



ORGANIZAÇÃO ESTRUTURAL DA ASSEMBLÉIA DE VESPOIDEA (INSECTA: HYMENOPTERA) SOLITÁRIOS AO LONGO DE UM GRADIENTE ALTITUDINAL NO PARQUE ESTADUAL DA SERRA DO MAR, SÃO PAULO, BRASIL.

Eduardo Fernando dos Santos

Carlos R. F. Brandão²; Cristiane P. Scott - Santos³

1 - Universidade de São Paulo, Faculdade de Filosofia Ciências e Letras de Ribeirão Preto, Departamento de Biologia - Av. Bandeirantes, 3900. CEP: 14040 - 901, Bairro Monte Alegre, Ribeirão Preto, SP. E - mail para contato: efsantos@usp.br.

2 - Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo, Laboratório de Hymenoptera-Av. Nazaré, 381. CEP: 04263 - 000, Ipiranga, São Paulo, SP.

3 - Universidade Paulista, Av. Juscelino Kubitschek de Oliveira, s/n. CEP:15091 - 450. Jd. Tarraf II. São José do Rio Preto, SP.

INTRODUÇÃO

Montanhas podem apresentar gradientes ecológicos gerados pelas variações de parâmetros abióticos e bióticos, representados pelas relações existentes entre as espécies da comunidade (Huston, 1994; Hodkinson, 2005; Grytnes & McCain, 2007). As variações dos parâmetros abióticos e bióticos ao longo de extensões geográficas determinam a heterogeneidade espacial que, por sua vez, condiciona os padrões de distribuição das espécies, modulando a estrutura da comunidade (May, 1981; Southwood, 1987; Tilman & Pacala, 1993; Huston, 1994; Brown, 1995; Ricklefs & Miller, 1999; Hodkinson, 2005). De acordo com Austin (1985), os gradientes ecológicos são dimensões abstratas de um espaço ecológico, onde a organização espacial de comunidades é resultado da distribuição das espécies que é determinada pela combinação de fatores físicos, ecológicos, histórico - evolutivos que caracterizam o espaço em questão. Assim, a organização estrutural de comunidades ao longo de gradientes ecológicos é basicamente definida por dois parâmetros: a extensão de ocorrência e a abundância das espécies (Brown, 1995). A partir da distribuição das espécies, a comunidade pode ser classificada em aberta ou fechada, sendo o primeiro tipo representado pelo conceito de continuum e o segundo por ecótonos (Ricklefs, 1996). Os ecótonos representam as fronteiras bem definidas da comunidade onde ocorre substituição súbita das espécies, já o conceito de continuum caracteriza - se como uma substituição gradual das espécies ao longo de gradientes ambientais (Austin, 1985; Ricklefs, 1996; Ricklefs & Miller, 1999).

Os Vespoidea solitários representam um componente importante na manutenção dos ecossistemas, pois são parasitóides ou predadores de outros artrópodes (LaSalle & Gauld, 1993). Os indivíduos adultos capturam suas pre-

sas ou hospedeiros e ovipõem um ou mais ovos, a partir dos quais eclodirão larvas que se alimentarão dos artrópodes capturados. Na fase adulta, os adultos alados de uma boa parte das espécies agem como polinizadores de diversas espécies de plantas, já que visitam flores em busca de néctar (Brothers, 1995). Foi considerando a grande diversidade biológica dos Vespoidea solitários e a sua importância na manutenção dos ecossistemas que o presente estudo procurou verificar como a assembléia de Vespoidea solitários está estruturada ao longo de um gradiente altitudinal no Parque Estadual da Serra do Mar, onde a Mata Atlântica apresenta maior grau de conservação.

OBJETIVOS

Entender como a assembléia de Vespoidea solitários está estruturada ao longo de um gradiente altitudinal de Floresta Atlântica Chuvosa do sudeste brasileiro.

MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Área de estudo

O gradiente elevacional adotado estende - se ao longo do Morro do Cuzcuzeiro que alcança 1270 metros de altitudes em relação ao nível do mar e está localizado no Núcleo Picinguaba do Parque Estadual da Serra do Mar, entre as coordenadas 23°17' 56.4"S 44°47'13.2"O (1.000 metros de altitude) e 23°20'24"S 44°49'26.4"O (50 metros de altitude). Da base à aproximadamente 1.100 metros de altitude do nível do mar, o Morro do Cuzcuzeiro é coberto com floresta ombrófila densa. O Núcleo Picinguaba (NPIC) engloba uma área de 47 mil hectares localizada no extremo norte do Parque Estadual da Serra do Mar (PESM), fazendo

divisa com o Parque Nacional da Bocaina ao norte, com o Núcleo Santa Virgínia ao norte e ao sudoeste, com o Núcleo Cunha - Indaiaí ao oeste e com o Núcleo Caraguatatuba ao sul, todos pertencentes ao PESM.

