

ALTERAÇÕES NA COMPOSIÇÃO, DIVERSIDADE E ABUNDÂNCIA DA FAUNA EDÁFICA OCASIONADAS PELO EFEITO DE BORDA EM UM FRAGMENTO URBANO DE MATA ATLÂNTICA

Daiane Montoia Comparsi 
Universidade Estadual de Maringá
(UEM)
daianemontoia@gmail.com

Beatriz Cervigni Feltrin 
Universidade Estadual de Maringá
(UEM)
biacfeltrin@gmail.com

Marina Silveira Bonacazata Santos 
Universidade Estadual de Maringá
(UEM)
marinabonacazata@gmail.com

Mariana Ferreira Sapateiro 
Universidade Estadual de Maringá
(UEM)
marianaferreirasapateiro@gmail.com

Flávio Henrique Ragonha 
Universidade Estadual de Maringá
(UEM)
flaviohragonha@yahoo.com.br

Resumo

A presente pesquisa teve como objetivo analisar a possível ocorrência e influência do efeito de borda no Parque do Ingá – Maringá/PR. Buscou-se analisar se havia diferença da composição entre as áreas de borda e centro referente à área estudada. Os resultados evidenciaram menor abundância de macroinvertebrados na região da borda quando comparada ao centro. A região do centro apresentou maior umidade do solo e menor temperatura em relação à borda, assim, é sugerido um aquecimento da zona de borda por influência do meio externo, visto que ao redor do fragmento a composição é de pavimentação urbana. Houve maior diversidade na região central do parque, com a presença de organismos que indicam o estágio sucessional primário do solo em transição (direção borda-centro), devido ao efeito de borda recorrente. Concluiu-se que há uma diferença na diversidade beta das áreas abordadas e que o efeito de borda é influente no fragmento florestal, refletindo em uma baixa heterogeneidade que posteriormente pode afetar os serviços e funções do ecossistema, recomenda-se a revisão e prática do Plano de Manejo do Parque do Ingá, para que os problemas ocasionados pelo efeito de borda possam ser amenizados a tempo de não comprometer a conservação da fauna edáfica e fatores abióticos.

Palavras-chave: Macroinvertebrados; fragmento urbano; diversidade; R e K estrategistas; sucessão ecológica.

CHANGES IN COMPOSITION, DIVERSITY AND ABUNDANCE OF EDAPHIC FAUNA CAUSED BY EDGE EFFECTS IN AN URBAN FRAGMENT OF ATLANTIC FOREST

Abstract

This research aimed to analyze the possible occurrence and influence of the edge effect in the Park of Ingá - Maringá/PR. It was sought to analyze if there was a difference in the composition between the edge and center areas in relation to the area studied. The results showed less abundance of macroinvertebrates in the border region when compared to the center. The center region presented higher soil humidity and lower temperature in relation to the edge, thus, it is suggested a heating of the edge zone by influence of the external environment, since around the fragment the composition is of urban paving. There was greater diversity in the composition of the central region of the park, with the presence of organisms that indicate the primary successional stage of the soil in transition (edge-center direction), due to the recurrent edge effect. It was concluded that there is a difference in the beta diversity of the areas approached and that the edge effect is influential in the forest fragment, reflecting a low heterogeneity that can later affect ecosystem services and functions. It is recommended the revision and practice of the Management Plan of Ingá Park, so that the problems caused by the edge effect can be alleviated in order to avoid compromising the conservation of the soil fauna and abiotic factors.

Keywords: Macroinvertebrates; urban fragments diversity; R and K strategists; ecological succession.

1. INTRODUÇÃO

A fragmentação de habitats é o resultado da subdivisão de uma região por perturbações naturais, eventos climáticos e principalmente por uma variedade de atividades humanas, que resulta em um aumento da razão borda-área (DALE; PEARSON, 1997). Isto é, quanto menor o tamanho de um fragmento florestal maior é a razão borda-área e, portanto, fragmentos menores estão mais sujeitos a maiores intensidades dos efeitos de borda, o oposto acontece nos fragmentos maiores (NASCIMENTO; LAURANCE, 2006).

Um dos principais efeitos da fragmentação é a formação de bordas, com aspectos físicos e biológicos distintos ocasionados pelo efeito de borda (i.e. resultado da interação de dois ecossistemas adjacentes e, quando os dois são separados por uma transição abrupta, tem-se a formação da borda (MURCIA, 1995)). Na Mata Atlântica brasileira, região onde o processo de fragmentação florestal iniciou-se há vários anos, os fragmentos florestais, principalmente porções de borda, foram caracterizados como tendo alta percentagem de clareiras e alta densidade de cipós, bambus, espécies pioneiras e presença de espécies exóticas (TABANEZ; VIANA; DIAS, 1997), principalmente devido ao intenso uso do solo.

O efeito de borda, segundo Forman e Gordon (1986), pode ainda ser definido como uma alteração na composição e/ou na abundância relativa das espécies na parte

marginal de um fragmento florestal, ou como a influência que o meio externo exerce sobre a área da floresta em sua parte marginal, causando alterações físicas e estruturais (TABANEZ; VIANA; DIAS, 1997). O processo do efeito de borda pode promover também, o surgimento de uma paisagem em mosaico (e.g. manchas ou fragmentos florestais separados por matrizes contendo corredores ecológicos) (METZGER, 2006). No entanto, a preservação do sistema não é afetada apenas pela configuração do sistema, outros fatores como a forma do fragmento, a quantidade de borda e o isolamento destes também são responsáveis pelos prejuízos ecológicos (METZGER, 2001; RODRIGUES, 2013).

Três tipos principais de efeito de borda podem ser reconhecidos: Os abióticos, relacionados com alterações em fatores microclimáticos, tais como: aumento dos ventos, variação na temperatura, penetração vertical da luz (maior radiação solar) e baixa umidade (REDDING et al., 2003; BENÍTEZ-MALVIDO; ARROYO-RODRÍGUEZ, 2008).

Os biológicos diretos, por sua vez, envolvem mudanças na distribuição e abundância das espécies como o aumento da densidade de indivíduos devido à maior produtividade primária causada pelos altos níveis de radiação solar (DIDHAN; LAWTON, 1999; BENÍTEZ-MALVIDO; ARROYO-RODRÍGUEZ, 2008). E, a disseminação de espécies (animais e vegetais) ruderais, generalistas e invasoras, proporcionada pela

fragmentação e perda de habitat específicos e determinantes para as espécies especialistas, reduzindo a diversidade das bordas florestais (SOUZA, 2013), dentro das escalas alfa, beta e gama (WHITTAKER, 1960). Dentre elas, a diversidade beta é definida como o grau de dissimilaridade existente (diferenças do número de espécies presentes) entre as comunidades de dois sítios distintos (BASELGA, 2010). Esta diversidade pode ser ocasionada pelo aninhamento, isto é, perda não aleatória de espécies (HARRISON; ROSS; LAWTON, 1992) ou por substituição, que consiste na troca de espécies entre duas localidades, seja por seleção de espécies pelo meio ambiente, por restrições históricas e espaciais ou até mesmo por interações interespecíficas (BASELGA, 2010).

Por último, os biológicos indiretos, relacionados à alteração nas interações entre espécies como herbivoria, predação, parasitismo, dispersão e polinização (KOLLMANN; BUSCHOR, 2003; BENÍTEZ-MALVIDO; ARROYO-RODRÍGUEZ, 2008). Na visão de Laurece e Bierregaard (1997), se levarmos em consideração um habitat que foi fragmentado, o efeito de borda é colocado como um dos principais fatores que afetam tanto os vegetais como os animais, prejudicando, por exemplo, os animais que vivem na fauna do solo ou também chamada de edáfica (i.e. invertebrados que compõem o solo durante toda a vida ou em algum estágio do ciclo biológico) (AQUINO; CORREIA; ALVES, 2008; BROWN; MASCHIO; FROUFE, 2009; BARETTA et al., 2011).

