



Seleção de micro-habitat e correspondência com o pano de fundo facilitam a camuflagem da aranha *Arachosia* sp. (Anyphaenidae) em sua planta hospedeira?

Palavras-Chave: coloração animal, ecologia sensorial, interação animal-plantas

Autores(as):

Pedro Danel de Souza Ugarte (autor) [UNICAMP]
Anna Luiza Oliveira Martins (coautora) [UNICAMP]
Felipe Capoccia Coelho (coautor) [UNICAMP]
Júlia Mendes Pereira Checchinato (coautora) [UNICAMP]
Luisa Pucci Suzuki (coautora) [UNICAMP]
Natascha Kelly Alves Scarabelo (coautora) [UNICAMP]
Pedro Quinellato Dantas (coautor) [UNICAMP]
Me. Brenda Kelly Souza Santiago (co-orientadora) [UNICAMP]
Dr. Yuri Fanchini Messas (co-orientador) [UNICAMP]
Prof. Dr. João Vasconcellos Neto (orientador) [UNICAMP]

INTRODUÇÃO:

A redução da conspicuidade por meio de padrões de coloração crípticos é uma das principais estratégias utilizadas por animais para evitar a predação por organismos visualmente orientados (Cott, 1940; Troscianko *et al.* 2016). Dentre estas estratégias, a camuflagem por meio da correspondência com o pano de fundo (*background matching*) é amplamente difundida no Reino Animal e ocorre quando organismos previnem a detecção por possuir coloração, brilho e/ou padrões corpóreos que se assemelham aos de seus substratos (Stevens & Merilaita, 2011). Embora esteja na categoria de defesas passivas, a camuflagem pode estar associada a comportamentos ativos que aumentam ainda mais a cripticidade da presa (Stevens & Merilaita, 2011; Ruxton *et al.* 2004).

As plantas usadas pelos animais como substrato raramente apresentam coloração homogênea, de maneira que uma mesma planta pode conter diferentes estruturas que variam em padrões de coloração (Viana *et al.* 2022). A planta “sempre-viva Capipoatinga” *Paepalanthus bromelioides* Silveira (Eriocaulaceae) é típica de campos rupestres brasileiros e apresenta gradiente de cor ao longo das folhas, com tons que variam de verde (folhas novas e vivas) e marrom (folhas velhas e mortas), fornecendo um substrato heterogêneo para animais associados à planta (obs. pess.). Desta forma, esta espécie constitui um sistema de estudo promissor para estudos sobre coloração animal.

A estrutura complexa de roseta de *P. bromelioides* permite uma gama de locais para fuga de predadores (Rubio & Ramírez, 2015; Jolivet & Vasconcellos-Neto, 1993). A aranha *Arachosia proseni* (Mello-Leitão 1944) (Anyphaenidae), por exemplo, é um organismo que forrageia sobre as folhas desta planta, utilizando a planta-hospedeira também como sítio reprodução e refúgio contra predadores. Dependendo da altura na qual a aranha se localiza, seja antes ou após a movimentação de fuga, a aranha pode escolher como posição de repouso folhas de diferentes colorações, que podem ou não auxiliar na detecção por inimigos naturais. Entretanto, não há estudos experimentais que testem a capacidade de escolha de substrato pelas aranhas, o nível da correspondência das aranhas com as folhas da planta-hospedeira, tampouco a eficiência da camuflagem como mecanismo anti-predatório.

Deste modo, nesse estudo combinamos a análise de imagens digitais e experimentos de campo para investigar (i) se existe variação de cor (i.e., polimorfismo cromático) entre indivíduos da aranha *A. proseni*, (ii) se as aranhas se encontram camufladas sobre as folhas de *P. bromelioides* sob o ponto de vista humano, bem como (iii) para testar se a escolha de micro-habitat pelas aranhas aumenta sua capacidade de enganar predadores, facilitando a camuflagem.

Temos como hipóteses que (i) *A. proseni* apresenta polimorfismo cromático, com indivíduos que variam em cor de acordo com a variação de cor das folhas (i.e., com tons verdes, amarelos e marrons). Também acreditamos

que (ii) haverá alta semelhança entre a coloração dos diferentes morfotipos da aranha e as folhas de *P. bromelioides*. Por fim, supomos que (iii) as *A. proseni* têm a capacidade de selecionar seu micro-habitats de acordo com sua própria coloração, buscando repousar em folhas com cores correspondentes.

