



Efeito da heterogeneidade ambiental sobre a diversidade beta de comunidades de formigas

Mariana Vidal, Simone Ximenez, Erika M. de Santana & Luciano F. Sgarbi

RESUMO: As condições ambientais, como a luminosidade ou a temperatura, podem variar dentro de uma mesma área, definindo o seu grau de heterogeneidade ambiental. A heterogeneidade ambiental pode ser uma fonte importante de variação na identidade das espécies em comunidades biológicas. Essa mudança na composição de espécies é conhecida como diversidade β . Nesse trabalho, testamos a hipótese de que a variação na composição de espécies é maior em ambientes mais heterogêneos. Utilizamos como modelo de estudo a comunidade de formigas carnívoras em uma área de limite entre praia e floresta. Nossos resultados indicam que a heterogeneidade ambiental não influencia a diversidade na escala espacial estudada. Contudo, o baixo sucesso de captura de formigas, o esforço amostral e a escala de definição de heterogeneidade devem ser considerados na avaliação do papel da heterogeneidade ambiental sobre padrões de diversidade β .

PALAVRAS-CHAVE: composição de espécies, condições ambientais, escala espacial, partição aditiva de diversidade

INTRODUÇÃO

A mudança na composição de espécies entre comunidades locais é conhecida como diversidade β . Segundo a abordagem de partição aditiva da diversidade (Veech *et al.*, 2002), a diversidade total de espécies em um conjunto de comunidades locais, diversidade g , pode ser particionada em dois componentes aditivos, a média das diversidades locais (diversidade a) e a diversidade β . Esta abordagem permite uma comparação direta entre as diversidades a e β , na medida em que a diversidade β representa a quantidade média da diversidade de espécies que não é encontrada em cada amostra individual (Veech *et al.*, 2002).

A diversidade β resulta das respostas das espécies às variações entre localidades e, portanto, pode ser vista como o grau de especialização das espécies quanto ao habitat (Shmida & Wilson, 1985; Jankowski *et al.*, 2009; Melo *et al.* 2009). Dado que as condições e a disponibilidade de recurso no habitat influenciam a distribuição e a coexistência das espécies (Shmida & Wilson, 1985), espera-se que a diversidade β seja maior em ambientes mais heterogêneos, i.e., aqueles que apresentam maiores variações nas condições e nos recursos disponíveis. De fato, diversos trabalhos relacionam variação ambiental com mudanças na composição de espécies de comunidades, indicando que uma maior variedade de habitats e de condições ambientais promovem maior variação na composição de espécies (McIntyre

et al., 2001; Buckley & Jetz, 2008; Jankowski *et al.*, 2009).

Com o intuito de investigar o papel da heterogeneidade ambiental em promover maiores valores de diversidade β , o presente trabalho utilizou como modelo de estudo a comunidade de formigas carnívoras em uma área de contato entre praia e floresta. A área de transição praia-floresta inclui ambientes com diferentes graus de heterogeneidade, com regiões em que as condições ambientais (por exemplo, luminosidade, umidade, temperatura) são similares, como as áreas de dunas, e regiões com maior diversidade de habitats, como a vegetação de restinga (Souza & Capellari Jr., 2004). As formigas, por sua vez, constituem um grupo com muitas espécies abundantes, de coleta relativamente fácil, bom conhecimento taxonômico e são sensíveis a mudanças ambientais (Alonso & Agosti, 2000; Beattie & Hughes, 2002; Coelho & Ribeiro, 2006). Dessa maneira, o sistema de estudo reúne características que permitem estudar possíveis padrões de diversidade em função da variação ambiental.

Utilizando esse sistema de estudo, no presente trabalho, testamos a hipótese de que a variação na composição de espécies é maior em ambientes mais heterogêneos. Nossa previsão é de que comparando dois ambientes com diferentes níveis de

heterogeneidade, aquele com maior heterogeneidade da fauna de formigas local, acarretando em maior diversidade b.

