

Uma homenagem a Isaac Newton: teias mais inclinadas são mais assimétricas?

Daniele Kasper, André Junqueira, Michelle Antunes & Taís Maria Nazareth

Introdução

O clado Orbicularie é constituído por cerca de 3.000 espécies de aranhas que têm como principal característica a construção de teias orbiculares (Griswold *et al.* 1998). Em geral, as teias orbiculares são verticalmente orientadas e consistem de um arcaço externo e raios não adesivos que fornecem a base para uma espiral de fios adesivos (Herberstein & Heiling 1999). Aranhas de teias orbiculares são forrageadoras do tipo “senta-e-espera”, que investem pouca energia na procura de presas (Shafir & Roughgarden 1998). O principal investimento energético é na síntese de fios adesivos para a captura de presas (Higgins & Buskirk 1992).

A capacidade de captura das teias orbiculares, que afeta diretamente a ingestão de presas pela aranha, é determinada pela quantidade de fios adesivos investida e também pela arquitetura da teia. O processo de construção e a arquitetura da teia são, portanto, aspectos chave do comportamento de forrageamento das aranhas (Herberstein & Heiling 1999). Muitas aranhas orbitelas constróem teias assimétricas (Nentwig 1985), o que pode representar um aumento no sucesso

da captura de presas (Herberstein & Heiling 1999). Uma característica típica de muitas teias orbiculares assimétricas é que a região superior é menor e contém menos fios adesivos que a região inferior, incrementando assim a importância da região inferior para a captura de presas (Herberstein & Heiling 1999).

Aranhas orbitelas geralmente se posicionam na teia mirando a parte inferior e localizam a presa mais rapidamente quando estão viradas para a fonte de vibração na teia (Klärner & Barth 1982). Além disso, as aranhas alcançam a presa mais rapidamente quando esta se encontra na região inferior da teia, devido ao efeito da gravidade (Masters & Moffat 1983). Presumindo que aranhas investem mais na região inferior da teia para aproveitar o efeito da gravidade na captura de presas, seria de se esperar que teias verticais seriam mais assimétricas que teias inclinadas e que teias horizontais seriam aproximadamente simétricas. O objetivo deste estudo foi testar essa previsão a partir de uma ampla amostragem de teias em uma área de floresta de terra firme na Amazônia central. Duas abordagens amostrais foram empregadas,

uma análise comparativa interespecífica, baseada em contrastes filogeneticamente independentes, e uma análise de variação de simetria e inclinação de teias entre indivíduos de uma espécie de Theridiosomatidae.

Material & métodos

Área de estudo

Realizamos o trabalho na Reserva do km 41 (2°24'S; 59°44'O), localizada na Fazenda Esteio, na área do Projeto Dinâmica Biológica de Fragmentos Florestais (PDBFF), a cerca de 80 km ao norte de Manaus (Oliveira 1987). A vegetação na região é composta por floresta de terra firme contínua (Pires & Prance 1985). A temperatura média anual é de 26,7°C, sendo a variação mensal em torno da média de no máximo 2°C (RADAMBRASIL 1978). A pluviosidade na região é 1900 a 2500 mm/ano, com uma estação seca bastante pronunciada entre os meses de julho e outubro (Rankin-de-Merona *et al.* 1992).

Coleta dos dados

Realizamos uma caminhada ao longo de uma das trilhas da reserva procurando por teias de aranhas orbiculares da altura do solo até cerca de 2 m de altura na vegetação. Após a localização das teias, fizemos um borrifo com polvilho antisséptico Granado® para melhor visualizá-las. Dessa forma, as teias

ficavam mais evidentes possibilitando que tomássemos as seguintes medidas:

- (1) Comprimento da região superior: tomado do centro da teia até o último fio espiral superior (Figura 1).
- (2) Comprimento da região inferior: tomado do centro da teia até o último fio espiral inferior (Figura 1). Para as teias totalmente horizontais, definimos as duas maiores regiões opostas aleatoriamente como regiões superior e inferior.
- (3) Inclinação da teia: utilizamos um barbante amarrado a um peso como referência vertical para um transferidor. O barbante passava exatamente na marca de 90° do transferidor, representando um eixo vertical orientado pela gravidade. Com o transferidor corretamente alinhado, medimos o ângulo entre a teia e o barbante. Para expressar a inclinação da teia em relação ao plano horizontal, perpendicular ao eixo vertical, calculamos o ângulo complementar ao ângulo medido em campo. Assim, teias totalmente horizontais teriam inclinação zero e teias verticais, inclinação de 90°.

Após mensuradas as três variáveis, coletamos as aranhas e as fixamos em álcool 70% para posterior identificação em laboratório.

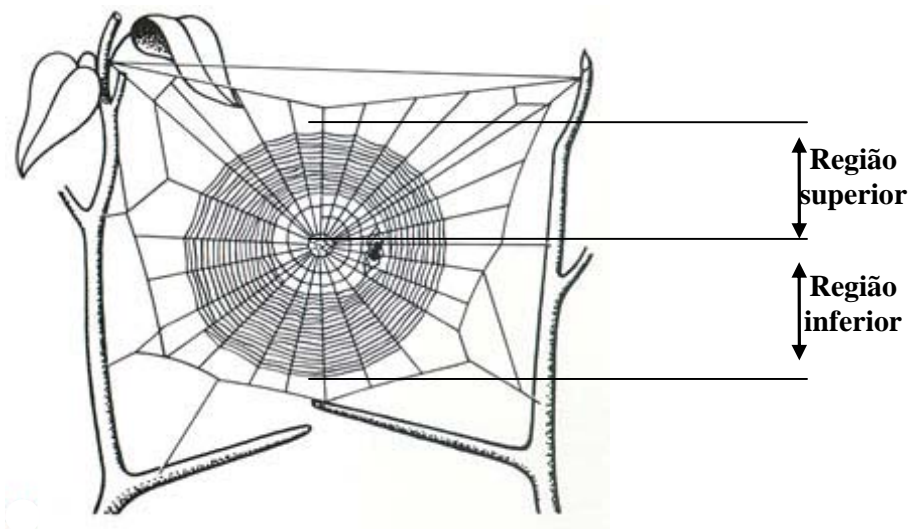


Figura 1. Esquema de teia orbicular com as duas regiões medidas, superior e inferior.

Análise dos dados

Calculamos o índice de simetria (IS) da teia segundo a fórmula: $IS = \text{comprimento da região inferior} / \text{comprimento da região superior}$. Assim, teias simétricas teriam IS igual a 1, enquanto teias com região inferior maior que a superior apresentariam IS acima de 1. Quando não havia região superior, decidimos arbitrariamente que o valor do IS seria igual à medida da região inferior. Para utilizar uma razão como um índice, para análises estatísticas esta deve se enquadrar em algumas premissas, que são: a relação entre as variáveis deve ser linear, com inclinação próxima a 1 e intercepto igual a 0 (Fonseca & John 1996 e referências neste). As variáveis medidas deste estudo se adequavam às três remissas, portanto, foi possível a utilização do índice de simetria.

Utilizamos o cladograma de Hormiga *et al.* (2000) para inferir as relações filogenéticas entre as espécies coletadas. Alocamos grupos que não estavam incluídos no cladograma de acordo com informações da literatura e resolvemos politomias arbitrariamente para atender às premissas da análise de contrastes filogeneticamente independentes (Diniz-Filho 2000). Sempre que uma espécie apresentou mais de um indivíduo em nossa amostragem, analisamos os valores médios para espécie para o índice de simetria e a inclinação da teia. Para cada variável estimamos os valores ancestrais em cada nó da árvore. Para isso calculamos a média dos valores para cada variável em cada clado, presumindo que todos os ramos apresentavam comprimento igual a 1 (Diniz-Filho 2000). Consideramos como réplica do estudo,

portanto, a diferença entre grupos-irmãos, a fim de controlar o efeito das relações filogenéticas entre as espécies estudadas sobre as variáveis analisadas. Para a análise estatística realizamos uma regressão linear simples entre os contrastes filogenéticos. Também realizamos uma regressão linear simples entre o IS e a inclinação para os indivíduos amostrados de *Naatlo* sp. (Theridiosomatidae). Essa espécie foi escolhida por ser a mais abundante em nossa amostragem.