2.2. Metodologia de Coleta

As coletas foram feitas durante as estações chuvosas de 2006 e 2007 através de um protocolo padronizado definido pela aplicação de duas técnicas de coleta muito utilizadas na captura de vespóideos (Noyes, 1989), armadilhas de Malaise (Townes, 1972) e de Möericke (pratos amarelos), em três transectos em cada uma das seis cotas altitudinais adotadas: 50, 200, 400, 600, 800 e 1000 metros. Desta maneira, obtivemos cinco amostras de Malaise em cada cota altitudinal, no primeiro período de coleta, e sete no segundo, totalizando 72 amostras. Já com as armadilhas de Möericke, eu obtive 12 amostras por cota em cada um dos períodos de coleta, totalizando 144 amostras, sendo que cada uma delas derivou do oferecimento de cinco pratos com 22 mm de diâmetro, dispostos linearmente ao longo dos transectos, com distância de 10 cm entre eles.

Com o objetivo de amenizar o efeito de pseudoreplicação temporal (Hulbert, 1984, 2004) as duas técnicas foram utilizadas nos dois anos e aplicadas em dois transectos de modo que abrangessem pelo menos duas cotas altitudinais simultaneamente. Um dos transectos, entre as cotas 50 e 600, equivale à trilha do Corisco (linha de base), no qual aplicamos as duas técnicas de coleta. Já nas cotas de 800 e 1000 metros de altitude utilizei a trilha que leva ao pico do morro. O segundo transecto foi estabelecido paralelamente à linha de base, sendo diferente para as duas técnicas de coleta. Para a montagem das armadilhas de Malaise, utilizamos um transecto distanciando 100 metros da linha de base e para as de Möericke adotamos um transecto distante 50 metros dela. No primeiro ano, aplicamos três armadilhas de Malaise na trilha e três num transecto à direita, dentro do bosque. Entretanto, uma delas foi descartada para as seis faixas, pois numa das cotas a armadilha foi danificada durante o período em que esteve montada. No mesmo ano, utilizamos seis pontos amostrais de pratos amarelos na trilha e seis num transecto à direita. No segundo ano, utilizei o mesmo desenho só que considerando um transecto à esquerda da linha de base. Como tivemos que descartar uma amostra de Malaise do primeiro ano, no segundo coletamos uma amostra a mais de Malaise no transecto à direita, equivalente aquele utilizado no ano anterior, em todas as faixas altitudinais adotadas. Em todos os transectos, montamos as armadilhas de Malaise a 100 metros de distância uma da outra e as de Möericke a 50 metros, ficando cada uma delas armada por três dias completos e consecutivos. Todo o material coletado foi acondicionado em frascos de plástico com álcool 70% e transportado até o laboratório de Hymenoptera do Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo (MZUSP) para ser processado.

2.3. Análise de dados

Para compreender a organização espacial da assembléia de Vespoidea solitários ao longo do gradiente altitudinal adotado, utilizamos análises de similaridade com as técnicas de classificação e de ordenação e de diversidade taxonômica de cada cota altitudinal adotada. Com a técnica de classificação, calculamos as similaridades faunísticas das

amostras e das cotas altitudinais com os coeficientes de Bray - Curtis, para os dados qualitativos de ocorrência das espécies, e de Morisita - Horn, para aos dados de abundância relativa (Legendre & Legendre, 1998; Oksanen *et al.*, 2007). DCA foi a técnica de ordenação que utilizamos, já que é a mais indicada para dados de abundância e estudos de comunidades ao longo de gradientes ecológicos (Pielou, 1984; Legendre & Legendre, 1998). Após obter os escores das amostras e das espécies, de cada eixo, calculei a correspondência dos dois primeiros eixos da DCA na explicação da distribuição espacial das espécies e das amostras ao longo do gradiente estudado. Para isso, construímos uma matriz com dados de abundância padronizados por x^2 , a partir da qual calculamos as distâncias euclidianas entre as amostras, gerando uma matriz simétrica que correlacionamos à uma outra matriz de distâncias euclidianas gerada a partir dos escores das amostras, utilizando o coeficiente de Pearson.

Com a intenção de verificar se a composição faunística varia ao longo do gradiente altitudinal adotado, apliquei o teste de Mantel aos dados de dissimilaridades faunísticas obtidos a partir do coeficiente Morisita - Horn, considerando a distância euclidiana espacial e altitudinal entre as cotas adotadas. Além disso, submeti os autovalores do primeiro eixo da DCA à regressão linear, considerando os valores de altitude de cada unidade amostral.

