



# Heterogeneidade espacial e riqueza de espécies em comunidades bromelícolas

Bianca Gonçalves dos Santos, Gabriel Frey, Enrico Frigeri & Solimary Garcia

**RESUMO:** Ambientes espacialmente heterogêneos fornecem maior espectro de recursos, maior variedade de microhabitats e microclimas. Portanto, com o aumento na heterogeneidade espera-se maior riqueza de espécies. Neste estudo, testamos a hipótese de que uma maior heterogeneidade implica em uma maior riqueza de espécies de artrópodes em comunidades bromelícolas. Para isso, estimamos a riqueza de artrópodes aquáticos presentes em duas espécies de bromélias: *Aechmea nudicaulis*, que possui um único copo de acúmulo de água, e *Quesnelia arvensis*, que acumula água em espaços entre as várias axilas foliares. Encontramos maior riqueza de artrópodes no fitotelma de *Q. arvensis*, porém esta maior riqueza foi decorrente do maior volume total de água que esta espécie acumula, e não de sua maior heterogeneidade. Portanto, a quantidade de habitat e não a heterogeneidade do habitat parece ser determinante para a riqueza de artrópodes em comunidades bromelícolas.

**PALAVRAS-CHAVE:** artrópodes, Bromeliaceae, fitotelma, microhabitats

## INTRODUÇÃO

A variação de componentes bióticos e abióticos em um determinado local o torna espacialmente heterogêneo. Ambientes espacialmente heterogêneos possuem maior espectro de recursos, maior variedade de microhabitats e microclimas (Begon *et al.*, 2006). Uma das limitações para o estudo dos efeitos da heterogeneidade espacial sobre a riqueza de comunidades é a dificuldade em delimitar objetivamente o grau de heterogeneidade de diferentes ambientes. Esse problema pode ser minimizado ao considerar sistemas simples, com poucas espécies e cujos limites são bem definidos como, por exemplo, as comunidades mantidas na água que se acumula na roseta de bromélias.

A família Bromeliaceae é considerada a maior família de fanerógamas da região Neotropical (Gilmartin, 1973), apresentando alta riqueza e densidade na Mata Atlântica (Reitz, 1983; Leme, 1985; Fischer & Araújo, 1996). De forma geral, as bromélias podem ter hábitos terrestres e/ou epífitos, e são caracterizadas por folhas dispostas em rosetas. A água que pode se acumular dentro da roseta das bromélias é conhecida como fitotelma, onde se desenvolvem comunidades ricas de artrópodes (Martinelli *et al.*, 2008). As bromélias possuem duas formas básicas de arquitetura foliar: copo único e copos múltiplos. O copo único se caracteriza por um funil de captura de água. Já os copos múltiplos são

formados por pequenas poças de água acumuladas em cada uma das axilas foliares. Como existe baixa ou nenhuma conectividade entre as poças, bromélias de copos múltiplos se caracterizam como habitats heterogêneos, uma vez que cada poça pode estar sujeita a condições bióticas e abióticas distintas.

Considerando a diferença na heterogeneidade em fitotelmas bromelícolas, o objetivo deste estudo foi responder à seguinte pergunta: a heterogeneidade das bromélias promove aumento da riqueza de espécies nas comunidades de artrópodes associados ao fitotelma? Nossa hipótese é de que bromélias de copos múltiplos apresentarão maior riqueza de espécies devido ao aumento da heterogeneidade espacial.

## MATERIAL & MÉTODOS

### Área de estudo

Realizamos o trabalho nos arredores da sede do núcleo Arpoador da Estação Ecológica Juréia-Itatins, no município de Peruíbe, São Paulo. A sede do núcleo Arpoador está a aproximadamente 100 m de distância da praia. A área do redor da sede é aberta e possui um limite claro com a floresta de restinga adjacente. Estão presentes poucas espécies de árvores de pequeno porte e o solo é coberto por uma vegetação

rasteira de gramíneas e outras plantas herbáceas. Há também rochas expostas por todo o terreno. Sobre as rochas e árvores crescem algumas espécies de bromélias, que normalmente estão adensadas em touceiras.

### Coleta de dados

Para testar se a heterogeneidade espacial seria capaz de promover aumento da riqueza de espécies de artrópodes nas comunidades bromelícolas, selecionamos duas espécies de bromélias com arquiteturas foliares distintas. *Aechmea nudicaulis* possui um único funil onde a água se acumula (copo único). *Quesnelia arvensis* possui uma arquitetura que acumula água nas axilas das folhas (copos múltiplos) e, portanto, a consideramos um habitat mais heterogêneo.