Resultados

Amostramos 40 teias pertencentes a 20 espécies de quatro famílias de Orbicularie (Tabela 1, Figura 1). Das espécies amostradas, 65% foram representadas por somente um indivíduo. As relações filogenéticas entre as espécies amostradas encontra-se na Figura 2. A espécie mais abundante foi *Naatlo* sp., com oito indivíduos. O IS variou de 0,06 (*Alpaida* sp.) a 5 (*Micrepeira* sp.) e a inclinação das teias variou de 0° a 90°.

Tabela 1. Espécies, número de indivíduos, média de inclinação (em graus) e média do índice de simetria (IS) de aranhas orbitelas amostradas na reserva do km 41, Manaus, AM.

Espécie	Número de indivíduos	IS	Inclinação
<i>Alpaida</i> sp.	1	0,06	15
<i>Alpaida truncata</i>	1	0,47	50
<i>Araneus</i> sp.	1	1,68	90
<i>Azilia</i> sp.	4	1,20	55
<i>Cyclosa</i> sp.	3	1,02	90
<i>Eustala</i> sp.	2	1,07	90
<i>Hingstepeira folescens</i>	1	1	90
<i>Leucauge</i> sp.1	5	1,38	42
<i>Leucauge</i> sp.2	3	2,04	16,7
<i>Leucauge</i> sp.3	2	1,08	27,5
<i>Mangora</i> sp.1	1	1,33	30
<i>Mangora</i> sp.2	1	0,95	0
<i>Micrathena</i> sp.1	1	0,67	80
<i>Micrathena</i> sp.2	1	1,12	80
<i>Micrathena</i> sp.3	1	0,85	80
<i>Micrathena</i> sp.4	1	1	70
<i>Micrepeira</i> sp.	1	5	80
<i>Naatlo</i> sp.	8	1,30	51,3
<i>Phyloponella</i> sp.	1	1,13	20
<i>Wagneriana</i> sp.	1	1,14	50

