

MIMETISMO EM SERPENTES: MODELOS MAIS VENENOSOS CONFEREM MAIOR PROTEÇÃO AOS MÍMICOS?

Marília Palumbo Gaiarsa

INTRODUÇÃO

Animais venenosos ou peçonhentos normalmente possuem cores e padrões brilhantes e conspícuos, fenômeno conhecido como aposematismo. Isso ocorre porque colorações conspícuas em presas tóxicas são selecionadas por facilitarem o reconhecimento e a memorização por potenciais predadores visualmente orientados que aprendem a evitar presas aposemáticas (Begon *et al.*, 2006). No entanto, espécies não venenosas que se assemelham a uma espécie venenosa podem se beneficiar dessa semelhança ao serem também evitadas pelos predadores. Esse sistema, no qual uma espécie não venenosa (chamada de mímico), se assemelha a uma venenosa (chamada de modelo), é conhecido como mimetismo batesiano (Begon *et al.*, 2006). Nesse sistema, espera-se que a proteção conferida aos mímicos diminua, ou seja interrompida, em

locais onde o modelo tóxico está ausente ou ocorre em baixas densidades (Pfening *et al.*, 2000). Para a espécie modelo, o mimetismo é uma desvantagem, já que a existência de espécies não venenosas com padrões semelhantes interfere negativamente no aprendizado por parte dos predadores.

As espécies de serpentes aposemáticas da família Elapidae (gêneros *Micrurus* e *Micruroides*) foram propostas como modelos para sistemas miméticos por Cope (1860) e Wallace (1867). Desde então, diversos estudos têm levantado fortes evidências da função aposemática do padrão coral, e do mimetismo deste padrão por outras serpentes (Brodie & Brodie, 2004; Greene & McDiarmid, 2005). Por exemplo, a presença de anéis conspícuos contrastantes em serpentes da família Colubridae (não venenosas ou produtoras de veneno de baixa toxicidade) é condizente com o modelo de mimetismo batesiano.

Desta forma, sendo semelhante a serpentes venenosas com padrões aposemáticos, essas serpentes não venenosas também seriam evitadas pelos predadores (Brodie, 1993).

De modo geral, os sistemas miméticos propostos para serpentes são avaliados através de evidências indiretas (Brodie, 1993; Hinman *et al.*, 1997), devido ao fato de que encontros entre predadores e suas presas dificilmente são observados na natureza (Brodie, 1993). Experimentos que utilizam réplicas de serpentes feitas de massa modelável têm sido realizados com sucesso para reunir informações sobre a frequência de predação em serpentes miméticas (e.g. Brodie, 1993; Hinman *et al.*, 1997; Pfening *et al.*, 2000). A maior parte dos ataques a réplicas de serpentes de massa de modelar parece ser realizada por aves e mamíferos (Brodie, 1993). Entretanto, muitos dos estudos existentes sobre mimetismo consideram apenas o ataque por aves, dado que estes animais são predadores visualmente orientados, e alguns autores atribuem os ataques por mamíferos como sendo devido ao odor emanado pela massa de modelar (Oliveira-Filho, 1998). Adicionalmente,

diversos estudos demonstram que os predadores de serpentes peçonhentas atacam preferencialmente a cabeça (Rodrigues, 2005) e as extremidades das réplicas de massa de modelar. Smith (1975) sugere que este comportamento seria uma estratégia à manipulação de presas perigosas.

Todos os estudos disponíveis na literatura tratam de modelos e mímicos com padrão anelado, e não existe nenhum trabalho na literatura que avalie a taxa de ataque quando o modelo é de apenas uma cor. Um exemplo de serpente aposemática, bastante tóxica e sem padrão anelado é a *Micrurus collaris* (Elapidae), que ocorre desde a América Central até o norte da América do Sul. Essa espécie possui coloração dorsal completamente preta e tem como prováveis mímicos *Atractus poeppigi* (Colubridae) e *Liophis breviceps* (Colubridae; Martins & Oliveira, 1998). Algumas serpentes opistóglifas da família Colubridae, que são menos tóxicas que as da família Elapidae, também causam envenenamentos (Campbel & Lamar, 1989) e poderiam ser consideradas modelos de uma cor só para sistemas miméticos. Um

exemplo é *Philodryas viridissimus*, de coloração dorsal verde, que tem como prováveis mimícos os colubrídeos áglifos *Chironius scurrulusi* e *Lyophis typhlus* (Martins & Oliveira, 1998).