METODOLOGIA:

Conduzimos o presente trabalho na Serra do Cipó (MG – Brasil) no período de 10 a 12 de maio de 2023. A Serra do Cipó possui diversas fitofisionomias (e.g., campos rupestres e campos sujos) e apresenta alto grau de endemismo, sendo uma área prioritária para conservação. Observamos alta densidade de *P. bromelioides*, bem como de aranhas *Arachosia* associadas à planta, em uma área de campo rupestre localizada no município de Santana do Riacho (19°17'40.8"S, 43°35'56.5"O) onde realizamos nossas coletas de dados.

Para testar a hipótese (i), realizamos busca visual pelas aranhas no período diurno (8–16h) e fotografamos cada indivíduo em sua posição de repouso utilizando uma câmera DSLR acoplada a uma objetiva 100 mm para macro fotografia. Após isto, coletamos os indivíduos e os armazenamos em potes plásticos. Adicionalmente, para o teste de hipótese (ii), coletamos e fotografamos três folhas (verde, amarela e marrom) de plantas *P. bromelioides* (N = 5), com a finalidade de amostrar a variação de cores fornecida pela planta como substrato para as aranhas.



Figura 1. Fotos dos indivíduos da aranha *Arachosia proseni* utilizados nas análises de cor sobre folhas da *Paepalanthus bromelioides*. A-C indivíduos classificados como pertencentes ao morfotipo marrom e D-F amarelo.



Figura 2. Fotos dos três padrões de coloração das folhas de quatro plantas *Paepalanthus bromelioides*. Folhas classificadas como A-D amarelada, E-H marrom e I-L verde.

Finalmente, usamos as aranhas coletadas para testar a capacidade de escolha de substrato com diferentes cores por *A. proseni* (hipótese iii). Para isso, criamos arenas de escolha que consistiam em potes plásticos contendo três folhas (verde, amarela e marrom) de mesmo tamanho. Submetemos sete aranhas, um indivíduo em cada arena, ao experimento de escolha pelo período de cinco minutos. Ao fim do experimento anotamos a cor do substrato escolhido.

Para analisar as cores das folhas e das aranhas, utilizamos o pacote *Recolorize* 0.1.0v (Weller et al., 2022) no software R 4.3.0v (R Core Team, 2023). Com este método obtivemos uma paleta de cores simplificada das três cores predominantes cores para cada aranha e para cada folha.

Para testar a hipótese (ii), aplicamos a análise de componentes principais (PCA) para comparar os valores atribuídos a cada cor da paleta dos indivíduos de *A. proseni* e das folhas de *P. bromelioides*. No gráfico, as cores de cada paleta representam os vértices de um polígono, que por sua vez representa a variação de cores que cada morfotipo pode apresentar dentro dessa paleta. Em relação às hipóteses (i) e (iii), realizamos testes G comparando a proporção esperada com a proporção obtida no estudo. É importante pontuar que consideramos que cada morfotipo

estaria distribuído de maneira igual entre os indivíduos coletados, e que cada um conseguiria sempre escolher o substrato que mais se aproximasse da cor do seu morfotipo (e.g., morfotipo verde com a folha verde, morfotipo amarelo – folha amarela e assim por diante).

RESULTADOS E DISCUSSÃO:

Ao todo coletamos sete indivíduos de *A. proseni*, os quais classificamos como morfotipo amarelo. Não encontramos indivíduos verdes, mas realizamos registros fotográficos de três aranhas com coloração marrom (Fig. 1). Desta forma, a frequência observada de morfotipos foi significativamente diferente da proporção esperada ao acaso ($p < 0.001$). Também obtivemos diferenças nas frequências de escolha de substrato pelas aranhas, visto que quatro aranhas selecionaram folhas verdes como substrato de repouso, enquanto duas escolheram folhas marrons e apenas uma repousou em folha amarela ($p < 0.0001$).

Para a análise de cor, selecionamos as seis melhores fotografias de aranhas, três de indivíduos amarelos e três de indivíduos marrons (Fig. 1), bem como de folhas marrons, amarelas e verdes pertencentes a cinco plantas de *P. bromelioides* (Fig. 2). Obtivemos, então, cinco paletas de cores (folhas verdes, Fig. 3A; folhas amarelas, Fig. 3B; folhas marrons, Fig. 3C; aranhas amarelas, Fig. 3D; e aranhas marrons, Fig. 3E). Embora visualmente as paletas das aranhas pareçam semelhantes, a análise de PCA (Fig. 4) mostra claramente que os espaços ocupados pelas paletas dos morfotipos marrom e amarelo não se sobrepõem. Além disso, o espaço ocupado pelo morfotipo marrom se sobrepõe com uma porção do espaço da folha de cor amarelada de *P. bromelioides* e, curiosamente, com o espaço da folha de cor verde em maior área que a anterior. Também é clara a elevada diferença entre as cores reconhecidas pelo algoritmo na paleta do morfotipo amarelo, formando o maior polígono entre as paletas obtidas. Além de não se sobreporem com o morfotipo marrom, seu polígono encontra-se distante do espaço ocupado pelas cores de folha da *P. bromelioides*, não havendo sobreposição alguma. Em relação às cores das folhas de *P. bromelioides* nota-se que a paleta das folhas marrons é a única que não se sobrepõe com o espaço ocupado da paleta do morfotipo marrom da *A. proseni*, mas sim com o espaço da folha verde em pequena escala (Fig. 4). Observamos também o espaço ocupado pelas folhas verdes e amarelas se sobrepondo em grande área.