Para o estudo da diversidade taxonômica, considerando níveis superiores da classificação sistemática, utilizei a metodologia de análise proposta por Clarke e Warwick (1998, 2001), que consiste na aplicação dos índices criados por Warwick e Clarke (1995) e de simulações randômicas de reamostragens de indivíduos. Dos índices propostos por Warwick e Clarke (1995), um deles, representado por Δ , indica a diversidade taxonômica da comunidade, sem considerar o nível específico da classificação, um outro $\Delta+$ que indica a diversidade taxonômica considerando o nível específico e pode ser descrito como uma generalização do índice de Shannon (H') que incorpora um elemento de relação taxonômica (Warwick & Clarke, 1995; Clarke & Warwick, 1998). Um outro índice, representado por Δ^* , indica o grau de variação taxonômica sem considerar o nível espécie e, através das simulações de reamostragem, fornece o grau de distinção taxonômica da assembléia, pois as estatísticas obtidas com estas simulações permitem afirmar se a estrutura da comunidade observada é estabelecida ao acaso ou não. Os dois índices consideram a abundância relativa das espécies e, por isto, carregam tanto informações ecológicas recentes quanto histórico - evolutivas.

RESULTADOS

Os resultados das análises de similaridade indicam que a fauna de Vespoidea solitários sofre variação gradativa ao longo do gradiente estudado de modo que as suas extremidades compartilham menos de 50 % das espécies coletadas. O primeiro eixo da DCA explica 35,64% da variação da estrutura ao longo do gradiente adotado, enquanto o segundo eixo explica apenas 4,19%. O coeficiente de correlação de Pearson do teste de Mantel foi 0,3195 ($p=0,00033$) e o resultado da análise regressiva com o primeiro eixo da DCA foi $r^2_{ajustado}=0,7228$ ($p < 2,2 \cdot 10^{-16}$), indicando que

a variação da estrutural da assembléia de vespas solitárias ao longo do gradiente apresenta grande correspondência com a variação altitudinal. Esta variação representa a substituição das espécies na ocupação de determinados nichos (Austin, 1985), comuns ao longo de todo gradiente, como um resultado da adaptação das espécies às variações climáticas de um determinado domínio geográfico, como acontece com gradientes altitudinais (Goldberg e Lande, 2007).

A análise de diversidade taxonômica das assembléias de Vespoidea solitárias ao longo do gradiente apresentou os seguintes resultados: $\Delta_{50m} = 80,21$; $\Delta_{200m} = 75,04$; $\Delta_{400m} = 74,40$; $\Delta_{600m} = 75,46$; $\Delta_{800m} = 68,68$; $\Delta_{1000m} = 63,21$; $\Delta^+_{50m} (dp \Delta^+_{50m}) = 81,882 (2,226)$; $\Delta^+_{200m} (dp \Delta^+_{200m}) = 83,385 (2,582)$; $\Delta^+_{400m} (\Delta^+_{400m}) = 83,996 (2,104)$; $\Delta^+_{600m} (\Delta^+_{600m}) = 80,911 (2,358)$; $\Delta^+_{800m} (\Delta^+_{800m}) = 86,553 (2,104)$; $\Delta^+_{1000m} (\Delta^+_{1000m}) = 82,792 (2,942)$. Já os resultados da simulação que fizemos com os dados de Δ^+ indicam que apenas a cota 600 apresentou estrutura significativamente distinta das demais. Quando plotamos o número de espécies pelas amplitudes de ocorrências observadas, notamos que há três grupos de espécies, um em cada extremidade do gradiente e um outro no meio dele. Assim nota-se que há espécies típicas das áreas mais baixas e espécies típicas de áreas mais altas e que possivelmente são as que se substituem na ocupação de nichos ao longo do gradiente, além de espécies típicas das áreas intermediárias do gradiente, que possivelmente competem com as espécies típicas tanto das áreas altas como das áreas baixas, quando algumas destas alcançam as altitudes intermediárias do gradiente.

CONCLUSÃO

Com os resultados obtidos podemos concluir que a assembléia de Vespoidea está organizada num *Continuum* ao longo do gradiente adotado e apresenta maior complexidade no meio dele, entre as cotas 600 e 400 metros de altitude do nível do mar, indicando que a heterogeneidade do ecossistema é maior nesta região do gradiente.

Agradecimentos

Gostaríamos de agradecer o apoio da administração do Núcleo Picinguaba do Parque Estadual da Serra do Mar e o apoio fornecido pelo CNPq, pela Capes e pela Proap.

REFERÊNCIAS

Almeida, F. F. M.; Carneiro, C. D. R. 1998. A Origem e Evolução da Serra do Mar. *Revista Brasileira de Geociências*, 28 (2): 135 - 150.