Com base nessas informações, o objetivo deste trabalho foi responder à seguinte pergunta: a predação em serpentes depende do quão tóxico é o modelo mimético? Minha hipótese era que a predação fosse diretamente relacionada ao grau de toxicidade do veneno produzido pelo modelo. Assim, minhas previsões eram que réplicas de serpentes de massa de modelar que representassem espécies mais venenosas (*Micrurus collaris*) teriam menor taxa de ataque do que as que representassem espécies menos venenosas (*Philodryas viridissimus*). Além disso, eu esperava que as réplicas representativas de serpentes não aposemáticas (marrom; de acordo com Brodie, 1993) seriam as mais atacadas. Eu esperava ainda que as extremidades das réplicas fossem mais atacadas do que o meio do corpo, independente da cor, e que os ataques por aves (predadores visualmente orientados) variassem significativamente entre as diferentes

cores enquanto que os dos mamíferos não.

MATERIAIS & MÉTODOS

Realizei o presente estudo em uma área de floresta de terra firme localizada na Reserva do Km 41 (2°24'S; 59°44'O), cerca de 80 km ao norte de Manaus, Amazônia Central. A precipitação média anual é de 2.180 mm, com uma estação seca marcada entre junho e outubro, e a média de temperatura é de 26,7 °C (RADAMBRASIL, 1978).

Confeccionei 390 réplicas de serpentes de massa modelável atóxica (marca Acrilex) com 15 cm de comprimento e 1 cm de diâmetro, de três padrões diferentes de coloração: preto, representativo de *Micrurus collaris*; verde, representativo de *Philodryas viridissimus*; e marrom como réplica de serpente não aposemática.

Coloquei as réplicas em forma de "S" (simulando a posição do corpo de uma serpente em deslocamento), em uma área de borda de floresta, ao longo de 4,3 km da estrada ZF3. Dispus as réplicas em intervalos de 10 m, seguindo a sequência preto, verde e marrom, alternando o lado direito

com o lado esquerdo da estrada, de modo que a distância entre os modelos de um mesmo lado foi de 20 m. Além disso, procurei tornar as réplicas igualmente conspícuas colocando-as sobre a parte abaxial de pedaços de folhas (20 x 10 cm, aproximadamente) da palmeira *Astrocaryum ginacanthum*.

Calculei o tempo total de exposição por padrão multiplicando o número de unidades experimentais pela duração em dias de cada unidade experimental (cf. Martins *et al.*, dados não publicados). Considerei cada dia como sendo uma unidade experimental, de acordo com Brodie (1993). Estes autores sugerem que os predadores não aprendem a reconhecer as réplicas como itens não alimentares, já que em seus estudos não houve alteração nas frequências de ataque, mesmo após as réplicas terem ficado expostas por um longo período (cinco semanas). Vistoriei as réplicas a cada 24 h, ao longo de 72 h. Fotografei as réplicas que apresentaram marcas de ataque para posterior identificação dos prováveis predadores e, em seguida, substituí as réplicas atacadas por réplicas novas e intactas.

Considereei como ataques apenas as marcas deixadas por aves e mamíferos, que são os prováveis predadores de serpentes. Esses ataques deixam marcas bem características nos modelos, em forma de “U” ou “V” no caso de bicadas de aves, ou denteada, no caso de mamíferos (Brodie, 1993). Realizei um qui-quadrado para testar se houve diferença entre a quantidade de ataque por aves e por mamíferos. Como os dados não seguiram as premissas necessárias do qui-quadrado, utilizei um teste G para testar se aves e mamíferos atacaram alguma cor preferencialmente. Utilizei um teste qui-quadrado para avaliar se houve variação entre as frequências de ataque nas réplicas de diferentes cores. Para testar se houve diferença entre as partes atacadas, realizei outro teste qui-quadrado. Para isso, considereei apenas as marcas deixadas nas extremidades (até 4 cm a partir das pontas da réplica) ou no meio da réplica; excluí dessa análise os modelos que apresentaram marcas em ambas as partes.

