



INFLUÊNCIA DA ALTITUDE E DA SERAPILHEIRA SOBRE A ARTROPOFAUNA NA RPPN SERRA BONITA, CAMACAN - BA, BRASIL

Cardozo, V. A. Y.

Petersen, E. S. M.; Lima, C. C. A.; Carneiro, A. C.; Dantas, A. R. M. R. L.

Programa de Pós - Graduação em Ecologia e Biomonitoramento, Instituto de Biologia da Universidade Federal da Bahia, Rua Barão de Geremoabo, 147 - Campus de Ondina, CEP 40170 - 290, Salvador - Bahia.yohanacardozo@yahoo.es

INTRODUÇÃO

A Serapilheira abriga uma ampla diversidade de organismos que desempenham inúmeras funções ecológicas nos ecossistemas florestais, sendo importantes na ciclagem de nutrientes, na decomposição da matéria orgânica e controle biológico de doenças e pragas (Ferreira e Marques, 1998; Moreira *et al.*, 008). Decaens *et al.*, (2006), descreve que 97% da fauna do solo é composta por artrópodes, sendo que os insetos representam 80% deste total. Apesar de existir uma ampla quantidade de informações sobre os organismos do solo, o conhecimento sobre a sua diversidade e papel ecológico ainda é incipiente, principalmente em regiões tropicais (Moreira *et al.*, 008).

A altitude é uma das variáveis que pode causar influência tanto direta quanto indireta nos fatores atuantes no clima, tipo de solo, fitofisionomia, serapilheira acumulada e quantidade de matéria orgânica (Vasconcelos, 1990; Al - Assiuty *et al.*, 993; David *et al.*, 993; Tian *et al.*, 993; Blair *et al.*, 994; Harte *et al.*, 996; Oliveira, 1996). Diversos autores aceitam como padrão geral o declínio da riqueza de espécies com a elevação da altitude, entretanto ainda existem contróversias (Rahbek, 1995; Sanders, 2002; Bachman *et al.*, 004). Como destaca Rahbek (1995) e Lomolino (2001), em grandes gradientes de altitude pode existir uma relação modal, com um pico de riqueza ou abundância em altitudes intermediárias, após o qual começa o declínio. Apesar dos trabalhos existentes sobre este padrão, há ainda uma necessidade de se obter informações para revelar se existe ou não um padrão geral de distribuição ao longo de um gradiente de altitude e as possíveis causas dessa variação. É necessário o entendimento aprofundado da distribuição altitudinal dos artrópodes para avaliar a efetividade das estratégias de conservação dos sistemas tropicais, já que estes organismos representam a maioria das espécies nas matas tropicais, e tipicamente possuem, juntamente com as plantas, a diversidade beta mais alta (Olson 1994).

OBJETIVOS

O presente estudo teve como objetivo analisar a influência da altitude em um gradiente intermediário de baixa amplitude (435 a 877 m. s. n. m.) e da composição da serapilheira sobre a comunidade de artrópodes de folhço, num fragmento de Mata Atlântica, para responder as seguintes perguntas: (1) a biomassa de artrópodes aumenta com a altitude? (2) como varia a estrutura da comunidade de acordo com a biomassa de folhas e porcentagem de galhos da serapilheira?

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado na Reserva Serra Bonita, localizada no município de Camacan e Pau - Brasil, região sul da Bahia, abrangendo uma área de 7.500 hectares. A Reserva possui gradientes altitudinais entre 200 e 950 m acima do nível do mar (m. s. n. m.). com cerca de 50% da área coberta por matas primárias, o restante é formado por vegetação secundária, cabruças e fragmentos de pasto.

A coleta de artrópodes associados à serapilheira ocorreu no dia 15 de abril de 2009, entre o horário das 18:00 e 22:00 h. Foram selecionadas 10 unidades amostrais não sistematizadas em diferentes partes da Reserva, numa faixa altitudinal de 435 m até 860 m. s. n. m.: 435m; 450m; 711m; 726m; 804m; 808m; 827m; 844m; 860m; 877m. Em cada unidade amostral foram feitas cinco sub - parcelas, também não sistematizadas, de 50 x 50 cm para a coleta de serapilheira. As coletas foram feitas por três coletores em cada unidade amostral, a fim de realizar a coleta simultaneamente, evitando com isso pseudo - repetições técnicas (Hurlbert, 1984).