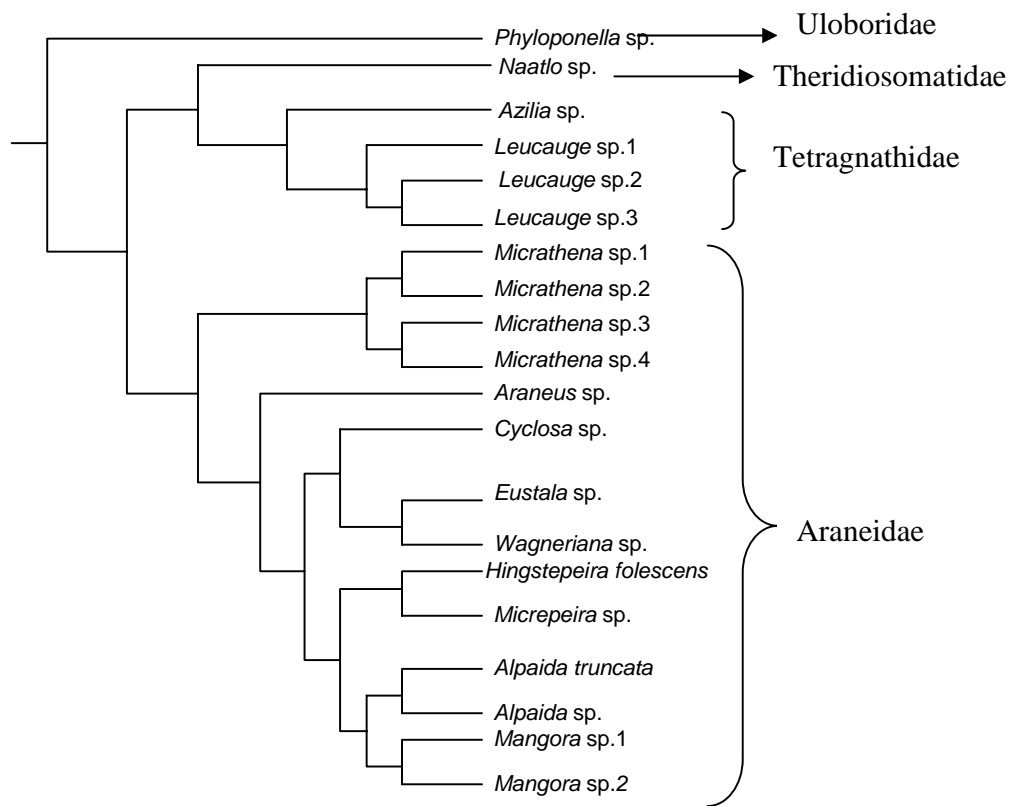


Figura 2. Relações filogenéticas entre as espécies de Orbicularie amostradas na reserva do km 41, Manaus, AM. Modificado a partir de Hormiga *et al.* (2000).

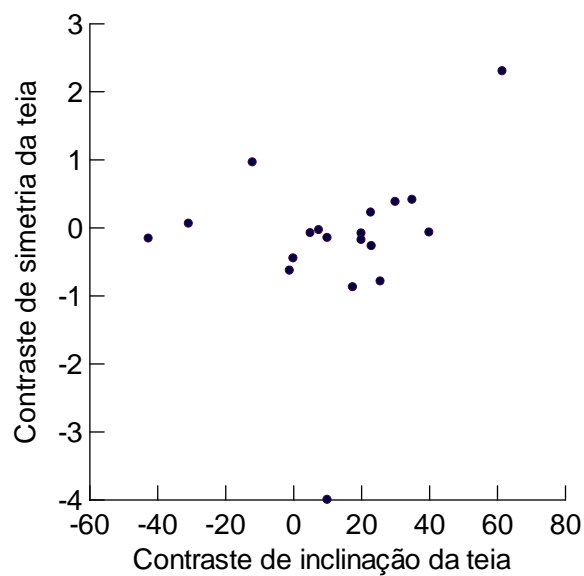


Figura 3. Relação entre contrastes filogenéticos para inclinação e índice de simetria de teias obtidos para 20 espécies de aranhas orbitelas na reserva do km 41, Manaus, AM.

Não observamos relação significativa entre o contraste do IS e o contraste da inclinação (F=0,997; R²=0,055; p=0,332; Figura 3). Também não houve relação entre o IS e a

inclinação para os indivíduos amostrados de *Naatlo* sp. (F=3,299; R²=0,355; p=0,119; Figura 4).

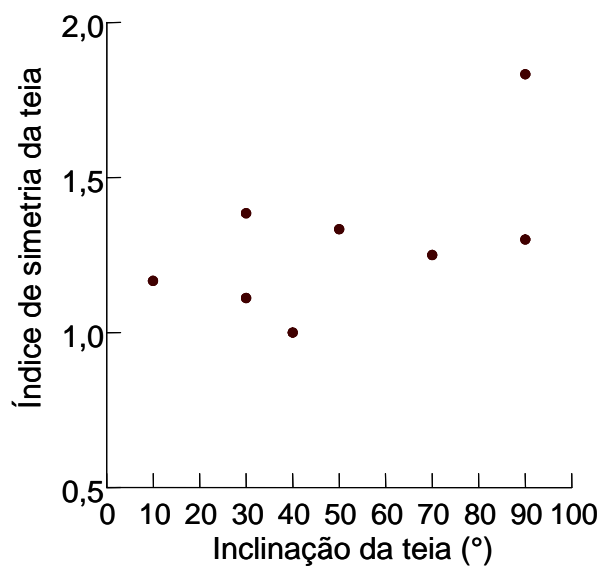


Figura 4. Relação entre inclinação e índice de simetria de teias para os indivíduos de *Naatlo* sp. encontrados na reserva do km 41, Manaus, AM.