RESULTADOS

Não encontrei diferença entre a frequência de ataque por aves e por mamíferos entre todos os modelos ($\chi^2 = 2,673$; g.l. = 2, $p = 0,263$), e nem

entre os modelos de diferentes cores ($G = 2,669$; g.l. = 2; $p = 0,263$; Tabela 1). Assim, para as análises seguintes, considere os ataques de aves e mamíferos em conjunto.

Tabela 1. Quantidade de ataques por aves e mamíferos nos modelos de diferentes cores.

Cor da réplica	Aves	Mamíferos
Preto	9	7
Verde	5	11
Marrom	3	7
Total	17	25

Ao todo, expus 1170 réplicas de serpentes de massa de modelar, 390 por padrão (130 réplicas por padrão, por dia). Encontrei 52 réplicas com marcas de ataque (4,44%), das quais 42 considerei como tendo marcas de ataque por vertebrados (3,59%). Desconsidere as outras dez marcas por não conseguir inferir quais animais foram responsáveis por elas. A

frequência de ataque foi semelhante entre os três padrões de cor ($\chi^2 = 1,714$; g.l. = 2; $p = 0,424$; Tabela 2), e não houve preferência por parte atacada (extremidades ou meio do corpo; $\chi^2 = 2,314$, g.l. = 1; $p = 0,128$; Tabela 2). Sete réplicas (16,7%) apresentaram marcas tanto nas extremidades quanto no meio do corpo.

Tabela 2. Frequência de ataques por cor de réplica e porcentagem de ataque em relação ao total de réplicas expostas. “Extremidade” (até 4 cm a partir das pontas da réplica) e “meio do corpo” dizem respeito à frequência de ataques encontrados em cada parte da réplica. Sete réplicas que apresentaram marcas tanto no meio quanto na extremidade foram desconsideradas.

Cor da réplica	N ataque	Extremidade	Meio do corpo
Preto	16 (4,10%)	11	4
Verde	16 (4,10%)	6	6
Marrom	10 (2,56%)	5	3
Total	42	22	13

DISCUSSÃO

Neste estudo encontrei frequências de ataques por aves e mamíferos semelhantes, assim como em outros estudos realizados no mesmo local (Oliveira-Filho, 1998; Rodrigues, 2005). No entanto, a frequência de ataques às réplicas supostamente aposemáticas não diferiu da frequência de ataques ao controle, diferentemente da maior parte dos estudos conduzidos em

ambientes similares (Tabela 3). Entretanto, os trabalhos disponíveis tratam de réplicas que representam o padrão coral anelado, e não existe nenhum trabalho que tenha avaliado a frequência de ataque a réplicas aposemáticas de uma cor só, dessa forma, talvez os modelos monocromáticos verde e preto não sejam de fato aposemáticos.

Tabela 3. Lista de trabalhos existentes na literatura com réplicas de massa de modelar simulando serpentes e os habitats nos quais estes estudos foram desenvolvidos. Os números são referentes ao total e à porcentagem de ataques encontrado em cada trabalho, por padrão: marrom (controle), padrão coral e outros padrões anelados.

