

Tamanho é documento: riqueza e distribuição de aranhas em ilhas com diferentes áreas

Eduardo Pacífico, Guilherme G. Mazzochini, José Domingos, Mariana Silva, Marie-Claire M. Chelini

Introdução

A relação entre o número de espécies e a área de um habitat é estudada desde o início do século XIX (Margules *et al.* 1982). Dentre as teorias que tentam explicar essa relação, a Teoria do Equilíbrio da Biogeografia de Ilhas (MacArthur & Wilson 1967) propõe que o número de espécies em uma determinada ilha é o resultado do equilíbrio entre os processos de extinção e colonização nestes locais. Estes processos variam com a distância da fonte (local de onde as espécies se dispersam) e a área das ilhas (locais isolados a serem colonizados) (MacArthur & Wilson 1967). Se a distância à fonte é constante, espera-se que ilhas maiores abriguem um número maior de espécies. Esse padrão espécie-área ocorre porque áreas maiores suportam populações maiores, e populações maiores têm menor probabilidade de extinção. Além disso, quanto maior a área da ilha, maior a probabilidade dela ser encontrada por um indivíduo se locomovendo

erraticamente. A esse processo dá-se o nome de efeito-alvo (MacArthur & Wilson 1967).

Contudo, a relação espécie-área não contempla a identidade das espécies. Quando ilhas menores apresentam um subconjunto das espécies presentes nas ilhas maiores, diz-se que a distribuição de espécies é aninhada (Atmar & Patterson 1993). Alguns dos processos que podem gerar o padrão de distribuição aninhado são a colonização seletiva e a extinção seletiva (Atmar & Patterson 1993). Na colonização seletiva e extinção seletiva, as probabilidades de colonização e extinção não são as mesmas para todas as espécies, variando de acordo com características da sua história de vida e sua capacidade de responder às mudanças ambientais. Contudo, a história da formação da ilha determina a importância relativa dos processos de extinção e colonização na distribuição das espécies. Em locais submetidos a fragmentação, como ilhas que estiveram conectadas ao continente mas perderam

esta conexão, o principal processo modelador é a extinção seletiva (Lawlor 1986). Nestes ambientes, as espécies presentes originalmente nas ilhas podem se extinguir após o isolamento, em função das suas características populacionais e sua sensibilidade às alterações ambientais (Butaye *et al.* 2001). Por outro lado, a colonização seletiva é o processo que modela a distribuição das espécies em ambientes inicialmente desprovidos de espécies, como atóis, por exemplo (Cook & Quinn 1995).

Os padrões biogeográficos podem ser estudados em uma grande variedade de sistemas. Apesar de elaborada para ilhas oceânicas, a Teoria do Equilíbrio de Biogeografia de Ilhas, assim como estudos sobre a distribuição da composição das espécies nas ilhas, pode ser aplicada a outros sistemas insulares. Desta forma, uma ilha pode ser definida como um fragmento isolado da fonte por uma área cujas características sejam distintas tanto da ilha quanto da fonte.

Em sistemas que sofrem pulsos de inundação, as áreas de mata que não ficam completamente submersas podem ser consideradas como fontes e as copas de árvores que ficam isoladas devido ao

nível da água podem ser consideradas como ilhas. Estas ilhas se caracterizam por estarem desabitadas de espécies no momento do seu surgimento (emersão), fazendo com que a colonização seja o processo dominante para a distribuição das espécies. Estas características são raras, dificultando o estudo de casos em que o processo dominante na relação entre área e distribuição das espécies seja a colonização (Butaye *et al.* 2001). Contudo, em Anavilhanas, Amazônia Central, árvores de *Symmeria paniculata* (Polygonaceae) ficam totalmente submersas no mínimo por 30 dias, estando emersas no momento do estudo há no máximo dois meses. Neste sistema, aranhas podem ser utilizadas como organismos modelo de colonização. Aranhas podem se locomover de um ambiente para o outro por movimentos cursoriais (locomovendo-se sobre o substrato), por balonismo (flutuando no ar com o auxílio de fios de seda) ou pelo lançamento de fios de seda no ar e posterior locomoção sobre eles. Estes movimentos lhes permitem atingir distâncias entre dezenas de centímetros até centenas de metros (Souza 2007). Algumas aranhas podem também se

deslocar sobre a lâmina de água por movimentos cursoriais (obs. pessoal).