O material coletado foi acondicionado em sacos plásticos e transportados posteriormente à base de campo na RPPN - Serra Bonita. No laboratório da RPPN - Serra Bonita, foi feita a triagem de artrópodes manualmente, em bandejas plásticas. Os artrópodes foram fixados em álcool a 70% e

armazenados em vasilhas plásticas. O material biológico foi encaminhado para o Laboratório de Pós - graduação no Instituto de Biologia da UFBA, onde foi feita a separação dos artrópodes até o nível taxonômico de ordem, utilizando chaves taxonômicas gerais (Borror e DeLong, 1988; Costa *et al.*, 006). Em seguida, estimou - se a biomassa de artrópodes, os quais foram colocados por grupo taxonômico em papel alumínio com a finalidade de se obter o seu peso úmido. Posteriormente a este processo, o material biológico foi depositado na estufa modelo Nova Ética 400/3NDN, a uma temperatura de 60 °C, por um período de 48 horas, repetindo este processo até atingir o peso constante dos artrópodes. A pesagem foi feita em uma balança eletrônica de precisão (Acculab VIC-303).

A serapilheira coletada foi utilizada para estimar biomassa de folhas, as quais passaram pelo processo de secagem em estufa (119 SOC FABEE LTDA), a uma temperatura de 60 °C, por um período de 48 horas. Posteriormente, pesou - se este material até ser atingido o peso constante, numa balança semi - analítica Mettler P1200. Para estimar a porcentagem de galhos, a serapilheira coletada foi distribuída em uma área dividida em quadrantes de 15 x 15 cm, onde foi feita a proporção entre o número de quadrantes ocupados por folhas e galhos dentro da área total.

Foi feita uma análise de regressão linear simples para verificar o efeito da altitude sobre a biomassa de artrópode. Também foi realizada uma análise de regressão linear múltipla a fim de verificar o efeito da biomassa das folhas e da porcentagem de galhos sobre a estrutura da comunidade de artrópodes. Para tanto, foi realizada uma redução de dimensionalidade dos eixos da variável estrutura da comunidade, utilizando a técnica de ordenação nMDS (nonmetric Multidimensional Scaling Axis) no programa Pcord4, onde se testou a significância do eixo através do teste de Monte Carlo. Antes de realizar as regressões, foram observados os gráficos de dispersão da estrutura da comunidade com a serapilheira e com a altitude e observou - se que esta última não tinha nenhum tipo de relação. O nível de significância adotado para a análise foi $\alpha = 0,05$, corrigido através do teste de Bonferroni (Magnusson e Mourão, 2005), utilizando um $\alpha = 0,025$ para cada regressão. Os dados foram transformados com Ln para satisfazer a premissa da normalidade. A distribuição normal dos resíduos foi testada usando o teste de Kolmogorov-Smirnov, também corroborando as demais premissas de autocorrelação com o teste de Durbin - Watson. A homocedasticidade foi observada no gráfico de valores preditos contra valores residuais e colinearidade na tabela de diagnóstico de colinearidade gerada nas análises. Os modelos estatísticos foram gerados no programa SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) versão 13.0.

RESULTADOS

Foram coletados 3305 indivíduos de artrópodes em todas as unidades amostrais, sendo distribuídos em 17 ordens. A classe Insecta foi a mais representativa com 9 ordens, seguida da classe Chelicerata representada por 4 ordens, a classe Malacostraca com 2 ordens, Entognatha com 1 ordem e as classes Diplopoda e Chilopoda

não foram identificadas ao nível de ordem. Em relação à biomassa de Arthropoda, foi encontrado um total de $4,153 \times 10^{-3}$ mg/m². Este dado foi representado principalmente pelo grupo Isopoda, com 32,7% da biomassa total, seguido por Amphipoda (16,6%), Diptera (10,15%), Opiliones (6,7%), Orthoptera (6%), Diplopoda (5%), Coleoptera (4,8%), Blattodea (4,7%), Formicidae (4,6%), Araneae (3,8%), Dermaptera (1,3%) e Hemiptera (1,18%). Os outros grupos foram representados com valores <1% (Lepidoptera, Collembola, Acari, Hymenoptera não Formicidae, Symphyla, Pseudoscorpionida, Chilopoda e Neuroptera).