Coletamos sete indivíduos de cada uma das espécies de bromélias que ocorrem em touceiras, selecionando somente indivíduos que possuíam água em seu interior. Despejamos todo o conteúdo de água de cada um dos indivíduos em bandejas. Uma vez que observamos que *Q. arvensis* tinha sistematicamente mais água acumulada que *A. nudicaulis*, registramos o volume de água encontrado por indivíduo de bromélia. Dessa forma, poderíamos isolar o efeito da heterogeneidade controlando o efeito do volume de água na riqueza de artrópodes.

Em laboratório, desfolhamos as rosetas e lavamos as folhas para a coleta dos organismos aderidos nas estruturas internas da roseta. Triamos e morfotipamos todos os artrópodes do fitotelma visíveis a olho nu. Esperávamos que o número de espécies de artrópodes (riqueza) encontrado em *Q. arvensis* (copos múltiplos) seria maior que o número de espécies de artrópodes encontrado em *A. nudicaulis* (copo simples).

### Análise de dados

Calculamos a riqueza de espécies de artrópodes para cada indivíduo de bromélia coletado. Para testarmos a hipótese de que a riqueza de artrópodes é maior na bromélia com copos múltiplos (*Q. arvensis*), calculamos a diferença entre as médias de riqueza de artrópodes das duas espécies de bromélia. Realizamos permutações (10.000 vezes) da riqueza entre as espécies de bromélias para gerar uma distribuição sob a hipótese nula de que não haveria diferença entre a riqueza de artrópodes nas duas espécies de bromélias. Em seguida, contamos o número de valores obtidos com as permutações que foram maiores ou iguais à diferença observada entre as médias de riqueza de artrópodes das duas espécies de bromélia. Dividindo este número pelo número de

permutações, determinamos a probabilidade com que o valor obtido poderia ser encontrado sob a hipótese nula (Manly, 1998). O mesmo procedimento foi repetido para testarmos se, ao controlarmos o efeito da quantidade de água nas bromélias, a diferença na riqueza entre as espécies de bromélias se manteria. Para isso, calculamos a densidade média de artrópodes encontrada em cada bromélia dividindo a riqueza de artrópodes pelo volume total de água (ml) encontrado em cada bromélia. Utilizamos como estatística de interesse a diferença entre as densidades médias de espécies de artrópodes das duas espécies de bromélia. Finalmente, para testarmos se a riqueza de artrópodes estava apenas relacionada ao volume de água em todas as bromélias e não à espécie de bromélia, utilizamos como estatística de interesse a inclinação da reta de regressão entre volume de água e riqueza de artrópodes. Para esse teste, aleatorizamos o volume de água presente nas bromélias, independentemente da espécie de bromélia, e contamos o número de valores obtidos com as permutações que foram maiores ou iguais à inclinação observada.

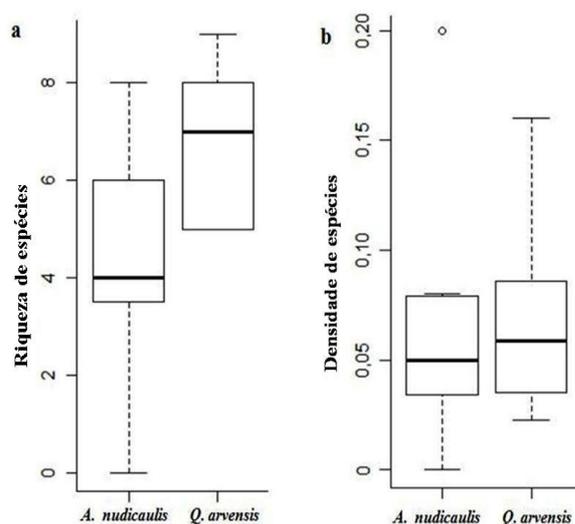
## RESULTADOS

Encontramos um total de 19 morfoespécies de artrópodes na água dos copos das bromélias. *Quesnelia arvensis* e *A. nudicaulis* compartilharam 73,7% de todas as morfoespécies encontradas (Tabela 1). Constatamos a presença de predadores de topo (Odonata: Zygoptera, Coleoptera: Dytiscidae e Hydrophilidae) em 85,7% dos indivíduos de *Q. arvensis* e 42,8% dos indivíduos de *A. nudicaulis*.

