

Anéis miméticos de borboletas da Serra do Japi e sua comparação com diferentes florestas Neotropicais.

Palavras-Chave: Lepidoptera, mimetismo, mata atlântica, coloração

Autores/as: Thyelen Engel De Jesus [UNICAMP]

Prof.º Dr. André Victor Lucci Freitas (orientador) [UNICAMP]

M.ª Luísa Lima e Mota (co-orientadora) [UNICAMP]

1. INTRODUÇÃO

A coloração das asas dos insetos da ordem Lepidoptera desempenham diversas funções, incluindo diversas estratégias para escapar/advertir predadores (Wallace, 1878; Poulton, 1890; Cott, 1940). Uma destas estratégias é o mimetismo, onde uma espécie (mímico) imita as características de uma outra que é evitada pelos predadores (modelo), de modo que o predador irá reconhecer o imitador e entendê-lo como o modelo (Vane-Wright, 1976). Há dois tipos principais de mimetismo, o batesiano (Bates, 1862) onde o modelo é considerado impalatável e os outros envolvidos são palatáveis, e o modelo mülleriano (Müller, 1879) onde todos os indivíduos são impalatáveis, convergindo para uma coloração semelhante. As espécies que possuem uma coloração parecida fazem parte do que conhecemos como “anel mimético”, sendo esse, portanto, definido como grupos de espécies com diferentes graus de impalatabilidade, juntamente com espécies palatáveis, que convergiram para um mesmo padrão de coloração (Mallet & Gilbert, 1995).

Na teoria, espera-se que todas as espécies envolvidas em mimetismo em uma mesma comunidade deveriam convergir para um único padrão, facilitando o aprendizado do predador. Porém em borboletas tropicais vemos comumente diferentes anéis miméticos ocorrendo juntos (Papageorgis, 1975; Beccaloni, 1997a). Uma hipótese para explicar tal fenômeno é que esses anéis miméticos podem estar relacionados a estratos florestais e preferência por diferentes micro-habitats (Papageorgis, 1975; Beccaloni, 1997b; DeVries et al., 1999; Willmott et al., 2017), podendo ser dependentes da luminosidade, temperatura, presença de plantas hospedeiras (Papageorgis, 1975; Beccaloni, 1997b) ou locais de agregação noturna (Mallet & Gilbert, 1995), podendo estar relacionados também à proporção de especialistas e generalistas (Birskis-Barros et al., 2021).

Poucos trabalhos, no entanto, descrevem quais são os diferentes anéis miméticos que ocorrem em simpatria, sendo alguns exemplos disponíveis para comunidades de borboletas no Peru (Papageorgis, 1975), Equador (Beccaloni, 1997a,b, e DeVries et al., 1999) e Costa Rica (DeVries, 1987). Diante disso, o presente trabalho foi realizado com o intuito de identificar e ilustrar os anéis miméticos presentes em um remanescente da Mata Atlântica, e compará-los com os encontrados nessas outras florestas neotropicais.

2. METODOLOGIA

2.1 Área de estudo

A comunidade de borboletas estudada foi a da Serra do Japi, localizada no município de Jundiá, estado de São Paulo. Sendo essa região considerada um dos maiores remanescentes de Mata Atlântica do interior do estado, a sua flora e fauna são bem representativas do que existia na região sudeste do Brasil antes da colonização (Morellato 1992), possuindo grande diversificação de vegetação e de clima devido a sua variação de altitude (700 a 1.300m) (Morellato & Leitão-Filho, 1992). O clima é estacional, uma época do ano quente e úmida (outubro a março) e outra fria e seca (abril a setembro) (Morellato & Leitão-Filho 1992; Lombardi et al., 2012).

2.2 Identificação dos anéis miméticos e ilustração

As espécies participantes de anéis miméticos da Serra do Japi foram identificadas a partir da lista ilustrada de espécies feita por Brown, 1992, sendo consideradas como miméticas entre si aquelas visualmente semelhantes (incluindo aquelas mencionadas como miméticas em trabalhos anteriores). Diferentes padrões de coloração foram aqui definidos como anéis miméticos distintos.

Foram realizados desenhos, a mão, de uma espécie representativa de cada um dos anéis miméticos identificados anteriormente. A preferência foi para uma espécie presumivelmente modelo de cada um dos anéis, de acordo com a literatura. As fotos de cada desenho foram tratadas e agrupadas através do software GIMP (GNU Image Manipulation Program).

