latin America. In: POSEY, D. A.; BALICK, M. J. (Org.) **Human Impacts on Amazonia: the Role of Traditional Ecological Knowledge in Conservation and Development**. New York: Columbia, University Press, 2006. p.158-171.

FREMIER, A. K.; DECLERCK, F. A. J.; DECLERCK, N. A.; CARMONA, N. E.; HILL, R.; JOYAL, T.; KEESECKER, L.; KLOS, P. Z.; MARTÍNEZ-SALINAS, A.; NIEMEYER, R.; SANFIORENZO, A.; WELSH, K.; WULFHORST, J. D. Understanding spatiotemporal lags in ecosystem services to improve incentives. **BioScience**, v.63, p.472-482, 2013.

GARIBALDI, L. A.; STEFFAN-DEWENTER, I.; KREMEN, C.; MORALES, J. M.; BOMMARCO, R.; CUNNINGHAM, S. A.; CARVALHEIRO, L. G.; CHACOFF, N. P.; DUDENHÖFFER, J. H.; GREENLEAF, S. S.; HOLZSCHUH, A.; ISAACS, R.; KREWENKA, K.; MANDELIK, Y.; MAYFIELD, M. M.; MORANDIN, L. A.; POTTS, S. G.; RICKETTS, T. R. H.; SZENTGYÖRGYI, H.; VIANA, B. F.; WESTPHAL, C.; WINFREE, R.; KLEIN, A. M. Stability of pollination services decreases with isolation from natural areas despite honey bee visits. **Ecology Letters**, v.14, p.1062-1072, 2011.

GULLAN, P. J.; CRANSTON, P. S. **Os insetos: um resumo de entomologia**. 3ª ed. São Paulo: Roca, 2008. 440p.

HERRMANN, H.; SILVA, L. A. **O Uso e a Ocupação do Solo em Área de Preservação Permanente**. São Paulo: UNIARA, 2008.

ISBELL, F. I.; POLLEY, H. W.; WILSEY, B. J. Biodiversity, productivity and the temporal stability of productivity: patterns and processes. **Ecology Letters**, v.12, p.443-451, 2009.

JIMÉNEZ, J. J.; LAL, R. Mechanisms of C sequestration in soils of Latin America. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v.25, p.337-365, 2006.

JONES, C. G.; LAWTON, J. H.; SHACKAK, M. Organisms as ecosystem engineers. **Oikos**, v.69, p.373-386, 1994.

JOUQUET, P.; DAUBER, J.; LAGERLOF, J. P.; LEPAGE, M. Soil invertebrates as ecosystem engineers: intended and accidental effects on soil and feedback loops. **Applied Soil Ecology**, v.32, p.153-164, 2006.

JUNGWIRTH, M.; MUHAR, S.; SCHMUTZ, S. Re-establishing and assessing ecological integrity in riverine landscapes. **Freshwater Biology**, v.47, p.867-887, 2002.

KATO, C.; IWATA, T.; NAKANO, S.; KISHI, D. Dynamics of aquatic insect flux affects distribution of riparian web-building spiders. **Oikos**, v.103, p.113-120, 2003.

KATTELMANN, R.; EMBURY, M. **Riparian areas and wetlands**. Davis: University of California, Centers for Water and Wildland Resources, 1996.

- KOBIYAMA, M. Conceitos de zona ripária e seus aspectos geobiohidrológicos. In: SEMINÁRIO DE HIDROLOGIA FLORESTAL, 1, 2003, Florianópolis. **Resumos...** Florianópolis: PPGEA/UFSC, 2003, p.1-13.
- KRUEPER, D. J. Conservation priorities in naturally fragmented and human-altered riparian habitats of the arid West. In: BONNEY, R.; PASHLEY, D. N.; COOPER, R.; NILES, J. (Org.) **Strategies for bird conservation: the Partners In Flight planning process.** New Jersey: United States Department of Agriculture Forest Service, Rocky Mountain Research Station Proceedings, 2000. p.88-90.
- LAVELLE, P.; BIGNELL, D.; WOLTERS, V. L.; ROGER, P.; INESON, P.; HEAL, O. W.; DHILLION, S. Soil function in a changing world: the role of invertebrate ecosystem engineers. **European Journal of Soil Biology**, v.33, n.4, p.159-193, 1997.
- LAVELLE, P.; DECAENS, T.; AUBERT, M.; BAROT, S.; BLOUIN, M.; BUREAU, F.; MARGERIE, F.; MORA, P.; ROSSI, J. P. Soil invertebrates and ecosystem services. **European Journal of Soil Biology**, v.42, p.3-15, 2006.
- LAVELLE, P.; PASHANASI, B. Soil macrofauna and land management in Peruvian Amazonia (Yurimaguas, Loreto). **Pedobiologia**, v.33, p.283-291, 1989.
- LAVELLE, P.; SPAIN, A. V. **Soil ecology.** Dordrecht: Kluwe Academic Pub., 2001. 654p.
- LIMA, W. P. Relações hidrológicas em matas ciliares. In: HENRY, R. (Org.). **Ecótonos nas interfaces dos ecossistemas aquáticos.** São Carlos: RIMA, 2003. p.293-300.
- LIMA, W. P.; ZAKIA, M. J. B. Hidrologia de Matas Ciliares. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. F. (Org.) **Matas ciliares: conservação e recuperação.** 2ª ed. São Paulo: Edusp, 2004. p.33-44.
- MANTOVANI, W. Conceituação e fatores condicionantes. In: SIMPÓSIO SOBRE MATA CILIAR, 1, 1989, Campinas. **Resumos...** Campinas: Fundação Cargill, 1989, p.11-19.
- MARTINS, S. V. **Recuperação de matas ciliares: terminologia aplicada a recuperação de matas ciliares.** 2ª ed. rev. e amp. Viçosa: Editora Aprenda Fácil, 2007. 255p.
- MEA. MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. **Ecosystems and human well-being. A framework for assessment.** Island Press, 2005. 948p.
- MESSIAS, K. D. de S. V. **Diversidade e sazonalidade de Coleoptera em vegetação de caatinga e floresta ciliar no semiárido paraibano.** 2011. 72f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Campina Grande, Pastos, 2011.
- MOÇO, K. S.; GAMA-RODRIGUES, E. F.; GAMA-RODRIGUES, A. C.; MACHADO, R. C. R.; BALIGAR, V. C. Relationships between invertebrate communities, litter quality and soil attributes under different cacao agroforestry systems in the south of Bahia, Brazil. **Applied Soil Ecology**, 2010.
- MOÇO, M. K. da S.; GAMA-RODRIGUES, E. F. da; GAMA-RODRIGUES, A. C.; MACHADO, R. C. R.; BALIGAR, V. C. Soil and litter fauna of cacao agroforestry systems in Bahia, Brazil. **Agroforest System**, v.76, p.127-138, 2009.
- MONTEIRO, J. S.; CRUZ, J. C.; PADILHA, D. G.; BAUMHARDT, E. Permanent Preservation Areas and their environmental services. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v.4, n.4, p.299-309, 2013.
- MORAN, E. F.; OSTROM, E. (Org.). **Ecossistemas florestais: interação homem-ambiente.** São Paulo: Edusp, p.7, 2009.

- NETO, J. B. **As áreas de preservação permanente do rio Itapicuruvaçu: impasses e pertinência legal.** 2008. 223f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Sustentável) – Universidade de Brasília, Brasília, 2008.
- OLIVEIRA, E. A. **Caracterização florística, fitossociológica e pedológica de um trecho de floresta ripária dos Campos Gerais do Paraná.** 2001. 106f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2001.
- PEARCE, J. L.; VENIER, L. A. The use of ground beetles (Coleoptera: Carabidae) and spiders (Araneae) as bioindicators of sustainable forest management: a review. **Ecological Indicators**, v.6, p.780-793, 2006.
- PINHEIRO, F.; DINIZ, I. R.; COELHO, D.; BANDEIRA, M. P. S. Seasonal pattern of insect abundance in the Brazilian cerrado. **Austral Ecology**, v.27, p.132-136, 2002.
- POWELL, J. A.; LOGAN, J. A. Insect seasonality: circle map analysis of temperature-driven life cycles. **Theoretical Population Biology**, v.67, p.161-179, 2005.
- PRIMACK, R. B.; RODRIGUES, E. **Biologia da Conservação.** Londrina, 2001. 328p.
- RADFORD, I. J.; GRICE, A. C.; ABBOTT, B. N.; NICHOLAS, D. M.; WHITEMAN, L. Impacts of changed fire regimes on tropical riparian vegetation invaded by an exotic vine. **Austral Ecology**, v.33, p.151-167, 2008.
- RHEINHARDT, D. E.; BRINSON, M. M.; MEYER, G. F.; MILLER, K. H. Carbon storage of headwater riparian zones in an agricultural landscape. **Carbon Balance Management**, v.7, n.4, 2012.
- RODERJAN, C. V. **Produção e decomposição de serapilheira relacionada com variáveis meteorológicas e fitossociológicas de uma Floresta Ombrófila Mista Aluvial, rio Barigüi, Araucária, PR.** 2003. 127f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2003.
- RODRIGUES, R. R. Uma discussão nomenclatural das formações ciliares. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. F. (Org.) **Matas ciliares: conservação e recuperação.** 2ª ed. São Paulo: Edusp, 2004. 320p.
- RODRIGUES, R. R.; BRANCALION, P. H. S.; ISERNHAGEN, I. (Org.). **Pacto pela Restauração da Mata Atlântica: referencial dos conceitos e ações de restauração florestal.** São Paulo: LERF/ESALQ: Instituto BioAtlântica, 2009. 256p.
- ROSSI, J.-P.; BLANCHART, E. Seasonal and land-use induced variations of soil macrofauna composition in the Western Ghats, southern India. **Soil Biology & Biochemistry**, v.37, p.1093-1104, 2005.
- ROUSSEAU, G. X.; SILVA, P. R. S.; CARVALHO, C. J. R. Earthworms, ants and other arthropods as soil health indicators in traditional and no-fire agro-ecosystems from Eastern Brazilian Amazonia. **Acta Zoologica Mexicana**, v.2, p.117-134, 2010.
- ROUSSEAU, G. X.; SILVA, P. R. S.; CELENTANO, D.; CARVALHO, C. J. R. Macrofauna do solo em uma cronosequência de capoeiras, florestas e pastos no Centro de Endemismo Belém, Amazônia Oriental. **Acta Amazônica**, v.44, p.499-512, 2014.
- SALIS, S. M. de. **Composição florística e estrutura de um remanescente de mata ciliar do rio Jacaré-Pepira, Brotas, SP.** 1990. 135f. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1990.

- SHAFROTH, P. B.; FRIEDMAN, J. M.; AUBLE, G. T.; SCOTT, M. L.; BRAATNE, J. H. Potential responses of riparian vegetation to dam removal. **BioScience**, v.52, n.8, p.703-712, 2002.
- SILVA, R. F. da. **Roça caiçara: dinâmica de nutrientes, propriedades físicas e fauna do solo em um ciclo de cultura**. 1998. 165f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 1998.
- SIMULA, M. **Towards defining forested gradation: Comparative analysis of existing definitions**. Roma: Forest Resources Assessment Programme Working Paper 154, 2009.
- TAPIA-CORAL, S. C.; LUIZÃO, F. J.; WANDELLI E. V. Macrofauna da liteira em sistemas agroflorestais sobre pastagens abandonadas na Amazônia Central. **Acta Amazonica**, v.29, n.3, p.477-495, 1999.
- TILMAN, D. The ecological consequences of changes in biodiversity: a search for general principles. **Ecology**, v.80, p.1455-1474, 1999.
- TILMAN, D.; REICH, P.B.; KNOPS, J. M. H. Biodiversity and ecosystem stability in a decade-long grassland experiment. **Nature**, v.441, p.629-632, 2006.
- TORRES, R. B.; MATTHES, L. A. F.; RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. F. Espécies florestais nativas para plantio em áreas de brejo. **O Agrônomo**, v.44, p.13-16, 1992.
- VASCONCELLOS, A.; ANDREAZZE, R.; ALMEIDA, A. M.; ARAUJO, H. F. P.; OLIVEIRA, E. S.; OLIVEIRA, U. Seasonality of insects in the semi-arid Caatinga of Northeastern Brazil. **Revista Brasileira de Entomologia**, v.54, p.471-476, 2010.
- VASCONCELLOS, R. L. F.; SEGAT, J. C.; BONFIMA, J. A.; BARETTA, B.; CARDOSO, E. J. B. N. Soil macrofauna as an indicator of soil quality in an undisturbed riparian forest and recovering sites of different ages. **European Journal Entomology**, v.58, p.105-112, 2013.
- VEDDELER, D.; TYLIANAKIS, J.; TSCHARNTKE, T.; KLEIN, A.-M. Natural enemy diversity reduces temporal variability in wasp but not bee parasitism. **Oecology**, v.162, p.755-762, 2010.
- VONADA, R.; BORGES, B. **Aprendendo sobre Serviços Ambientais: Manual de orientação para o desenvolvimento dos subprogramas do Sistema de Incentivos a Serviços Ambientais (SISA) do Acre**. Acre: Forest Trends e The Katoomba Group, 2011.
- WILLIAMS, S. E.; MIDDLETON, J. Climatic seasonality, resource bottlenecks, and abundance of rainforest birds: Implications for global climate change. **Diversity and Distributions**, v.14, p.69-77, 2008.
- WOLDA H.; DENLINGER D. L. Diapause in a large aggregation of a tropical beetle. **Ecological Entomology**, v.9, p.217-230, 1984.
- YACHI, S.; LOREAU, M. Biodiversity and ecosystem productivity in a fluctuating environment: the insurance hypothesis. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v.96, p.1463-1468, 1999.

CAPÍTULO II

**SAZONALIDADE DA COMUNIDADE DE MACROFAUNA
DO SOLO EM UM GRADIENTE DE DEGRADAÇÃO DE FLORESTAS
RIPÁRIAS NA AMAZÔNIA ORIENTAL**

SAZONALIDADE DA COMUNIDADE DE MACROFAUNA DO SOLO EM UM GRADIENTE DE DEGRADAÇÃO DE FLORESTAS RIPÁRIAS NA AMAZÔNIA ORIENTAL

Alexandra Rocha da Piedade ^{(1)*}, Ananda Luiza Nascimento Asevêdo ⁽²⁾, Stefania Pinzón Triana ⁽³⁾, Márcio Fernandes Alves Leite ⁽³⁾ e Guillaume Xavier Rousseau ⁽⁴⁾

⁽¹⁾ Mestranda, Programa de Pós-Graduação em Agroecologia, Universidade Estadual do Maranhão – UEMA. Campus Universitário Paulo VI, S/N, Tirirical, CEP 65.054-970, São Luís (MA). E-mail: alexandra_rochapyer@hotmail.com, Telefone: 00 55 98 99218-0812.