**Tabela 1.** Porcentagem de bromélias de cada uma das espécies ocupadas por cada espécie de artrópodes. Asteriscos indicam predadores de topo.

Espécie (morfortipo)	<i>Quesnelia arvensis</i> (n = 7)	<i>Aechmea nudicaulis</i> (n = 7)
Coleoptera: Dytiscidae*	14,3	0,0
Coleoptera: Hydrophilidae*	14,3	14,3
Coleoptera 1	71,4	14,3
Coleoptera 2	28,6	14,3
Coleoptera 3	28,6	14,3
Coleoptera 4	14,3	14,3
Diptera: Culicidae 1	100	85,7
Diptera: Culicidae 2	71,4	57,1
Diptera: Chironomidae	71,4	71,4
Diptera: Tabanidae	28,6	14,3
Diptera 1	85,7	28,6
Diptera 2	14,3	14,3
Diptera 3	71,4	57,1
Diptera 4	14,3	0,0
Diptera 5	42,9	28,6
Diptera 6	0,0	14,3
Diptera 7	0,0	14,3
Odonata: Zygoptera*	71,4	42,9

A riqueza média de espécies de artrópodes encontrada em *Q. arvensis* foi maior que a média encontrada para *A. nudicaulis* ( $p = 0,022$ ; Figura 1b). No entanto, se controlarmos o efeito do volume de água presente nas bromélias usando uma medida de densidade de espécies, a riqueza de artrópodes não difere entre as duas espécies de bromélia ( $p = 0,783$ ; Figura 1b). Encontramos uma relação positiva entre o volume de água e a riqueza de artrópodes ( $r^2 = 0,505$ ;  $p = 0,001$ ), independentemente da espécie de bromélia.



**Figura 1.** a) Riqueza de espécies de artrópodes encontrada no fitotelma em duas espécies de bromélias: *Aechmea nudicaulis* e *Quesnelia arvensis*. b) Densidade de espécies de artrópodes por mililitros de fitotelma, em duas espécies de bromélias: *A. nudicaulis* e *Q. arvensis*. Em ambos os gráficos as linhas horizontais representam as medianas, as caixas representam a distância entre o 1º e o 3º quartil, as linhas verticais representam a variação entre os valores mínimos e máximos e o ponto representa um valor extremo.

## DISCUSSÃO

Apesar da maior riqueza de espécies estar sistematicamente relacionada à bromélia com maior heterogeneidade, *Q. arvensis*, ao controlarmos o efeito do volume água, notamos que a maior riqueza de artrópodes encontrada nesta espécie não se deve à sua arquitetura foliar, ou seja, à sua heterogeneidade, e sim, ao fato de possuir maior volume de água em suas axilas. De fato, quando ignoramos as espécies de bromélias, a riqueza de artrópodes foi influenciada positivamente pela quantidade de água presente no fitotelma, o que mostra uma relação entre a quantidade de habitat disponível e a riqueza de espécies.

Uma possível razão para o fato da heterogeneidade não influenciar a riqueza de artrópodes nas duas espécies de bromélia é a maior efemeridade das poças

de água presentes em *Q. arvensis*. Sabe-se que variações ambientais bruscas ao longo do tempo podem diminuir a riqueza de espécies de uma área (Begon *et al.*, 2006). O volume de água presente nas poças de cada axila foliar de *Q. arvensis* é menor do que o volume de água presente no copo único de *A. nudicaulis*. Sendo assim, as pequenas poças de água em *Q. arvensis* estão mais sujeitas à evaporação, sendo mais efêmeras. Dessa forma, a maior efemeridade das poças de *Q. arvensis* pode diminuir a riqueza de sua fauna aquática, visto que esta fauna não deve ser resistente à dessecação. Por outro lado, o volume de água concentrado no único copo de *A. nudicaulis*, por ser mais resistente à evaporação, propicia um ambiente mais constante ao longo do tempo, favorecendo a sobrevivência da fauna associada ao fitotelma.

Predadores de topo foram mais freqüentemente encontrados em *Q. arvensis* que em *A. nudicaulis*. Esses predadores podem controlar a abundância, biomassa ou riqueza de níveis tróficos inferiores, o que é conhecido como controle de cima para baixo da comunidade (Begon *et al.*, 2006). Como a comunidade bromelícola está estruturada em poucos níveis tróficos, a maior freqüência de predadores de topo em *Q. arvensis* pode diminuir a riqueza de espécie desse ambiente mais heterogêneo. Já a comunidade bromelícola presente em *A. nudicaulis* não sofreria um controle intenso de predadores de topo, acarretando em uma riqueza de espécies semelhante à riqueza encontrada nas bromélias com maior heterogeneidade.

