



# EFEITO DE DILUIÇÃO DA HERBIVORIA EM AGRUPAMENTOS DE *HIBISCUS PERNAMBUCENSIS* (MALVACEAE)

Augusto Hashimoto de Mendonça

## INTRODUÇÃO

A herbivoria induz uma série de efeitos negativos que podem levar à morte plantas juvenis e adultas. Para evitar ou diluir os efeitos negativos da herbivoria, as plantas desenvolveram ao longo do tempo evolutivo diferentes estratégias de defesa (Schaller 2008). Em geral, essas estratégias envolvem sistemas de resistência, tais como a produção de compostos secundários tóxicos, sistemas para confrontar o herbívoro diretamente, tais como mecanismos de proteção na superfície da planta (Howe & Westley 1988), e sistemas para confrontar o herbívoro indiretamente por meio de interações bióticas e associações com outras espécies (Brooker *et al.* 2008).

Para muitos animais, o agrupamento é um comportamento que oferece proteção contra predadores devido à defesa cooperativa e à divisão dos riscos individuais de predação promovidas pelo efeito de diluição (Mooring & Hart 1992). O efeito de diluição poderia ser estendido para as plantas que ocorrem agrupadas como uma das formas indiretas de defesa dos indivíduos contra o ataque de herbívoros. Obviamente, o agrupamento de plantas da mesma espécie gera uma série de efeitos negativos, como a intensificação da competição por recursos entre os indivíduos e a limitação de espaço físico (Harper 1990). Entretanto, caso as condições ambientais permitam a coexistência, o agrupamento pode prover também efeitos positivos para os indivíduos. Um desses efeitos positivos é a diluição do ataque de herbívoros entre os componentes do agrupamento, já que os ataques serão distribuídos entre as folhas de diferentes indivíduos. Por consequência, a taxa de dano individual será menor e o investimento de energia necessário para reparar os danos causados pelos herbívoros será mais baixo (Howe & Westley 1988).

Apesar da grande diversidade de mecanismos de defesa desenvolvidos pelas plantas, existem herbívoros especializados que conseguiram se adaptar ao conjunto de defesas da sua espécie hospedeira (Strauss & Zangerl 2002). Os herbívoros especializados são aqueles que, de maneira geral,

se alimentam exclusivamente de espécies de plantas filogeneticamente aparentadas (Schoonhoven *et al.* 2005). Na grande maioria dos casos, os herbívoros especialistas desenvolveram mecanismos eficientes para localização de suas plantas hospedeiras (Bernays & Chapman 1994). Diante da especialização de mecanismos de localização, o agrupamento pode não ser uma estratégia eficiente de diluição, pois quanto maior o agrupamento, maior a probabilidade de ser avistado e atacado pelo herbívoro (Howe & Westley 1988).

*Hibiscus pernambucensis* (Malvaceae) é uma espécie arbóreo-arbustiva que geralmente ocorre em manchas de tamanho variável na borda da restinga e do manguezal (Machado & Corbetta 2007). A espécie possui nectários extraflorais na face abaxial das folhas, que atraem formigas que defendem as folhas do ataque de herbívoros (Cortinóz 2008). Apesar disso, *H. pernambucensis* é atacado por um besouro da família Chrysomelidae, que parece ser um herbívoro especialista. A espécie, portanto, é um bom modelo para quantificar os efeitos da herbivoria por insetos generalistas e especialistas em indivíduos crescendo em agrupamentos de diferentes tamanhos. Nesse sentido, o objetivo deste trabalho foi testar as seguintes hipóteses: (1) a herbivoria é maior em agrupamentos de menor tamanho, porque a diluição do efeito de herbivoria seria menor e (2) que a herbivoria promovida pelo besouro especialista é maior em agrupamentos de maior tamanho, porque o herbívoro especialista localizaria mais facilmente os agrupamentos de maior tamanho.

## MÉTODOS

### *Coleta dos dados*

Efetuei o estudo nas praias do Guarauzinho, Arpoador e Parnapuã, localizadas no litoral Sul do estado de São Paulo. As praias fazem parte do Núcleo Arpoador da Estação Ecológica Juréia-Itatins (47°00'O-24°30'S), município de Peruíbe.