⁽²⁾ Graduanda, Curso de Agronomia, UEMA. E-mail: asevedo26@hotmail.com

⁽³⁾ Doutorando, Programa de Pós-Graduação em Agroecologia, UEMA. E-mails: estephye@msn.com; leitemfa@gmail.com

⁽⁴⁾ Professor, Programa de Pós-Graduação em Agroecologia, UEMA. E-mail: guilirous@yahoo.ca

RESUMO

Mudanças de uso da terra e sazonalidade do regime de chuvas são apontadas como os principais fatores que alteram a composição, abundância e atividade da macrofauna do solo nas regiões tropicais. O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito da sazonalidade na macrofauna do solo ao longo de um gradiente de degradação de florestas ripárias na Amazônia Oriental. O estudo foi conduzido nas bacias hidrográficas dos rios Pepital e Grande, em Alcântara (MA), que apresenta as estações seca e chuvosa bem definidas. Quatro níveis de degradação florestal foram estabelecidos nas florestas ripárias ao longo das bacias: baixo (similar à floresta natural), médio (floresta secundária), alto (floresta secundária jovem) e muito alto (vegetação aberta e dominada por solo descoberto). A amostragem da macrofauna foi realizada nas estações seca e chuvosa coletando-se monólitos de solo a 0,10 m de profundidade. De acordo com a análise entreclasses, a sazonalidade explicou 5,0 % da variância da comunidade de macrofauna do solo. Houve uma redução da abundância dos engenheiros do solo, saprófagos e predadores ao longo do gradiente de degradação, além da abundância total e de 11 dos 30 táxons identificados. A interação do efeito da sazonalidade e degradação reduziu a abundância total da comunidade, de modo que a macrofauna foi mais afetada pelo gradiente de degradação durante a estação seca. Neste estudo foi possível identificar que o grupo Embiidina é mais sensível à sazonalidade, enquanto os grupos Isoptera, Gastropoda,

Araneae, Chilopoda e Diplura foram mais influenciados pela degradação. O impacto da degradação sobre a abundância da comunidade de macrofauna do solo é mais pronunciado no período seco.

Palavras-chave: mata ciliar, estação, engenheiros do solo, predadores, serviços ambientais.

ABSTRACT: *SEASONALITY OF THE SOIL MACROFAUNA COMMUNITY ALONG A RIPARIAN FOREST DEGRADATION GRADIENT IN EASTERN AMAZONIA*

Land-use change and rainfall seasonality are considered the main factors that alter the composition, abundance and activity of soil macrofauna in tropical regions. This study aimed to assess the seasonality effect on soil macrofauna along of a gradient of degradation of riparian forests in eastern Amazon. Our study was performed within the watershed of Pepital and Grande 34 rivers in the municipality of Alcântara (MA). The climatic conditions are characterized by well-defined dry and rainy seasons. We established four forest degradation levels in the riparian forest along the watersheds: low (similar to natural forest), medium (secondary forest), high (young secondary forest) and very high (open vegetation and dominated by bare soil). Macrofauna sampling was performed in the dry and rainy seasons by collecting soil monoliths at 0.10 m depth. According to between-classes analysis the seasonality explained 5.0 % of the variance in macrofauna community. There was a reduction in total abundance and also for 11 of the 30 taxa identified along the degradation gradient. The main effects were the reduction of the abundance of soil engineers, saprophagous and predators. The combined of effect seasonality and degradation reduced the total abundance of the community, and the major reduction in the macrofauna was caused by the degradation gradient during the dry season. In this study we identify the Embiidina group as the most sensitive to seasonality, while the Isoptera, Gastropoda, Araneae, Chilopoda and Diplura groups were more affected by degradation. The impact of degradation on the abundance of soil macrofauna community are more severe in the dry season.

Keywords: riparian vegetation, season, ecosystem engineers, predators, environmental services.

INTRODUÇÃO

As florestas ripárias, vegetação que cresce ao longo das margens dos rios, córregos e outros cursos de águas naturais (Bischof e Collison, 2005), fornecem inúmeros serviços ambientais locais e

globais, sendo a regulação da qualidade e quantidade de água, a conservação da biodiversidade, a mitigação de desastres naturais e a regulação climática os mais conhecidos (Fremier et al., 2013). Ainda assim, esse ecossistema têm sido constantemente fragmentado e degradado por ação antrópica, posicionando-o entre os mais ameaçados do mundo (Radford et al., 2008).

A degradação é entendida como o resultado de uma ação antrópica que leva à redução da produtividade, da biomassa e da biodiversidade do ecossistema, sendo geralmente caracterizada pela redução na cobertura de árvores (Simula, 2009). Dentro desse contexto, a degradação das florestas ripárias tem afetado suas características físicas e complexidade biológica naturais, prejudicando, assim, a sua produtividade e capacidade de resistência (Nilsson et al., 2007), e, por conseguinte, o fornecimento de serviços ambientais. Dentre os serviços prejudicados, a perda da capacidade potencial das florestas ripárias em armazenar carbono na vegetação, que é de extrema relevância para a regulação climática (Rheinhardt et al., 2012), é notória.

O fornecimento de habitats complexos pelas florestas ripárias contribui para a conservação da biodiversidade terrestre e aquática em múltiplas escalas (Fremier et al., 2013). Contudo, o regime periódico de inundação do solo, que ocorre tipicamente nesse ecossistema (Kattelman e Embury, 1996), pode influenciar consideravelmente a sua macrofauna (Höfer, 1997; Bardgett et al., 2001; Palin et al., 2010), já que a umidade é um dos fatores determinantes na sobrevivência e distribuição desses organismos no perfil do solo (Frouz et al., 2004; Doblas-Miranda et al., 2009a; Rossi e Blanchart, 2005).

A macrofauna do solo é constituída por organismos acima de 2 mm que desempenham papel importante no funcionamento das florestas, pois estimulam a ciclagem de nutrientes, melhoram a qualidade física e química do solo e aumentam a resiliência do sistema às intempéries (Vasconcellos et al., 2013). Entretanto, os macroinvertebrados são sensíveis às mudanças no habitat (Lewinsohn et al., 2005) e possuem uma forte sincronia com os padrões de temperatura e precipitação (Vasconcellos et al., 2010), sendo uma estratégia evolutiva desses organismos para tirar maior proveito das condições ambientais (Arun e Vijayan, 2004).

A sazonalidade dos macroinvertebrados do solo em razão das estações do ano e uso da terra tem sido tema de diversas pesquisas (Frouz e Ali, 2004; Anu et al., 2009; Morón-Rios et al., 2010; Vasconcellos et al., 2010). No entanto, o efeito da interação entre os fatores estação e uso da terra é bem menos explorado (Rossi e Blanchart, 2005; Vasconcellos et al., 2013), principalmente na região amazônica brasileira.

Diante disso, o objetivo deste estudo foi avaliar o efeito da sazonalidade na comunidade de macrofauna do solo ao longo de um gradiente de degradação em florestas ripárias localizadas na

Amazônia Oriental. As seguintes hipóteses foram testadas: 1. A resposta da macrofauna do solo à sazonalidade não é uniforme, sendo dependente do táxon; 2. O impacto da degradação sobre a abundância e diversidade da macrofauna do solo é mais pronunciado no período seco; 3. O efeito combinado da degradação e seca reduz a abundância e a diversidade da comunidade; e, 4. É possível separar os grupos sensíveis ao efeito da sazonalidade dos sensíveis à degradação.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

O estudo foi realizado em duas bacias hidrográficas situadas no município de Alcântara, estado do Maranhão, Brasil (Figura 1). O clima da região é, segundo a classificação de Köppen, tropical úmido (Aw), com estação chuvosa de janeiro a julho, e seca de agosto a dezembro.

O índice pluviométrico anual varia entre 1.000 a 1.800 mm, com precipitações de 971 e 1.526 mm para os anos de 2012 e 2013 (Figura 2), respectivamente, conforme o Laboratório de Meteorologia da Universidade Estadual do Maranhão (LabMet/UEMA). A temperatura média anual é de 25 °C, com amplitude térmica oscilando entre 0,8-3,2 °C.

Os solos da região são principalmente do tipo Plintossolos (Embrapa, 2006), e a cobertura florestal é constituída por Floresta Tropical Ombrófila Aberta das Terras Baixas de diferentes tamanhos e estágios de sucessão, babaçuais, florestas ripárias, manguezais e florestas de restingas (IBGE, 2011).

As bacias hidrográficas estudadas são do tipo exorreica, fazendo parte da grande bacia do Atlântico, e são:

1. *Rio Pepital*: Principal abastecedor de água do município de Alcântara/MA, com vazão afluente máxima calculada em torno de 45 m³/s. Apresenta uma extensão de 11 km, localizando-se entre a latitude 2° 20' e 2° 23'S e a longitude 44° 20' e 44° 30'O. A vegetação varia de florestas ripárias não inundadas e altamente degradadas na nascente a florestas inundadas em caráter permanente ou sazonal, com áreas em bom estado de conservação, em direção à foz (Celentano et al., 2014), que por sua vez termina em mangues. Com a intensa degradação desse ambiente e a escassez de chuvas, o nível de água do rio diminuiu e há racionamento no município.
2. *Rio Grande* (02° 20' 55,38" S e 44° 27' 56,41" O): Possui aproximadamente 8 km de extensão. O solo apresenta regime periódico de inundação da nascente até a foz, sendo que este último termina

em mangues (Zelarayán et al., 2015). A floresta ripária deste rio sofreu maior ação antrópica comparada à do rio Pepital.

Caracterização do gradiente de degradação e delineamento experimental

Foram estabelecidos quatro níveis de degradação florestal ao longo da bacia hidrográfica dos rios estudados, adaptados a partir dos critérios adotados pela FAO (Simula, 2009): *degradação baixa* (DB), para florestas secundárias avançadas, com presença de árvores maior que 15 m e abertura de dossel menor que 20 %; *degradação média* (DM), para capoeiras em estágio avançado de sucessão (árvores de 7-15 m e abertura de dossel de 20-50 %); *degradação alta* (DA), para áreas em início de sucessão, com capoeiras jovens fechadas de até 7 m e abertura de dossel entre 50-90 %); e, *degradação muito alta* (DMA), para áreas abertas com solo aparente ou algum uso antrópico (ausência de árvores e abertura do dossel maior que 90 %).

As leituras da cobertura do dossel foram feitas com auxílio do densiômetro esférico convexo de Lemmon (Lemmon, 1954).

Vinte e quatro parcelas permanentes de 20 x 50 m foram instaladas nas zonas mais altas, paralelas ao leito do rio, onde ocorre inundação do solo somente em enchentes excepcionais, e distantes no mínimo 10 m da margem do rio (Figura 3). O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, em esquema trifatorial: fator sazonalidade (estações seca e chuvosa), fator rio (Pepital e Grande), e fator degradação (DB, DM, DA, DMA), com três repetições em cada rio.

Amostragem da macrofauna do solo

A macrofauna do solo foi amostrada coletando-se monólitos de solo a 0,10 m de profundidade com o auxílio de quadro metálico de 0,25 x 0,25 m de lado, conforme adaptações do método do programa Tropical Soil Biology and Fertility (TSBF) (Anderson e Ingram, 1993). Em cada parcela, foram coletados cinco monólitos de solo pelo método de transecto de linha, que consiste na realização de caminhada sazonal, estabelecendo o distanciamento de 2 m para cima ou abaixo (de acordo com o período amostral) e 10 m entre monólitos ao longo da linha central, além do critério de orientação da primeira amostragem no sentido nascente-foz e distanciamento de 7 m da borda da parcela (Figura 3).

As coletas foram realizadas em novembro de 2012 (estação seca) e junho de 2013 (estação chuvosa), com uma amostragem por estação em cada uma das parcelas, o que totalizou 240 monólitos de solo.

Para cada monólito, a serrapilheira e o solo foram amostrados separadamente, dos quais os macroinvertebrados foram imediatamente extraídos manualmente e conservados em álcool 70 %. Com exceção das minhocas, que posteriormente foram acondicionadas em solução de formol a 4 % por no máximo 48 h, até a nova substituição por álcool 70 %.

Identificação e classificação da macrofauna do solo

A macrofauna do solo foi contada e classificada ao nível de grandes grupos taxonômicos (Lavelle et al., 2003), com auxílio de chaves de identificação descritos por Triplehorn e Johnson (2011), e de acordo com suas funções ecológicas em: engenheiros do solo, que incluem os Oligochaeta, Formicidae e Isoptera (Jones et al., 1994); saprófagos, composto pelos grupos Diplopoda, larvas de Diptera, Embiidina, Gastropoda e Isopoda; herbívoros, que envolvem Auchenorrhyncha, adultos de Diptera, Heteroptera, larvas de Lepidoptera, Orthoptera e Phasmatodea; onívoros, que abrangem os Blattodea e adultos e larvas de Coleoptera; predadores, que agrupam os Araneae, Chilopoda, Dermaptera, Diplura, outros Hymenoptera, ninfa de Mantodea, larva de Neuroptera, Opiliones, Pseudoscorpiones e Scorpiones (adaptado de Moço et al., 2010); e, parasitas (Hirudinea e Ixodidae).

Análise dos dados

Foi calculada a densidade dos grupos taxonômicos e funcionais, obtida a partir da transformação do número de indivíduos encontrados por amostra em número de indivíduos por metro quadrado (ind.m^{-2}).

Os seguintes aspectos de diversidade foram avaliados: a riqueza (S), estimada como o número de táxons por amostra; a diversidade, avaliada pelo índice de Shannon-Wiener (H'), obtida pela

fórmula $H' = -\sum_{i=1}^S p_i \cdot \ln(p_i)$, onde $p_i = \frac{n_i}{N}$; a equitatividade, calculada pelo índice de Pielou (J), definido

por $J = \frac{H'}{\ln(S)}$; e, a dominância, estimada pelo índice de Simpson (D), dada pela relação $D = \frac{1}{\sum_{i=1}^S p_i^2}$.

Os dados foram submetidos à ANOVA fatorial, considerando a sazonalidade, rio, degradação e as interações entre esses, sendo as médias comparadas pelo teste de SNK, ao nível de 5 % de probabilidade (Underwood, 1997). Foi testada a normalidade de distribuição dos dados pelo teste de

Shapiro-Wilk e a homogeneidade de variância com o teste de Levene, sendo transformados em $[\ln(x+1)]$ sempre que necessário. As análises foram processadas com o programa Statistica 8.0 (StatSoft 2007).

Curva de saturação de espécies baseada na abundância dos grandes grupos da macrofauna do solo foi construída no programa SigmaPlot 11.0 (Systat 2008), a partir de dados obtidos no programa BioDiversity Professional (McAleece et al., 1997).

Foram realizadas análises entreclasses (AEC) para avaliar o efeito dos fatores estudados sobre a abundância e diversidade da comunidade de macrofauna do solo. A significância estatística das relações foi avaliada pelo teste de permutação de Monte Carlo (10.000 permutações). Estas análises multivariadas foram realizadas no programa R (R Development Core Team, 2013), com o auxílio do pacote ade-4.

RESULTADOS

Decomposição da variação da comunidade de macrofauna do solo

Nos quadros 1 e 2 são apresentados os resumos da ANOVA fatorial da densidade e parâmetros ecológicos da macrofauna do solo, respectivamente. Os resultados apontam que alguns grupos da comunidade foram afetados pela sazonalidade, rio e gradiente de degradação, detectando ainda uma interação significativa entre esses fatores. Os grupos Auchenorrhyncha, adultos de Diptera, Orthoptera, Phasmatodea, outros Hymenoptera, ninfa de Mantodea, larvas de Neuroptera, Opiliones, Scorpiones e Hirudinea (Quadro 1) e o índice de equitatividade de Pielou (Quadro 2) não foram influenciados pelos fatores analisados.