Nosso objetivo foi responder às perguntas: (1) O número de espécies de aranhas encontradas em ilhas formadas por copas de árvores está relacionado com a área das ilhas? (2) As espécies de aranhas se distribuem de forma não aleatória entre as ilhas? Nossas hipóteses são de que (1) quanto maior a área, maior será o número de espécies de aranhas, e (2) a distribuição das espécies ocorrerá de forma aninhada, pois espécies abundantes têm maior probabilidade de colonizar todas as ilhas, enquanto espécies pouco abundantes têm maior probabilidade de colonizar apenas as ilhas maiores.

Metodologia

Desenvolvemos este estudo no arquipélago de Anavilhanas, um conjunto de ilhas localizadas no rio Negro, na Amazônia brasileira. No período de cheia do rio, árvores localizadas próximo à margem ficam com a copa totalmente submersa. Quando o rio seca, as copas emergem e ficam isoladas de outras plantas, como ilhas.

Segundo Gonçalves *et al.* (2008), distâncias até áreas fontes

inferiores a 40 m não influenciam a riqueza de aranhas nas ilhas. Assim, percorremos um trecho do rio e selecionamos oito ilhas situadas distantes de 10 a 40 m de áreas fontes e com no máximo 1,5 m de altura. As ilhas consistiram de copas de árvores da espécie *Symmeria paniculata*, que foi escolhida como modelo por ter um número suficiente de indivíduos isolados e bem delimitados. Trabalhar com apenas uma espécie de planta permitiu minimizar o efeito de heterogeneidade de habitats na riqueza de espécies de aranhas.

Medimos o perímetro de cada ilha e calculamos a área assumindo que as ilhas têm forma circular. Para ilhas com formato mais irregular, formadas por mais de uma copa, dividimos a área em círculos menores, calculamos a área de cada círculo e somamos a área calculada para obter a área total da ilha. Padronizamos o esforço amostral nas ilhas fazendo uma amostragem proporcional ao tamanho da ilha (Schoereder *et al.* 2004), obedecendo à proporção de um ponto amostral para cada 6 m de perímetro da ilha. Em cada ponto de amostragem, posicionamos duas bandejas (35 x 50 cm) sob a copa da árvore e batemos 20 vezes na copa

com um bastão de madeira. Coletamos as aranhas que caíram dentro das bandejas, fixamo-las em álcool etílico 70% e separamo-las em morfoespécies.

Usamos uma regressão linear simples para testar a hipótese de que o número de espécies aumenta com a área da ilha. As variáveis dependente e independente foram transformadas em \log_{10} para obter uma relação linear. Construímos então uma tabela de riqueza de espécies em cada ilha e uma matriz de presença e ausência na qual dispusemos as ilhas nas linhas e as morfoespécies nas colunas. Para calcular o aninhamento, utilizamos o software Nstedeness Calculator (Atmar & Patterson 1993), o qual calcula o índice de aninhamento (T). O valor de T pode variar de 0 a 100, sendo que valores mais próximos de 100 indicam maior desordem na distribuição das espécies. Realizamos 1000 aleatorizações da matriz de presença e ausência das espécies em cada ilha para

avaliar as chances da distribuição observada das espécies ter ocorrido ao acaso.

Resultados

Observamos 34 morfoespécies de aranhas, sendo que as ilhas com menor e maior número de espécies apresentaram duas e 18 morfoespécies, respectivamente. As duas morfoespécies mais comuns pertencem às famílias Trechaleidae e Lycosidae. Encontramos uma relação positiva entre o número de morfoespécies de aranhas e a área das ilhas ($F_{(1,7)} = 29,13$; $p = 0,003$; $r^2 = 0,86$; Figura 1). A distribuição das morfoespécies entre as ilhas não foi aleatória ($T = 20,15$; $p < 0,001$), sendo que a composição de morfoespécies nas ilhas menores é um sub-conjunto da composição nas ilhas maiores. A maioria das espécies raras ocorreu com maior frequência nas ilhas com maior área e maior riqueza (Figura 2).