MATERIAL & MÉTODOS

Realizamos o estudo na praia do Guarauzinho, localizada no núcleo do Arpoador, Estação Ecológica Juréia-Itatins, litoral sul do estado de São Paulo. Com base nas características fisionômicas da área de transição entre a praia e a floresta, escolhemos duas áreas com diferentes graus de heterogeneidade ambiental. Na praia, em uma área de vegetação rasteira, instalamos um transecto de 40 m de comprimento, considerado como homogêneo, localizado paralelo ao mar. Ao longo de todo o transecto homogêneo, a vegetação, o solo e as condições de luminosidade, umidade e temperatura eram aparentemente similares. Perpendicularmente ao transecto homogêneo, instalamos um outro transecto de 40 m de comprimento. Este transecto teve início na praia e adentrou a floresta, incluindo sítios com tipos de solo distintos e diferentes condições de luminosidade, umidade e temperatura, sendo considerado, portanto, o transecto heterogêneo. Uma premissa do nosso trabalho é que, sob a perspectiva das formigas, os transectos homogêneo e heterogêneo representam ambientes de menor e maior grau de heterogeneidade, respectivamente.

Para a coleta das formigas, instalamos cinco unidades amostrais em cada transecto, cada uma representando uma comunidade local, distribuídas a cada 10 metros. Em cada unidade amostral, colocamos quatro estações de coleta contendo pedaços de peixe como iscas. Dispusemos as estações com 1 m de distância entre si, formando os vértices de um quadrado com 1 m² de área, totalizando 20 estações de coleta por transecto. Colocamos as 40 iscas pela manhã e as deixamos expostas até o meio-dia, quando coletamos as formigas que estavam nas iscas naquele momento.

Coletamos todas as formigas encontradas em cada unidade amostral e as identificamos no nível de espécie, obtendo assim o número de espécies por estação. Em seguida, calculamos a diversidade á, como a média do número de espécies por unidade amostral em cada um dos transectos. Calculamos também a diversidade ã de cada transecto, ou seja, o número total de espécies encontradas por transecto. Obtivemos então a diversidade â de cada transecto por meio da diferença entre a diversidade ã e a diversidade á média. Dessa forma, foi possível calcular a diferença entre as diversidades â de cada transecto, usada como estatística de interesse do estudo.

Para testar nossa hipótese de que a variação na composição de espécies seria maior ao longo do transecto heterogêneo quando comparado ao transecto homogêneo, construímos um cenário nulo em que a heterogeneidade não era importante para a diversidade â. Para gerar o cenário nulo, mantivemos a composição de espécies de cada unidade amostral e aleatorizamos as unidades amostrais entre os transectos. Realizamos 10.000 aleatorizações e, para cada uma delas, calculamos os valores de diversidade á, ã e â de cada transecto. Computamos a diferença entre as diversidades â dos dois transectos e, com este procedimento, obtivemos a distribuição de diferenças de diversidades â geradas pelo modelo nulo. Nessa distribuição gerada pelo modelo nulo, a frequência dos valores iguais ou maiores que o valor observado corresponde à probabilidade da diferença de diversidades â observada ter sido produzida pelo acaso.

RESULTADOS

A frequência de ocorrência de formigas nas iscas foi diferente nos dois ambientes amostrados. Das 20 iscas colocadas em cada ambiente, 18 iscas colocadas na praia continham formigas (sucesso de captura de 90%) enquanto na floresta haviam formigas em dez iscas (sucesso de captura de 50%). No total, coletamos seis espécies de formigas. Dessas, quatro espécies foram coletadas exclusivamente na floresta, uma espécie foi coletada exclusivamente na praia e uma espécie foi coletada em ambos os ambientes (Tabela 1).

Tabela 1. Número de unidades amostrais em que cada espécie de formiga ocorreu nos ambientes com diferentes graus de heterogeneidade.

Espécie	Heterogêneo	Homogêneo
<i>Camponotus</i> sp.	0	5
<i>Creumatogaster</i> sp. 1	1	0
<i>Creumatogaster</i> sp. 2	2	2
<i>Formicinae</i> sp.	2	0
<i>Pheidole</i> sp. 1	1	0
<i>Pheidole</i> sp. 2	1	0

Encontramos, em média, o mesmo número de espécies por unidade amostral em ambos os ambientes (diversidade á), entretanto, na praia, encontramos com frequência as mesmas espécies nas unidades amostrais. A diversidade ã na floresta foi duas vezes e meia maior que a da praia, o que levou a uma diversidade â na floresta seis vezes maior do que a diversidade â observada na praia (Figura 1).

Apesar das diferenças entre as diversidades α dos dois ambientes, nosso cenário nulo foi capaz de reproduzir valores de diferenças de diversidade α tão grandes ou maiores que os observados em mais de 20 % das aleatorizações ($p = 0,231$).