Serão apresentadas e discutidas somente as diferenças encontradas nos fatores sazonalidade, degradação e interação sazonalidade x degradação, para alcance do objetivo proposto neste artigo.

Composição e suficiência amostral da comunidade de macrofauna do solo

Um total de 11.046 indivíduos pertencentes a 30 grupos taxonômicos da macrofauna do solo foram coletados (Quadros 1 e 3). Isoptera (57,8 %), Oligochaeta (14,1 %), Formicidae (12,5 %), adultos de Coleoptera (2,8 %), Araneae (2,4 %), Chilopoda (2,0 %), Diplura (1,5 %) e Diplopoda (1,2 %) foram os táxons mais abundantes, representando 94,46 % da abundância da comunidade. Os demais grupos apresentaram densidade menor que 1 %.

A curva de saturação demonstrou que a riqueza da macrofauna do solo aumenta com o número de monólitos coletados, atingindo um platô com aproximadamente 200 das 240 amostragens realizadas, o que indica que o esforço e o tamanho amostral foram adequados para representar a os grandes grupos da macrofauna do solo (Figura 4).

Efeito da sazonalidade

O efeito da sazonalidade explicou 5,0 % da variância da comunidade de macrofauna do solo ($P=0,004$; Figura 5), observando-se diferenças significativas na abundância de oito dos 30 grupos taxonômicos identificados (Quadros 1 e 3).

Os grupos Embiidina, Formicidae, Pseudoscorpiones, Blattodea, Orthoptera, Heteroptera, Ixodidae, larva de Coleoptera, Isoptera, Gastropoda e larva de Lepidoptera foram mais abundantes durante a estação seca (Figura 5). Entretanto, diferenças foram observadas somente na densidade dos três primeiros táxons (Quadro 3), com aumento de 54,7, 73,3 e 51,3 % em suas respectivas abundâncias. Dermaptera, Isopoda, Diplopoda, Indeterminado, Oligochaeta, Opiliones, adultos de Diptera, Hirudinea, larva de Diptera, ninfa de Mantodea, Phasmatodea, outros Hymenoptera, Scorpiones, larva de Neuroptera, Araneae, adultos de Coleoptera, Diplura e Chilopoda foram mais abundantes na estação chuvosa (Figura 5). Os grupos que apresentaram diferenças na densidade foram Oligochaeta (+39,7 %), Diplopoda (+75,8 %), Isopoda (+55,82 %), Dermaptera 228 (+88,9 %) e Indeterminado (+69,7 %) (Quadro 3).

O efeito da sazonalidade não alterou significativamente a densidade total, riqueza e índices de Shannon-Wiener, Pielou e Simpson (Quadros 2 e 3).

Impacto da degradação das florestas ripárias

A degradação respondeu por 13,3 % da variância total na composição da comunidade de macrofauna do solo, registrando-se 18,9 e 9,5 % para o primeiro e segundo eixos, respectivamente ($P=0,0002$; Figura 6). O eixo 1 representa o gradiente de degradação, e separou as degradação baixa (DB) e média (DM) dos demais níveis, que se correlacionaram com a maioria dos grupos da macrofauna do solo.

Oligochaeta, Isopoda, Diplopoda, Dermaptera, Gastropoda, Opiliones, Hirudinea e larva de Lepidoptera foram mais abundantes na DB (Figura 6), com observação de diferenças somente na densidade dos cinco primeiros grupos (Quadro 3).

Os grupos Isoptera, Diplura, Pseudoscorpiones e larva de Diptera foram igualmente abundantes nas DB e DM (Figura 6), com registro de diferenças na abundância somente para os três primeiros grupos (Quadro 3).

Maiores abundâncias de Chilopoda, Araneae, Blattodea, Orthoptera, Ixodidae, Indeterminado, Embiidina e Heteroptera foram observadas nas DM, enquanto os Formicidae foram nas DB, DM e DA (Figura 6). Diferenças foram observadas nos grupos Formicidae, Chilopoda e Araneae (Quadro 3), que apresentaram menor densidade na degradação muito alta (DMA).

A AEC demonstrou ainda que os grupos Auchenorrhyncha, Phasmatodea e ninfa de Mantodea foram mais abundantes na DA (Figura 6); à medida que os outros Hymenoptera foram na DB e DMA, e os Scorpiones nos níveis DB, DA e DMA.

Menor densidade total foi observada na degradação alta (DA) ($p < 0,0001$), que foi quase quatro vezes menor que a degradação média (DM) (Quadro 3).

A riqueza foi quase duas vezes menor na DMA quando comparado à DB ($p < 0,0001$) (Quadro 3). O mesmo foi observado para os índices de diversidade ($p < 0,0001$) e dominância ($p < 0,05$).

O gradiente de degradação também afetou a densidade dos grupos denominados de engenheiros do solo, saprófagos e predadores (Figura 7). A maior densidade de saprófagos foi observada na DB, que diferiu dos demais ($p < 0,0001$) e apresentou abundância cinco vezes maior em relação à DMA. Do mesmo modo, os engenheiros do solo ($p < 0,0001$) e predadores ($p < 0,0001$) foram mais abundantes na DB e DM, que diferiram dos demais níveis e apresentaram abundância de quase cinco e três vezes maior que a DMA, respectivamente.

Efeito da interação sazonalidade x degradação

A macrofauna do solo respondeu de forma diferenciada à sazonalidade ao longo do gradiente de degradação (Figura 8). Larvas de Lepidoptera (Figura 8.A) e Blattodea (Figura 8.B) foram significativamente mais abundantes na estação seca dentro da DB, não havendo diferenças nos demais níveis; enquanto maior densidade total (Figura 8.C) foi observada na estação chuvosa dentro da DMA.

Analisando-se o efeito do gradiente de degradação sobre os macroinvertebrados durante a estação seca (Figura 8), observou-se que as larvas de Lepidoptera (Figura 8.A) foram mais abundantes na DB ($p = 0,01$). Blattodea (Figura 8.B) e a comunidade por um todo (Figura 8.C) foram menos abundantes na DMA ($p < 0,05$).

Durante a estação chuvosa (Figura 8), a densidade de Blattodea (Figura 8.B) foi desfavorecida na DB ($p < 0,05$), não havendo diferença para as larvas de Lepidoptera (Figura 8.A). Observou-se ainda que a densidade total (Figura 8.C) foi maior nas DB e DM ($p < 0,05$), e menor dominância (Figura 8.D) foi encontrada na DMA ($p < 0,05$).

De acordo com as análises multivariadas, o fator sazonalidade não provocou alterações significativas sobre a composição da macrofauna do solo dentro das DM e DMA ($P > 0,05$).

Na DB, o fator sazonalidade explicou 18,1 % da variância total da comunidade de macrofauna do solo ($P = 0,007$; Figura 9.A₁). Blattodea, Formicidae, larva de Lepidoptera, Isoptera, Orthoptera, Heteroptera, Scorpiones, Pseudoscorpiones, Araneae, Opiliones, adultos de Coleoptera, Ixodidae e Gastropoda foram mais abundantes durante a estação seca. Enquanto que os Isopoda, Indeterminado, Diplopoda, adultos de Diptera, Dermaptera, Hirudinea, larva de Neuroptera, Auchenorrhyncha, larva de Diptera, outros Hymenoptera, Oligochaeta, Chilopoda, larva de Coleoptera e Diplura apresentaram maior abundância na estação chuvosa.

Na DA, a sazonalidade explicou 16,6 % da variância total ($P = 0,001$, Figura 9.A₂). Formicidae, larva de Coleoptera, Embiidina, Pseudoscorpiones, Orthoptera, Gastropoda, outros Hymenoptera, Blattodea, Auchenorrhyncha e Chilopoda foram mais abundantes na estação seca; enquanto a abundância de Diplopoda, larva de Lepidoptera, ninfa de Mantodea, Heteroptera, Indeterminado, Opiliones, Scorpiones, Isoptera, adultos de Coleoptera, Araneae, Diplura, Oligochaeta, Phasmatodea e larva de Diptera foi maior durante a estação chuvosa.

DISCUSSÃO

Sazonalidade da macrofauna do solo

A abundância e atividade dos artrópodes estão estreitamente relacionadas às variáveis climáticas (Vasconcellos et al., 2010), havendo possíveis reduções nas populações desses organismos em determinadas épocas do ano, o que dificulta o seu uso como bioindicador de qualidade do solo. Para o efeito sazonalidade, a estação seca não coincidiu com a redução da abundância total e diversidade quando comparado à estação chuvosa, pois tal redução é restrita a ambientes tropicais que passam por uma seca mais severa, o que limita a qualidade e quantidade de alimentos (Pinheiro et al., 2002; Anu et al., 2009), como nas regiões áridas.

Ainda assim, observou-se que a maior redução da abundância total dentro da DMA ocorreu na estação seca, possivelmente em razão de que, para esse ambiente, a seca represente escassez nos

recursos alimentares e/ou condições ambientais inadequadas para os macroinvertebrados do solo (Menéndez e Dávila, 2014), que, por sua vez, utilizam de suas estratégias de dormência ou migração (Pinheiro et al., 2002) para fugir dessas condições.

Ressalta-se ainda que a estação chuvosa não resultou em maior diversidade e abundância total da macrofauna do solo, em consequência de que alguns grupos se beneficiam da estação seca e são influenciados de forma particular pelos fatores macroclimáticos e microclimáticos (por exemplo, temperatura, precipitação e umidade) (Pinheiro et al., 2002; Anu et al., 2009).

Dentre os fatores microclimáticos, a precipitação e umidade do solo parecem exercer uma forte influência sobre a macrofauna do solo nas florestas ripárias. A condição de saturação superficial do solo após as chuvas, evidenciada pelo eventual regime de inundação típico nesse ecossistema, desfavoreceu a abundância da macrofauna nas florestas ripárias, pois a condição de alta umidade pode afetar negativamente sua sobrevivência (Frouz et al., 2004; Rossi e Blanchart, 2005). Por exemplo, níveis muito elevados de precipitação podem ter efeito negativo sobre os cupins em regiões tropicais, por ocasionar inundação dos microhábitats e consequente morte da colônia (Palin et al., 2010). Como também, na região amazônica muitas aranhas migram verticalmente, evitando a temporada de inundação do solo (Höfer, 1997).

Ainda que a abundância total da macrofauna do solo não tenha variado de acordo com o fator sazonalidade, alguns grupos individuais que compõem esta comunidade foram sensíveis.

Formicidae foram menos abundantes na estação chuvosa (Rossi e Blanchart, 2005; Vasconcellos et al., 2010), uma vez que, mesmo o ambiente apresentando condições amenas de temperatura e maior disponibilidade de alimento (Medeiros et al., 2012), que são consideradas condições ideais para estes insetos, representa maior custo energético de forrageamento (Anu et al., 2009).

O aumento na abundância dos grupos Oligochaeta, Diplopoda e Isopoda durante a estação chuvosa se deu em virtude da maioria das espécies desses grupos serem altamente suscetíveis à perda de água, sendo, portanto, restritos a ambientes úmidos (Frouz e Ali, 2004; Golovatch e Kime, 2009; Davis et al., 2006).

Embiidina, saprófagos que vivem na interface solo-serrapilheira (Doblas-Miranda et al., 2009b), possivelmente utilizaram da estratégia de migração vertical para fugir da saturação no perfil do solo das florestas ripárias durante o período chuvoso.

As larvas de Lepidoptera geralmente apresentam maior abundância durante a primeira metade da estação seca (Scherrer et al., 2013), diminuindo com a chegada da estação chuvosa, conforme observado na DB. Portanto, a precipitação pode ser um dos fatores que afetam a abundância e atividade fitófaga desse grupo.

Blattodea foram mais abundantes durante a estação seca dentro da DB, já que preferem condições mais quentes e secas (Ezhumalai e Prabakaran, 2014).

A maior abundância de Pseudoscorpiones na estação seca possivelmente se deu em virtude de serem organismos xerófilos (Sláma, 1995), ou seja, adaptados às condições ambientais secas e temperatura elevada.

A maior abundância de Dermaptera registrada na estação chuvosa contrapõe aos achados de Rossi e Blanchart (2005), que relatam que o principal fator de variabilidade para este grupo é a intensidade de uso da terra. De acordo com Brown (2006), esses insetos preferem locais mais úmidos e com pouca luminosidade para evitar a dessecação, principalmente durante a postura, o que pode justificar a maior abundância destes na estação chuvosa.

Sabe-se que a sazonalidade é uma estratégia de sobrevivência importante dos artrópodes, para evitarem a predação e condições ambientais extremas (Powell e Logan, 2005) e tirar maior proveito da disponibilidade de alimentos (Vasconcellos et al., 2013). Na Amazônia Oriental a produção de novas folhas ocorre no mês de junho (Silva et al., 2013), final da estação chuvosa. Assim, sugere-se que o desenvolvimento de larvas (tais como, Diptera e Neuroptera) e pupas (como, Diptera) e a eclosão de ovos (no caso de Phasmatodea e Mantodea) ocorram nesse período, o que contribuiu para o aumento de indivíduos não identificados, já que a semelhança entre alguns táxons dificulta sua identificação.

Resposta da macrofauna do solo à degradação florestal

A menor abundância dos grupos Isoptera e Oligochaeta registrada na DA foi determinante para a observação da menor abundância total neste nível de degradação, pois estes correspondem aos grupos de maior representatividade nas florestas ripárias estudadas.

Aumentos regulares na riqueza e diversidade da macrofauna do solo foram observados no gradiente de degradação com a diminuição da perturbação nas florestas ripárias, pois esta redução cria, ao longo do tempo, uma heterogeneidade de microhábitats, havendo menor oscilação climática e maior capacidade de retenção de água no solo (Vasconcellos et al., 2013).

A baixa dominância observada na DMA provavelmente decorre da diminuição do mosaico de microhábitats e na provisão de recursos e microclimas para atuação e expansão da macrofauna do solo com a simplificação do ambiente florestal (Begon et al., 2008), principalmente dos insetos sociais (Formicidae e Isoptera).

A perturbação antropogênica sobre as florestas ripárias também diminuiu a abundância dos engenheiros do solo. Tal constatação é preocupante, uma vez que a densidade desse grupo funcional representou 84,4 % da abundância total da macrofauna, e sinaliza perda das funções ecossistêmicas de engenharia e fornecimento de recursos alimentares para outros artrópodes no solo (Jones et al., 1994; Bardgett et al., 2001), que são essenciais na manutenção de alguns serviços ambientais fornecidos pelas florestas ripárias.

A rápida adaptação dos Formicidae às mudanças de uso da terra (Alonso e Agosti, 2000), devido a sua capacidade de tirar proveito de uma ampla gama de recursos (Vasconcellos et al., 2013), geralmente impossibilita o uso de sua abundância total como indicador de qualidade do solo, devendo-se então optar pela identificação em nível de espécies para então encontrar diferenças entre os usos da terra (Rousseau et al., 2010).