Austin, M. P. 1985. Continuum concept, ordination methods, and niche theory. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 16: 39 - 61.

Brothers, D. J. 1995. The vespoid families (except vespids and ants). In: Hanson, P. E.; Gauld, I. D. (Eds) *The Hymenoptera of Costa Rica*. Oxford: Oxford University Press. P504 - 560.

Brown, J. H. 1995. *Macroecology*. Chicago: The University of Chicago Press. 269p.

Chang, H.K.; Kowsmann, R. O.; Figueiredo, M. F. 1988. New Concepts on the Development of East Brazilian Marginal Basins. *Episodes*, 11 (3): 194 - 202.

Clarke, K. R. & Warwick, R. M. 1998. A taxonomic distinctness index and its statistical properties. *Journal of Applied Ecology*, 35: 523 - 531.

Gaston, K. J.; Chown, S. L.; Evans, K. L. 2008. Ecogeographical rules: elements of a synthesis. *Journal of Biogeography*, 35: 483 - 500.

Goldberg, E. E.; Lande, R. 2007. Species' borders and dispersal barriers. *The American Naturalist*, 170(2): 297 - 304.

Hodkinson, I. D. 2005. Terrestrial insects along elevation gradients: species and community responses to altitude. *Biological Reviews*, 80: 489 - 513.

Hulbert, S. H. 1984. Pseudoreplication and the Design of Ecological Field Experiments. *Ecological Monographs*, 54(2): 187 - 211.

Hulbert, S. H. 2004. On misinterpretations of pseudoreplication and related matters: a reply to Oksanen. *Oikos*, 104 (3): 591 - 597.

Huston, M. A. 1994. *Biological Diversity: the coexistence of species on changing landscapes*. New York: Cambridge University Press. 681p.

LaSalle, J.; Gauld, I. D. 1993. *Hymenoptera and Biodiversity*. New York: CAB International. P1 - 26.

Legendre, P.; Legendre, L. 1998. *Numerical Ecology*. 2 ed. Amsterdam: Elsevier. 853p.

May, R. M. *Theoretical Ecology: principles and applications*. 2 ed. Oxford: Blackwell Scientific Publications. p197 - 227.

Noyes, J. S. 1989. A study of five methods of sampling Hymenoptera (Insecta) in a tropical rainforest, with special reference to the Parasitica. *Journal of Natural History*, 23: 285 - 298.

Oksanen, J.; Kindt, R.; Legendre, P.; O'Hara, B.; Stevens, M. H. H. 2007. *The vegan Package*. Versão 1.8 - 8. <http://r-forge.r-project.org/projects/vegan/>.

Pielou, E. C. 1984. *The Interpretation of Ecological Data: a primer on classification and ordination*. New York: A Wiley - Interscience Publication. 263p.

Ricklefs, R. E. 1996. *A economia da natureza*. 3 ed. Tradução de Cecília Bueno e Pedro P de Lima e Silva. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan S. A. 470p.

Ricklefs, R. E.; Miller, G. L. 1999. *Ecology*. 4 ed. New York: W. H. Freeman and Company. 822p.

Saadi, A.; Bezerra, F. H. R.; Costa, R. D.; Igreja, H. L. S.; Franzinelli, E. 2005. Neotectônica da Plataforma Brasileira. In: Souza, C. R. G.; Suguio, K.; Oliveira, A. M. S.; Oliveira, P. E. (Eds.). *Quaternário do Brasil*. Ribeirão Preto: Holos, Editora. 378p.

Southwood, T. R. E. 1987. The concept and nature of the community. In: Gee, J. H; Giller, P. S. *Organization of communities past and present: the 27th Symposium of the British Ecological Society, Aberystwyth 1986*. Oxford: Blackwell Scientific Publications. P519 - 542.

Tilman, D.; Pacala, S. 1993. The Maintenance of Species Richness in Plant. In: Ricklefs, R. E.; Schluter, D. (Eds). *Species diversity in ecological communities: historical and geographical perspectives*. Chicago: The University of Chicago Press. p13 - 25.

Townes, H. 1972. A light - weight Malaise trap. *Entomological News*, 83: 239 - 247.

Villwock, J. A.; Lessa, G. C.; Suguio, K.; Angulo, R. J.; Dillenburger, S. R. 2005. Geologia e Geomorfologia de Regiões Costeiras. In: Souza, C. R. G.; Suguio, K.; Oliveira, A. M. S.; Oliveira, P. E. (Eds.). *Quaternário do Brasil*. Ribeirão

Preto: Holos, Editora. 378p.

Warwick, R. M. & Clarke, K. R. 1995. New 'biodiversity' measures reveal a decrease in taxonomic distinctness with increasing stress. *Marine Ecology Progress Series*, 129: 301 - 305.