A ausência de indivíduos do morfotipo verde pode estar relacionada à mudança de coloração ontogenética das aranhas, visto que encontramos apenas aranhas em estágios avançados de desenvolvimento. Desta forma, é

possível que a presença de cores verdes ocorra apenas em aranhas em estágios jovens e juvenis. A mudança de cor ontogenética é caracterizada por ser irreversível, relacionada aos processos de ecdise, e está presente em muitas espécies de aranhas (Holl, 1987). Como aranhas em estágios imaturos dificilmente são identificadas, esse tipo de mudança de coloração não é tão bem notificado (Graf & Nentwing, 2001). Diante disso, a maior compreensão da sazonalidade no ciclo de vida de *A. proseni* é essencial para compreender a camuflagem de nosso sistema de estudo.

O fato do morfotipo amarelo possuir um polígono maior pode ser reflexo do estágio de desenvolvimento intermediário (de quinto a sétimo instar) que esse morfotipo representa. Como a mudança no padrão de coloração pode ser gradual, essa maior abrangência também pode estar relacionada com a fenologia da planta-hospedeira, bem como diferentes pressões seletivas exercidas pelos predadores ao longo do ano. Para isso, também é importante o estudo do ciclo de vida e das fases de desenvolvimento de *A. proseni* para que possamos determinar com precisão os instares das aranhas. A sobreposição de polígonos das folhas verdes e amarelas refletem uma paleta de cores mais abrangente, que permite a

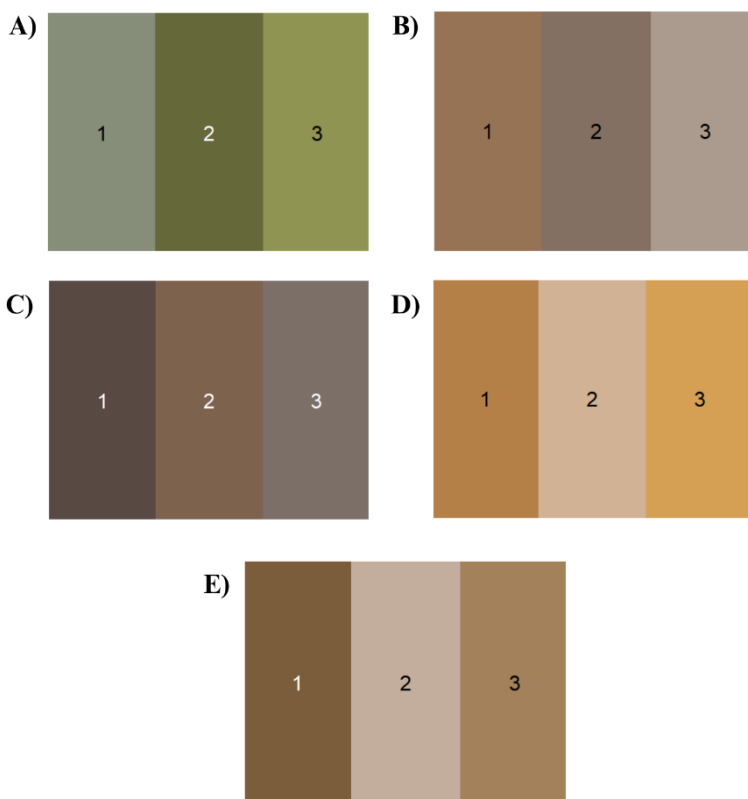


Figura 3. Paletas das três principais cores de folhas da planta *Paepalanthus bromelioides* e morfotipos da aranha *Arachosia proseni*. **A** Paleta de cores das folhas verdes, **B** amarelas, e **C** marrons, e de aranhas **D** do morfotipo amarelo e **E** do morfotipo marrom.

camuflagem de um mesmo morfotipo de aranha em folhas de diferentes colorações. O mesmo pode ser pressuposto para o morfotipo marrom, pois, se a passagem do morfotipo amarelo para marrom também ocorrer de forma gradual, isso irá resultar em um maior espectro de cores. Compreender se a variação de cor intraespecífica de *A. proseni* pode ser considerada como um polimorfismo (Geyer, 1967) será essencial para aprofundar no estudo da ecologia da cor desta interação aranha-planta.