3. RESULTADOS

No total, 84 espécies de borboletas da Serra do Japi foram definidas como participante de 15 diferentes anéis miméticos (Fig. 1). No presente estudo, cada anel mimético será nominado pelo epíteto específico ou subespecífico da espécie escolhida para representar e ilustrar cada um, a saber: 1) polystictus; 2) agavus; 3) polydamas; 4) nephalion; 5) themisto; 6) hymenaea; 7) carlia; 8) erippus; 9) carycina; 10) mamita; 11) alcionea; 12) apseudes; 13) narcaea; 14) phyllis; e 15) wernickei.

As espécies envolvidas nos anéis miméticos pertencem às famílias Nymphalidae (63 espécies), Papilionidae (17 espécies) e Pieridae (4 espécies). As subfamílias com maior número de participantes são Danainae (29 espécies), Heliconiinae (26 espécies) e Papilioninae (17 espécies), e as tribos com mais participantes são Ithomiini (25 espécies), Heliconiini (14 espécies) e Acraeini (11 espécies). Os anéis miméticos com maior riqueza de espécies são narcaea com 16 espécies, hymenaea e carlia, sendo esses dois últimos compostos por borboletas transparentes havendo nesses dois, no total, 13 espécies. Os de menor riqueza são erippus e wernickei, ambos com somente duas espécies participantes.

4. DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

Os anéis miméticos descritos para a Serra do Japi demonstram que existe uma grande variação no padrão de coloração entre eles, com as espécies participantes pertencendo a famílias, gêneros e tribos diferentes, como já indicado por Brown & Benson (1974), Brown (1979) e Beccaloni (1997a,b). Apesar dessa grande variedade na coloração, podemos perceber uma predominância grande de cores mais quentes como o laranja e o amarelo, estando presente em 8 dos 15 anéis miméticos, a saber: themisto, hymenaea, carlia, erippus, carycina, mamita, alcionea, narcaea e phyllis. Ainda existindo a aparição da coloração mais quente como o vermelho, mesmo que em pequenos detalhes, como nos anéis polystictus, polydamas, nephalion, apseudes e phyllis, sendo esse mais predominante no anel agavus. É possível que esse tipo de coloração ocorra devido ao fato dela ser percebida de uma maneira mais ágil, pois transmite um sinal mais claro ao predador, se destacando com maior facilidade em ambientes heterogêneos com variações de luzes (Osorio & Vorobyev, 2005). A presença do preto também é notória, estando presente em todos os anéis