Através da análise de regressão simples verificou - se uma relação significativa entre biomassa de artrópodes com altitude ($r^2 = 0,682$; $F = 15,015$; $p = 0,006$), rejeitando a hipótese nula, e aceitando a hipótese proposta de aumento da biomassa com altitude. Com relação a biomassa de folhas e porcentagem de galhos, através da regressão múltipla, verificou - se uma correlação significativa com a estrutura de artrópodes ao nível de ordem ($p = 0,007$; $R^2 = 0,806$). O eixo de nMDS foi significativo segundo o teste de Monte Carlo ($p = 0,0476$).

Muitos estudos abordam diferentes atributos das comunidades (estrutura, densidade, diversidade, abundância, riqueza, biomassa) em relação à altitude. Richardson *et al.*, (2005) registraram o aumento da abundância e da biomassa total de invertebrados de folhço nas parcelas com palmeiras das florestas de taboçu (330 - 500 m), palo colorado (750 - 780m) e anões (820-1000m); nas parcelas florestais sem as palmeiras, a resposta foi oposta. O presente estudo registra um resultado similar ao achado nas parcelas com palmeiras. O aumento de biomassa de artrópodes de folhço encontrado ao longo do gradiente altitudinal na RPPN Serra Bonita deve estar relacionado à maior disponibilidade de recursos alimentares nos estratos da floresta localizados nas maiores altitudes. Entretanto, Richardson *et al.*, (2005), apesar de terem utilizado todos os invertebrados de solo, não observaram uma alta contribuição de outros grupos à biomassa total, sendo 82,9% representada pelos artrópodes. Já Giarretta *et al.*, (1999), achou que a densidade de insetos foi positivamente correlacionada com a elevação. Enquanto que o estudo realizado por Straw *et al.*, (2009) sobre a densidade da população do afídeo *Elatobium abietinum*, não mostrou uma relação simples e consistente com a altitude. Esta espécie foi freqüentemente escassa ou ausente em locais de baixas altitudes, e sua densidade foi maior em locais de médias a altas altitudes. Adicionalmente, Wettstein e Schmid (1999) encontraram que os grupos de borboletas e gafanhotos têm respostas contrárias em relação à elevação da altitude, onde a riqueza de gafanhotos diminui com a altitude e a de borboletas aumenta.

Assim, a relação existente entre riqueza de espécies e altitude ainda é um padrão ecológico controverso, devido às generalizações e explicações universais do fenômeno ainda permanecerem incertos (Rahbek, 1995). Lomolino (2001) argumenta que os "padrões" encontrados poderiam ser resultados de erros nos regimes de amostragem. A riqueza de espécies varia diretamente com a intensidade amostral (medida como tempo ou esforço despendido por unidade amostral). Da mesma forma que a riqueza está sujeita às mudanças devido às variáveis de confusão, se supõe que out-

ros atributos da comunidade podem responder da mesma forma.

Outro ponto de grande importância abordado por Lomolino (2001) é referente aos processos biogeográficos. Segundo o autor, conforme aumenta a elevação, os fatores ambientais associados aos processos biogeográficos (imigração, extinção e especiação) variam de forma previsível. Se o gradiente de diversidade - elevação é linear, aumentando ou reduzindo, ou modal com um pico em altitudes intermediárias, dependerá largamente dos padrões de co - variação e das interações entre estas variáveis geograficamente explícitas.

Desta forma, espera - se que a biomassa não apresente um padrão geral com a altitude, e sim padrões diferenciados de acordo com o grupo e locais estudados (características dos tipos vegetais e climáticos), e com os processos biogeográficos locais associados. Assim, um modelo geral poderia estar associado a outras expectativas teóricas que permitiriam uma previsão mais específica, a depender da manifestação de certas características no local, e não uma única previsão geral de aumento, redução ou pico em altitudes intermediárias.