Conforme o tamanho do corpo dos organismos que a constituem, a fauna do solo é classificada em microfauna (protozoários e nematoides), mesofauna (ácaros e colêmbolos) e macrofauna (moluscos, anelídeos e artrópodes) (SWIFT et al., 2010). Em ambientes antropizados ou degradados a mesofauna normalmente apresenta três principais estágios de desenvolvimento. Durante o estágio inicial, a fauna edáfica é colonizada por espécies iniciais, principalmente por ácaros e colêmbolos, que são dispersos pelo ar e podem atingir populações de 5.000 a 20.000 indivíduos por metro quadrado. (SAUTTER; SANTOS, 1994; MOREIRA et al., 2013).

Após o início da produção primária de plantas herbáceas e arbustivas, a mesofauna alcança densidades populacionais de até 130.000 ind./m², dentro da camada orgânica (DUNGER, 1991). As espécies pioneiras permanecem nos solos degradados durante períodos que variam entre 3-7 anos (DUNGER, 1991). Os colêmbolos são dominantes neste estágio com 1/3 da abundância, 1/2 da biomassa da população da mesofauna edáfica, atuando como indicadores deste estágio sucessional (SAUTTER; SANTOS, 1994; SOUZA; CASTRO, 2020).

Assim que a camada de liteira (i.e. serapilheira) é destruída pelas minhocas, a densidade populacional da mesofauna cai a aproximadamente 25.000 ind./m² (DUNGER, 1991). A bioturbação, realizada pelas minhocas, consiste na modificação da estrutura física do solo, pela formação de túneis, canais,

poros, agregados, coprólitos (fezes cristalizadas) e pela movimentação de partículas de um local para outro (KORASAKI; MORAIS, BRAGA 2013). De acordo com Korasaki, Morais e Braga (2013), esse processo é responsável por propriedades do solo, como aeração, infiltração, drenagem, capacidade de retenção de água, estabilidade de agregados e resistência à erosão.

Danger (1991), aponta que, após cerca de 10 anos, há uma substituição de indivíduos r-estrategistas, ou seja, característicos de ambientes perturbados ou em regeneração, com tamanho reduzido, alto poder de dispersão, alta fecundidade e densidade populacional variável, por indivíduos k-estrategistas (baixo poder de dispersão, alta taxa de sobrevivência, com tempo de vida maior e uma densidade populacional entre gerações), como exemplo a dominância de Acariformes (Oribatei).

Em relação à macrofauna, as minhocas (Annelida, Clitellata, Oligochaeta) constituem um dos grupos de organismos mais importantes (KORASAKI; MORAIS; BRAGA, 2013). Contribuem para a formação de agregados originados por processos genéticos alternativos, como por exemplo, os agregados biogênicos, que podem proteger a matéria orgânica do solo (SILVA-NETO et al., 2010).

Nesse contexto, as minhocas são as representantes mais importantes, pois tem a capacidade de alterar as características pedoambientais (SCHEU, 2003). Além disso, juntamente com formigas, besouros e cupins, as minhocas promovem uma intensa

movimentação no solo, atuando como engenheiros do ecossistema (i.e. organismos que causam alterações físicas no meio e assim modulam a disponibilidade de recursos (ODUM, 2008)), por ter a capacidade de renovar constantemente o solo, reciclando nutrientes através da bioturbação, além de serem fragmentadoras e transformadoras da serapilheira (BROWN; DOMÍNGUEZ, 2010; SWIFT et al., 2010).

As formigas (Arthropoda, Hexapoda, Insecta, Hymenoptera), insetos eussociais, vivem em colônias, apresentam diferenciação de castas e constroem ninhos (formigueiros) geralmente subterrâneos, apresentando câmaras interligadas entre si e com o exterior por meio de galerias (KORASAKI; MORAIS; BRAGA, 2013). Outro grupo importante são os besouros (Arthropoda, Hexapoda, Insecta, Coleoptera), um grupo muito grande e variado, com mais de 350.000 espécies descritas. Entre os besouros do solo, estão os escarabeídeos (Família Scarabeidae, Subfamília Scarabeinae), conhecidos como besouros-de-esterco ou rola-bosta, que atuam como indicadores de perturbação ambiental. Esses besouros são detritívoros e fortemente influenciados pela cobertura vegetal e pelo tipo de solo (LOUZADA; ZANETTI, 2013).

A maioria dos organismos que compõem a macrofauna edáfica encontra-se na camada superficial do solo (0 a 10 cm de profundidade), constituída por invertebrados com mais de 10 mm de comprimento e/ou 2 mm de diâmetro (AQUINO; CORREIA; ALVES,

2008; BROWN; MASCHIO; FROUFE, 2009; MELO et al., 2009; BARETTA et al., 2011), sendo a mais afetada pelas práticas de manejo (BARETTA et al., 2006). Vários fatores podem influenciar na macrofauna, entre eles, a vegetação (cobertura e tipo de vegetação), topografia (inclinação e posição fisiográfica do relevo), clima (temperatura, umidade relativa do ar, vento, precipitação), fatores edáficos (minerais, matéria orgânica, umidade, estrutura, textura e tipo de solo) e fatores históricos (geológicos e humanos) (MELO et al., 2009).

Estudos realizados já evidenciaram que modificações na macrofauna podem ser decorrentes de mudanças de habitat, fornecimento de alimento, criação de microclima e manejo do solo (MERLIM et al., 2005). Assim, fatores abióticos e bióticos podem influenciar a macrofauna edáfica (DECAËNS, 2010), promovendo a fuga desses organismos (OLIVEIRA, 2012).

O efeito de borda causa a fragmentação do solo limitando a sua qualidade e quantidade de nutrientes. Organismos edáficos necessitam de componentes para sua sobrevivência, especialmente carbono e nitrogênio que são encontrados nos restos de plantios e esterco de animais, além do material depositado nos solos florestais (VEZZANI; MIELNICZUK, 2009). Assim, a presença de uma quantidade razoável de matéria orgânica de boa qualidade é imprescindível para o fornecimento de nutrientes e energia necessária à sobrevivência dos invertebrados edáficos. Deste modo, o presente trabalho teve como

objetivo analisar as possíveis diferenças nos atributos (abundância, riqueza e diversidade beta) e composição da fauna edáfica (mesofauna e macrofauna) nas bordas e regiões centrais de uma unidade de conservação florestal urbana, com a hipótese de que em regiões centrais registrarão maiores valores de abundância, riqueza e diversidade beta em relação às áreas onde ocorre o efeito de borda.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo:

O presente estudo foi realizado em uma Unidade de Conservação, situada no município de Maringá, no Norte do Estado do Paraná, sob latitude Sul de 23°25' e longitude Oeste de 51°25' (MAACK, 1981). Esse município está localizado no Terceiro Planalto Paranaense (SANTOS et al., 2007). A Unidade de Conservação Municipal Parque do Ingá, localiza-se na porção central da cidade de Maringá – PR e apresenta área territorial de 473.00 m² de extensão, com vegetação característica da Floresta Estacional Semidecidual, sendo considerada remanescente da Floresta Estacional Semidecidual da Mata Atlântica (Fig. 1).

A seleção dos trechos de amostragem foi realizada de forma randômica dentro da unidade de conservação, sendo atribuídos três pontos de coleta na área de borda e três pontos na área central da extensa vegetação (Fig. 1). A coleta foi realizada no mês de novembro de 2018, em período em que o tempo se manteve estabilizado por uma semana, com temperatura

média e característica da região (i.e.

aproximadamente 22,3 °C (SEMA, 2020)).

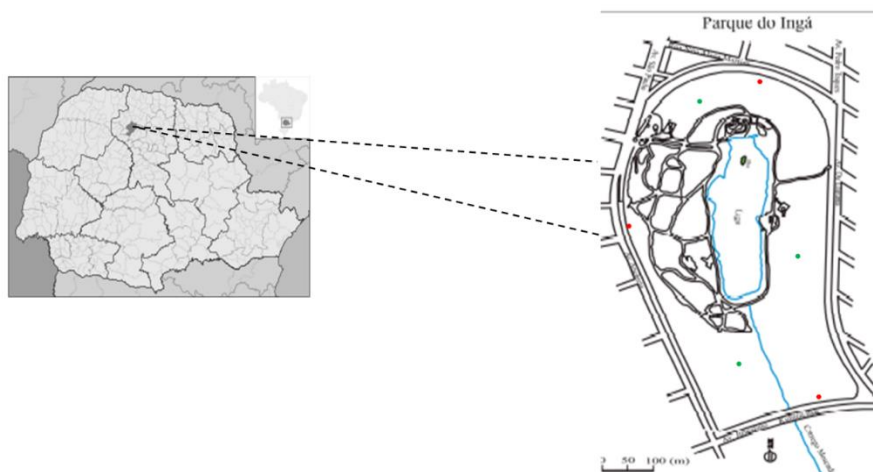


Figura 1. Mapa da área de estudo. A área em destaque representa a Unidade de Conservação Municipal Parque do Ingá. Os pontos em cor vermelha representam amostragens na região de borda e os pontos em cor verde representam amostragens na região de centro. Fonte: Modificado de Graça & Machado (2007).