Discussão

A hipótese de que teias mais inclinadas seriam mais assimétricas foi refutada. Isso sugere que outros fatores, além da gravidade, podem influenciar a arquitetura da teia. Observamos, por exemplo, que as duas espécies de *Alpaida* sp. amostradas possuíam a região inferior da teia reduzida em relação à

região superior. Nessas espécies, as aranhas se abrigavam dentro de folhas enroladas, localizadas abaixo da teia (obs. pess.). A localização espacial desse abrigo pode ser um fator relevante para a arquitetura da teia. Nesse caso, não seria vantajoso a construção de uma região inferior bem desenvolvida já que a aranha deveria percorrer toda esta

região até chegar ao centro para perceber onde está localizada a presa. Assim, outros aspectos da história natural das espécies podem alterar, ou mesmo neutralizar, o benefício que essas espécies poderiam receber da assimetria das teias.

A arquitetura das teias orbiculares pode variar intra-especificamente, o que pode ser devido a variações de algumas características morfológicas como, por exemplo, diferenças no comprimento das pernas (Vollrath 1987). Indivíduos também podem variar a forma da teia de um dia para o outro, baseado em fatores bióticos como nível de saciedade, taxa de captura de presas ou presença de ooteca (Sandoval 1994; Sherman 1994; Pasquet *et al.* 1999). Além disso, é conhecido que a assimetria de teias varia em aranhas de diferentes tamanhos e idades (Herberstein & Heiling 1999). Heiling & Herbestein (1998), por exemplo, mostraram que juvenis de *Larinoides sclopetarius* (Araneidae) apresentam um aumento da assimetria da teia com o aumento da idade e do tamanho. Esses fatores podem ter influenciado os resultados obtidos neste trabalho, uma vez que a maioria das espécies foi amostrada com somente um indivíduo. Portanto, amostras de espécies com poucos indivíduos podem estar refletindo não a média da espécie, mas sim apenas uma

parcela da variação encontrada dentro de cada espécie.

A análise separada da espécie *Naatlo* sp. mostra que não existe uma tendência de aumento da assimetria em função da inclinação da teia. Isso pode ser devido a uma característica particular desta espécie em relação à captura de presas. Nesse caso, a aranha mantém a teia tensionada e a libera diante de estímulos vibratórios, aumentando a eficiência de captura de presas (Foelix 1996; Almeida *et al.* 2006). A velocidade para atingir a presa, portanto, não seria tão importante para a aranha, tornando a assimetria uma estratégia desnecessária.

Concluimos que a assimetria das teias de aranhas orbitelas pode estar relacionada a diversos fatores além da facilitação de captura de presas pela gravidade. Restrições físicas e estruturais, variações intraespecíficas e aspectos comportamentais devem ser levados em consideração na tentativa de compreender os mecanismos geradores da assimetria de teias orbiculares.

Agradecimentos

Agradecemos ao Adal pela orientação filogeneticamente independente e ao Isaac Newton por ter descoberto por que tudo cai.