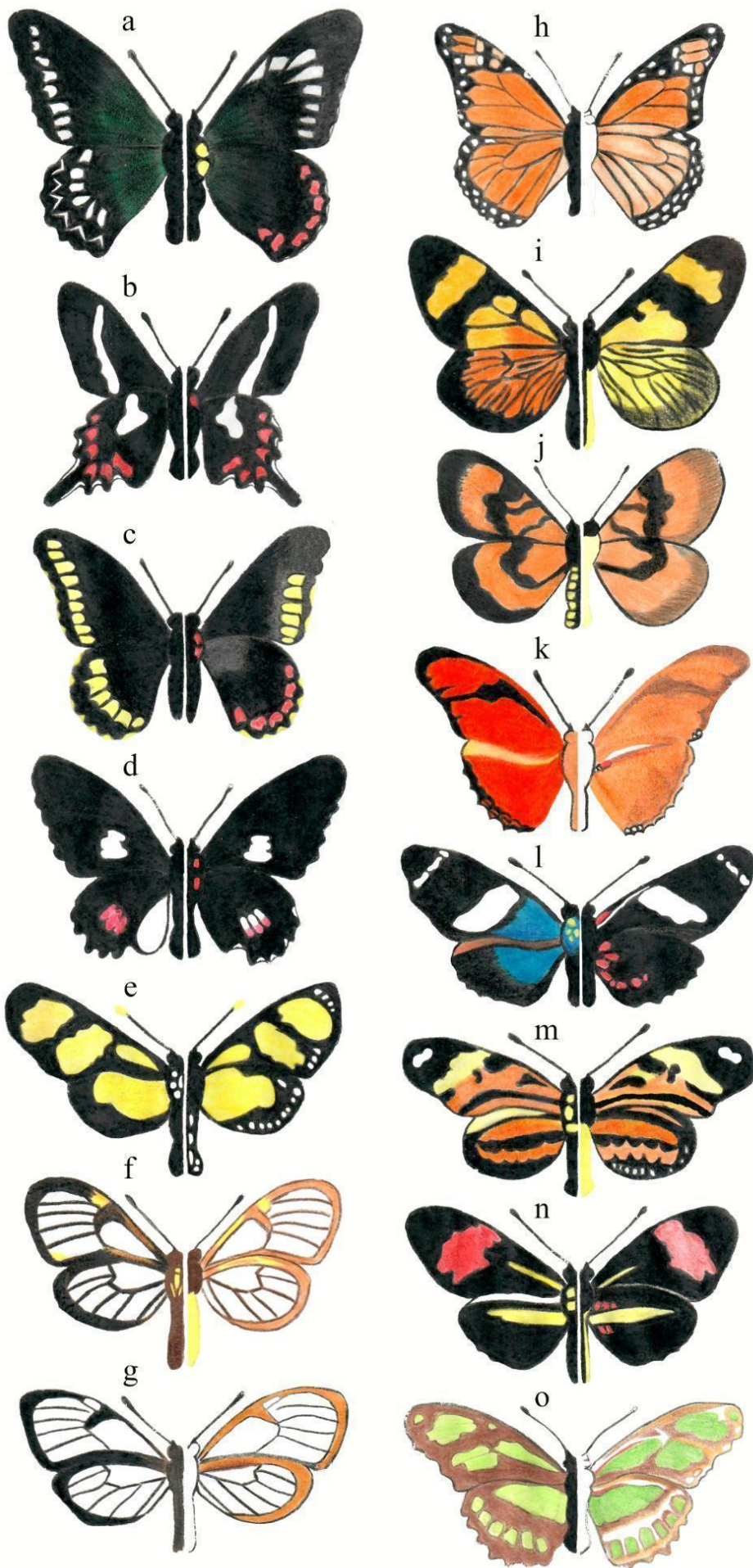


Figura 1 (pg. 3): Desenhos representativos de um participante de cada anel mimético presentes na Serra do Japi e o nome do padrão (entre parênteses): a) *Battus polystictus polystictus* (polystictus); b) *Parides agavus* (agavus); c) *Battus polydamas polydamas* (polydamas); d) *Parides anchises nephalion* (nephalion); e) *Methona themisto* (themisto); f) *Episcada hymenaea hymenaea* (hymenaea); g) *Pteronymia carlia* (carlia); h) *Danaus erippus* (erippus); i) *Actinote carycina* (carycina); j) *Actinote mamita* (mamita); k) *Dryas iulia alcionea* (alcionea); l) *Heliconius sara apseudes* (apseudes); m) *Heliconius ethilla narcaea* (arcaeae); n) *Heliconius erato phyllis* (phyllis); o) *Philaethria wernickei* (wernickei). Os desenhos não estão na mesma escala.

miméticos apresentados neste trabalho; essa predominância do preto pode ser devida ao fato de que o preto pode vir a dar um maior destaque para as outras cores também observadas, tornando-as mais conspícuas, sendo importante pois os predadores demonstram maior aversão a padrões conspícuos (Ruxton, et al. 2009; Schuler & Hesse, 1985).

Como encontrado em regiões do Equador e do Peru, a tribo Ithomiini é a que possui maior número de espécies envolvidas em anéis miméticos (Papageorgis, 1975; Beccaloni, 1997a). Além disso, os três anéis miméticos com maior riqueza são, justamente, três dos quatro em que essa tribo é encontrada, demonstrando a importância dos Ithomiini nas comunidades de borboletas miméticas em florestas neotropicais. Dentre esses três anéis miméticos mais ricos, narcaea possui coloração laranja, preta e amarela, e hymenaea e carlia são predominantemente transparentes. Anéis miméticos bastante parecidos também estão entre os mais ricos encontrados nas outras regiões estudadas. Apesar disso, pequenas diferenças podem ser encontradas: Por exemplo, narcaea possui uma mancha arredondada clara na região apical, o que está ausente nos anéis chamados de “tigrados” nas outras comunidades citadas. Alguns anéis menos ricos, como alcionea e apseudes, também são muito semelhantes aos encontrados por Papageorgis (1975), tendo uma distribuição muito ampla. Chama também a atenção a importância do gênero *Actinote*, participando de 2 anéis miméticos com 11 espécies ao todo, e dos Papilionidae, com 13 espécies distribuídas em quatro anéis miméticos. Infelizmente, esses grupos são menos estudados em relação ao mimetismo do que Ithomiini e Heliconiini, mas o presente trabalho mostra que, ao menos na região estudada, são de grande relevância entre as borboletas miméticas.