Para determinar o tamanho dos agrupamentos de *H. pernambucensis*, medi a largura e o comprimento da mancha e calculei a área de todos os agrupamentos encontrados que estivessem dentro dos seguintes critérios de seleção: (a) distar em pelo menos 10 m um do outro e (b) serem compostos por mais de cinco indivíduos. Determinei cinco pontos equidistantes ao longo de todo comprimento da borda dos agrupamentos e amostréi em cada ponto um ramo de *H. pernambucensis*. Para selecionar o ramo, utilizei uma vareta na horizontal, a 1 m do solo, e amostréi três folhas do primeiro ramo tocado pela vareta. Utilizei apenas folhas sequenciais, a partir da terceira folha do ápice para baixo do ramo.

Das folhas coletadas, medi a largura e o comprimento para determinação da área foliar total. Determinei a área foliar, pela aproximação de quatro triângulos retângulos. Na aproximação, uma parte da área foliar foi perdida, mas a proporção de perda de área é a mesma para todas as folhas (Figura 1a). Estimei a área consumida pelos herbívoros generalistas com uma folha de papel milimetrado, cuja unidade mínima foi de 1 mm<sup>2</sup>. Para o besouro especialista, escolhi a contagem dos ataques, pois a área consumida geralmente é muito pequena em relação à área total da folha. O besouro especialista deixa uma marca em forma de meia lua muito peculiar ao consumir a folha (Figura 1b), no entanto, na dúvida da lesão ter sido ou não provocada pelo besouro especialista, considerei o consumo por um herbívoro generalista. Para determinar o índice de herbivoria

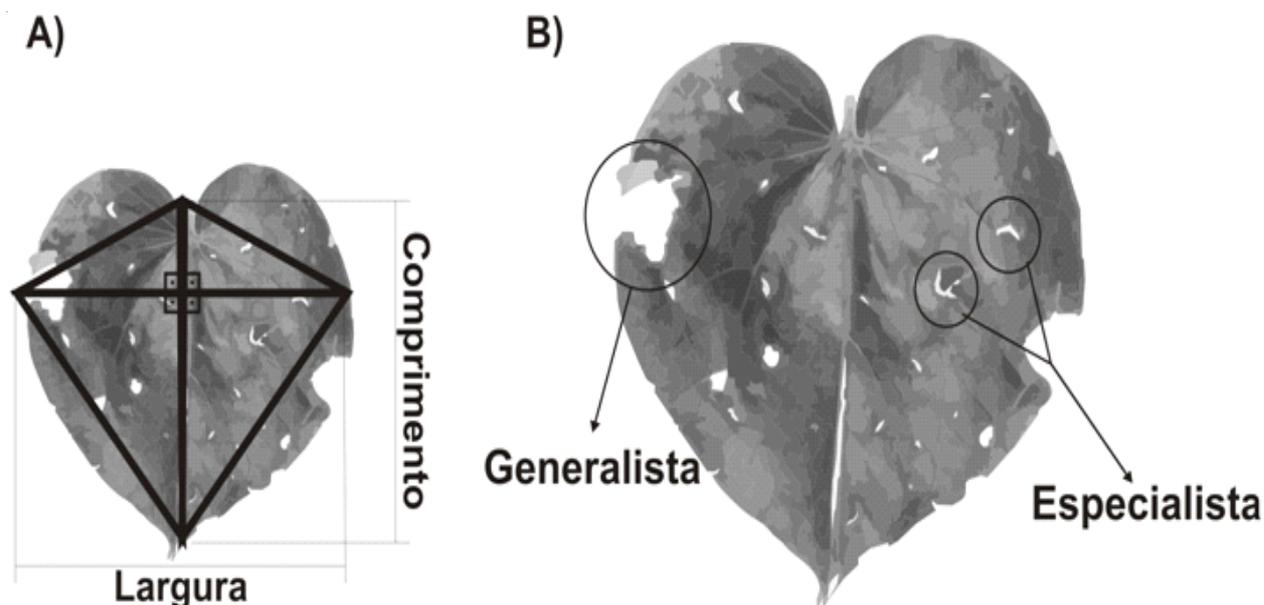
de cada agrupamento, calculei razão da área total consumida pela área foliar total dos ramos amostrados do agrupamento.