Nosso estudo ainda está restrito a testes relacionados à estratégia de correspondência de pano de fundo, mas estudos futuros podem levando em conta outras possíveis estratégias de camuflagem, como a disrupção, os padrões listrados das pernas de alguns indivíduos podem quebrar o contorno do corpo do animal (Fig. 1 B, E e F). O fato do espaço ocupado pelo morfotipo amarelo estar distante de todos os outros sugere uma estratégia diferente da testada nesse estudo, ao menos para o espectro de visão humana. Então, é necessário ressaltar que analisamos a coloração apenas do abdômen e cefalotórax em relação ao espectro de visão humana, não levando em conta outras estruturas da aranha e tampouco a cor sob a visão dos predadores das aranhas, como as aves, que apresentam visão tetracromática e enxergam o espectro de comprimento de ondas ultravioleta, o que poderia alterar os resultados obtidos.

Nossas observações de campo mostraram que *A. proseni* usualmente repousa em folhas verdes ou amareladas e são raramente encontradas em folhas marrons. Apesar disso, não obtivemos resultados experimentais que demonstrem capacidade de escolha de substrato pelas aranhas com base na correspondência de cor com as folhas, contrariando a hipótese (iii). A mudança de cor ontogenética somada a escolha ativa de substratos de baixo contraste são adaptações que melhoram a camuflagem (De Alcantara Viana *et al.* 2022), o que nos faz acreditar que nossos resultados podem ser reflexo da execução do experimento sem estratificação da coloração das folhas de *P. bromelioides* (da periferia, folhas marrons, para o centro, folhas verdes)

CONCLUSÕES:

O presente estudo refuta nossa hipótese de que há semelhança entre as colorações de *A. proseni* com as folhas de *P. bromelioides*. É importante ressaltar que se trata de um estudo preliminar e que as análises de cor foram realizadas com poucos indivíduos. Além disso, abordagem analítica que utilizamos é complexa e o

algoritmo é passível de erros durante a identificação das cores. Assim, para compreender melhor se há ou não camuflagem, detectamos a necessidade de modificações no design metodológico de nosso estudo, como o aumento do número amostral de aranhas e folhas, alteração no desenho do experimento de escolha de substrato (arenas com folhas verticais para que correspondam mais adequadamente ao substrato natural das aranhas, além de maior tempo para que a aranha possa realizar a escolha) e análise de fotografias multiespectrais que incluam a faixa de comprimentos de onda ultravioletas, com posterior modelagem para o sistema de visão de predadores (aves e lagartos), para que possamos quantificar o nível de camuflagem (*background matching*) e disrupção entre as aranhas