Ao consideramos a bromélia como um todo, *Q. arvensis* parece ser mais heterogênea do que *A. nudicaulis*. Entretanto, o copo único de *A. nudicaulis* tem maior profundidade e diâmetro do que os pequenos copos presentes nas axilas de *Q. arvensis*. Como conseqüência, poderia haver uma estratificação vertical de espécies competidoras em *A. nudicaulis*, que permitiria a coexistência de um número maior de espécies. Comparativamente, portanto, um copo de *Q. arvensis* teria menor riqueza de artrópodes do que o copo único de *A. nudicaulis*. Dessa forma, caso a composição de espécies em cada copo de *Q. arvensis* seja similar, a riqueza total de cada espécie de bromélia poderia se equiparar, o que explicaria o padrão que encontramos.

Apesar da heterogeneidade arquitetural das bromélias não influenciar a riqueza de artrópodes, o volume total de água em cada bromélia influenciou positivamente a riqueza da comunidade bromelícola. Como utilizamos apenas espécies do fitotelma para o cálculo da riqueza, o volume total de água na

bromélia pode ser entendido como a quantidade de habitat disponível para colonização pelos artrópodes. A relação entre a quantidade de habitat disponível e a riqueza de espécies já foi registrada para vários grupos taxonômicos (Begon *et al.*, 2006). Exemplos da relação entre riqueza de espécies e a quantidade de habitat incluem plantas vasculares terrestres que ocorrem em ilhas no arquipélago de Stockholm na Suécia (Lofgren & Jerling, 2002), morcegos que habitam cavernas no México (Brunet & Medellín, 2001) e peixes que habitam lagos naturais na Austrália (Kodric-Brown & Brown, 1993).

Concluimos que a heterogeneidade promovida pela compartimentalização do fitotelma de bromélias não influenciou a riqueza de artrópodes. A riqueza de espécies foi influenciada apenas pela quantidade de habitat disponível para a fauna de fitotelma. Sugerimos que estudos futuros investiguem a influência da efemeridade das poças e da presença de predadores de topo sobre a riqueza, abundância e composição de espécies da comunidade bromelícola.

## REFERÊNCIAS

- Begon, M.; C.R. Townsend & J.L. Harper. 2006. *Ecology: from individuals to ecosystems*. Blackwell Publishing, Oxford.
- Brunet, A.K. & R.A. Medellín. 2001. The species-area relationship in bat assemblages of tropical caves. *Journal of Mammalogy*, 82:1114-1122.
- Fischer, E.A. & A.C. Araújo. 1996. A flora de bromélias no estuário do Rio Verde (Juréia, São Paulo): uma comparação com outras comunidades neotropicais. *Bromélia*, 3:19-25.
- Gilmartin, A.J. 1973. Transandean distribution of Bromeliaceae in Ecuador. *Ecology*, 54:1389-1393.
- Kodric-Brown, A. & J.M. Brown. 1993. Highly structured fish communities in Australian desert springs. *Ecology*, 74:1847-1855.
- Leme, E.M. 1985. Bromeliáceas dos municípios de Cabo Frio e Arraial do Cabo - Rio de Janeiro. *Boletim da Fundação Brasileira para a Conservação da Natureza*, 20:57-67.
- Lofgren, A. & L. Jerling. 2002. Species richness, extinction and immigration rates of vascular plants on islands in the Stockholm Archipelago, Sweden, during a century of ceasing management. *Folia Geobotanica*, 37:297-308.
- Manly, B.F.J. 1998. *Randomization, bootstrap and Monte Carlo methods in biology*. University of Otago, New Zealand.
- Martinelli, G.; C.M. Vieira; M. González; P. Leitman; A. Piratininga; A.F. Costa & R.C. Forzza. 2008. Bromeliaceae da Mata Atlântica brasileira: lista de espécies, distribuição e conservação. *Rodriguésia*, 59:209-258.
- Reitz, R. 1983. *Flora ilustrada catarinense*. Herbário Barbosa Rodrigues, Itajaí.

**Orientação:** Gustavo Accacio