Amostragens:

Para cada ponto estabelecido aleatório (Fig. 1), foram aferidos os dados abióticos de temperatura do ar, presença e ausência de vento, umidade do solo e abertura do dossel, e coletadas a macrofauna e mesofauna edáfica.

A temperatura do ar foi aferida através de termômetro convencional. A presença e ausência de vento foi averiguada com o auxílio de rabiola, feita de tiras de sacolas plásticas que foram amarradas em linha fina de costura comum, e no local da amostragem foi esticada e avaliada visualmente a presença ou ausência de vento, sendo, que a ausência de vento foi classificada como 0 e a presença como 1.

A umidade do solo foi estabelecida pelo método da diferença de peso, coletando-se amostras no mesmo local da macrofauna edáfica amostrada. As amostras de solo foram coletadas a 5 cm de profundidade, acondicionadas em recipientes de alumínio, e,

logo após foram levadas para laboratório, onde foram pesadas em balança digital de alta precisão (peso inicial). Posteriormente, as amostras foram colocadas em estufa a 60°C e mantidas por dois dias (48 horas), até a secagem total do material, e, logo após pesadas novamente (peso final).

A proporção de umidade foi adquirida através da diferença entre as pesagens final e inicial, e por fim, o peso foi transformado em porcentagem (RESENDE et al., 2005). A cobertura do dossel foi calculada através de fotografias hemisféricas do dossel. As fotografias foram obtidas através do programa FishEyeVideo e tiradas na altura do tórax com espaçamento de um palmo do tórax, os valores da cobertura de dossel foram estimados e calculados pelo programa Gap Ligth Analyzer (WELLES, 1990).

Para coleta da macrofauna edáfica foi utilizado um quadrado, feito com material de

papelão, com dimensões de 0,25 m X 0,25 m, que foi colocado sobre a vegetação e de modo manual coletado a serapilheira com aproximadamente 0-5 cm de profundidade do solo, que posteriormente, foi armazenada dentro de sacos plásticos. O método utilizado para separação da fauna edáfica, em laboratório, foi o de Berlese-Tullgren (SOUTO, 2005), que consiste na migração descendente dos indivíduos da amostra, correspondente à elevação da temperatura provocada pelas lâmpadas na porção superficial (ARAUJO et al., 2013).

Deste modo, no laboratório as amostras de serapilheira e solo foram transferidas para uma bateria de extratores de Berlese-Tullgren (SOUTO, 2005), em que na sua base porta-se um recipiente de vidro, com aproximadamente 150 ml de álcool 70%, para recolhimento dos organismos. Acima do funil havia presença de lâmpadas, que permaneceram ligadas por todo período de extração (96 horas) (ARAUJO et al., 2009). Em seguida, cada conteúdo contido no frasco foi identificado em nível de grandes grupos, com auxílio de placas de Petri e microscópico estereoscópico.

Análises estatísticas:

Para os dados abióticos, foi realizado o teste de Wilconxon-Mann-Whitney não paramétrico, a 5%, para analisar se houve diferença significativa, entre os dados abióticos e os diferentes locais (borda e centro). E também, foram feitas correlações de Spearman entre os dados abióticos e abundância e riqueza,

para analisar se há ou não relação entre ambos. As análises estatísticas foram realizadas a partir do software estatístico Statistica 7.

Para a macrofauna edáfica foram calculados a riqueza (número de grupos identificados) e a abundância (número total de indivíduos) entre centro e borda. Para averiguar se houve diferença entre esses dois atributos e entre os locais, foi realizado o teste de Wilcoxon-Mann-Whitney não paramétrico, a 5%. As análises estatísticas foram realizadas a partir do software estatístico Statistica 7.

As mudanças na composição entre os cenários centro e borda foram avaliadas através de teste de homogeneidade de dispersão multivariadas, a PERMDISP (ANDERSON; ELLINGSEN; MCARDLE, 2006). Deste modo, foi avaliada a diversidade beta das composições de espécies para centro e borda, a partir da distância média das composições de cada amostra ao centroide em um espaço multidimensional. As matrizes de distâncias foram calculadas a partir do índice de similaridade de Gower modificado.

A análise de variância das distâncias foi realizada para centro e borda como a variável explicativa. Os valores de P foram calculados a partir de 999 permutações de resíduos do modelo que foram utilizados para gerar uma distribuição de permutação de F sob a hipótese nula de não haver diferença na dispersão entre os grupos (ANDERSON; ELLINGSEN; MCARDLE, 2006). As análises foram realizadas no software estatístico R (R Core Team, 2017), com a utilização do pacote vegan (OKSANEN et al., 2015), a partir da

função betadisper, que é uma das formas de cálculo da PERMDISP proposta por Anderson, Ellingsen e Mcardle (2006).

3. RESULTADOS

Os fatores abióticos de umidade e temperatura apresentaram diferenças significativas entre as regiões de borda e centro (Fig. 2. A e B). Já a cobertura do dossel não apresentou diferença significativa entre as regiões de borda e centro da Unidade de Conservação Municipal Parque do Ingá (Fig. 2.C).