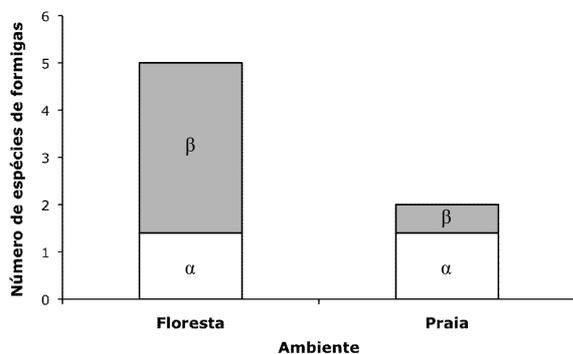


Figura 1. Valores observados para diversidade α média, diversidade β e diversidade α ($\alpha = \alpha + \beta$) de formigas em cada um dos dois ambientes amostrados.

DISCUSSÃO

A heterogeneidade dos ambientes estudados não explicou a diferença entre diversidades α de formigas. É possível que a variação ambiental não seja o processo mais importante na determinação das diversidades α desses ambientes, de modo que esse padrão possa ser melhor explicado por outros processos, como a interação entre as espécies, a dispersão ou eventos estocásticos (Kaspari, 2000; Vellend, 2010). No entanto, o sucesso de captura na floresta (ambiente heterogêneo) foi baixo, o que pode estar relacionado com as condições climáticas no momento de exposição das iscas. Insetos, e organismos ectotérmicos em geral, tem maiores taxas de atividade metabólica com o aumento da temperatura (Ausmus *et al.*, 2006). No dia anterior à coleta, as temperaturas foram baixas, o que pode ter levado a uma baixa atividade das formigas no interior da floresta. Por outro lado, na praia, onde a vegetação é rasteira, as temperaturas podem ter se elevado mais rapidamente, intensificando a atividade das formigas e elevando o sucesso de captura no ambiente homogêneo.

Além do efeito do baixo sucesso de captura de formigas na floresta sobre nossa avaliação da diversidade α , a escala de nosso trabalho pode não ter sido apropriada para avaliar o efeito da variação ambiental sobre a composição de espécies de formigas. Uma mesma escala espacial é percebida de maneiras diferentes dependendo do organismo considerado (Addicott *et al.*, 1987; Kanizsai *et al.*, 2009). A maior parte das espécies de formigas possuem ninhos perenes e apresentam áreas de forrageamento restritas (Alonso, 2000). Dada esta área de vida relativamente pequena, as formigas podem perceber

o ambiente em uma escala mais fina do que a que foi escolhida para definir a heterogeneidade ambiental neste estudo (Kanizsai *et al.*, 2009).

O menor valor de diversidade α em relação à diversidade β que encontramos no ambiente de floresta não é o padrão frequentemente descrito para florestas tropicais. Há evidências de que a diversidade α de insetos excede a diversidade β em florestas tropicais, visto que espécies coexistentes localmente podem representar uma grande proporção do pool regional de espécies (Novotny & Weiblen, 2005). O reduzido esforço amostral pode ter inflacionado nossa estimativa da diversidade α (Novotny & Weiblen, 2005). Um indicativo de que nosso esforço amostral possa ter sido reduzido é o resultado obtido em um trabalho anterior realizado na mesma área de estudo, em que 50 iscas foram colocadas em área homogênea e o dobro de espécies de formigas foi capturado (Condé *et al.*, 2010).

Nosso trabalho indica que a heterogeneidade ambiental não influencia a variação na composição de espécies nas comunidades de formigas na escala espacial estudada. No entanto, o reduzido sucesso de captura no ambiente heterogêneo e a escala de definição do grau de heterogeneidade devem ser consideradas na avaliação do papel da heterogeneidade ambiental em determinar padrões de diversidade α . Dada a importância da escala para estudos de comunidades, trabalhos futuros poderiam definir a heterogeneidade em diferentes escalas espaciais, simulando percepções de organismos distintos sobre o ambiente.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos às professoras Cinthia e Renata pela orientação e auxílio no campo, ao professor Glaucio pela ajuda no campo e na identificação das espécies de formigas e ao professor Miúdo pelas discussões e sugestões. Também agradecemos aos colegas de curso, aos funcionários da E.E. Juréia-Itatins e aos monitores.