Trabalho	Habitat	Control e	Coral	Outros anelados
Martins <i>et al.</i> (dados não publicados)	Cerrado	74 (6,2%)	11 (0,9%)	23 (1,9%)
Brodie (1993) experimento 1	Floresta úmida	28 (3,4%)	4 (0,5%)	-
Brodie (1993) experimento 2	Floresta úmida	47 (5,2%)	7-13 (0,8 - 1,4%)	4-22 (0,4 - 2,4%)
Hinman <i>et al.</i> (1997)	Floresta úmida	26 (4,3%)	14 (2,3%)	22 (3,7%)
Oliveira - Filho (1998)	Floresta úmida	37 (6,2%)	48 (8,0%)	-
Este estudo	Floresta úmida	12 (3,1%)	16 (4,10%)	-

Uma explicação possível para o fato de o modelo preto ter sido mais atacado do que o esperado pode ter sido devido à ocorrência na área de uma espécie de anelídeo conhecido como minhocoçu, que tem tamanho, cor e forma muito similares à da réplica preta utilizada. Além disso, o fato de *M. collaris* ter hábitos fossoriais, aliado à sua baixa densidade (Martins & Oliveira, 1998), pode fazer com que o encontro entre esta espécie e possíveis predadores seja muito esporádico e insuficiente para que sua cor seja reconhecida como aposemática. Além disso, talvez *M. collaris* seja tão mortal que não permita que ocorra um aprendizado por parte dos predadores, pois todos os predadores que entram em contato com esta espécie morrem.

A questão da réplica de cor verde também ter sido tão atacada quanto as outras é muito interessante, pois, diferentemente de *M. collaris*, *P. viridissimus* têm hábitos arborícolas, e ocorre em maior densidade (Martins & Oliveira, 1998). Assim, talvez os predadores da região reconheçam esse padrão como sendo representativo de uma presa perigosa, porém apenas quando encontrado

sobre árvores. Estudos futuros poderiam levar em consideração a questão do microhabitat do modelo, comparando a frequência de ataque em réplicas de serpentes da cor verde colocadas sobre o solo e sobre a vegetação. Se os predadores de fato reconhecerem essa cor como aposemática apenas na vegetação, eu esperaria que as réplicas colocadas no solo apresentassem maior frequência de ataque do que as colocadas sobre a vegetação.

O fato de não haver diferença entre as partes atacadas reforça ainda mais minha sugestão de que as réplicas utilizadas neste estudo não foram identificadas pelos predadores como presas potencialmente letais. Isso porque este comportamento de atacar preferencialmente as extremidades parece ser uma estratégia de manipulação de presas perigosas (Smith, 1975; Rodrigues, 2005). De fato, dois estudos realizados na mesma área encontraram diferença na frequência de ataque das diferentes regiões do corpo (Oliveira-Filho, 1998; Rodrigues, 2005).

Finalmente, como a maior parte dos predadores de serpentes são

visualmente orientados, o uso de réplicas imóveis poderia levar a uma subestimativa das taxas de ataque (Oliveira-Filho, 1998). Talvez seja necessário que essas serpentes apresentem mais alguma característica indicativa de perigo, como exibições comportamentais, para serem percebidas como presas reais. De fato, muitas espécies não venenosas de colubrídeos exibem comportamentos defensivos que parecem mimetizar espécies venenosas das famílias Elapidae e Viperidae (Marques *et al.*, 2001). Por exemplo, algumas espécies de falsas corais adotam posturas defensivas semelhantes às adotadas por corais verdadeiras, escondendo a cabeça debaixo do corpo, enrodilhando e elevando a cauda. Dessa forma, a cor das réplicas, *per se*, provavelmente não é suficiente para que os predadores reconheçam as réplicas como serpentes.

AGRADECIMENTOS

Antes de tudo, agradeço ao Glauco e ao Zé pela oportunidade mais do que especial, por me fazer sentir muito querida nesse mês incrível passado neste lugar