Destacando que conforme ocorreu o aumento

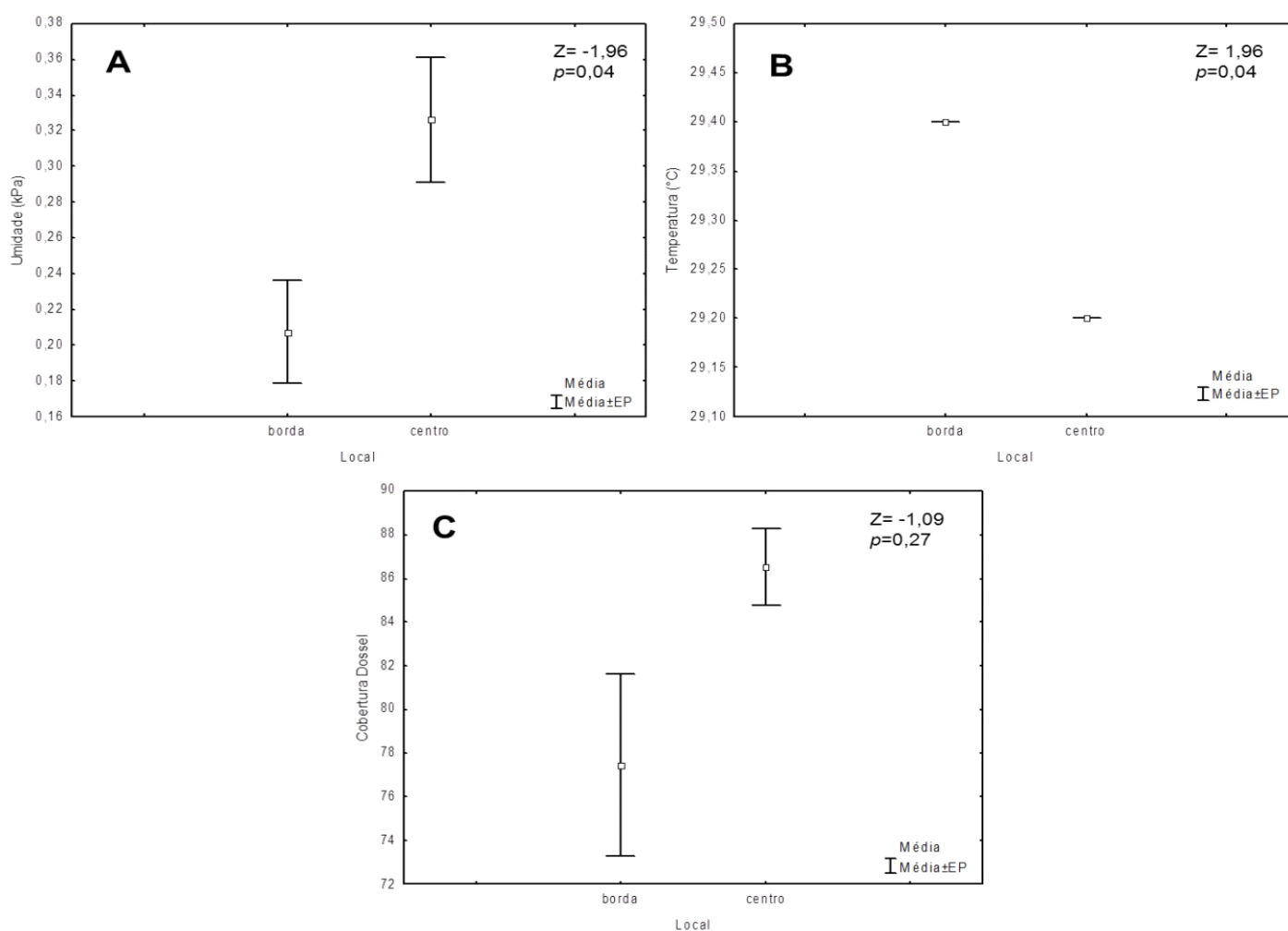


Figura 2. Valores das médias de umidade (A), temperatura (B) e cobertura do dossel (C) entre as regiões de borda e centro da Unidade de Conservação Municipal Parque do Ingá.

A correlação entre os fatores abióticos com as outras duas variáveis, abundância e riqueza, foi significativa apenas para relação: temperatura do ar e abundância de espécies.

da temperatura, as regiões de borda (1, 2 e 3) apresentaram um menor valor de abundância, e conforme a diminuição da temperatura, as regiões de centro (4, 5 e 6) apresentaram um maior valor de abundância dos grupos de macroinvertebrados (Fig. 3).

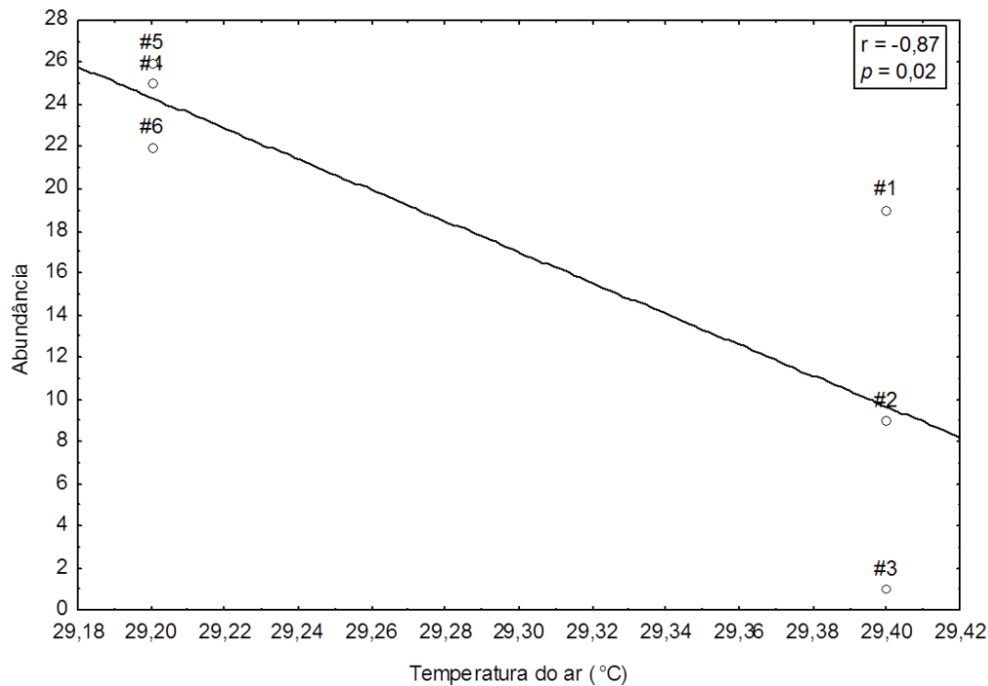


Figura 3. Correlação linear entre a temperatura do ar e abundância. Os pontos destacados no gráfico #1, #2 e #3 indicam região de borda, e os pontos #4, #5 e #6 região de centro da Unidade de Conservação Municipal Parque do Ingá.

Foram coletados 102 invertebrados, sendo que destes 29 indivíduos (28,4%) foram encontrados na borda do fragmento florestal e os demais (71,6%) foram localizados na região central do Parque (Tab. 1). Na região de borda o grupo identificado com maior representatividade foi o da ordem Collembola

(5 indivíduos), seguido por Formicidae e Oligochaeta, ambos com 4 indivíduos cada (Tab. 1). Já no centro, região com maior abundância, os grupos mais expressivos foram os da ordem Acari e Formicidae, de 12 e 16 indivíduos respectivamente (Tab. 1).

Tabela 1. Composição e riqueza total dos indivíduos amostrados nas regiões de borda e centro da Unidade de Conservação Municipal Parque do Ingá. Grupo Taxonômicos = menor nível taxonômico possível de identificação; Abundância Total da Borda e Centro = Número de indivíduos; Outros = indivíduos que não foram possíveis de realizar a identificação taxonômica devido ao estágio de desenvolvimento larval prematuro; Riqueza Total (S) = número de espécies; *P = presença; *- = ausência de registro da espécie no local amostrado.

Grupo taxonômico				Borda		Centro	
Filo	ⁱ Subfilo	Classe	ⁱⁱⁱ Subclasse	*P/-	Abundância	*P/-	Abundância
	ⁱⁱ Superclasse		Ordem		Total		Total
Arthropoda	ⁱ Chelicerata						
		Arachnida					
			ⁱⁱⁱ Acarina	P	2	P	12
	ⁱ Hexapoda						
		Insecta					
			Blattodea	P	2	P	1
			Coleoptera	P	3	P	8
			Diptera	P	1	P	5
			Hymenoptera (Formicidae)	P	4	P	16
			Lepidoptera	-	0	P	2
			Orthoptera	-	0	P	1
		Entognatha					
			Collembola	P	5	P	7
	ⁱⁱ Myriapoda			P	0	P	1
		Chilopoda		P	1	P	1
	ⁱ Crustacea						
		Malacostraca					
			Isopoda	-	0	P	4
Mollusca		Gastropoda		P	1	P	1
Annelida	ⁱ Clitellata						
			Oligochaeta	P	4	P	9
	Outros			P	6	P	5
Riqueza Total				10	29	13	73

Em relação a variável abundância pode-se inferir de acordo com o teste Mann-Whitney que houve uma diferença significativa entre ambas às regiões analisadas

($p < 0,05$; $Z = -1,96$), sendo que a maior abundância de macroinvertebrados foi

observada na região de centro, em comparação à região de borda (Figura 4).

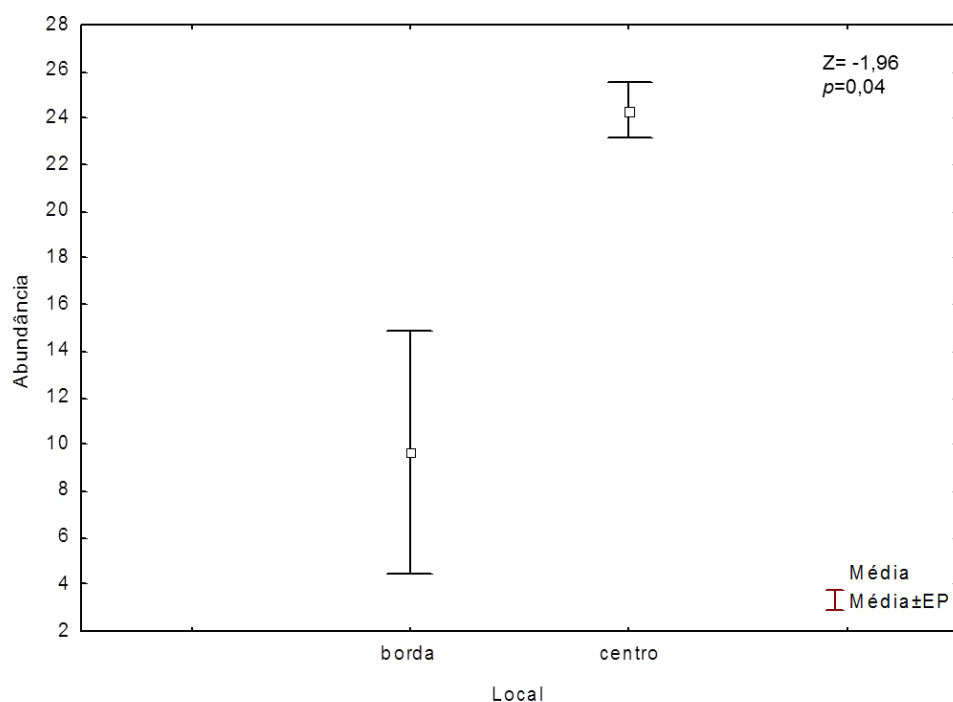


Figura 4. Abundância das diferentes regiões amostradas (centro e borda) da Unidade de Conservação Municipal Parque do Ingá.