REFERÊNCIAS

- Addicott, J.F.; J.M. Aho; M.F. Antolin; D.K. Padilla; J.S. Richardson & D.A. Soluk. 1987. Ecological neighborhoods: scaling environmental patterns. *Oikos*, 49:340-346.
- Alonso, L.E. 2000. Ants as indicators of diversity, pp. 80-88. Em: *Ants: standard methods for measuring and monitoring biodiversity* (D. Agosti; J.D. Majer; L.E. Alonso & T.R. Schultz, eds.). Smithsonian Institution Press, Washington.

- Alonso, L.E. & D. Agosti. 2000. Biodiversity studies, monitoring, and ants: an overview, pp. 1-8. Em: *Ants: standard methods for measuring and monitoring biodiversity* (D. Agosti; J.D. Majer; L.E. Alonso & T.R. Schultz, eds.). Smithsonian Institution Press, Washington.
- Ausmus, B. S.; R. C. Fisher; C. R. Huxley; F. R. Rickson & J. M. Scriber. 2006. Resource Acquisition, pp. 53-93. Em: *Insect Ecology: an ecosystem approach* (T. D. Schowalter, eds.). Academic Press, Londres.
- Beattie, A.J. & L. Hughes. 2002. Ant-plant interactions, pp. 211-235. Em: *Plant-animal interactions: an evolutionary approach* (C.M. Herrera & O. Pellmyr, eds.). Blackwell Publishing, Oxford.
- Buckley, L.B. & W. Jetz. 2008. Linking global turnover of species and environments. *Proceedings of The National Academy of Sciences of the USA*, 105:17836-17841.
- Coelho, I.R. & S.P. Ribeiro. 2006. Environment Heterogeneity and Seasonal Effects in Ground-Dwelling Ant (Hymenoptera: Formicidae) Assemblages in the Parque Estadual do Rio Doce, MG, Brazil. *Neotropical Entomology*, 35:19-29.
- Condé, P.; B. Henning; D. Nascimento; J.R. Luca & M. Loiola. 2010. Monopolização de recursos alimentares e distribuição espacial de formigas em dunas. Em: Livro do curso de campo "Ecologia da Mata Atlântica" (G. Machado & P.I.K.L. Prado, eds.). Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Jankowski, J.E.; A.L. Ciecka; N.Y. Meyer & K.N. Rabenold. 2009. Beta diversity along environmental gradients: implications of habitat specialization in tropical montane landscapes. *Journal of Animal Ecology*, 78:315-327.
- Kanizsai, O.; R. Gallei & L. Gallei. 2009. Perception of spatial patchiness by ant assemblages (Hymenoptera: Formicidae). *Tiscia*, 37:3-7.
- Kaspary, M. 2000. A Primer on Ant Ecology, pp. 9-24. Em: *Ants: standard methods for measuring and monitoring biodiversity* (D. Agosti; J.D. Majer; L.E. Alonso & T.R. Schultz, eds.). Smithsonian Institution Press, Washington.
- McIntyre, N.E.; J. Rango; W.F. Fagan & S.H. Faeth. 2001. Ground arthropod community structure in a heterogeneous urban environment. *Landscape and Urban Planning*, 52:257-274.
- Melo, A.S.; T.F.L.V.B. Rangel & J.A.F. Diniz-Filho. 2009. Environmental drivers of beta-diversity patterns in New-World birds and mammals. *Ecography*, 32:226-236.
- Novotny, V. & D.W. George. 2005. From communities to continents: beta diversity of herbivorous insects. *Annales Zoologici Fennici*, 42:463-475.
- Shmida, A. & M.V. Wilson. 1985. Biological determinants of species diversity. *Journal of Biogeography*, 12:1-20.
- Souza, V.C. & L. Capellari Jr. 2004. A vegetação das dunas e restingas da Estação Ecológica Juréia-Itatins, pp. 103-114. Em: *Estação Ecológica Juréia-Itatins. Ambiente físico, flora e fauna* (O.A.V. Marques & W. Duleba, eds.). Editora Holos, Ribeirão Preto.
- Veech, J.A.; K.S. Summerville; T.O. Crist & J.C. Gering. 2002. The additive partitioning of species diversity: recent revival of an old idea. *Oikos*, 99:3-9.
- Vellend, M. 2010. Conceptual synthesis in community ecology. *The Quarterly Review of Biology*, 85:183-206.

Orientação: Cinthia Brasileiro & Renata Pardini

Grupo: Formiga Betânia