Além da altitude, a serapilheira se destaca como importante fator que influencia nos atributos da fauna de solo. Especificamente, a serapilheira influencia na estruturação desta comunidade através das folhas do dossel, galhos, frutos e sementes que se tornam folhoso, provendo habitat para esta comunidade, principalmente aos detritívoros e fungívoros (Richardson *et al.*, 005). Dentre estes constituintes da serapilheira, as folhas e galhos se destacam como geradores de habitat, sendo estruturas vegetativas, e por isso mais predominantes que as reprodutivas (sementes, frutos e flores). Doblas - Miranda *et al.*, (2008), concluíram que a heterogeneidade de microhabitat é importante na distribuição dos macroinvertebrados de solo, verificando assim a contribuição de diferentes arbustos para o folhoso.

Um aumento da biomassa de folhas e da porcentagem de galhos da serapilheira pode proporcionar uma maior disponibilidade de microhabitats, de matéria orgânica e de nichos, e isto pode ser uma possível explicação para a relação encontrada neste trabalho entre estas características e a estrutura da artropofauna. De acordo com Benito *et al.*, (2004), com a redução de recursos e refúgios, alguns grupos da macrofauna podem ocupar os nichos disponibilizados e se estabelecer eficientemente dominando a comunidade, destacando - se os insetos sociais, especialmente Formicidae e Isoptera (cupins). Isto foi corroborado no presente estudo, onde Formicidae foi negativamente relacionado com o eixo de estrutura gerado pelo nMDS.

CONCLUSÃO

Apesar da discussão a respeito da existência ou não de um padrão geral sobre a influência da altitude nos atributos das comunidades e táxons, no presente estudo foi aceita a hipótese de aumento da biomassa da artropofauna em um gradiente de baixa amplitude. Embora o trabalho tenha encontrado um aumento da biomassa da artropofauna com a elevação de altitude, o resultado obtido pode ser explicado pelo fato de se ter trabalhado com a comunidade geral de artrópodes, o que pode ter dificultado a interpretação

dos dados, pois grupos diferentes geralmente respondem às variações de altitude de forma distinta (Giaretta *et al.*, 1999; Wettstein e Schmid, 1999; Richardson *et al.*, 005; Straw *et al.*, 009;).

Com relação às características da serapilheira (biomassa de folhas e porcentagem de galhos), houve uma influência significativa na estrutura da artropofauna. Este resultado possivelmente está atribuído ao fato de terem sido mensurados dois fatores, os quais podem ser de grande importância para o aumento da disponibilidade de microhabitats, nichos, e alimento.

A pesar da hipótese de interesse ter sido aceita no presente estudo, os dados obtidos não devem ser extrapolados, já que o mesmo foi realizado em uma única coleta noturna. Sugere - se que se devem realizar estudos mais detalhados para uma informação mais precisa sobre os mecanismos causais destas relações.