Entretanto, ao analisar as médias da variável riqueza em cada uma das regiões, borda e centro, não foram identificadas

diferenças significativas, uma vez que o valor de $p > 0,05$ e de $Z = -1,30$ (Figura 5).

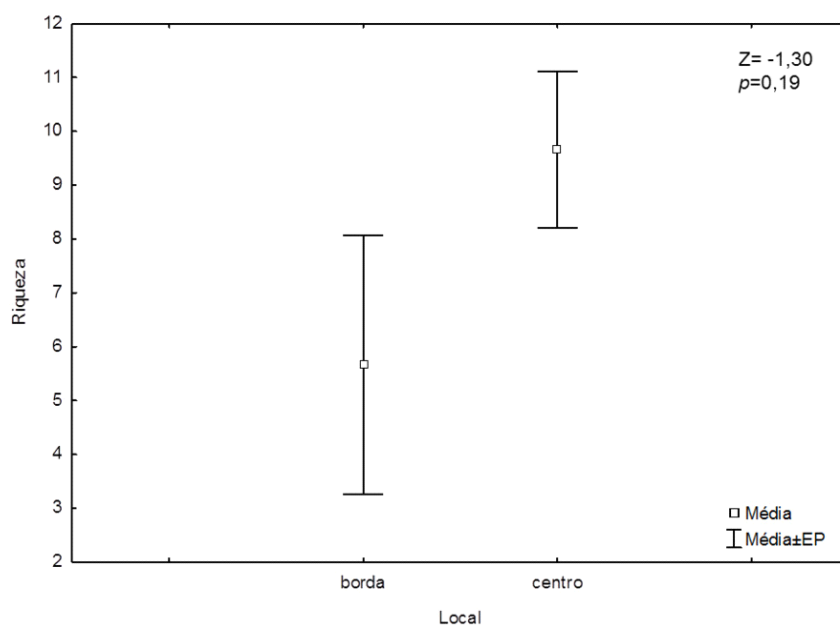


Figura 5. Riqueza das regiões de borda e centro amostradas da Unidade de Conservação Municipal Parque do Ingá.

Constatou-se que houve diferenças significativas entre as regiões amostradas de borda e centro do Parque do Ingá, no que se refere à composição, heterogeneidade entre os locais (Fig. 6 e Tab. 1). Na figura 6 é

evidenciado que a região do centro obteve maiores valores das distâncias médias ao centroide (DMC-B=0,900; DMC-C= 1,211) quando comparado aos pontos coletados nas regiões de borda da unidade de conservação.

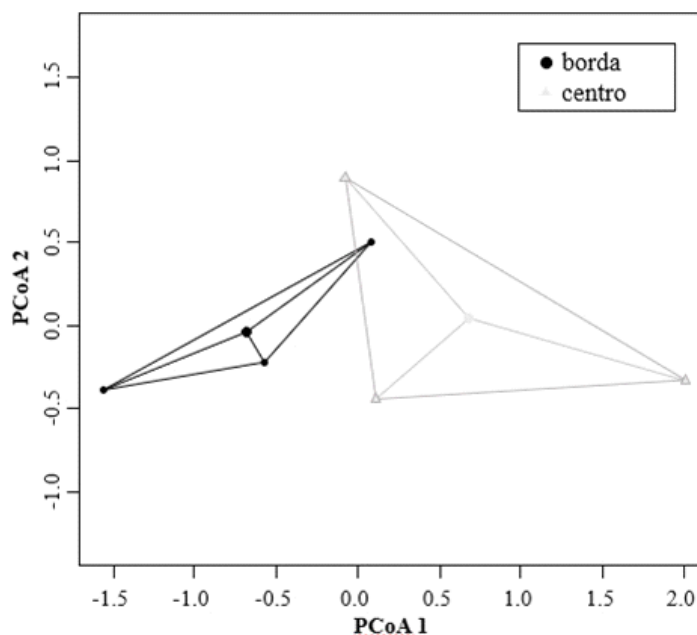


Figura 6. Diagrama de ordenação das distâncias médias ao centroide considerando os organismos coletados entre os locais amostrados em regiões de borda e centro da Unidade de Conservação Municipal Parque do Ingá.

4. DISCUSSÃO

A hipótese proposta no presente estudo foi parcialmente corroborada, visto que na área central da Unidade de Conservação Municipal Parque do Ingá houve maiores valores de abundância e composição, entretanto, a riqueza de espécies foi proporcional entre ambas às áreas.

O efeito de borda gera uma transformação no comportamento dos indivíduos, pois espécies de plantas e de

animais são melhores adaptadas a certas temperaturas, umidades, e níveis de luminosidade, e essas mudanças acabam causando a eliminação ou diminuição da ocorrência de muitas espécies dos fragmentos florestais (FERRAZ, 2011). Isto explica a heterogeneidade dos invertebrados entre centro e borda, visto que apenas aqueles que são capazes de tolerar as diferentes condições de temperaturas, umidade e níveis de luminosidade entre as áreas conseguiram sobreviver. Assim, a diferença entre a

composição das distintas áreas analisadas pode indicar que os dois habitats possuem características ambientais propícias para diferentes espécies, visto que quatro grupos taxonômicos (i.e. Crustacea, Lepidoptera, Myriapoda e Orthoptera) foram registrados somente no interior (centro) do fragmento. Isso pode ter ocorrido para os grupos de Crustacea e Myriapoda devido a maior umidade existente no centro, fator crucial para a sobrevivência dos indivíduos destes grupos (BARETTA et al., 2011).

A baixa heterogeneidade e abundância das áreas de borda podem ser explicadas pela modificação que o efeito de borda proporciona constantemente ao fragmento, como exemplo, diminui o acúmulo de serapilheira nas bordas levando à menor retenção de umidade devido à maior incidência da luminosidade sobre o solo (e.g. BARBOSA; FARIA, 2006; VOLTOLINI; MENDONÇA, 2019), tornando as bordas mais secas que o interior (RODRIGUES, 1998; POHLMAN; TURTON; GOOSEM, 2007; VOLTOLINI; MENDONÇA, 2019), bem como encontrado neste trabalho onde a umidade do solo é maior nas áreas de centro.

A diferença de temperatura detectada neste estudo sugere maior aquecimento da zona de borda por influência do meio externo, visto que o redor da unidade de conservação do Parque do Ingá é composto por pavimentações urbanas que aumentam a temperatura local, modificando o microclima (FREITAS, 2008). Estudos realizados por Blumenfeld et al. (2016) verificaram que a matriz circundante ao fragmento influencia diretamente a temperatura

na borda, registrando as maiores variações para a matriz com ocupação humana, similar ao ocorrente na área do transecto estudado. Isto é observado na análise realizada entre a temperatura e o local, evidenciando que há diferença térmica no fragmento (Parque do Ingá) entre centro e borda. E, pode ser destacado pelas análises, que conforme ocorrem maiores temperaturas menor será a abundância dos invertebrados edáficos.