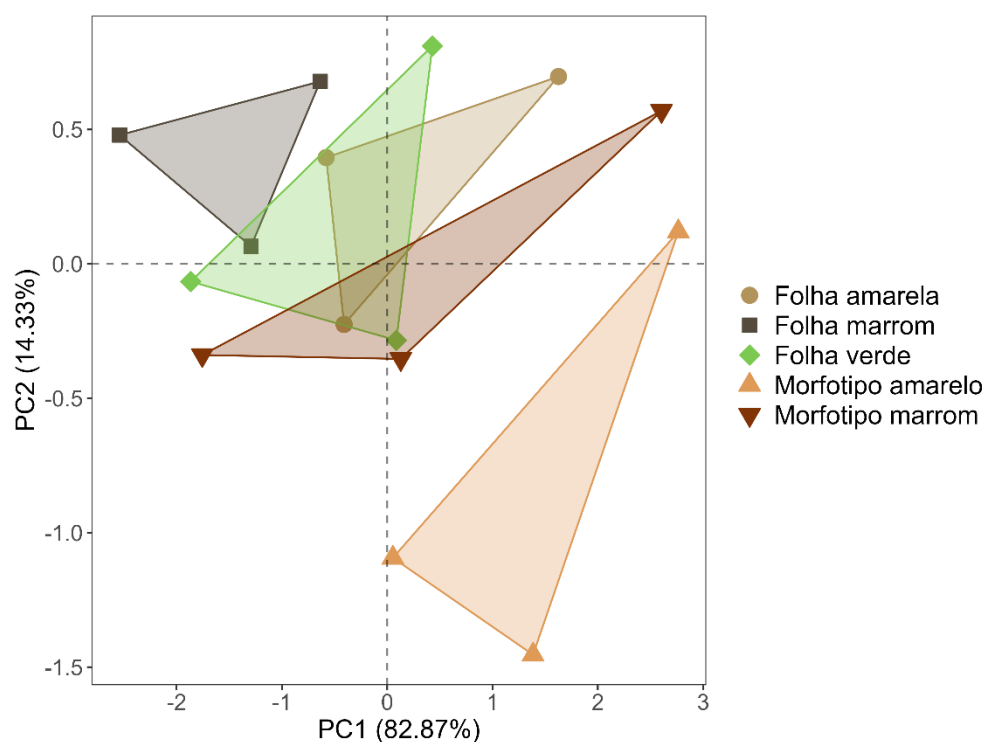


Figura 4. Espaço ocupado pelas cores das paletas das folhas de *Paepalanthus bromelioides* e de morfotipos da aranha *Arachosia proseni* por meio de Análise de Componentes Principais ($n = 15$ cores, PCA, variação explicada pelo eixo 1 = 14.33% e eixo 2 = 82.87%). Os vértices de cada polígono representam as três principais cores da paleta obtida e o preenchimento do polígono representa o possível espaço ocupado por outras cores. Círculos e preenchimento marrom claros representam todas as possíveis cores da folha amarela, quadrados e preenchimento cinza escuros representam todas as possíveis cores da folha marrom, diamantes e preenchimento verdes representam todas as possíveis cores da folha verde, triângulos e preenchimento laranjas representam todas as possíveis cores do morfotipo amarelo e triângulos de cabeça para baixo e preenchimento marrons escuro representam todas as possíveis cores do morfotipo marrom.

e a planta sob a percepção visual de seus inimigos naturais. Não podemos descartar o fato de que algumas aranhas são capazes de mudar de cor ao longo de dias (entre ecdises), hipótese alternativa que poderia ser testada por meio de um experimento em que as aranhas seriam submetidas a substratos com diferentes colorações. Adicionalmente, a realização de um experimento de predação, seja em campo com o uso de modelos da aranha, seja em laboratório utilizando predadores reais, poderia auxiliar a testar a eficiência da camuflagem de *A. proseni* em *P. bromelioides*. Em síntese, o presente estudo é uma aproximação inicial a um sistema promissor e altamente complexo de interações entre animais e plantas que envolve múltiplos níveis tróficos, com diferentes sistemas visuais e mecanismos relacionados à biologia da cor.

AGRADECIMENTOS:

Agradecemos a Secretaria de Graduação do Instituto de Biologia da Unicamp, que viabilizou a realização da disciplina Ecologia Animal no Campo (BE782), durante a qual este estudo foi realizado.

BIBLIOGRAFIA

- Cott H. B. Adaptive coloration in animals. Oxford, 1940.
- Geyer T. Polymorphism in the Spider, *Theridion ovatum*. *Nature*, 213(5073), 314-314, 1967.
- Graf B., Nentwig, W. Ontogenetic change in coloration and web-building behavior in the tropical spider *Eriophora fuliginea* (Araneae, Araneidae). *The Journal of Arachnology*, 29(1), 104-110, 2001.
- Holl A. Coloration and Chromes. *Ecophysiology of spiders*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, p. 16-25, 1987.
- Jolivet P., Vasconcellos-Neto J. Convergence chez les plantes carnivores. *La Recherche*, 24, 456-458, 1993.
- Ruxton G. D., Sherratt T. N., Speed M.P. *Avoiding Attack.: the evolutionary ecology of crypsis, warning signals and mimicry*. Oxford University Press, Oxford, 2004.
- Troscianko J., Wilson-Aggarwal J., Stevens M., Spottiswoode C.N. Camouflage predicts survival in ground-nesting birds. *Scientific Reports*, 6(1), 19966, 2016.
- Stevens M., Merilaita S. *Animal camouflage: mechanisms and function*. New York: Cambridge University Press, 2011.
- Rubio G. D., Ramírez, M. Taxonomic revision of the American spider genus *Arachosia* (Araneae: Anyphaenidae). *Zootaxa*, 3932(1), 1-105, 2015.
- R Core Team. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2023. <https://www.R-project.org/>. (Data de acesso: 25/05/2023).
- Viana J. V. A., Brito V. L. G., Melo C. Colour matching by arthropods in burned and unburned backgrounds in a Neotropical savanna. *Austral Ecology*, 47(7), 1427-1437, 2022.
- Weller H. I., Van Belleghem S. M., Hiller A. E., Lord N. P. Flexible color segmentation of biological images with the R package recolorize. *bioRxiv* 2022.04.03. 486906.