No presente estudo, observou-se diferença entre as abundâncias dos Formicidae das áreas de florestas ripárias mais degradadas (DMA) em relação às áreas mais preservadas (DB, DM e DA). Deste modo, constata-se que a plasticidade desses insetos foi afetada pela constante perturbação das florestas, reduzindo sua população a níveis inferiores ao encontrado nas áreas menos impactadas. Contudo, estudos mais detalhados em nível de espécies serão necessários para melhor entender o comportamento dos Formicidae ao longo do processo de recuperação do solo nas florestas ripárias. Os Isoptera foram mais abundantes nas áreas mais conservadas das florestas ripárias (DB e DM), possivelmente em razão do maior suprimento de madeira (Reis e Canello, 2007), principal fonte de alimento para os cupins, especialmente na manutenção das ninfas que participarão da revoada (Mugerwa et al., 2011). Similarmente, Zelarayán et al. (2015), estudando nas mesmas áreas, observou que o maior estoque de necromassa encontra-se nas áreas mais conservadas das florestas ripárias, onde as árvores caídas representaram cerca de 63 e 12 % desse estoque nas DB e DM, respectivamente, em comparação aos 0 % registrado na DA, que houve menor abundância de cupins.

A abundância dos saprófagos, responsáveis pela ciclagem dos nutrientes no solo, mostrou associação com o hábitat mais preservado (DB) (Frouz e Ali, 2004). Esta afinidade, principalmente dos grupos Diplopoda, Isopoda e Gastropoda, e dos engenheiros Oligochaeta, refere-se à exigência nutricional por alimento e umidade suficientes (Frouz e Ali, 2004; Doblas-Miranda et al., 2009b; Morón-Rios et al., 2010). Provavelmente, a umidade do solo é significativamente maior na DB, em razão de apresentarem dossel mais fechado, o que inviabiliza perdas rápidas por evaporação.

Os predadores foram mais abundantes nas áreas mais preservadas das florestas ripárias, que possivelmente são mais estáveis e complexas (Baretta et al., 2007) e possuem maior disponibilidade de alimento, representado pelo aumento da abundância e riqueza de presas.

Recomenda-se que na busca de bioindicadores de degradação/restauração da qualidade do solo nas florestas ripárias, sejam selecionados os que são menos afetados por condicionantes climáticas, uma vez que estes podem não conduzir a uma adequada compreensão dos impactos da atividade antrópica. Assim, os grupos Isoptera, Gastropoda, Araneae, Chilopoda e Diplura, que foram essencialmente sensíveis ao gradiente de degradação, podem ser mais promissores.

Sazonalidade da macrofauna do solo ao longo do gradiente de degradação

A abundância total foi mais afetada pela degradação florestal durante a estação seca. As consecutivas mudanças de uso da terra simplificam o ambiente das florestas, tornando-as cada vez menos complexas biologicamente, o que afeta sua capacidade de resistência (Nilsson et al., 2007) e de disponibilizar nichos e alimentos para atuação da macrofauna do solo. Tal dano se acentua durante a estação seca, porque a baixa umidade também afeta a sobrevivência desses macroinvertebrados no solo (Frouz et al., 2004).

A resposta da macrofauna do solo à sazonalidade variou nas DB e DA, o que pode ser um reflexo das diferenças na estrutura da vegetação e as variações locais das características microclimáticas, que, por sua vez, influenciam as fontes de alimentos e atividades dos macroinvertebrados.

A baixa incidência de Isoptera observada durante a estação chuvosa na DB está possivelmente ligada à supressão de sua atividade em condições de saturação do solo (Palin et al., 2010), enquanto a maior abundância durante a estação chuvosa na DA pode estar relacionada ao provável crescimento da vegetação um mês antes do final da estação chuvosa (Silva et al., 2013), significando aumento da disponibilidade de alimento para forrageamento.

A abundância dos Auchenorrhyncha, que são herbívoros sugadores de seiva, aparentemente está relacionada à disponibilidade e fenologia das plantas hospedeiras no hábitat ciliar. Na DB, a produção de novas folhas ao final da estação chuvosa (Silva et al., 2013) supostamente favoreceu sua abundância. Entretanto, a baixa precipitação registrada na estação seca e/ou a presença de algum recurso específico nas áreas de DA, podem ter sido os fatores favoráveis para sua maior abundância.

O pico de abundância dos Heteroptera geralmente ocorre na estação chuvosa (Pinheiro et al., 2002), como observado na DA. Contudo, a maior abundância na estação seca dentro da DB pode estar

relacionada a algum recurso específico encontrado nessas áreas ou nesse período e/ou a limitação da atividade de herbivoria pelas chuvas durante a estação chuvosa.

As larvas de Lepidoptera foram mais abundantes nas áreas mais conservadas das florestas ripárias durante a estação seca, possivelmente em razão destas apresentarem maior oferta de alimentos, representado pelas folhas largas das árvores.

Os onívoros Blattodea demonstraram reações diferentes à degradação dentro das estações. Durante a estação seca, esses insetos foram mais abundantes nos ambientes mais úmidos, ricos e com pouca luminosidade, representados pela DB. Enquanto que na estação chuvosa, a abundância desses insetos foi prejudicada no mesmo nível de degradação, por não requererem tanta umidade para sua sobrevivência (Sriwuichai et al., 2002).

As larvas e adultos de Coleoptera possuem padrão temporal diferenciados, uma vez que, antes da chegada das chuvas, ocorre a eclosão dos ovos e conseqüente desenvolvimento das larvas (Carlisle et al., 1965). Desta forma, as larvas de coleópteros se concentram no final da estação seca (Rossi e Blanchart, 2005), enquanto os adultos do início ao final da estação chuvosa (de acordo com a espécie), como ocorrido na DA. No entanto, para a DB ocorreu o oposto, ou seja, as larvas optaram pela estação chuvosa, uma vez que, durante esse período, há maior fornecimento de alimento para sua atividade de herbivoria nesse ambiente.

Aparentemente, indivíduos do grupo Araneae utilizaram de sua estratégia de migração vertical para fugir da saturação superficial mais prolongada do solo (Höfer, 1997) durante a estação chuvosa, e se beneficiaram da maior disponibilidade de presas encontrada na estação seca das áreas mais antigas (DB). Contudo, a maior abundância na estação chuvosa dentro da DA se deu em virtude do pequeno aumento na riqueza da macrofauna observada nesses ambientes, o que possibilitou o aumento da taxa de reprodução das aranhas.

O aumento na abundância dos Chilopoda na estação chuvosa dentro da DB demonstra que esses artrópodes são favorecidos por ambientes úmidos, sendo, portanto, raramente encontrados em regiões quentes e secas. Porém, na DA observa-se que estes optaram pela estação seca, podendo estar relacionado à maior abundância total da macrofauna do solo nesse ambiente.

Os predadores Opiliones e Scorpiones mantiveram o mesmo padrão de distribuição, sendo mais abundantes na estação seca na DB e chuvosa na DA. Possivelmente, a saturação do solo na estação chuvosa reduziu sua capacidade de predação no ambiente, pois implica na submersão dos esconderijos destes. Contudo, a maior abundância total observada durante a estação seca favoreceu reprodução desses predadores, uma vez que representam fontes de alimento para eles.

Os demais Hymenoptera, em sua maioria vespas, possivelmente demonstraram suas preferências de locais para nidificação, alimentação e proteção. Durante a estação chuvosa, preferiram os ambientes mais conservados (DB), supostamente para se proteger da chuva e/ou da predação, enquanto na estação seca optaram por áreas mais abertas (DA), e pode estar relacionada com a preferência de algumas espécies por solos erodidos e arenosos e com vegetação mais aberta para nidificação (Klein et al., 2002) e/ou com maior quantidade de plantas pioneiras, que são importantes fontes de alimentos para estes insetos (Souza e Prezoto, 2006).

CONCLUSÕES

Nesse estudo, foi possível diferenciar os grupos que são mais sensíveis à sazonalidade (Embiidina) dos mais sensíveis ao gradiente de perturbação (Isoptera, Gastropoda, Araneae, Chilopoda e Diplura) nas florestas ripárias. Desse modo, cada grupo parece ser afetado de maneira peculiar pela sazonalidade, o que pode acarretar alterações na sensibilidade dessas comunidades a degradação antrópica do ambiente ripário.

A degradação das florestas ripárias afeta a abundância dos engenheiros do solo, saprófagos e predadores, o que pode ocasionar perdas de atividades importantes para a manutenção dos serviços ambientais de regulação (como controle de pragas) e de suporte (tais como, formação do solo e ciclagem de nutrientes).

O impacto da degradação sobre a abundância da comunidade de macrofauna do solo é mais pronunciado no período seco, pois afetam as condições ideais de umidade e disponibilidade de recursos alimentares dos artrópodes.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à FAPEMA e ao CNPq, pelo financiamento do estudo. Às comunidades de Pepital e Só Assim pelo apoio e receptividade. Ao PPG em Agroecologia/UEMA e ao Sítio-Escola Praia do Barco pelas instalações cedidas durante a pesquisa.

REFERÊNCIAS

- Alonso LE, Agosti D. Biodiversity studies, monitoring and ants: an overview. In: Agosti D, Majer J D, Alonso LE, Schultz TR, editors. *Ants: standart methods for measuring and monitoring biodiversity*. Washington: Smithsonian Institution Press; 2000.
- Anderson JM, Ingram, JSI. *Tropical soil biology and fertility: a handbook of methods*. Wallingford: CABI International; 1993.
- Anu A, Sabu TK, Vineesh PJ. Seasonality of litter insects and relationship with rainfall in a wet evergreen forest in south Western Ghats. *J Insect Sci*. 2009;9:46-55.
- Arun PR, Vijayan VS. Patterns in abundance and seasonality of insects in the Siruvani forest of western Ghats, Nilgiri Biosphere Reserve, Southern India. *Sci World J*. 2004; 4:381-92.
- Bardgett RD, Anderson JM, Behan-Pelletier V, Brussaard L, Coleman DC, Ettema C, Moldenke A, Schimel JP, Wall DH. The influence of soil biodiversity on hydrological pathways and the transfer of materials between terrestrial and aquatic ecosystems. *Ecosystems*. 2001; 4:421-429.
- Baretta D, Brescovit AD, Knysak I, Cardoso EJB. Trap and soil monolith sampled edaphic spiders (Arachnida: Araneae) in *Araucaria angustifolia*. *For Sci Agric*. 2007;64:375-83.
- Begon M, Townsend CR, Harper JL. *Ecology: from individuals to ecosystems*. 4^a ed. Oxford: Blachwell Publissing; 2008.
- Bischof H, Collison L. *Lake Macquarie streambank and foreshore planting guide*. Lake Macquarie: Lake Macquarie Catchment Management Committee; 2005.
- Brown GS. Sperm competition and male forceps dimorphism in the European earwig *Forficula auricularia* (Dermaptera: Forficulina) [Thesis]. Reino Unido: University of St. Andrews; 2006.
- Carlisle DB, Ellis PE, Betts E. The influence of aromatic shrubs on sexual maturation in the desert locust *Schistocerca gregaria*. *J Insect Physiol*. 1965;11:1541-58.
- Celentano D, Rousseau GX, Engel VL, Façanha CL, Oliveira AM, Moura EG. Perceptions of environmental change and use of traditional knowledge to plan riparian Forest restoration with relocated communities in Alcântara, Eastern Amazon. *J Ethnobiol Ethnomed*. 2014;10:11-24.
- Davis CA, Austin JE, Buhl DA. Factors influencing soil invertebrate communities in riparian Grasslands of the Central Platte river floodplain. USGS Northern Prairie Wildlife Research Center Paper 24. 2006;26:438-54.
- Doblas-Miranda E, Sánchez-Piñero F, González-Megáas A. Different structuring factors but connected dynamics shape litter and belowground soil macrofaunal food webs. *Soil Biol Biochem*. 2009a;41:2543-50.

- Doblas-Miranda E, Sánchez-Piñero F, González-Megías A. Vertical distribution of soil macrofauna in an arid ecosystem: are litter and belowground compartmentalized habitats? *Pedobiologia*. 2009b;52:361-73.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2ª ed. Brasília: Embrapa Produção de Informação/Embrapa Solos; 2006.
- Ezhumalai P, Prabakaran S. The diversity of cockroaches in kolli hills of Namakkal District, Tamil Nadu. *Int J Adv Res Biol Sci*. 2014;1:11-4.
- Fremier AK, DeClerck FAJ, DeClerck NA, Carmona NE, Hill R, Joyal T, Keesecker L, Klos PZ, Martínez-Salinas A, Niemeyer R, Sanfiorenzo A, Welsh K, Wulforth JD. Understanding spatiotemporal lags in ecosystem services to improve incentives. *BioScience*. 2013;63:472-82.
- Frouz J, Ali A, Frouzova J, Lobinske RJ. Horizontal and vertical distribution of soil macroarthropods along a spatio-temporal moisture gradient in subtropical Central Florida. *Environ Entomol*. 2004;33:1282-95.
- Frouz J, Ali A. Soil macroinvertebrates along a successional gradient in Central Florida. *Flo Entomol*. 2004;87:386-90.
- Golovatch SI, Kime RD. Millipede (Diplopoda) distributions: A review. *Soil Org*. 2009;8:565-97.
- Höfer H. The spider communities. In: Junk W, editor. *The Central Amazonian floodplain: ecology of a pulsing system*. Berlin: Springer; 1997. p.373-83.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. *Mapa da Vegetação do Brasil: Maranhão*. Rio de Janeiro: IBGE; 2011.
- Jones CG, Lawton JH, Shackak M. Organisms as ecosystem engineers. *Oikos*. 1994;69:373-86.
- Kattelman R, Embury M. *Riparian areas and wetlands*. Davis: University of California; 1996.
- Klein AM, Steffan-Dewenter I, Buchori D, Tschardt T. Effects of land-use intensity in tropical agroforestry systems on flower-visiting and trap-nesting bees and wasps. *Conserv Biol*. 2002;16:1003-14.
- Lavelle P, Senapati B, Barros E. Soil macrofauna. In: Schroth G, Lawton JH, Shackak M, editors. *Trees, crops and soil fertility*. Wallingford: CABI Publishing; 2003. p.303-4.
- Lemmon PE. A new instrument for measuring forest overstory density. *J For*. 1957;55:667-8.
- Lewinsohn TM, Freitas AVL, Prado PI. Conservation of terrestrial invertebrates and their habitats in Brazil. *Conserv Biol*. 2005;19:640-5.
- McAleece N, Gage JD, Lamshead PJD, Patterson GLJ. *Biodiversity professional statistics analysis software*. The Natural History Museum e The Scottish Association for Marine Science; 1997.