maravilhoso! Uma experiência surreal... Um muitíssimo obrigada ao Bruno pela ajuda no primeiro (e pior!) dia de campo, durante a colocação das cobrinhas, e pelas conversas e muitas ajudas em relatórios. Ao Paulo, ao Glauco, e à Letícia pela companhia e ajuda na vistoria e retirada das massinhas da estrada, debaixo do sol. A todo mundo que torceu para que os passarinhos atacassem as cobrinhas. À Angela pelas valiosas sugestões neste relatório. Aos incríveis amigos feitos “nestes meses” de curso, que tornaram todas quartas feiras muito mais alegres e fáceis de encarar. Valeu mesmo!!! Em especial à querida Helô, foi ótimo morar com você de novo; à Sabrina pela companhia constante; à Lelê pelas tardes divertidíssimas e alegria incondicional. Obrigada a todos os professores que passaram pelo curso; Cintia pelas mungubas, Jorge pelos camarões e Paulinho pelos hemípteros (ou homópteros?). Ao Dé por me passar um pouco de sua paixão pela Amazônia. À Dona Eduarda e à Lu, Alex e Léo, sem os quais nada disso seria possível. Por último, mas não menos importante, agradeço imensamente ao meu irmãozinho, Pedro, por ter feito

comigo a maior parte das cobrinhas, e ao Murilo e meus pais pela ajuda nos preparativos. À Paulinha que tanto me ajudou com a papelada e ao Marcio pelas conversas que deram origem a este trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Begon, M.; C.L. Townsend & J.L. Harper. 2006. *Ecology: from Individuals to Ecosystems*. Blackwell Publishing, Malden.
- Brodie, E.D. & E.D. Jr. Brodie. 2004. Venomous snake mimicry, pp. 617-633. Em: *The Venomous Reptiles of the Western Hemisphere* (J.A. Campbell & W.W. Lamar, eds.). Cornell University Press, Ithaca.
- Brodie, E.D. 1993. Differential avoidance of coral snake banded patterns by free-ranging avian predators in Costa Rica. *Evolution*, 47: 227-235.
- Campbell, J.A. & W.W. Lamar. 2004. *The Venomous Reptiles of Western Hemisphere*. Cornell University Press, Ithaca.
- Cope, E.D. 1860. Catalogue of the Colubridae in the Museum of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia, with notes and descriptions of new species. *Proceedings of the Academy of Natural Sciences, Philadelphia*, 12: 241-266.
- Greene, H.W. & R.W. McDiarmid. 2005. Wallace and Savage: heroes, theories, and venomous snake mimicry, pp. 190-208. Em: *Ecology and Evolution in the Tropics: A Herpetological Perspective* (M.A. Donnelly, B.I. Crother, C. Guyer & M.H. Wake, eds.). University of Chicago Press, Chicago.
- Hinman, K.E.; H.L. Throop; K.L. Adams; A.J. Dake; K.K. McLauchlan & M. McKone. 1997. Predation by free-ranging birds on partial coral snake mimics: the importance of ring width and color. *Evolution*, 51: 1011-1014.
- Marques, O.A.V.; A. Eterovic & I. Sazima. 2001. *Serpentes da Mata Atlântica: Guia Ilustrado*. Editora Holos, Ribeirão Preto.
- Martins, M. & M.E. Oliveira. 1998. Natural history of snakes in forests of the Manaus region, Central Amazonia, Brazil. *Herpetological Natural History*, 6: 78-150.

- Oliveira-Filho, F.J.B. 1998. Sistemas miméticos de cobra coral para evitar a predação. Em: Livro do curso de campo “Ecologia da Floresta Amazônica” (A. Scariot & E. Venticinque, eds.). PDBFF/INPA, Manaus.
- Pfening, D.W.; W.R. Harcombe & K.S. Pfening. 2000. Frequency-dependent Batesian mimicry. *Nature*, 410: 323.
- RADAMBRASIL. 1978. Levantamento de Recursos Naturais, vols 1-18. Ministério de Minas e Energia, Departamento Nacional de Produção Mineral, Rio de Janeiro.
- Rodrigues, M.G. 2005. A triangulação da cabeça diminui a chance de predação em serpentes? Livro do curso de campo “Ecologia da Floresta Amazônica” (J.L.C. Camargo & G. Machado, eds.). PDBFF/INPA, Manaus.
- Smith, S.M. 1975. Innate recognition of coral snake pattern by a possible avian predator. *Science*, 187: 759-760.
- Wallace, A.R. 1867. *Contributions on the Theory of Natural Selection*. Macmillan & Co., London.