De acordo com a literatura (e.g. FERREIRA; MARQUES, 1998), os ambientes centrais de fragmentos florestais fornecem um microclima favorável em termos de umidade do solo, temperatura e incidência solar, além de maior biomassa de serapilheira para o desenvolvimento de uma maior diversidade dos organismos. No presente estudo a biomassa de serapilheira não foi verificada, entretanto, a umidade do solo, temperatura e incidência solar foram analisadas, assim, é possível propor que a maior heterogeneidade e abundância observada nos pontos de centro estão diretamente relacionadas com estes fatores abióticos. No entanto, a qualidade dos recursos que o sistema solo-serapilheira oferece pode influenciar na sobrevivência dos organismos (MOÇO et al., 2005). Possibilitando por exemplo, o favorecimento de insetos como as formigas (Formicidae), grupo que apresentou maior representatividade na região central analisada neste estudo, e que desempenham importantes funções nos processos ecológicos, como dispersão de sementes, ciclagem de nutrientes, estruturação física, além de

interações com outros diversos grupos de organismos (TESSARO et al., 2020).

Uma das principais consequências do efeito de borda é a modificação na composição de espécies na área de transição (NASCIMENTO; LAURENCE, 2006). As condições do meio se alteram gradativamente com o avanço dos efeitos de borda para o interior do fragmento, já que a porção marginal funciona como zona de amortecimento, recebendo diretamente o impacto dos ventos, proliferação de espécies pioneiras, cargas de poluição, diminuição na altura das árvores (SOUZA et al., 2020) e, é onde se verifica a maior presença da ação antrópica, a intensidade do efeito relaciona-se com o tipo de matriz onde está inserido o fragmento (BARANEK, 2014). Assim, os invertebrados inseridos nesta região são aqueles mais resistentes às condições, e, estes podem indicar o estágio de sucessão ecológica do solo local. Neste estudo, a presença de maior abundância de Collembola, na região de borda, seguida por elevada abundância de Acari na região de centro, pode expressar que a porção de borda se encontra em estágio sucessional primário, enquanto, a porção de centro já está transitando para o próximo estágio. Visto que colêmbolos são considerados R-estrategistas (PETERSEN, 2002) e abundantes em estágios primários da sucessão do solo, e, ácaros são considerados K-estrategistas (WALTER; PROCTOR, 2013), por possuírem alto potencial competidor e estarem presentes em ambientes que fornecem condições mais estáveis dos componentes

abióticos, sendo indicadores de estágios sucessionais pós-primário.

No entanto, é possível inferir que a presença de alguns fatores (e.g. clareira e dossel falho) que a unidade de conservação do Parque do Ingá apresenta (NAVI, 2016), pode alterar os padrões de temperatura e umidade, exercendo influência na diversidade biológica encontrada no ambiente fragmentado (BARROS, 2006). E, por mais que a temperatura e umidade do solo são distintas daquelas encontradas no perfil de borda, algumas mudanças ambientais já são indicativas de um possível efeito de borda geral futuro, principalmente o dossel falho que auxilia na maior penetração de luz e radiação solar, interferindo na biota edáfica e consequentemente, alterando a biodiversidade do centro, ocasionando uma similaridade física e/ou biológica, e até mesmo no que se refere à fatores abióticos (e.g. temperatura e umidade) entre as populações de borda e centro (i.e. tornando as áreas estudadas de centro-borda semelhantes em suas características).

Essa similaridade entre as áreas (centro e borda) pode trazer prejuízos ao ecossistema, por muitas vezes ocorrer à sobreposição de nicho e lacunas a serem desempenhadas no ecossistema, visto que várias espécies realizarão as mesmas funções, deixando outras essenciais em segundo plano, resultando na falha dos serviços e funções ecossistêmicas (e.g., ciclagem de nutrientes, decomposição da matéria orgânica, aeração do solo, fertilidade do solo, fluxo de matéria,

degradação de substâncias tóxicas do solo, regulação de processos hidrológicos do solo, trocas gasosas e sequestro de carbono (OLIVEIRA-FILHO et al., 2018)).

5. CONCLUSÃO

A investigação da mudança na composição da fauna edáfica de um fragmento florestal urbano da Mata Atlântica, ocasionado pelo efeito de borda, revelou que há ocorrência do efeito de borda, tendo como consequência a diferença na composição dos organismos edáficos entre centro e borda, além da diferença de abundância entre as duas áreas.

Ao considerarmos os fatores abióticos, que atuam sobre a fauna edáfica, destacamos as diferenças relacionadas à umidade do solo e a temperatura do ar das duas regiões analisadas, sendo que a região do centro apresentou maior umidade e temperatura quando comparada à região de borda.

Já a cobertura do dossel não apresentou diferença significativa entre borda e centro, mantendo-se constantes nas duas regiões. Através disto, é possível inferir que a porção de centro pode estar sofrendo com os processos do efeito de borda, tornando-se uma porção com características de borda. Isso influencia nos serviços e funções ecossistêmicas que o ambiente fornece e nos dá uma prévia de que pode ocorrer a substituição da heterogeneidade existente.

Devido a isso, a revisão e prática do Plano de Manejo do Parque do Ingá devem ser realizadas para que os serviços ecossistêmicos,

bem como a manutenção de fauna edáfica fatores abióticos sejam mantidos e preservados. Além do mais é necessária a realização de mais trabalhos envolvendo a fauna edáfica dessa unidade de conservação, para que esses resultados encontrados possam ser comparados com os futuros e melhores medidas mitigadoras serem desenvolvidas pelos gestores públicos, com a finalidade de preservar este remanescente da Floresta Estacional Semidecidual da Mata Atlântica.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Profa. Dra. Gisele Daiane Pinha por ter nos auxiliado na identificação taxonômica e ao laboratório de Ecologia Energética-NUPELIA/UEM pela estrutura cedida na triagem das amostras.

REFERÊNCIAS

ANDERSON, M. J.; ELLINGSEN, K. E.; MCARDLE, B. H. Multivariate dispersion as a measure of beta diversity. **Ecology letters**, v. 9, n. 6, p. 683-693, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2006.00926.x>. Acesso em: 10 abr. 2019.

ARAUJO, K. D. et al. Dinâmica da mesofauna edáfica em função das estações seca e chuvosa em áreas de Caatinga sob pastejo. **Brazilian Geographical Journal: Geosciences and Humanities research medium**, v. 4, n. 2, p. 13, 2013. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/braziliangeojournal/article/view/23314>. Acesso em: 10 abr. 2019.

ARAUJO K. D. et al. Influência da precipitação pluvial sobre a mesofauna invertebrada do solo em área de caatinga no semiárido da Paraíba.

Geoambiente Online, v. 12, p. 1-12, 2009. Disponível em: <https://www.revistas.ufg.br/geoambiente/articloe/view/25979>. Acesso em: 10 abr. 2019.

AQUINO, A. M.; CORREIA, M. E. F.; ALVES, M. V. Diversidade da macrofauna edáfica no Brasil. In: MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O.; BRUSSAARD, L. **Biodiversidade do solo em ecossistemas tropicais**. Lavras: Editora da UFLA, 2008. p. 143-170. Disponível em: <https://research.wur.nl/en/publications/biodiversidade-do-solo-em-ecossistemas-brasileiros>. Acesso em: 27 mar. 2019.

BARANEK, E. J. **Análise do efeito de borda de sistemas de cultivo orgânico e convencional em fragmentos florestais do centro-oeste paranaense**. Seropédica: UFRRJ, 2014. 61p. Dissertação (Mestrado em Agricultura Orgânica). Instituto de Agronomia, Programa de Pós- Graduação em Agricultura Orgânica, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2014. Disponível em: <https://tede.ufrj.br/handle/jspui/2875>. Acesso em: 3 set. 2020.

BARBOSA, H. C.; FARIA, S. M. Aporte de Serrapilheira ao solo em estágios Sucessionais florestais na Reserva Biológica de Poço das Antas, Rio de Janeiro, Brasil. **Rodriguésia [online]**, v. 57, n. 3, p. 461-476, 2006. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/2175-7860200657306>. Acesso em: 3 set. 2020.

BARETTA, D. et al. Análise multivariada da fauna edáfica em diferentes sistemas de preparo e cultivo do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 11, p. 1675-1679, 2006. Disponível em: <https://seer.sct.embrapa.br/index.php/pab/articloe/view/7331>. Acesso em: 27 mar. 2019.