- Medeiros J, Araújo A, Araújo HFP, Queiroz JPC, Vasconcellos A. Seasonal activity of *Dinoponera quadriceps* Santschi (Formicidae, Ponerinae) in the semi-arid Caatinga of northeastern Brazil. *R Bras Entomol.* 2012;56:81-5.
- Menéndez YI, Dávila GC. Litter macrofauna in two systems with different land use and husbandry in Cuba. *Cuban J Agric Sci.* 2014;48:181-8.
- Moço MKS, Gama-Rodrigues EF, Gama-Rodrigues AC, Machado RCR, Baligar VC. Relationships between invertebrate communities, litter quality and soil attributes under different cacao agroforestry systems in the south of Bahia, Brazil. *Appl Soil Ecol.* 2010;46:347-54.
- Morón-Rios A, Rodríguez MÁ, Pérez-Camacho L, Rebollo S. Effects of seasonal grazing and precipitation regime on the soil macroinvertebrates of a Mediterranean old-field. *Eur J Soil Biol.* 2010;46:91-6.
- Mugerwa S, Nyangito M, Mpairwe D, Bakuneeta C, Nderitu J, Zziwa E. Farmers' ethno-ecological knowledge of the termite problem in semi-arid Nakasongola. *Afr J Agric Res.* 2011;6:3183-91.
- Nilsson C, Jansson R, Malmqvist B, Naiman RJ. Restoring riverine landscapes: the challenge of identifying priorities, reference states, and techniques. *Ecol Soc.* 2007;12:16-22.
- Palin OF, Eggleton P, Malji Y, Girardin CAJ, Rozas-Dávila A, Parr C. Termite diversity along an Amazon-Andes elevation gradient, Peru. *Biotopica.* 2010;43:100-7.
- Pinheiro F, Diniz IR, Coelho D, Bandeira MPS. Seasonal pattern of insect abundance in the Brazilian cerrado. *Austral Ecol.* 2002;27:132-6.
- Powell JA, Logan JA. Insect seasonality: circle map analysis of temperature-driven life cycles. *Theor Popul Biol.* 2005;67:161-79.
- R Development Core Team. *R: A language and environment for statistical computing.* Austria: R Foundation for Statistical Computing; 2013.
- Radford IJ, Grice AC, Abbott BN, Nicholas DM, Whiteman L. Impacts of changed fire regimes on tropical riparian vegetation invaded by an exotic vine. *Austral Ecol.* 2008;33:151-67.
- Reis YT, Canello EM. Riqueza de cupins (Insecta, Isoptera) em áreas de Mata Atlântica primária e secundária do sudeste da Bahia. *Iheringia, Série Zool.* 2007;97:229-34.
- Rheinhardt DE, Brinson MM, Meyer GF, Miller KH. Carbon storage of headwater riparian zones in an agricultural landscape. *Carbon Balance Manag.* 2012;7:4-8.
- Rossi J-P, Blanchart E. Seasonal and land-use induced variations of soil macrofauna composition in the Western Ghats, Southern India. *Soil Biol Biochem.* 2005;37:1093-104.

- Rousseau GX, Silva PRS, Carvalho CJR. Earthworms, ants and other arthropods as soil health indicators in traditional and no-fire agro-ecosystems from Eastern Brazilian Amazonia. *Acta Zool Mex.* 2010;2:117-34.
- Scherrer S, Ferro VG, Ramos MN, Diniz IR. Species composition and temporal activity of Arctiinae (Lepidoptera: Erebidae) in two cerrado vegetation types. *Zoologia.* 2013;30:200-10.
- Silva FB, Shimabukuro YE, Aragão LEOC, Anderson LO, Pereira G, Cardozo F, Arai E. Large scale heterogeneity of Amazonian phenology revealed from 26-year long AVHRR/NDVI time series. *Environ Res Lett.* 2013;8: 24011-22.
- Simula M. Towards defining forested gradation: Comparative analysis of existing definitions. Roma: Forest Resources Assessment Programme Working Paper 154; 2009.
- Sláma K. Respiratory cycles of *Chelifer cancroides* (Pseudoscorpiones) and *Galeodes* sp. (Solifugae). *Eur J Entomol.* 1995;92:543-52.
- Souza MM, Prezoto F. Diversity of social wasps (Hymenoptera, Vespidae) in semideciduous forest and cerrado (savanna) regions in Brazil. *Sociobiology.* 2006;47:135-47.
- Sriwuchai P, Nacapunchai D, Pasurallertsakul S, Rongsriyam Y, Thavara U. Survey of indoor cockroaches in some dwellings in Bangkok. *Southeast Asian J Trop Med Public Health.* 2002;33:36-40.
- Triplehorn A, Johnson NF. Estudos dos Insetos (Tradução 7ª edição de Boor and Delong's introduction to the study of insects). São Paulo: Cengage Learning; 2011. 809p.
- Underwood AJ. Environmental decisionmaking and the precautionary principle: what does this principle mean in environmental sampling practice? *Landscape Urban Plan.* 1997; 37:137-46.
- Vasconcellos A, Andrezza R, Almeida AM, Araujo HFP, Oliveira ES, Oliveira U. Seasonality of insects in the semi-arid Caatinga of northeastern Brazil. *R Bras Entomol.* 2010;54:471-6.
- Vasconcellos RLF, Segat JC, Bonfima JA, Baretta B, Cardoso EJBN. Soil macrofauna as an indicator of soil quality in an undisturbed riparian forest and recovering sites of different ages. *Eur J Entomol.* 2013;58:105-12.
- Zelarayán MLC, Celentano D, Oliveira EC, Triana SP, Sodré DN, Muchavisoy KHM, Rousseau GX. Impacto da degradação sobre o estoque total de carbono de florestas ripárias na Amazônia Oriental, Brasil. *Acta Amaz.* 2015;45:271-82.

QUADROS

Quadro 1. Resumo da ANOVA fatorial da comunidade de macrofauna do solo.

Grupo Taxonômico	Sazonalidade		Rio		Degradação		Sazonalidade x Rio		Sazonalidade x Degradação		Rio x Degradação		Sazonalidade x Rio x Degradação	
	F	P	F	p	F	p	F	p	F	p	F	p	F	p
	<i>Engenheiros do solo</i>													
Formicidae (For)	9,785	0,0019	2,128	0,1460	7,408	0,0000	7,097	0,0083	2,542	0,0571	0,727	0,5369	0,026	0,9942
Isoptera (Iso)	0,282	0,5958	6,352	0,0124	14,598	0,0000	0,012	0,9129	2,119	0,0987	0,364	0,7789	0,310	0,8183
Oligochaeta (Oli)	34,732	0,0000	0,561	0,4544	74,977	0,0000	1,357	0,2453	0,760	0,5179	0,386	0,7629	0,133	0,9404
	<i>Saprófagos</i>													
Diplopoda (Diplo)	14,738	0,0001	10,448	0,0014	8,195	0,0000	1,050	0,3065	1,826	0,1433	8,672	0,0000	1,584	0,1942
Diptera, Larva (L.Dip)	1,852	0,1748	5,147	0,0242	0,755	0,5205	1,853	0,1748	0,755	0,5205	0,755	0,5205	0,755	0,5205
Embiidina (Emb)	6,397	0,0121	1,321	0,2516	0,363	0,7794	0,215	0,6430	2,469	0,0628	0,548	0,6499	0,253	0,8591
Gastropoda (Gas)	0,340	0,5598	20,390	0,0000	5,566	0,0010	0,341	0,5599	1,701	0,1676	2,337	0,0745	1,701	0,1676
Isopoda (Isopo)	4,377	0,0375	20,933	0,0000	11,819	0,0000	2,763	0,0979	1,726	0,1626	9,261	0,0000	1,673	0,1736
	<i>Herbívoros</i>													
Auchenorrhyncha (Auc)	0,000	1,0000	0,509	0,4763	0,339	0,7968	0,509	0,4763	1,697	0,1685	1,527	0,2083	0,170	0,9168
Diptera, Adulto (Dip)	3,000	0,0846	0,333	0,5643	0,333	0,8012	0,333	0,5643	0,333	0,8013	1,222	0,3024	1,222	0,3024
Heteroptera (Het)	1,287	0,2576	4,290	0,0395	2,066	0,1055	0,444	0,5058	1,843	0,1401	0,492	0,6882	0,386	0,7631
Lepidoptera, Larva (L.Lep)	0,066	0,7969	4,681	0,0316	0,719	0,5415	0,021	0,8840	3,402	0,0186	0,218	0,8842	2,709	0,0460
Orthoptera (Ort)	3,379	0,0673	0,002	0,9584	1,649	0,1790	1,937	0,1653	1,824	0,1436	0,636	0,5924	1,055	0,3692
Phasmatodea (Phas)	1,000	0,3183	1,000	0,3184	1,000	0,3936	1,000	0,3184	1,000	0,3937	1,000	0,3937	1,000	0,3937
Blattodea (Bla)	2,663	0,1040	0,286	0,5929	2,234	0,0851	3,856	0,0510	4,006	0,0084	1,052	0,3702	1,167	0,3232
Coleoptera, Adulto (Col)	0,653	0,4197	2,486	0,1163	0,556	0,6448	5,308	0,0221	1,552	0,2019	2,110	0,0999	1,180	0,3181
Coleoptera, Larva (L. Col)	2,077	0,1509	0,643	0,4233	0,355	0,7858	6,453	0,0118	1,372	0,2521	0,602	0,6144	0,819	0,4845
	<i>Predadores</i>													
Araneae (Ara)	0,290	0,5902	1,003	0,3177	6,769	0,0002	13,245	0,0003	0,822	0,4829	1,093	0,3528	1,706	0,1667
Chilopoda (Chi)	0,589	0,4432	0,916	0,3395	12,783	0,0000	0,445	0,5056	0,174	0,9142	2,543	0,0571	0,236	0,8712
Dermoptera (Der)	7,255	0,0076	3,798	0,0526	6,103	0,0005	1,450	0,2298	2,587	0,0540	8,777	0,0000	4,951	0,0024
Diplura (Diplu)	2,818	0,0945	5,900	0,0159	7,071	0,0001	10,954	0,0011	0,235	0,8718	0,184	0,9069	1,096	0,3518
Hymenoptera, Outros (O.Hym)	2,731	0,0997	0,000	1,0000	0,228	0,8771	0,683	0,4095	1,366	0,2540	1,366	0,2540	1,138	0,3344
Mantodea, Ninfa (N.Man)	1,000	0,3183	1,000	0,3184	1,000	0,3936	1,000	0,3184	1,000	0,3937	1,000	0,3937	1,000	0,3937
Neuroptera, Larva (L.Neu)	0,127	0,7218	0,127	0,7218	0,933	0,4254	3,800	0,0525	0,903	0,4406	0,225	0,8790	1,351	0,2586
Opiliones (Opi)	3,834	0,0514	3,129	0,0783	1,705	0,1668	0,446	0,5050	1,115	0,3438	0,168	0,9176	0,871	0,4566
Pseudoscorpiones (Pseu)	4,850	0,0286	0,003	0,9524	6,203	0,0004	0,144	0,7047	2,233	0,0852	0,960	0,4122	0,091	0,9647
Scorpiones (Sco)	0,333	0,5642	0,333	0,5643	0,333	0,8012	0,333	0,5643	1,222	0,3024	1,222	0,3024	1,222	0,3024
	<i>Parasitas</i>													
Hirudinea (Hir)	1,000	0,3183	1,000	0,3184	1,000	0,3936	1,000	0,3184	1,000	0,3937	1,000	0,3937	1,000	0,3937
Ixodidae (Ixo)	2,809	0,0950	21,930	0,0000	1,016	0,3861	4,178	0,0421	0,598	0,6172	0,159	0,9240	0,184	0,9074
	<i>Outros</i>													
Indeterminado (Ind)	11,870	0,0006	0,511	0,4753	1,628	0,1837	5,384	0,0212	0,026	0,9942	0,927	0,4282	0,218	0,8837

Quadro 2. Resumo da ANOVA fatorial dos parâmetros ecológicos da comunidade de macrofauna do solo.

Grupo Taxonômico	Sazonalidade		Rio		Degradação		Sazonalidade x Rio		Sazonalidade x Degradação		Rio x Degradação		Sazonalidade x Rio x Degradação	
	F	P	F	P	F	P	F	P	F	p	F	p	F	p
D _T	0,014	0,9071	1,009	0,3163	34,318	0,0000	6,786	0,0098	3,248	0,0227	1,382	0,2490	2,097	0,1014
S	2,181	0,1411	1,410	0,2362	30,127	0,0000	12,713	0,0004	1,537	0,2058	2,096	0,1015	2,262	0,0820
H'	1,935	0,1656	0,449	0,5034	9,054	0,0000	2,650	0,1049	1,742	0,1593	0,532	0,6607	1,316	0,2699
J	0,508	0,4768	0,041	0,8405	2,292	0,0789	0,092	0,7622	2,324	0,0757	0,140	0,9359	0,447	0,7197
D	0,501	0,4796	0,004	0,9497	2,868	0,0373	0,216	0,6425	2,670	0,0483	0,404	0,7499	0,391	0,7595

D_T: Densidade total; S: Riqueza; H': Índice de diversidade de Shannon-Wiener; J: Índice de equitatividade de Pielou; D: Índice de dominância de Simpson.

Quadro 3. Densidade (ind.m⁻²) e índices ecológicos da comunidade de macrofauna do solo coletada nas estações seca e chuvosa em um gradiente de degradação de floresta ripária na Amazônia Oriental.

Grupos Taxonômicos	Gradiente de Degradação											
	DB			DM			DA			DMA		
	Seca	Chuvosa	Média	Seca	Chuvosa	Média	Seca	Chuvosa	Média	Seca	Chuvosa	Média
Formicidae*	222,4 a	94,4 b	158,4 A	294,4	96,5	195,5 A	192,5	81,6	137,1 A	54,9	73,6	64,3 B
Isoptera	779,7	323,2	551,5 A	786,1	691,2	738,7 A	53,9	85,3	69,6 B	78,9	500,3	289,6 B
Oligochaeta	142,9 b	233,6 a	188,3 A	71,5	114,1	92,8 B	18,1	25,1	21,6 C	2,1	16,5	9,3 D
Diplopoda	3,7 b	17,1 a	10,4 A	3,2	9,1	6,1 AB	0	1,6	0,8 C	1,1	5,3	3,2 BC
Embiidina	0,20 a	0,12 b	1,1	3,7	0	1,9	2,7	0	1,3	0,5	1,1	0,8
Gastropoda	4,8	3,7	4,3 A	0,5	3,7	2,1 B	1,6	0	0,8 B	1,1	0	0,5 B
Isopoda	10,1 b	15,5 a	12,8 A	0	7,5	3,7 B	0	0	0 B	0	0	0 B
Araneae	18,1	14,9	16,5 AB	20,3	25,6	22,9 A	14,9	18,7	16,8 AB	11,2	8,5	9,9 B
Chilopoda	13,9	16,0	14,9 B	20,8	22,4	21,6 A	11,2	10,1	10,7 BC	3,7	7,5	5,6 C
Dermaptera	0,5 b	3,7 a	2,1 A	0	0,5	0,3 B	0	0	0 B	0	0,5	0,3 B
Diplura	9,6	15,5	12,5 A	7,5	12,8	10,1 A	2,1	6,4	4,3 B	1,1	6,9	4,0 B
Pseudoscorpiones	8,0 a	2,7 b	5,3 A	7,5	5,9	6,7 A	3,2	0,5	1,9 B	2,1	1,1	1,6 B
Indeterminado	1,1 b	4,8 a	2,9	4,3	8,5	6,4	1,6	5,9	3,7	0,5	5,3	2,9
Diversidade/índices ecológicos												
DT	1270,4	779,2	1024,8 A	1260,8	1039,5	1150,1 A	333,3	269,3	301,3 C	179,2	670,9	425,1 B
S	7,3	6,8	7,0 A	6,6	7,6	7,1 A	4,9	5,1	5,0 B	3,3	4,5	3,9 C
H'	1,243	1,158	1,201 A	1,055	1,322	1,189 A	1,062	1,275	1,169 A	0,851	0,848	0,849 B
J	0,651	0,623	0,637	0,587	0,692	0,640	0,688	0,802	0,745	0,743	0,653	0,698
D	0,581	0,542	0,562 A	0,500	0,597	0,548 AB	0,526	0,627	0,577 A	0,515	0,446	0,480 B

*Médias seguidas de mesma letra minúscula e maiúscula na linha não diferem entre si na estação e gradiente de degradação pelo teste de SNK ($p \geq 0,05$), respectivamente.