#### Análise dos dados

Para avaliar se existe relação entre o índice de herbivoria e o tamanho do agrupamento, realicei uma regressão não linear do índice de herbivoria pela área do agrupamento aproximando a curva por um modelo de potência negativo e avaliei o ajuste do modelo gerado comparando-o com um modelo nulo. O modelo nulo consistiu em uma reta de inclinação igual a zero e intercepto igual à média do índice de herbivoria. A previsão da minha hipótese é que ocorra um decaimento do índice de herbivoria quanto maior for a área do agrupamento.

Da mesma forma, para avaliar a existência de uma relação entre o número de ataques do besouro especialista e o tamanho do agrupamento, realicei uma regressão não linear do número de ataques pela área do agrupamento aproximando a curva por um modelo de potência positivo e avaliei o ajuste do modelo comparando-o com um modelo nulo. O modelo nulo consistiu em uma reta de inclinação igual a zero e intercepto igual à média do número de ataques. A previsão da minha hipótese é que o número de ataques seja menor em agrupamentos de menor área.

Por fim, classifiquei as folhas quanto à presença ou ausência de ataque do besouro especialista e determinei um índice de agregação de ataque para



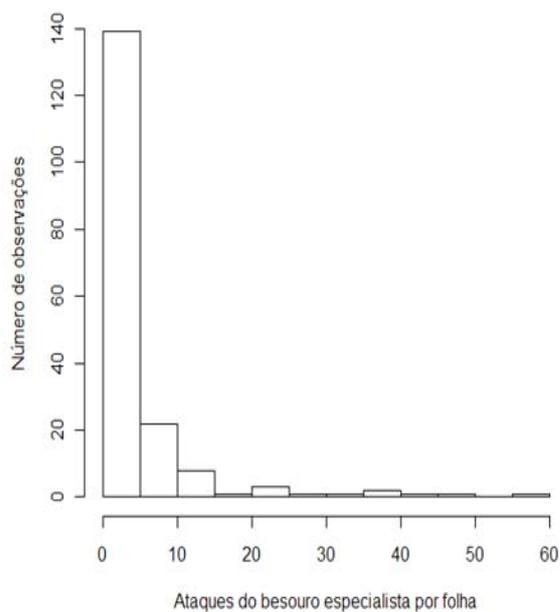
**Figura 1.** (A) Folha de *Hibiscus pernambucensis* e as medidas de comprimento e largura tomadas para determinar a área foliar dos quatro triângulos retângulos. (B) Padrão de ataque dos herbívoros generalistas e do especialista (em forma de meia lua) na folha de *H. pernambucensis*.

cada ramo do agrupamento. Calculei o índice de agregação de ataque pela razão da variância das folhas atacadas entre os ramos do agrupamento pela média de folhas atacadas no agrupamento e, em seguida, realizei o somatório dos índices de agregação obtidos. Para testar se os ataques do besouro especialista ocorriam de forma agregada, comparei o somatório dos índices de agregação com outro somatório de índices de agregação gerados por um cenário nulo, no qual os ataques do besouro especialista entre as folhas seria aleatório. Gerei 2000 cenários nulos e calculei a probabilidade de agregação dada pela razão entre o número de vezes em que o índice de agregação gerado pelo cenário nulo era maior que o amostral e o número de aleatorizações realizadas.

## RESULTADOS

No total, amostramos 12 fragmentos com as seguintes áreas: 9, 35, 40, 46, 60, 60, 100, 165, 180, 440, 550 e 770 m<sup>2</sup>, com um total de 60 ramos avaliados e 180 folhas coletadas. Os índices de herbivoria entre as folhas variaram de 0,14 a 3,13%, com média de  $0,94 \pm 0,85\%$  ( $\pm$  desvio padrão). O número de ataques por folha do besouro especialista variou entre 0 e 56, com mediana igual a 0 (Figura 2).