BARETTA, D. et al. Fauna edáfica e qualidade do solo. **Tópicos em Ciências do solo**, v. 7, p. 141-192, 2011. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Mauricio-Alves/publication/267333227_FAUNA_EDAFICA_E_QUALIDADE_DO_SOLO/links/544

[c197f0cf2bcc9b1d6c3e2/FAUNA-EDAFICA-E-QUALIDADE-DO-SOLO.pdf](https://www.researchgate.net/publication/267333227_FAUNA_EDAFICA_E_QUALIDADE_DO_SOLO/links/544c197f0cf2bcc9b1d6c3e2/FAUNA-EDAFICA-E-QUALIDADE-DO-SOLO.pdf). Acesso em: 27 mar. 2019.

BARROS. F. A. **Efeito de borda em fragmentos de floresta montana**. 112 f. Dissertação (Mestre em Ciência Ambiental) - Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2006. Disponível em: http://arquivos.proderj.rj.gov.br/inea_imagens/downloads/pesquisas/PE_Tres_Picos/Barr os_2006.pdf. Acesso em: 3 set. 2020.

BASELGA, A. Partitioning the turnover and nestedness components of beta diversity. **Global Ecology and Biogeography**, v. 19, n. 1, p. 134-143. 2010.

BENÍTEZ-MALVIDO J.; ARROYO-RODRÍGUEZ V. Habitat fragmentation, edge effects and biological corridors in tropical ecosystems. In: DEL CLARO, K. et al. (eds.). **Encyclopedia of life support systems (EOLSS)**. Oxford: Eolss Publishers, p. 1-11. 2008.

BLUMENFELD, E. C. et al. Relações entre tipo de vizinhança e efeitos de borda em fragmento florestal. **Ciência Florestal**, v. 26, n. 4, p. 1301-1316, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.5902/1980509825150>. Acesso em: 3 set. 2020.

BROWN, G. G.; DOMÍNGUEZ, J. Uso das minhocas como bioindicadoras ambientais: princípios e práticas. In: Encontro latino americano de ecologia e taxonomia de oligoquetas, 4., 2010, Curitiba. **Acta Zoológica Mexicana**, v. 26, número especial 2, p. 1-18, 2010. Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57515556001>. Acesso em: 27 mar. 2019.

BROWN, G. G.; MASCHIO, W.; FROUFE, L. C. M. **Macrofauna do solo em sistemas agroflorestais e Mata Atlântica em regeneração nos municípios de Barra do Turvo, SP, e Adrianópolis, PR**. Colombo: Embrapa Florestas, 2009. 51 p.

DALE, D. H.; PEARSON S. M. Quantifying habitat fragmentation due to land use change in Amazônia. In LAURANCE, W.F., BIERREGAARD, R.O. **Tropical Forest remnants: Ecology, management, and conservation of fragmented communities.** University of Chicago Press, Chicago, IL, USA, 1997. p. 400-409.

DECÄENS, T. Macroecological patterns in soil communities. **Global Ecology and Biogeography**, v. 19, p. 287-302, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2009.00517.x>. Acesso em: 27 mar. 2019.

DIDHAN, R. K.; LAWTON, J. H. Edge structure determines the magnitude of changes in microclimate and vegetation structure in tropical forest fragments. **Biotrópica**, v. 31, p. 17-30, 1999. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.1999.tb00113.x>. Acesso em: 27 mar. 2019.

DUNGER, W. Arthropods in primary succession. In: **Proc. 4th ECE/XIII. Gödöllő: SIEEC**, 1991 p. 696-702.

FERRAZ, A. C. P. Efeitos de borda em florestas tropicais sobre artrópodes, com ênfase nos dípteros ciclôrrafos. **Oecologia Australis**, Rio de Janeiro, v. 15, n. 2, p. 189-198, 2011.

FERREIRA, R. L.; MARQUES, M. M. G. S. M. Fauna de Artrópodes de Serrapilheira de Áreas de Monocultura com *Eucalyptus* sp. e Mata Secundária Heterogênea. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 27, n. 3, 1998. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0301-80591998000300007>. Acesso em: 3 set. 2020.

FORMAN, R. T. T.; GODRON, M. **Landscape Ecology**. Wiley & Sons. New York, 1986. 619 p.

FREITAS, R. M. **Entre mitos e limites: as possibilidades do adensamento construtivo face à qualidade de vida no ambiente urbano**. Recife: Editora Universitária da UFPE, 2008. 270 p. Disponível em:

<https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/6771>. Acesso em: 3 set. 2020.

GRAÇA, R. J.; MACHADO, M. H. Ocorrência e aspectos ecológicos de metazoários parasitos de peixes do Lago do Parque do Ingá, Maringá, Estado do Paraná. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 29, n. 3, p. 321-326, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.4025/actascibiols.v29i3.507>. Acesso em: 27 mar. 2019.

HARRISON, S.; ROSS, S.; LAWTON, J. H. Betadiversity on geographic gradients in Britain. **Journal of Animal Ecology**, v. 61, n. 1, p. 151-158. 1992.

KOLLMANN, J.; BUSCHOR, M. Edge effects on seed predation by rodents in deciduous forests of northern Switzerland. **Plant Ecology**, v. 164, p. 249-261, 2003. Disponível em: <https://doi.org/10.1023/A:1021225728493>. Acesso em: 27 mar. 2019.

KORASAKI, V.; MORAIS, J. W.; BRAGA, R. F. Macrofauna. In: MOREIRA, F. M. S.; CARES, J. E.; ZANETTI, R.; STÜRMER, S. L. **O ecossistema solo: componentes, relações ecológicas e efeitos na produção vegetal**. Lavras: Editora da UFLA, 2013. p. 79-128.

LAURANCE, W F.; BIERREGAARD, R. O. **Tropical forest remnants: ecology management and conservation of fragmented communities**. Chicago: University of Chicago Press, 1997. 593 p.

LOUZADA, J. N. C.; ZANETTI, R. Bioindicadores. In: MOREIRA, F. M. S.; CARES, J. E.; ZANETTI, R.; STÜRMER, S. L. **O ecossistema solo: componentes, relações ecológicas e efeitos na produção vegetal**. Lavras: Editora da UFLA, 2013. p. 79-128.

MAACK, R. **Geografia Física do Estado do Paraná**. Secretaria do Estado da Cultura e do Esporte. Rio de Janeiro: 2ª edição, 1981. 350 p.

MELO, F. V. et al. A importância da meso e macrofauna do solo na fertilidade e como bioindicadores. **Embrapa Florestas-Artigo em**

periódico indexado (ALICE), p. 38-43, 2009. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/428233/1/aimportanciadamesoemacrofaunadosolo.pdf>. Acesso em: 27 mar. 2019.

MERLIM, A. O. et al. Soil macrofauna in cover crops of figs grown under organic management. **Scientia Agricola**, v. 62, n. 1, p.57-61, 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-90162005000100011>. Acesso em: 27 mar. 2019.

METZGER, J. P. O que é ecologia de paisagens? **Biota Neotropica**, v. 1. n. 1/2, 2001.

METZER, J. P. Estrutura da paisagem: o uso adequado de métricas. In: CULLEN, L. JR.; RUDRAN, R.; PADUA, C. V. **Métodos de estudo em biologia da conservação e manejo da vida silvestre**. 2. ed. Curitiba: UFPR, p. 423-453, 2006.

MOÇO, M. K. S. et al. Caracterização da fauna edáfica em diferentes coberturas vegetais na região Norte Fluminense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 29, n. 4, p. 555-564, 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832005000400008>. Acesso em: 3 set. 2020.

MOREIRA, F. M. S. et al. **O ecossistema do solo: componentes, relações ecológicas e efeitos na produção vegetal**. Lavras: Ufla, 2013. 352 p.

MURCIA, C. Edge Effects in fragmented forests: implications for conservation. **Trends in Ecology e Evolution**, v. 10, n. 2, p. 58-62, 1995. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0169-5347\(00\)88977-6](https://doi.org/10.1016/S0169-5347(00)88977-6). Acesso em: 27 mar. 2019.

NASCIMENTO, H. E. M.; LAURANCE, W. F. Efeitos de área e de borda sobre a estrutura florestal em fragmentos de floresta de terra-firme após 13-17 anos de isolamento. **Acta Amazonica**, v. 36, n. 2, p. 183-192, 2006.