DB: Degradação baixa; DM: Degradação média; DA: Degradação alta; DMA: Degradação muito alta; DT: Densidade total; S: Riqueza; H': Índice de diversidade de Shannon-Wiener; J: Índice de equitatividade de Pielou; D: Índice de dominância de Simpson.

FIGURAS

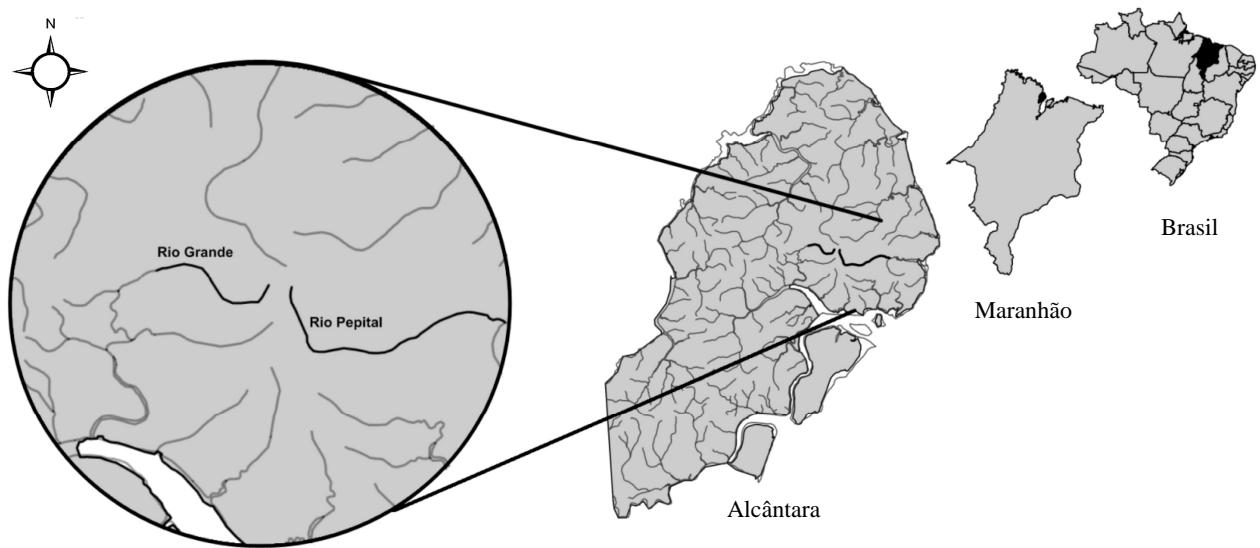


Figura 1. Mapa esquemático de localização dos rios Pepital e Grande em Alcântara, Maranhão.

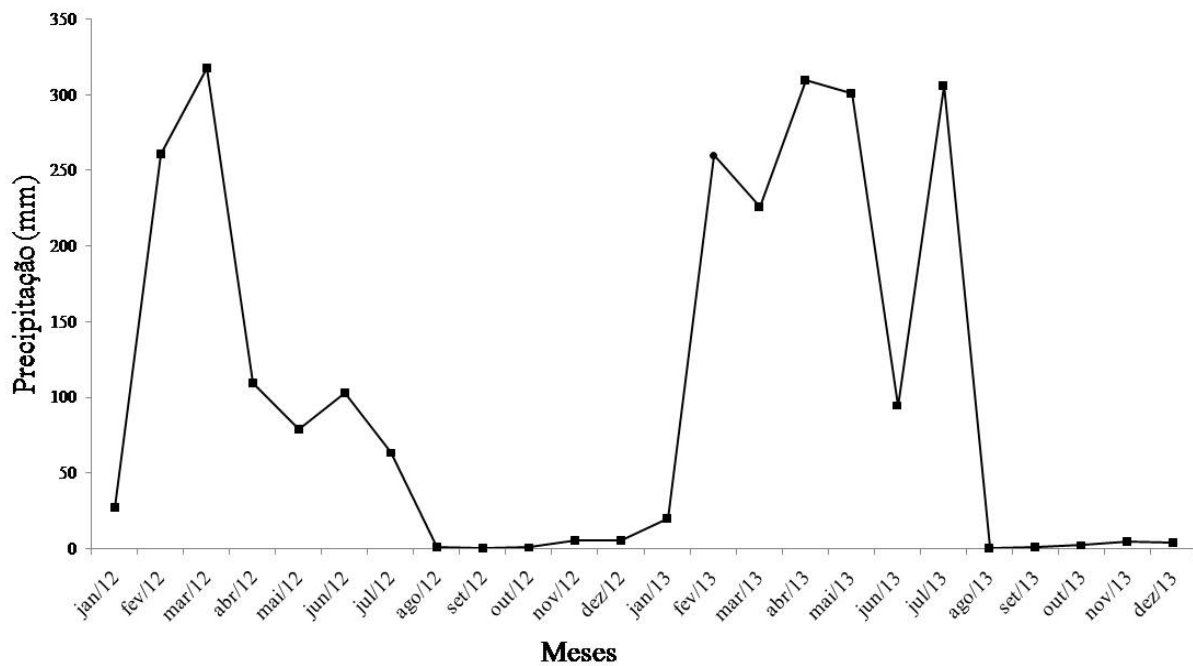


Figura 2. Precipitação mensal (mm) registrada nos anos de 2012 e 2013 em Alcântara, Maranhão.

Fonte: Laboratório de Meteorologia/LabMet/UEMA.

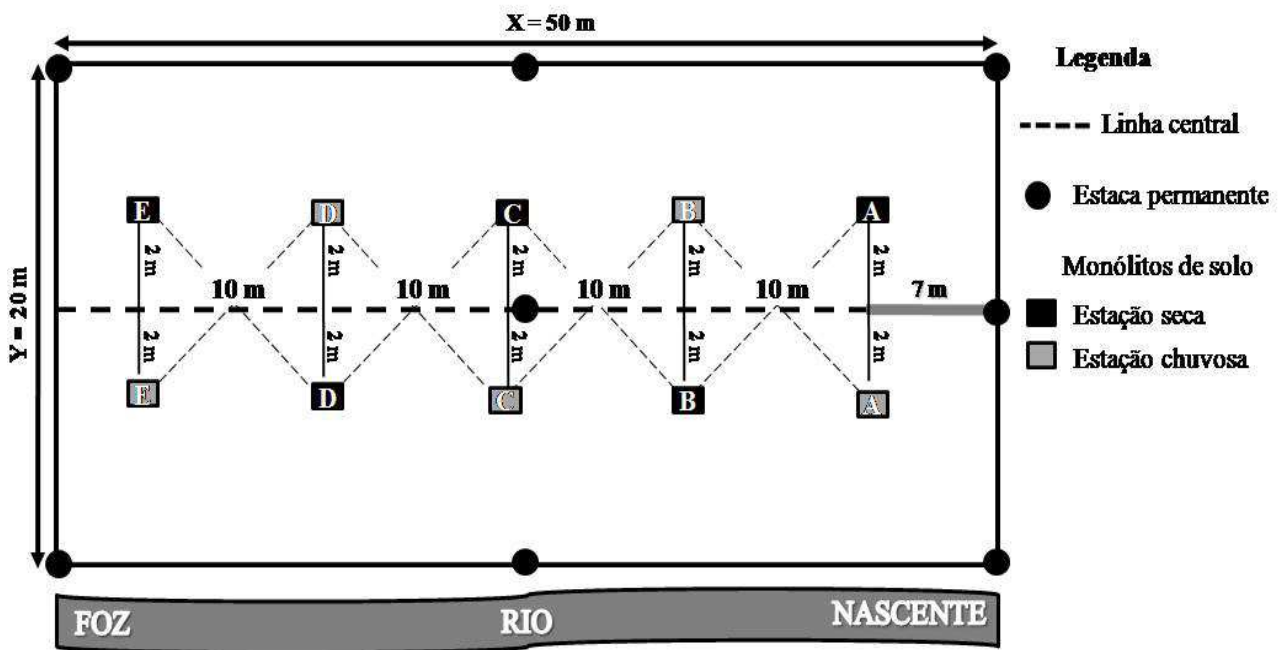


Figura 3. Esquema de amostragem de transecto de linha para coleta de monólitos de solo.

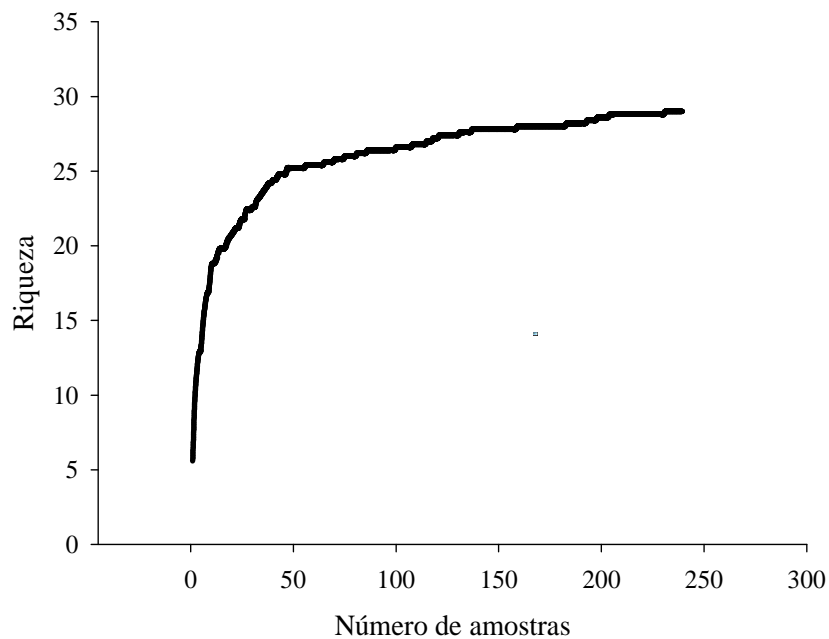


Figura 4. Curva de saturação da macrofauna do solo coletada em florestas ripárias de Alcântara, Maranhão.

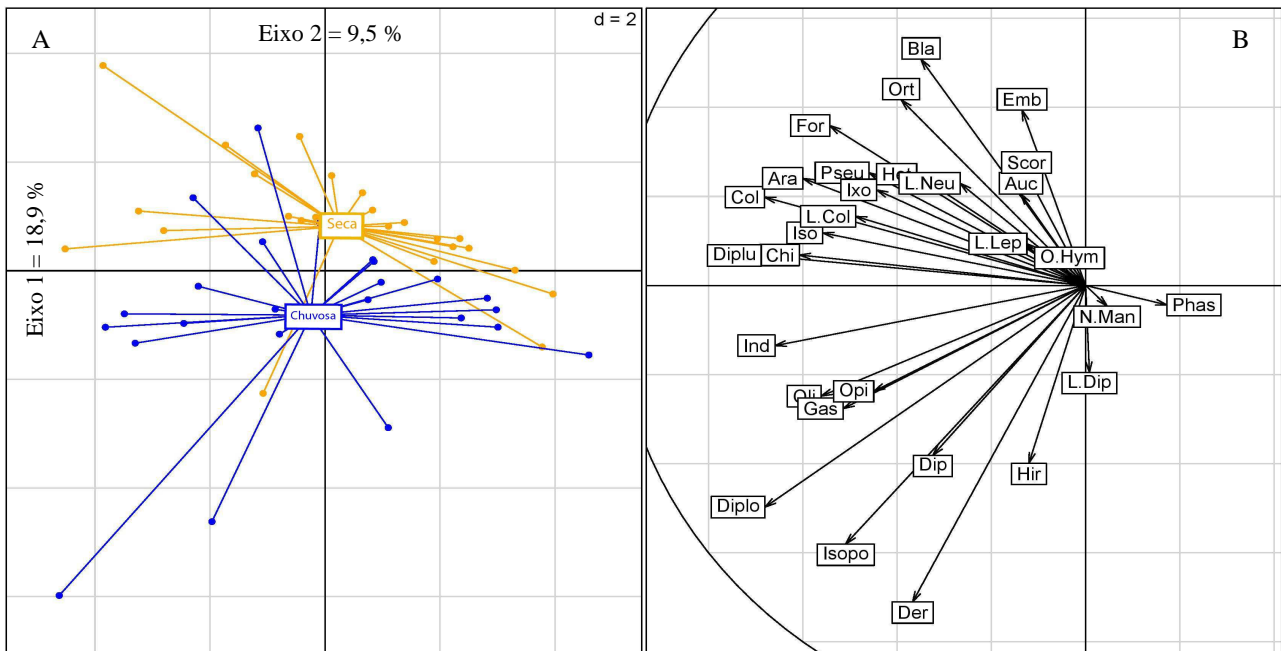


Figura 5. AEC da comunidade de macrofauna do solo de florestas ripárias nas estações seca e chuvosa. A) Diagrama de ordenação das estações. B) Círculo de correlações dos grupos taxonômicos. Teste de permutação ($R^2=5,0\%$; $P=0,004$). Ver Quadro 1 para abreviações.

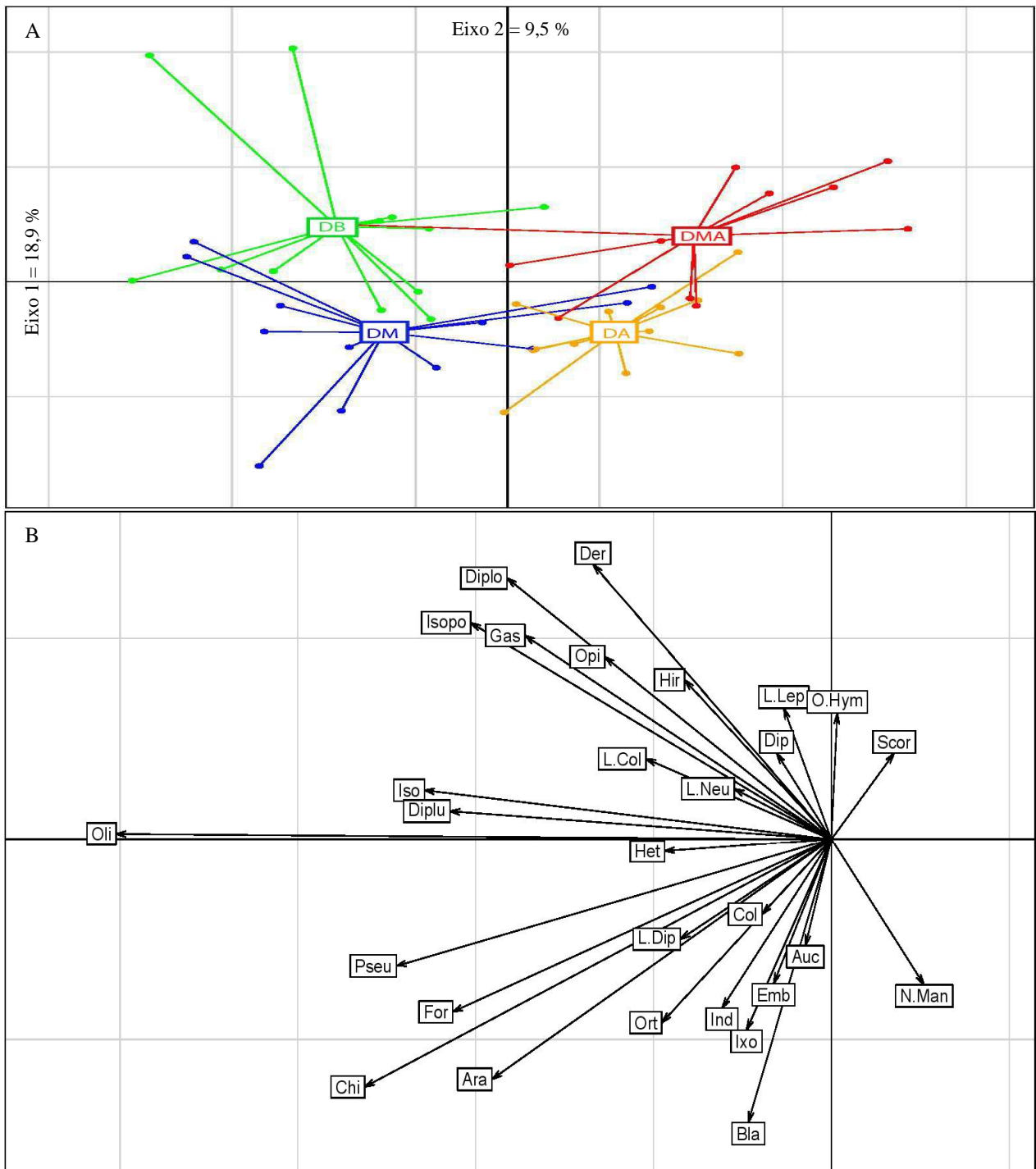


Figura 6. AEC da comunidade de macrofauna do solo ao longo do gradiente de degradação de florestas ripárias. A) Diagrama de ordenação dos níveis de degradação. B) Círculo de correlações dos grupos taxonômicos. Teste de permutação ($R^2=13,3\%$; $P=0,0002$). Ver Quadro 1 para abreviações.