O modelo ajustado para a relação entre o índice de herbivoria (IH) e tamanho do agrupamento para



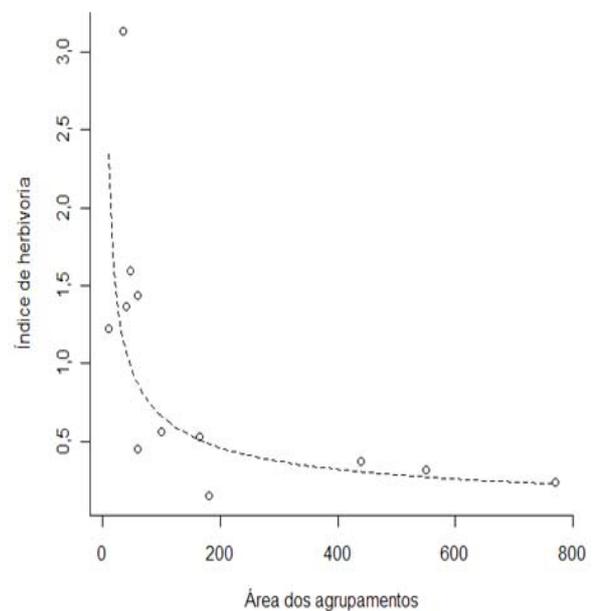
**Figura 2.** Distribuição do total de ataques do besouro especialista avaliado nas 180 folhas amostradas de *Hibiscus pernambucensis*.

os herbívoros generalistas foi  $IH = 2 \cdot \text{área}^{-0,5}$  (Figura 3). O modelo de potência gerado explicou mais da variação dos índices de herbivoria quando comparado com o modelo nulo ( $F_{1,11} = 5,01$ ;  $p = 0,049$ ). Já o modelo ajustado para o número de ataques do besouro especialista em função da área do agrupamento foi de  $NC = -2,21 \cdot \text{área}^{0,88}$ . Neste caso, o modelo nulo explicou melhor a variação do número de ataques em função do tamanho do agrupamento ( $F_{1,11} = 0,078$ ;  $p = 0,785$ ).

O índice de agregação de ataque calculado teve média de  $0,32 \pm 0,30$  (desvio padrão). O somatório do índice de agregação foi igual a 3,42 e a média do somatório do índice de agregação gerado por meio das 2000 aleatorizações de cenário nulo foi de 1,70. A probabilidade do somatório do índice de agregação ter sido obtido ao caso foi de 0,01%.

## DISCUSSÃO

De maneira geral, mesmo competindo pelos mesmos recursos e um espaço ainda mais limitado, o agrupamento se mostrou vantajoso para o *H. pernambucensis* em relação ao ataque dos herbívoros generalistas. Os resultados apontam que existe uma relação negativa entre a herbivoria promovida por herbívoros generalistas e o tamanho dos agrupamentos de *H. pernambucensis*. Este



**Figura 3.** Dispersão dos pontos de índice de herbivoria dos generalistas pela área dos agrupamentos de *Hibiscus pernambucensis*. Em tracejado, o modelo de potência negativo ajustado.

padrão indica que a taxa de herbivoria não acompanha o crescimento da biomassa de folhas com aumento da área do agrupamento. Por outro lado, o número de ataques do besouro especialista não respondeu da mesma forma à variação do tamanho do agrupamento, sugerindo que não há uma relação entre o ataque do herbívoro especialista e o tamanho do agrupamento. Porém, independentemente do tamanho do agrupamento, quando existe a evidência de ataques do besouro específico, os ataques são concentrados em poucos indivíduos.

De forma análoga ao que acontece entre os animais (Turner & Pitcher 1985), a taxa de ataque pode ser controlada pela potencialização dos mecanismos de defesa diretos e indiretos desenvolvidos por *H. pernambucensis* na forma agrupada. Dentre os mecanismos de defesa indireta que podem atuar contra o aumento da taxa de herbivoria, está a maior atração que o agrupamento proporciona aos predadores dos herbívoros e o maior investimento possível em mecanismos de defesa, decorrente da economia de recursos na reposição do tecido foliar consumido. Ainda, a taxa de herbivoria pode estar condicionada a outros fatores limitantes que não a disponibilidade de folhas para o forrageamento dos herbívoros. Neste caso, o recurso limitante não seria o número de folhas disponíveis, mas sim a qualidade das folhas que impediriam o crescimento populacional dos herbívoros (Howe & Westley 1988).