NAVI, A. C. O. N. **Estudo de espécies arbóreas ameaçadas de extinção no Parque do Ingá, Maringá-PR**. 2016. 157 f. Dissertação (Mestre em Geografia) - Universidade Estadual de Maringá, 2016. Disponível em: <http://repositorio.uem.br:8080/jspui/handle/1/4607>. Acesso em: 3 set. 2020.

ODUM, E. P. **Fundamentos de ecologia** / Eugene P. Odum, Gary W. Barret; [tradução Pégasus Sistemas e Soluções]. São Paulo: Cengage Learning, 2008. 632 p.

OKSANEN, J. et al. Package ‘vegan’. **Community ecology package, version**, v. 2, n. 9, p. 1-295, 2015. Disponível em: <http://CRAN.R-project.org/package=vegan>. Acesso em: 10 abr. 2019.

OLIVEIRA, D. **Efeitos das variáveis ambientais locais sobre a abundância, a riqueza e a biomassa da macrofauna do solo em um ecossistema semiárido no estado do Rio Grande do Norte, Nordeste do Brasil**. 54 f. 2012. Dissertação (Mestrado em Ecologia) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2012. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/14038>. Acesso em: 27 mar. 2019.

OLIVEIRA-FILHO, L. C. I. et al. **Fauna edáfica em ecossistemas florestais**, 2018. 39 p. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Luis-Carlos-OliveiraFilho/publication/325153557_Fauna_edafica_em_ecossistemas_florestais/links/5afaec8d0f7e9b3b0bf0ff4e/Fauna-edafica-em-ecossistemas-florestais.pdf. Acesso em 3 set. 2020.

PEREIRA, G. H. A. et al. Decomposição da serrapilheira, diversidade e funcionalidade de invertebrados do solo em um fragmento de floresta atlântica. **Bioscience Journal**, v. 29, n. 5, p. 1317-1327, 2013. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/18017>. Acesso em: 3 set. 2020.

PETERSEN, H. General aspects of collembolan ecology at the turn of the millennium. **Pedobiologia**, v. 46, n. 3-4, p. 246-260, 2002. Disponível em: <https://doi.org/10.1078/0031-4056-00131>. Acesso em: 3 set. 2020.

POHLMAN, C. L.; TURTON, S. M.; GOOSEM, M. Edge effects of linear canopy openings on tropical rain forest understory microclimate. **Biotropica**, v. 39, n. 1, p. 62-71, 2007.

R Core Team. **R: A language and environment for statistical computing**. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing; 2017. Disponível em: <http://www.R-project.org/>. Acesso em: 10 abr. 2019.

REDDING, T. E. Spatial patterns of soil temperature and moisture across subalpine forest-clearcut edges in the southern interior of British Columbia. **Canadian Journal of Soil Science**, v. 83, p. 121-130, 2003. Disponível em: <https://doi.org/10.4141/S02-010>. Acesso em: 27 mar. 2019.

RESENDE, F. V. et al. Uso de cobertura morta vegetal no controle da umidade e temperatura do solo, na incidência de plantas invasoras e na produção da cenoura em cultivo de verão. **Embrapa Hortaliças-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542005000100012>. Acesso em: 10 abr. 2019.

RODRIGUES, E. **Ecologia da restauração**. Editora Planta Londrina, 2013. 299 p.

RODRIGUES, E. **Edge Effects on the regeneration of forest fragments in South Brasil**. Thesis. Harvard University, 1998. 194 p.

SANTOS, L. J. C. et al. Mapeamento da vulnerabilidade geoambiental do estado do Paraná. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 37, n. 4, p. 812-820, 2007. Disponível em:

<http://www.ppegeo.igc.usp.br/index.php/rbg/article/view/9251>. Acesso em: 10 abr. 2019.

SAUTTER, K. D.; SANTOS, H. R. Avaliação da estrutura da população da mesofauna edáfica, em diferentes regimes de reabilitação de um solo degradado pela mineração do xisto. **Rev. Set. Ciênc. Agrár.** v.13, n. 1-2, p. 31-34, 1994.

SEMA – PMM. SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE MUNICÍPIO DE MARINGÁ. **Plano de Manejo – Parque do Ingá**. 2020. 415 p. Disponível em: <http://www2.maringa.pr.gov.br/conferencia/?cod=plano-de-manejo-do-parque-do-inga>. Acesso em: 09 ago. 2021.

SCHEU, S. Effects of earthworms on plant growth: patterns and perspectives. **Pedobiologia**, v. 47, p. 846-856, 2003. Disponível em: <https://doi.org/10.1078/0031-4056-00270>. Acesso em: 27 mar. 2019.

SILVA-NETO, L. F. et al. Atributos físicos e químicos de agregados pedogênicos e de coprólitos de minhocas em diferentes classes de solos da paraíba. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 6, p. 1365-1371, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542010000600002>. Acesso em: 27 mar. 2019.

SOUTO, P. C. Determinação das características biológicas de solos sob caatinga preservada, mata ciliar, pastagem e área degradada no semi-árido da Paraíba. In: **XXX Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**, 2005, Recife. Anais... Recife: CBCS, 2005.

SOUZA, D. G. **Plantas e insetos galhadores: efeitos ascendentes determinando padrões nas assembléias de insetos em diferentes escalas espaciais**. 2013. 104 f. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal) - Universidade Federal de Pernambuco, 2013. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/25025>. Acesso em: 27 mar. 2019.

SOUZA, M. R.; CASTRO, T. M. M. G. Abundância da classe Collembola nas culturas do milho e do feijão nos sistemas solteiro e consorciado cultivados em sucessão às leguminosas. **Cadernos de Agroecologia**, v. 15, n. 2, 2020. Disponível em: <http://cadernos.aba-agroecologia.org.br/index.php/cadernos/article/view/5665/2676>. Acesso em: 09 ago. 2021.

SOUZA, W. C. L et al. Influência do efeito de borda na herbivoria foliar de *Ziziphus joazeiro* Mart. em Floresta Tropical Sazonal Seca. **Diversitas Journal**, v. 5, n. 4, p. 2746-2758, 2020. Disponível em: https://periodicos.ifal.edu.br/diversitas_journal/article/view/976/1120. Acesso em: 09 ago. 2021.

SWIFT, M. J. et al. O inventário da biodiversidade biológica do solo: conceitos e orientações gerais. In: MOREIRA, F. M. S.; HUISING, E. J.; BIGNELL, D. E. **Manual de Biologia dos Solos Tropicais – Amostragem e Caracterização da Biodiversidade**. Lavras: Ed. UFLA, 2010. p. 23-41.

TABANEZ, A. A. J.; VIANA, V. M.; DIAS, A. S. Consequências da fragmentação e do efeito de bordas sobre a estrutura, diversidade e sustentabilidade de um fragmento de Floresta de Planalto de Piracicaba, SP. **Revista Brasileira de Biologia**. v. 57, n. 1, p. 47-60, 1997.

TESSARO, D. et al. Decomposition of litter and diversity of epiedaphic fauna in a fragment of Mixed Ombrophilous Forest. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 11, p. e8491110330-e8491110330, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i11.10330>. Acesso em: 3 set. 2020.

VEZZANI, F. M.; MIELNICZUK, J. Revisão de literatura: Uma visão sobre a qualidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 4, p. 743-755, 2009. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832009000400001>. Acesso em: 27 mar. 2019.

VOLTOLINI, J. C.; MENDONÇA, A. R. Efeito de borda sobre o microclima em diferentes estágios de sucessão em Floresta Atlântica. **Revista Biociências**, v. 25, n. 2, 2019. Disponível em: <http://periodicos.unitau.br/ojs/index.php/biociencias/article/view/2152>. Acesso em: 09 ago. 2021.

WALTER, D. E.; PROCTOR, H. **Mites: ecology, evolution & behaviour**. 2 ed. Sydney: Springer, 2013. 494 p.

WELLES, J. M. Some indirect methods of estimating canopy structure. **Remote Sensing Review**, v. 5, n. 1, p. 31-43, 1990. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/02757259009532120>. Acesso em: 10 abr. 2019.

WHITTAKER, R. H. Vegetation of the Siskiyou Mountains, Oregon and California. **Ecological Monographs**, v. 30, p. 280-338, 1960.