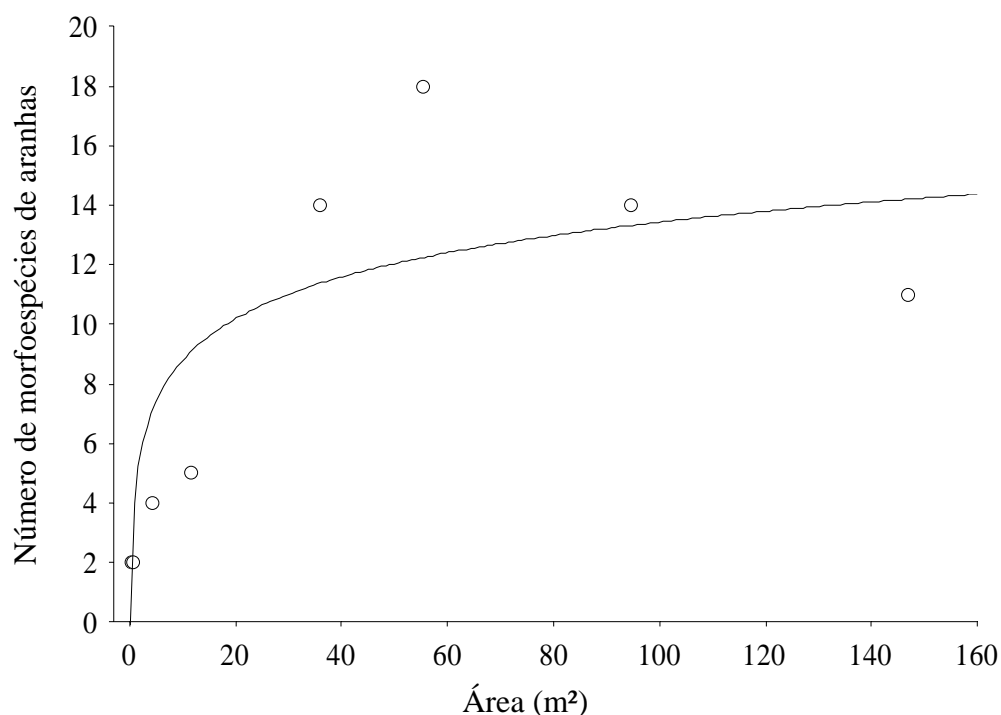


Figura 1. Relação logarítmica entre o número de morfoespécies de aranhas e a área das ilhas formadas por copas de *Symmeria paniculata*, representada com os valores reais. A equação da reta com os valores transformados em \log_{10} é $y = 0,393 + 0,3876 * x$.