O agrupamento, como mecanismo de defesa indireto e diluição de herbivoria, tem um efeito diferenciado quando se trata de herbívoros especialistas. No caso de *H. pernambucensis*, o tamanho do agrupamento não influenciou as chances de ser localizado, não ocorrendo o efeito de diluição de herbivoria observado para os herbívoros generalistas. Contudo, o tamanho do agrupamento não deixa de ser importante, pois os ataques do besouro especialista são concentrados em poucos indivíduos e deste modo, quanto maior o tamanho do agrupamento, maiores são as chances de sobrevivência, já que a probabilidade de ser atacado também é menor.

Concluo que o agrupamento de algumas espécies de plantas pode ser uma estratégia eficaz na diluição da herbivoria por herbívoros generalistas. Além da diluição da herbivoria, o agrupamento pode oferecer uma série de outras vantagens para os indivíduos, como a potencialização dos mecanismos de defesa e maior atração de organismos que proporcionem interações positivas para a planta. Proponho que sejam conduzidos estudos que avaliem a influência

do tamanho do agrupamento em outras interações de facilitação para os indivíduos de *H. pernambucensis*, como o beneficiamento da polinização, atração de predadores de herbívoros e do número de formigas presentes na defesa das folhas do agrupamento.

## AGRADECIMENTOS

Quero agradecer a todos os colegas, monitores e professores do Curso de Campo de Ecologia da Mata Atlântica de 2009. Agradeço, em especial, aos amigos Paula Nishimura e Glauco Machado pela ajuda de campo e pelas dicas na construção e execução deste estudo, ao Paulo Inácio pela paciência e dedicação na análise dos dados.

## REFERÊNCIAS

- Bernays, E.A. & R.F. Chapman. 2005. Host-plant selection by phytophagous insects. New York: Chapman & Hall.
- Bronstein, J.L., R. Alarcón & M. Geber. 2006. The evolution of plant-insect mutualism. *New Phytologist*, 172:412-428.
- Brooker, R.W., F.T. Maestre, R.M. Callaway, C.L. Lortie, L.A. Cavieres, G. Kunstler, P. Liancourt, K. Tielbörger, J.M.J. Travis, F. Anthelme, C. Armas, L. Coll, E. Corcket, S. Delzon, E. Forey, Z. Kikvidze, J. Olofsson, F. Pugnaire, C.L. Queiroz, P. Saccone, K. Schifffers, M. Seifan, B. Touzard & R. Michalet. 2008. Facilitation in plant communities: the past, the present and the future. *Journal of Ecology*, 96:18-34.
- Harper, L.H. 1990. Population biology of plants. London: Academic Press.
- Howe, H.F. & L.C. Westley. 1988. Ecological relationship of plants and animals. New York: Oxford University Press.
- Machado, L. & R. Corbetta. 2008. Insetos associados a *Hibiscus tiliaceus* Lin. (Malvaceae). Caxambu: Anais do VIII Congresso de Ecologia do Brasil.
- Mooring, M.S. & B.L. Hart. 1992. Animal grouping for protection from parasites: selfish herd and encounter-dilution effects. *Behaviour*, 123:173-193.
- Schaler, A. 2008. Induced plant resistance to herbivory. Stuttgart: Springer.
- Schoonhoven, L.M., J.J.A. Van Loon & M. Dicke. 2005. Insect plant biology. New York: Oxford University Press.

Strauss, S.Y. & A.R. Zangerl. 2002. Plant-insect interactions in terrestrial ecosystems. pp. 77-106. In: Plant-animal interactions – an evolutionary approach (C.M. Herrera & O. Pellmyr, eds.). Oxford: Blackwell Publishing Company.

Turner, G.F. & T.J. Pitcher. 1985. Attack abatement: a model for group protection by combined avoidance and dilution. *The American Naturalist*, 128:228-240.