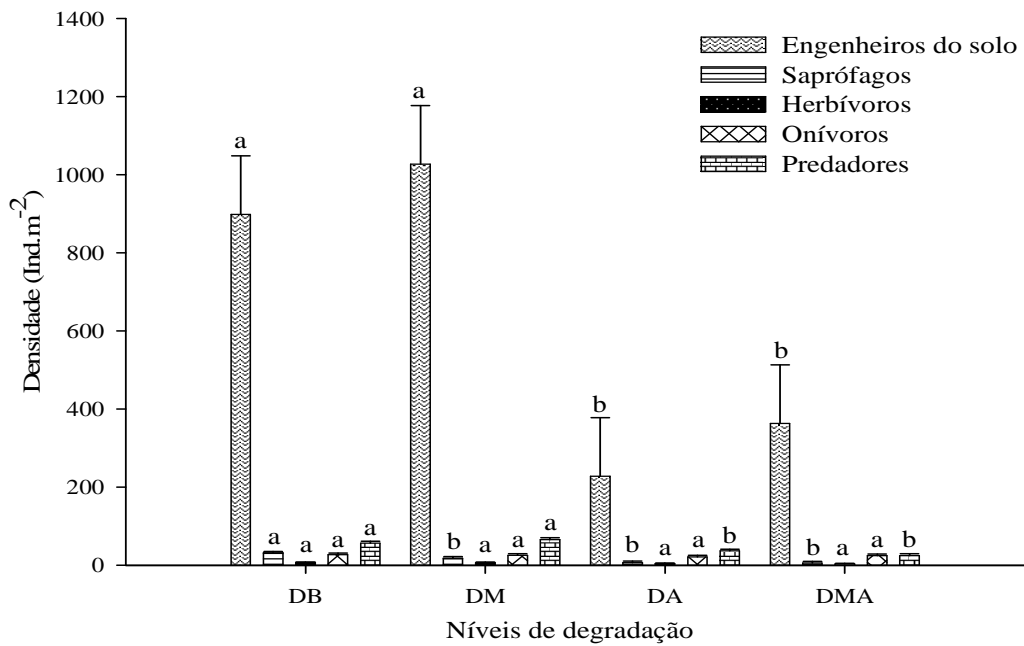


Figura 7. Abundância de grupos funcionais da macrofauna do solo ao longo do gradiente de degradação em florestas ripárias da Amazônia Oriental. ANOVA seguida de teste de SNK à 5 % de probabilidade. Média \pm erro padrão são apresentados.

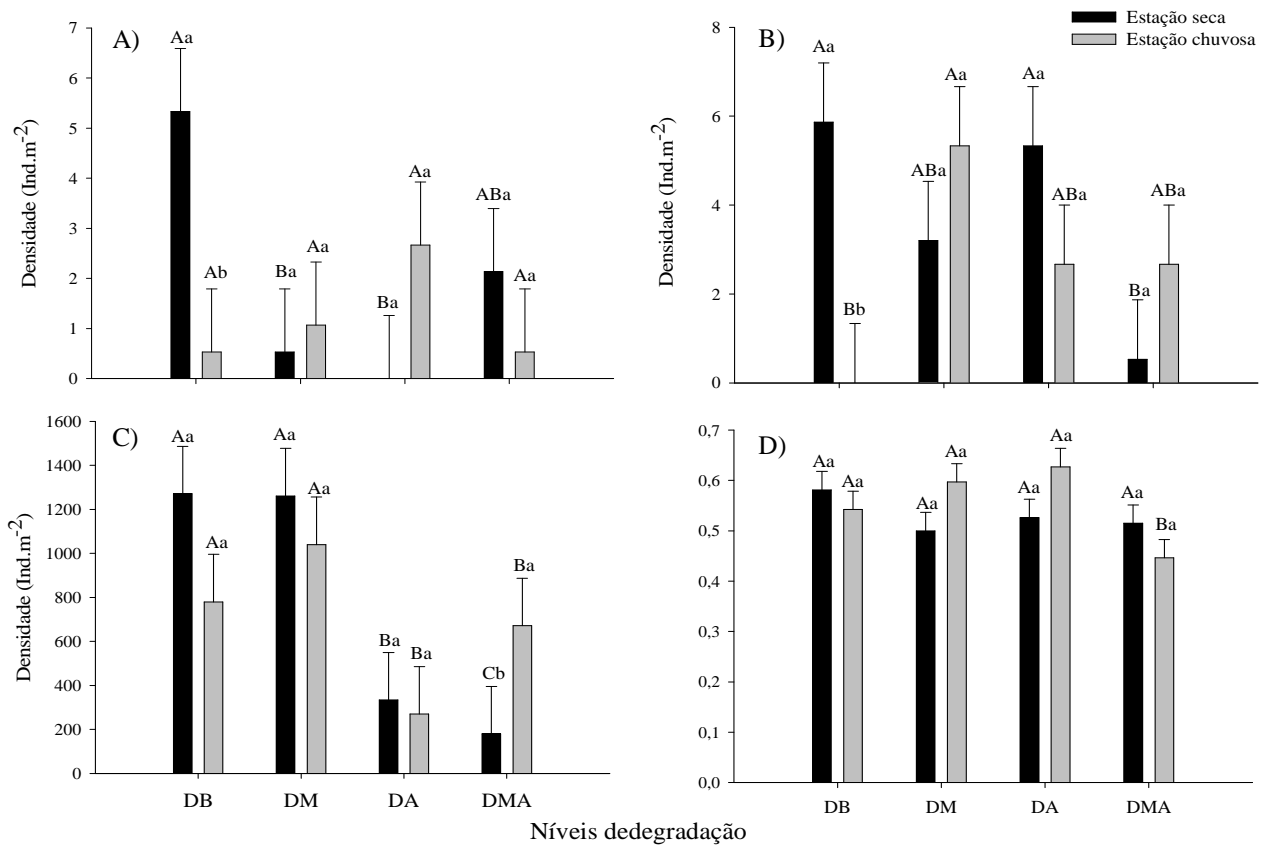


Figura 8. Efeito da interação entre a estação do ano e a degradação de florestas ripárias sobre as larvas de Lepidoptera (A), Blattodea (B), abundância total (C) e índice de Simpson (D). ANOVA seguida de teste de SNK a 5 % de probabilidade. Média \pm erro padrão são apresentados. Letras minúsculas e maiúsculas representam diferenças na estação e gradiente de degradação, respectivamente.

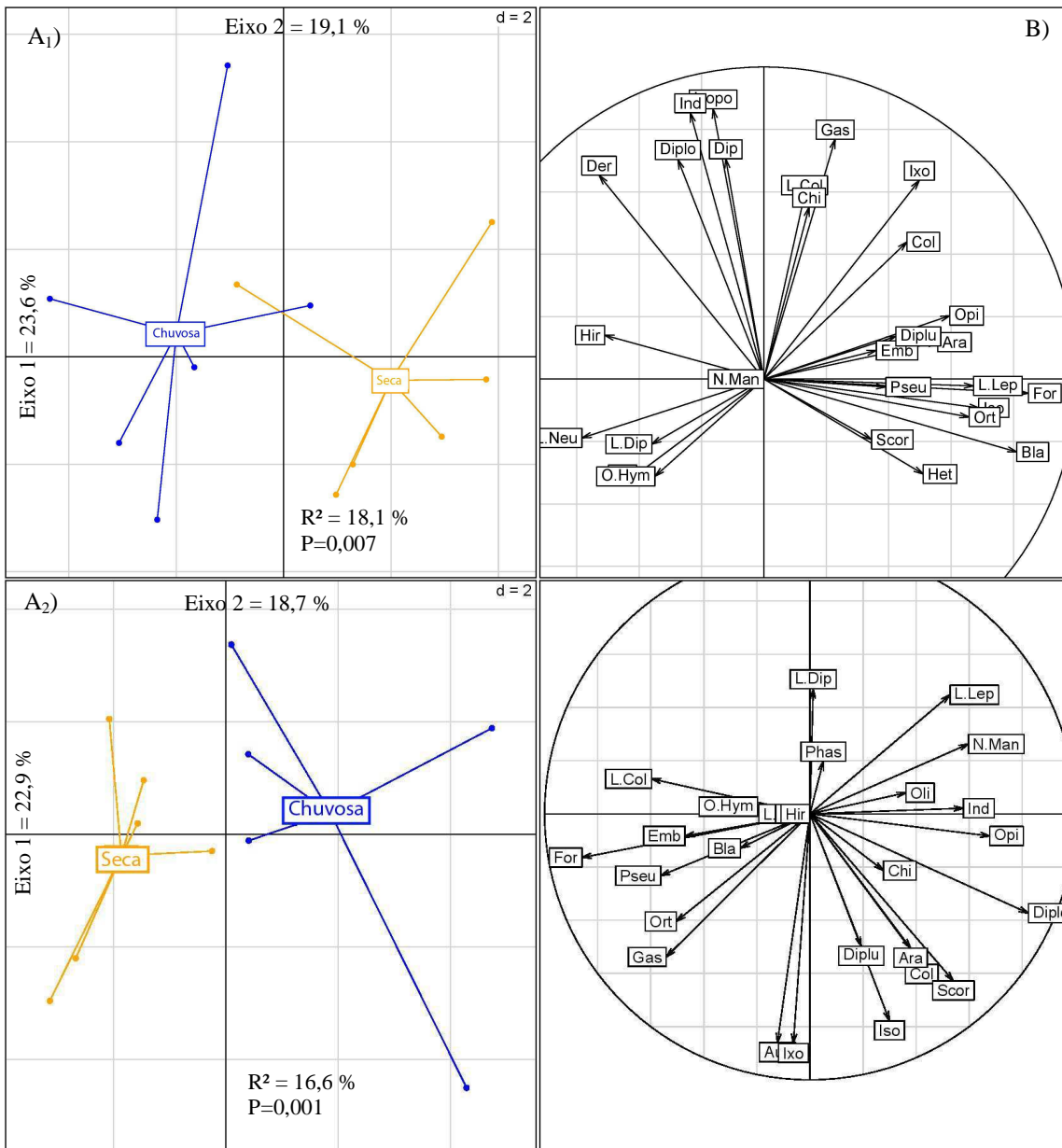


Figura 9. AEC da comunidade de macrofauna do solo coletada nas estações seca e chuvosa ao longo de um gradiente de degradação de florestas ripárias na Amazônia Oriental. A) Diagrama de ordenação das estações nos níveis de degradação: baixo (1) e alto (2). B) Círculo de correlações dos grupos taxonômicos. Ver Quadro 1 e 2 para abreviações.

ANEXO

NORMAS DA REVISTA



INSTRUÇÕES AOS AUTORES

ISSN 0100-0683 *versão impressa*

ISSN 1806-9657 *versão on-line*

ESCOPO E POLÍTICA EDITORIAL

A **Revista Brasileira de Ciência do Solo** (R. Bras. Ci. Solo) é um periódico editado pela Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (SBCS) para divulgar contribuições originais e significativas sobre os novos conhecimentos nas seguintes áreas: Solo no Espaço e no Tempo (Gênese e Morfologia do solo; Levantamento e Classificação do solo; Pedometria), Processos e Propriedades do Solo (Biologia; Física; Mineralogia e Química do solo), Uso e Manejo do solo (Fertilidade do solo e Nutrição de Plantas; Corretivos e Fertilizantes; Manejo e Conservação do solo e da água; Planejamento de Uso da Terra, Poluição; Remediação do solo e Recuperação de áreas degradadas) e Solo, Ambiente e Sociedade (Educação em solos e Percepção pública do solo; Solos e Segurança alimentar; História, Epistemologia e Sociologia da Ciência do solo). A R. Bras. Ci. Solo publica artigos científicos, notas científicas, revisões de literatura e cartas ao Editor.

O manuscrito submetido à publicação é, inicialmente, avaliado pelo Editor Técnico quanto ao escopo, à adequação às normas da revista e à qualidade de quadros e figuras. Se for julgado adequado o Editor designa um Editor Assistente da área pertinente e o manuscrito é encaminhado a três revisores especialistas da área. Com base nos pareceres de pelo menos dois revisores e sua própria análise, o Editor Assistente recomenda o aceite ou a rejeição do manuscrito. Compete ao Editor Chefe coordenar as atividades dos Editores Assistentes e revisores e manter um canal de comunicação com os autores. Durante todo o processo é preservada a identidade do Editor Assistente, Revisores e Autores.

Não são aceitos pedidos de reconsideração de pareceres não favoráveis à publicação, nem a solicitação de avaliação por outros Revisores e Editor Assistente.

O artigo publicado torna-se propriedade da R. Bras. Ci. Solo e será disponibilizado com acesso livre e irrestrito nos sites: SBCS (www.sbc.org.br), SciELO (www.scielo.br) e Redalyc (www.redalyc.org) ou em outras bases de dados que a R. Bras. Ci. Solo seja futuramente indexada. Permite-se a reprodução total ou parcial dos trabalhos, desde que indicada explicitamente a fonte.

Os conceitos emitidos nos artigos, notas, revisões ou cartas são de exclusiva responsabilidade dos autores, não refletindo, necessariamente, a opinião do Corpo Editorial da R. Bras. Ci. Solo ou da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo.

INFORMAÇÕES GERAIS

Tipos de manuscritos

Aceitam-se manuscritos escritos em português ou inglês, redigidos seguindo as normas para redação de trabalhos científicos e que não foram submetidos ou publicados em outra revista, conforme declarado pelos autores. Excetuam-se aqueles cujo conteúdo tenha sido apresentado em congressos na forma de resumo ou resumo expandido. Para manuscritos em inglês, recomenda-se que o texto seja revisado por profissional fluente em inglês e familiarizado com terminologia e textos científicos.