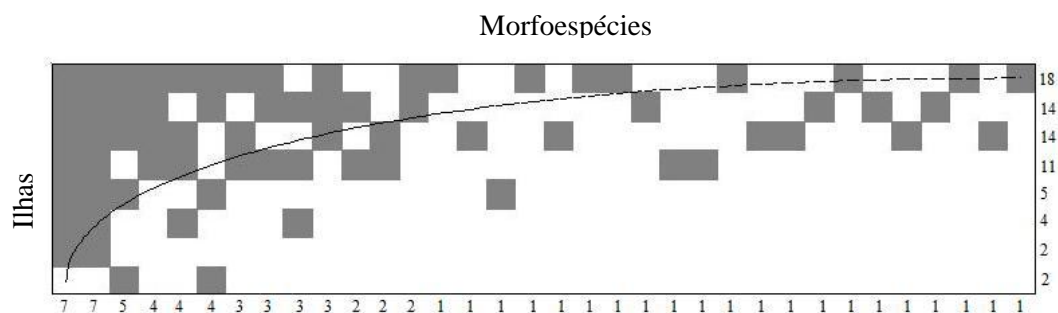


Figura 2. Matriz de presença e ausência das morfoespécies de aranhas nas ilhas formadas por copas de *Symmeria paniculata* organizada de forma de maximizar o aninhamento. As linhas da matriz representam as ilhas e as colunas as morfoespécies. Os números nas colunas representam o número de ilhas em que cada morfoespécie ocorreu e os números nas linhas o número de espécies em cada ilha. Os quadrados cinzas indicam presenças da morfoespécie em uma ilha e os quadrados brancos representam as ausências. A linha central é a linha limítrofe entre as ausências esperadas (abaixo da linha) e as presenças esperadas (acima da linha).

Discussão

Nossos resultados indicam que a área é um fator importante para o processo de colonização de ilhas por aranhas. Considerando que o isolamento da ilha não era, em nosso sistema, um limitante à colonização (ver Gonçalves *et al.* 2008), todas as espécies encontradas eram provavelmente capazes de alcançar qualquer uma das ilhas amostradas. Porém, o modo de dispersão das aranhas, errático e sem direcionamento definido a priori, pode amplificar a importância do efeito alvo. Além disto, considerando que ilhas maiores dispõem de mais recursos, aranhas que atinjam uma ilha grande têm maior chance de sobreviver neste ambiente, visto que são predadoras e dependem da abundância de presas para se estabelecer e sobreviver (Souza 2007). Adicionalmente, existe uma maior probabilidade de que ilhas sejam colonizadas pelas espécies mais abundantes nas áreas fonte.

O fato da distribuição das aranhas ter seguido um padrão aninhado pode ser explicado pelo efeito da área no número de espécies. As diferenças no número de espécies de aranhas nas ilhas podem ser uma consequência das diferenças de abundância das espécies

na área fonte. Em um padrão aninhado, as espécies encontradas em um grande número de ilhas devem ser abundantes na área fonte, e aquelas encontradas apenas nas ilhas maiores devem raras na área fonte. De fato, uma das morfoespécies que encontramos em praticamente todas as ilhas correspondia à família Trechaleidae. Trechaleidae são aranhas abundantes que vivem associadas a ambientes aquáticos e se deslocam com facilidade sobre a água, tendo, portanto uma capacidade grande de dispersão. Em contrapartida, a outra morfoespécie encontrada em praticamente todas as ilhas correspondia à família Lycosidae. Lycosidae é uma família de aranhas errantes, abundantes no solo, mas não em copas de árvores (Sørensen 2004). É possível que a situação de alagamento leve estas aranhas a colonizar copas de árvores parcialmente submersas em busca de alimento, já que no período de cheia o solo da floresta fica totalmente inundado. Além disto, diversas espécies de Lycosidae se deslocam por balonismo (Bell *et al.* 2005), uma forma de dispersão que lhes permite grandes deslocamentos (Souza 2007). Esta forma de dispersão pode ter favorecido a colonização das copas por estas

espécies, apesar de não serem típicas deste ambiente.

O valor da inclinação da reta da regressão entre o número de espécies e a área foi extremamente alto ($z = 0,39$) se comparado a outros estudos similares realizados com aves e mamíferos, em que z usualmente varia entre 0,17 e 0,25 (Lawlor 1986, Cornelius *et al.* 2000). Este valor de z pode sugerir que outros fatores, além da área, influenciaram o número de espécies encontrado em cada ilha, potencializando o efeito da área. De fato, apesar de termos considerado o possível efeito de heterogeneidade amostrando ilhas compostas sempre por copas de *S. paniculata*, é possível que a heterogeneidade aumente com a área das ilhas. Copas maiores tendem a ter uma estrutura mais complexa do que copas menores, oferecendo maior variedade de micro-habitats e podendo abrigar mais espécies com hábitos de vida distintos (Souza 2007). Além disto, copas maiores provavelmente estão emersas a mais tempo, visto que pertencem a árvores mais altas e devem ter ficado menos tempo submersas pelo rio. Consequentemente, o tempo de exposição pode ter potencializado o efeito da área, visto que as ilhas maiores

estavam provavelmente disponíveis como área colonizável a mais tempo.