REFERÊNCIAS

- Al - Assiuty A.I.M.; Bayoumi, B.M.; Khalil, M.A.; Van Straalen, N.M. 1993. The influence of vegetational type on seasonal abundance and species composition of soil fauna at different localities in Egypt. *Pedobiologia*. 37: 210 - 222 .
- Bachman, S.; Baker, W. J.; Brummitt, N.; Dransfield, J.; Moat, J. 2004. Elevational gradients, area and tropical island diversity: an example from the palms of New Guinea. *Ecography*, 27: p299 - 310.
- Benito, N.P.; Brossard, M.; Pasini, A.; Guimarães, M.F.; Bobillier, B. 2004. Transformations of soil macroinvertebrate populations after native vegetation conversion to pasture cultivation (Brazilian Cerrado). *European Journal of Soil Biology*, 40: 147 - 154.
- Blair, J., Parmelee, R.; Wyman, R. 1994. A comparison of the forest floor invertebrate communities of four forest types in the northeastern US. *Pedobiologia*, 38: 146 - 160.
- Borrór, D.J.; Delong, D. M. 1988. Introdução ao estudo dos insetos. Editora Edgar Blücher, SP.
- Costa, C.; Ide, S.; Simonka C. E.(Ed)2006. Insetos imaturos: metamorfose e identificação. Holos editora, Ribeirão Preto, SP.
- David, J.F.; Ponge, J.F.; Delecour, F. 1993. The saprophagous macrofauna of different types of humus in beech forests of the Ardenne (Belgium). *Pedobiologia (Jena)*, 37: 49-56.
- Decaëns, T.; Jiménez, J. J.; Gioia, C.; Measey, G. J.; Lavelle, P. 2006. The values of soil animals for conservation biology . *European Journal of Soil Biology*, 42: p23-38.
- Doblas - Miranda, E.; Sánchez - Piñero, F.; González - Megías A. 2009. Different microhabitats affect soil macroinvertebrate assemblages in a Mediterranean arid ecosystem. *Applied Soil Ecology*, 41: 329 - 335.
- Ferreira, R. L.; Marques, M. M. G. S. M. 1998. A fauna de artrópodes de serrapilheira de áreas de monocultura com *Eucalyptus* sp. e mata secundária heterogênea. *An. Soc. Entomol. Brasil, Ecologia, Comportamento e Bionomia*, 27: 395 - 403.

- Giaretta, A. A., Facure, K.G., Sawaya, R.J., Meyer, J.H.D.M.; Chemin, N.** 1999. Diversity and abundance of litter frogs in a montane forest of Southeastern Brazil: seasonal and altitudinal changes. *Biotropica* 31: P.669 - 674.
- Harte, J.; Rawa, A.; V. Price V.** 1996. Effects of Manipulated Soil Microclimate on Mesofauna Biomass and Diversity, *Soil Biology and Biochemistry*, 28(3): 313 - 322.
- Hulbert, S.H.** 1984. Pseudoreplication and the desing of ecological field experiments. *Ecological Monographs*, 54: 187 - 211.
- Lomolino, M.V.** 2001. Elevation gradients of species - density: historical and prospective views. *Global Ecology & Biogeography. Elevational Gradients in mammals: special issue*, 10: 3 - 13
- Magnusson, W.; Mourão, G.** 2005. Estatística sem matemática: a ligação entre as questões e a análise. 2a ed., 137 p. Londrina: Editora Planta.
- Moreira, F. M. S.; Siqueira, J. O.; Brussaard, L.** 2008. Biodiversidade do Solo em Ecossistemas Brasileiros. Lavras: Ed. UFLA.
- Oliveira, E. P.** 1996 . Estudo dos Invertebrados Terrestres e Distribuição Vertical Em Diferentes Ecossistemas da Amazônia Central. In: XIII Congresso Latino Americano de Ciência do Solo, Águas de Lindóia-SP.
- Olson, D. M.** 1994. The distribution of leaf litter invertebrates along a Neotropical altitudinal gradient. *Journal of Tropical Ecology* 10:129–150.
- Rahbek, C.** 1995. The elevational gradient of species richness: a uniform pattern?-*Ecography*, 18: p.200–205.
- Richardson B.A.; Richardson, M.J.; Soto - Adames, F.P.** 2005. Separating the effects of forest type and elevation on the diversity of litter invertebrate communities in a humid tropical forest in Porto Rico. *Journal of Animal Ecology*, 74: p. 926 - 936.
- Sanders, N. J.** 2002. Elevational gradients in ant species richness: area, geometry, and Rapoport's rule. *Ecography*, 25: p.25–32.
- Tian, G.; Kang, B.T.; Brunard, L.** 1993. Biological effect of plant residues with contrasting chemical composition under humid tropical conditions: effects on soil fauna. *Soil Biol. Biochem.* V.25 (n.6): p. 731 - 737.
- Vasconcelos, H.L.** 1990. Effects of litter collection by undertory palms on the associated macroinvertebrate fauna in Central Amazonia. *Pedologia*. V34: p. 157 - 160.
- Wettstein, W. e Schmid, B.** 1999. Conservation of arthropod diversity in montane wetland: effect of altitude, habitat quality and habitat fragmentation on butterflies and grasshoppers. *Journal of Applied Ecology*, 36: p. 363–373.