A subdivisão de trabalhos em parte (I, II, ...) deve ser evitada, mas se necessário, os manuscritos devem ser submetidos em sequência e deve-se fazer menção às partes nas cartas de apresentações dos manuscritos.

Artigo Científico: Manuscrito fundamentado em uma hipótese científica original e ainda não esclarecida, que é validada, ou não, por meio de experimentação e, ou modelos teóricos, fundamentados no método científico consagrado, com adequado planejamento estatístico e discussão com adequada argumentação científica. Ele entra no mérito científico de um problema para o qual se procura uma solução, que é parcial ou totalmente apresentada. As comparações de métodos, de variedades, de tipos de manejo, etc. adequarão, excepcionalmente, à categoria de artigo científico apenas quando apresentarem base e, ou, justificativas científicas bem argumentadas e discutidas. O texto deve ter no máximo 25 páginas, incluindo figuras, quadros e referências.

Nota científica: Categoria de manuscrito científico que descreve uma técnica, um aparelho, uma nova espécie ou observações e levantamentos de dados limitados a experimentos não repetíveis ou outras situações únicas. É, em geral, mais curta que o artigo científico, não precisando obedecer a estrutura clássica, mas deve obedecer ao mesmo rigor científico do Artigo Científico e tem o mesmo valor como publicação. Deve conter no máximo 15 páginas, incluindo figuras, quadros e referências.

Revisão de Literatura: A revisão além de apresentar o estado do conhecimento a respeito de um tema específico, deve ter um caráter analítico e crítico. O texto deve ter no máximo 40 páginas, incluindo figuras, quadros e referências.

Carta ao Editor: Deve conter: comunicação de matéria relevante ligada à Ciência do Solo ou comentário crítico de trabalhos publicados na R. Bras. Ci. Solo. Nessa circunstância será concedido o direito de contra argumentar aos autores. O manuscrito deve ter no máximo duas páginas.

Submissão do manuscrito

A submissão do manuscrito será por meio eletrônico utilizando os links disponíveis no site da SBCS (www.sbcs.org.br) ou na página da R. Bras. Ci. Solo no SciELO http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_serial&pid=0100-0683&lng=en&nrm=iso.

Para a submissão requer-se uma carta de apresentação do manuscrito (*cover letter*) na qual se destaca a relevância dos resultados para o ganho de conhecimentos e argumentos que justifiquem a adequação do manuscrito ao escopo da R. Bras. Ci. Solo. Solicita-se, ainda, que os autores indiquem três potenciais revisores para o manuscrito, com os respectivos endereços

eletrônicos. No entanto, o Editor se reserva o direito de encaminhar ou não o manuscrito aos revisores indicados.

Preparo do manuscrito

O manuscrito deve ser digitado com fonte “Times New Roman 12” no espaço 1,5, alinhado à esquerda (não justificar com alinhamento à esquerda e à direita), com página em tamanho A4, com 2,5 cm nas margens superior e inferior e 2,0 cm nas margens direita e esquerda. As páginas devem ser numeradas no canto inferior à direita e as linhas do texto devem ser numeradas de forma contínua. O título de cada seção deve ser escrito em letras maiúsculas, em negrito. Subdivisões devem ter apenas a primeira letra maiúscula, com destaque em negrito.

O manuscrito deve ser estruturado com as seções: Resumo, *Abstract* (obrigatórios), Introdução, Material e Métodos, Resultados e Discussão ou (preferencialmente) Resultado, Discussão, Conclusões, Agradecimentos (opcional) e Referências. Essa estrutura não se aplica, obrigatoriamente, aos manuscritos sobre Educação, Revisões de Literatura e Notas Científicas, embora estes devam conter, obrigatoriamente, o Resumo e o *Abstract*. O manuscrito submetido em inglês deve conter Resumo em português e aquele submetido em português deve conter o *Abstract* em inglês.

O manuscrito deve conter uma página de rosto com o título, nomes dos autores por extenso com a indicação da formação profissional, o vínculo profissional e o endereço eletrônico. O autor correspondente deverá ser marcado por um asterisco e o número de telefone para contato deve ser indicado. Devem-se incluir ainda chamadas que serão vinculadas ao título do manuscrito. A primeira página do manuscrito deve conter o título seguido imediatamente do texto de acordo com as seções.

Seções dos manuscritos

Título: Deve ser conciso e indicar o seu conteúdo, contendo no máximo 20 palavras escritas em letras maiúsculas e alinhado à esquerda (não justificar com alinhamento à esquerda e à direita).

Resumo/Abstract: Para artigos científicos e revisões de literatura, cada um deve conter até 400 palavras e, para notas científicas, até 150 palavras. Todos os resumos e *abstracts* devem iniciar com uma breve frase que justifique o trabalho. Para artigos e notas científicas, deve-se apresentar de forma objetiva o material e método e os resultados mais importantes e conclusões. Não se devem incluir citações bibliográficas e símbolos ou siglas que requeiram a leitura do texto para sua decodificação.

Palavras-chave/Keywords: Usar no mínimo três e no máximo cinco termos diferentes daqueles constantes no título. Não utilizar termos compostos por mais de três palavras.

Introdução: Deve ser breve, mas suficiente para esclarecer o problema abordado ou a(s) hipótese(s) de trabalho, com citação da bibliografia específica e atualizada, e finalizar com a indicação do objetivo.

Material e Métodos: Deve conter informações necessárias e suficientes para percepção dos resultados e que possibilitem a repetição do trabalho por outros pesquisadores. Deve conter informações sobre o(s) método(s) utilizados, o delineamento experimental, os tratamentos, números de repetições, unidades experimentais (número e tamanho) e os métodos estatísticos utilizados.

Resultados e Discussão: Deve conter uma apresentação concisa dos dados obtidos e podem ser apresentados conjuntamente ou, preferencialmente, em separado. Se apresentados em separado, a Discussão não deve conter repetição da descrição dos resultados.

Conclusões: Devem ser concisas e coerentes com os objetivos e com os dados apresentados no trabalho.

Agradecimentos: Opcionais. Devem ser sucintos e localizados após as conclusões. Incluem-se nesta seção as indicações de suporte financeiro ao projeto de pesquisa do qual originou o trabalho.

Quadros: Devem ser numerados sequencialmente com algarismos arábicos. O título deve aparecer acima do quadro e deve conter os elementos que possibilite a sua leitura e compreensão sem recorrer ao texto. Os quadros devem ser produzidos com a ferramenta “Tabela” do MS Word ou MS Excel, ou *softwares* equivalentes. Utilizar a fonte Times New Roman com tamanho não maior que 10. As unidades são colocadas no corpo do quadro, na linha acima dos valores numéricos. No corpo do quadro não devem aparecer linhas verticais e horizontais. Os quadros devem ser inseridos no formato editável (illustrator/eps/coreldraw/jnb/excel, doc ou docx etc.), após as Referências, com quebra de página. Não serão aceitos manuscritos contendo quadros inseridos como imagem.

Figuras gráficas: Devem ser numeradas sequencialmente com algarismos arábicos. O título deve aparecer abaixo da figura e deve conter os elementos que possibilitem a sua leitura e compreensão sem a leitura do texto. As figuras serão inseridas após os quadros em formato editável (illustrator/eps/coreldraw/jnb/excel, etc.). Não serão aceitos manuscritos contendo figuras gráficas inseridas como imagem.

Figuras fotográficas: Fotografias devem ser apresentadas como arquivo “tagged image format [TIF]” com 500 dpi.

Fórmulas e equações: Devem ser escritas com ferramentas do editor que possibilitem sua editoração. Não serão aceitas fórmulas e equações inseridas como imagem. Equações de regressões devem ser apresentadas com notação estatística ($\hat{y} = \alpha + \beta_1^{**} x + \dots + \beta_n^{**} x$) e não na notação matemática, usual nos *softwares* ($y = \beta_n x \alpha + \dots + \beta_1 x + \dots + \alpha$). A indicação de significância (**) deve ser indicada sobrescrito aos coeficientes. Os coeficientes das equações de regressões devem ter um número adequado de decimais significativas.

Referências: Deve conter relação dos trabalhos citados no texto, quadro(s) ou figura(s) e inserida em ordem alfabética, obedecendo o estilo denominado Vancouver. Seguem modelos para as referências mais frequentes:

a) Periódicos: Nome de todos os autores. Título do artigo. Título abreviado do periódico. Ano de publicação; volume: páginas inicial e final. Exemplo:

Fonseca JA, Meurer EJ. Inibição da absorção de magnésio pelo potássio em plântulas de milho em solução nutritiva. R. Bras Ci Solo. 1997;21:47-50.

Rodrigues DT, Novais RF, Alvarez V VH, Dias JMM, Villani EMA, Otoni WC. *In vitro* germination of *Cattleya intermedia* R. Graham by means of chemical disinfection and without laminar flow. Prop Ornament Plants. 2011;11:19-24.

Artigos com DOI:

Zirlewagen D, Raben G, Weise M. Zoning of forest health conditions based on a set of soil, topographic and vegetation parameters. For Ecol Manage. 2007;248:43-55.
doi:10.1016/j.foreco.2007.02.038

A abreviatura dos periódicos pode ser verificada nos endereços:

http://www.efm.leeds.ac.uk/~mark/ISIabbr/C_abrvjt.html,

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/nlmcatalog/journals>

b) Livro: Autores. Título da publicação. Número da edição. Local da publicação: Editora; ano de publicação. Exemplo:

Konhnke H. Soil physics. 2nd ed. New York: MacGraw Hill; 1969.

c) Participação em obra coletiva: Autor(es). Título da parte referenciada seguida de In: Nome(s) do(s) editor(es), editores. Título da publicação. Número da edição. Local de publicação: Editora; ano. Páginas inicial e final. Exemplos:

Jackson ML. Chemical composition of soil. In: Bear FE, editor. Chemistry of the soil. 2nd ed. New York: Reinhold; 1964. p.71-141.

Sharpley AN, Rekolainen S. Phosphorus in agriculture and its environmental implications. In: Tunney H, Carton OT, Brookes PC, Johnston AE, editors. Phosphorus loss from soil to water. New York, CAB International; 1997. p.1-53.

d) Publicação em Anais: Autor(es). Título do trabalho. In: Tipo de publicação, número e título do evento [CD-ROM, quando publicado em]; data do evento (dia mês ano); cidade e país de realização do evento. Cidade (da Editora): Editora ou Instituição responsável pela publicação; ano de edição (nem sempre é o mesmo do evento). Paginação do trabalho ou do resumo. Exemplos:

Ferreira DF. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In: Anais da 45ª. Reunião Anual da Região Brasileira da Sociedade Internacional de Biometria; julho 2000; São Carlos. São Carlos: Universidade Federal de São Carlos; 2000. p.255-8.

Gomes SLR. Novos modos de conhecer: os recursos da internet para uso das bibliotecas universitárias. In: Anais do 10º. Seminário Nacional de Bibliotecas Universitárias [CD-ROM]; 25-30 out 1998. Fortaleza. Fortaleza: Tec Treina; 1998.

e) Citação de fonte eletrônica:

Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Assessoria de Gestão Estratégica. Projeção do agronegócio 2009/2010 a 2019/2020 [internet]. Brasília, DF: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento; 2011 [acesso em 10 nov 2010]. Disponível em:

http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/MAIS%20DESTAQUES/Proje%C3%A7%C3%B5es%20Agroneg%C3%B3cio%202009-2010%20a%202019-020.pdf.

f) Dissertações e teses: Título da tese (inclui subtítulo se houver) [grau]. Cidade: Instituição onde foi defendida; ano.

Silveira AO. Atividades enzimáticas como indicadores biológicos da qualidade de solos agrícolas do Rio Grande do Sul [dissertação]. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul; 2007.

Tedesco MJ, Gianello C, Bissani CA, Bohnen H, Volkweiss SJ. Análises de solo, plantas e outros materiais. 2a ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul; 1995. (Boletim técnico, 5).

h) Citação de citação

Citação de citação deve ser utilizada em situações estritamente necessárias. Neste caso, citar no texto o sobrenome do autor do documento não consultado com o ano da publicação, seguido da expressão citado por seguida do sobrenome do autor do documento consultado e do ano da publicação (Abreu, 1940, citado por Neves, 2012). Nas Referências, deve-se incluir apenas a fonte consultada.

i) Comunicação pessoal

Deve ser colocada apenas em nota de rodapé. Inclui-se o nome do informante, a data que a informação foi dada, nome, estado e país da Instituição de vínculo do informante seguido pela expressão: comunicação pessoal. Por exemplo: Comunicação pessoal Joaquim da Silva, em 22 de janeiro de 2011, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil – recebida por correio eletrônico.

Citações das referências

As Referências no texto devem ser citadas em ordem cronológica e nos seguintes formatos:

- a) Um autor: (Autor, ano) ou Autor (ano), como (Silva, 1975) ou Silva (1975);
- b) Dois autores: (Autor e Autor, ano) ou Autor e Autor (ano), como: (Silva e Smith, 1975) ou Silva e Smith (1975);
- c) Quando houver mais de dois autores, usar a forma reduzida (Autor et al., ano) ou Autor et al. (ano), como (Souza et al., 1975) ou Souza et al. (1975);
- d) Referências a dois ou mais artigos do(s) mesmo(s) autor(es), no mesmo ano, serão discriminadas com letras minúsculas (Ex.: Silva, 1975a,b).

Informações complementares

A RBCS utiliza o Sistema Internacional de Unidades. Seguem alguns exemplos de apresentação de valores numéricos que a RBCS adota. Considerar como padrão da RBCS o formato à direita: 72 horas = 72 h; 5 minutos = 5 min; 3 segundos = 3 s; 10 l (litros) = 10 L; 20 ml = 20 mL; 3 toneladas = 3 t ou Mg; 25°C = 25 °C; 3 m × 3 m = 3 × 3 m; 5% = 5 %; 4%, 6% e 12% = 4, 6 e 12 %; 5 m e 16 m = 5 e 16 m; 1 M HCl = 1 mol L⁻¹ ou mol/L de HCl (as duas formas são aceitas, porém solicita-se que estejam padronizadas no texto e quadros/figuras); 1 mM NaOH = 1 mmol/L ou mmol L⁻¹; grama por vaso = g/vaso; grama por planta = g/planta; plantas por frasco = plantas/frasco; tonelada por hectare por ano = t ha⁻¹ ano⁻¹. Concentrações apresentadas em Normalidade (N) devem ser convertidas para o equivalente em mol/L ou mol L⁻¹.

A revista reserva-se o direito de efetuar, nos originais, alterações de ordem normativa, ortográfica e gramatical, com vistas a manter o padrão culto da língua, respeitando, porém, o estilo dos autores. As provas finais serão enviadas aos autores.

Sugere-se que os autores consultem artigos recentes publicados na RBCS para esclarecimento de dúvidas quanto à formatação do manuscrito.

TAXAS EDITORIAIS

Para publicação de artigos na RBCS serão cobrados por página editorada (forma final na Revista): para sócios da SBCS (primeiro autor e, ou, autor correspondente) R\$ 25,00, até oito páginas, e R\$ 50,00 por página adicional, para não-sócios (primeiro autor e, ou, autor correspondente): R\$ 50,00 por página até oito páginas e R\$ 100,00 por página adicional.