Gonçalves *et al.* (2008) demonstraram, em um sistema igual àquele que estudamos, que a distância à fonte não é suficiente para explicar os padrões de colonização de ilhas por aranhas. Nesse estudo os autores controlaram o efeito de área e avaliaram a riqueza de ilhas distantes até 140 m da fonte, e concluíram que, apesar de ilhas mais próximas tenderem a ser mais ricas do que as mais distantes, este sistema não parece sujeito a um efeito de distância. É possível que a capacidade de dispersão das aranhas encontradas em áreas que sofrem pulsos de inundação faça com que a distância amostrada por esses autores (140 m) não atue como fator limitante à colonização. Em nosso estudo, em contrapartida, concluímos que diferenças na área da ilha implicam em diferenças na riqueza de espécies. Sendo assim, concluímos que a área da ilha é mais importante do que a distância à fonte no processo de colonização de ilhas por aranhas. Futuros estudos poderiam tentar isolar experimentalmente o efeito do tempo de emersão e/ou de heterogeneidade, e investigar a relação entre cada um

destes fatores e o número de espécies encontrado em cada ilha.

Agradecimentos

À Cintia pela orientação espetacular, à Lele pela super ajuda no campo, identificação, idéias; ao Marcelo pelos comentários mais do que pertinentes sobre a biologia das aranhas; ao Paulinho pelas dicas e ombro amigo; ao barqueiro Nil e ao boto amigo.

Referências

- Atmar, W. & B.D. Patterson. 1993. The measure of order and disorder in the distribution of species in fragmented habitat. *Oecologia*, 96:373-382.
- Bell, J.R., D.A. Bohan, E.M. Shaw & G.S. Weyman. 2005. Ballooning dispersal using silk: world fauna, phylogenies, genetics and models. *Bulletin of Entomological Research*, 95:69-114.
- Butaye, J., H. Jacquemyn & M. Hermy. 2001. Differential colonization causing non-random forest plant community structure in a fragmented agricultural landscape. *Ecography*, 24:369-380.
- Cook, R.R. & J.F. Quinn. 1995. The influence of colonization in nested species subsets. *Oecologia*, 102:413-424.
- Cornelius, C., H. Cofré & P.A. Marquet. 2000. Effects of habitat fragmentation on bird species in a relict temperate forest in semiarid Chile. *Conservation Biology*, 14:534-543.
- Gonçalves, F.G., H.D. Brum, L. Soares, C. Rosa & S. Outeda-Jorge. 2008. Riqueza e distribuição de aranhas em ilhas formadas por copas de árvores em igapó. Em: Livro do curso de campo "Ecologia da Floresta Amazônica" XVII 2008.
- Lawlor, T.E. 1986. Comparative biogeography of mammals on islands. *Biological Journal of the Linnean Society*, 28:99-125.
- MacArthur, R.H. & E.O. Wilson. 1967. The theory of island biogeography. Princeton University Press, Princeton, New Jersey.
- Margules, C., A.J. Higgs, & R.W. Rafe. 1982. Modern biogeography theory: are there any lessons for nature reserve

- design. *Biological Conservation*, 24:115-128.
- Schoereder J.H., C. Galbiati, C.R. Ribas, T.G. Sobrinho, C.F. Sperber, O. DeSouza & C. Lopes-Andrade. 2004. Should we use proportional sampling for species–area studies? *Journal of Biogeography*, 31:1219-1226.
- Sørensen, L.L. 2004. Composition and diversity of the spider fauna in the canopy of a montane forest in Tanzania. *Biodiversity and Conservation*, 13: 437-452.
- Souza, A.L.T. 2007. Influência da estrutura do habitat na abundância e diversidade de aranhas, pp. 25-43. Em: *Ecologia e Comportamento de Aranhas*. (M.O. Gonzaga, A.J. Santos & H.F. Japyassú, eds.). Rio de Janeiro: Interciência.