Referências bibliográficas

- Almeida, J.S.; Colombo, A.; González, D. & Vosgueritchian, S. 2006. Por que as aranhas do gênero *Naatlo* (Araneae: Theridiosomatidae) tensionam suas teias? Livro do curso de campo "Ecologia da Floresta Amazônica". PDBFF/INPA, Manaus, AM.
- Diniz-Filho, J.A.F. 2000. Métodos filogenéticos comparativos. Holos Editora, Ribeirão Preto.
- Foelix, R. F. 1996. Biology of spiders. Oxford University Press, Oxford.
- Fonseca, C.R. & John, J.L. 1996. Connectance: a role for community allometry. *Oikos*, 77: 353-358.
- Griswold, C.E.; Coddington, J.A.; Hormiga, G. & Scharff, N. 1998. Phylogeny of the orb-web building spiders (Araneae, Orbicularie: Deinopoidea, Araneoidea). *Zoological Journal of Linnean Society*, 123: 1-99.
- Herberstein, M.E. & Heiling, A.M. 1999. Asymmetry in spider orb webs: a result of physical constraints? *Animal Behaviour*, 58: 1241-1246.
- Heiling, A.M. & Herberstein, M.E. 1998. Activity patterns in different developmental stages and sexes of *Larinoidea sclopetarius* (Clerck) (Araneae, Araneidae). In Selden, P.A. (eds.), Proceedings of the 17th European Colloquium of Arachnology, Edinburgh. pp. 211-214. British Arachnological Society, Burnham Beeches.
- Higgins, L.E. & Buskirk, R.E. 1992. A trap-building predator exhibits different tactics for different aspects of foraging behaviour. *Animal Behaviour*, 44: 485-499.
- Hormiga, G.; Scharff, N. & Coddington, J.A. 2000. The phylogenetic basis of sexual size dimorphism in orb-weaving spiders (Araneae, Orbiculariae). *Systematic Biology*, 49: 435-462.
- Klärner, D. & Barth, F.G. 1982. Vibratory signals and prey capture in orb-weaving spiders (*Zygiella x-notata*, *Nephila clavipes*; Araneidae). *Journal of Comparative Physiology*, 148: 445-455.
- Masters, W.M. & Moffat, A.J.M. 1983. A functional explanation of top-bottom asymmetry in vertical orbwebs. *Animal Behaviour*, 31: 1043-1046.
- Nentwig, W. 1985. Top-bottom asymmetry in vertical orbwebs: a functional explanation and attendant complications. *Oecologia*, 67: 111-112.
- Oliveira, A.A. 1987. Diversidade, estrutura e dinâmica do comportamento arbóreo de uma floresta de terra firme de Manaus,

- AM. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Pasquet, A.; Leborgne, R. & Lubin, Y. 1999. Previous foraging success influences web building in the spider *Stegodyphus lineatus* (Eresidae). *Behavioural Ecology*, 10: 115-121.
- Pires, J.M. & Prance, G.T. 1985. The vegetation types of the Brazilian Amazon. *In: Amazonia*, Prance, G.T. & Lovejoy, T. (eds.), pp. 109-145. Pergamon, New York.
- RADAMBRASIL. 1978. Levantamento de recursos naturais, vol. 1-18. Ministério das Minas e Energia, Departamento de Produção Mineral, Rio de Janeiro.
- Rankin-de-Merona, J.M.; Prance, G.T.; Hutchings, R.W.; Silva, M.F.; Rodrigues, W.A. & Vehling, M.E. 1992. Preliminary results of large scale tree inventory of upland rain forest in the Central Amazon. *Acta Amazônica*, 22: 493-534.
- Sandoval, C.P. 1994. Plasticity in web design in the spider *Parawixia bistriata*: a response to variable prey type. *Functional Ecology*, 8: 701-707.
- Shafir, S. & Roughgarden, J. 1998. Testing predictions of foraging theory for a sit-and-wait forager, *Anolis gingivinus*. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 9: 74-84.
- Sherman, P.M. 1994. The orb-web: an energetic and behavioural estimator of a spider's dynamic foraging and reproductive strategies. *Animal Behaviour*, 48: 19-34.
- Vollrath, F. 1987. Altered geometry of webs in spiders with regenerated legs. *Nature*, 328: 247-248.

Orientação: Adalberto J. Santos