Das 652 espécies de borboletas já registradas na Serra do Japi (Brown, 1992) 84 delas participam de anéis miméticos, sendo equivalente a 12,88% das espécies conhecidas. Devido a essa quantidade considerável de espécies serem participantes podemos afirmar que elas causam uma influência evolutiva e ecológica sobre a comunidade de borboletas local (DeVries et al., 1999). Nesse sentido, a destruição desse habitat pode vir a causar grandes impactos sobre a dinâmica e estrutura de lepidópteros, como evidenciado por Uehara-prado & Freitas (2009) e por DeVries et al. (1999), que discutiu como a perda de plantas, insetos e de predadores traria esse prejuízo já que os complexos miméticos são dependentes da interação entre espécies e seus predadores (Gilbert, 1983; Turner & Mallet, 1996).

Este trabalho, ao que sabemos, é o primeiro a categorizar e ilustrar de forma ampla os diferentes anéis miméticos de borboletas em uma localidade da Mata Atlântica, expandindo o conhecimento sobre essas interações complexas na rica região Neotropical.

5. BIBLIOGRAFIA

- BATES, H. W. (1862) **Contributions to an insect fauna of the Amazon Valley. Lepidoptera: Heliconidae.** Transactions of the Linnean Society of London 23, pág. 495–566.
- BECCALONI, G.W. (1997a) **Ecology, natural history and behaviour of ithomiine butterflies and their mimics in Ecuador (Lepidoptera: Nymphalidae: Ithomiinae).** *Tropical Lepidoptera*. Vo. 8 N° 2, pág. 103 - 124.
- BECCALONI, G.W. (1997b) **Vertical stratification of ithomiine butterfly (Nymphalidae: Ithomiinae) mimicry complexes: the relationship between adult flight height and larval host-plant height.** *Biological Journal of the Linnean Society*. Vo. 62 pág. 313-341.

- BIRSKIS-BARROS, I.; FREITAS, A.V.L. & GUIMARÃES JR., P.R. (2021) **Habitat generalist species constrain the diversity of mimicry rings in heterogeneous habitats.** *Scientific Reports*, Vo. 11, pág. 5072.
- BROWN, K.S. (1979) **Ecologia geográfica e evolução nas florestas neotropicais.** Campinas, Brasil Universidade Estadual de Campinas, Livre de Docência.
- BROWN JUNIOR, K.S. (1992) **Borboletas da serra do Japi: diversidade, habitats, recursos alimentares e variação temporal.** p. 142-187 in Morellato, L.P.C. (ed.). *História Natural da Serra do Japi: ecologia e preservação de uma área florestal no Sudeste do Brasil.* Editora da Unicamp, Campinas.
- BROWN, K.S. & BENSON W.W. (1974) **Adaptive polymorphism associated with multiple Mullerian mimicry in *Heliconius numata* (Lepidoptera: Nymphalidae).** *Biotropica* Vo. 6, pág. 205–228.
- COTT, H.B. (1940) **Adaptive coloration in animals.** London: Methuen Versão on-line.
- DEVRIES, P.J. (1987) *The butterflies of Costa Rica and their natural history: Papilionidae, Pieridae, and Nymphalidae.* Princeton University Press, Princeton.
- DEVRIES, P.J., LANDE, R. & MURRAY, D. (1999) **Associations of co-mimetic ithomiine butterflies on small spatial and temporal scales in a neotropical rainforest.** *Biological Journal of the Linnean Society*. Vo. 67 pág. 73–85.
- GILBERT, L.E. (1983) **Coevolution and mimicry.** In: Futuyma D, Slatkin M. eds. *Coevolution.* Sunderland: Sinauer Associates, pág. 263–281.
- LOMBARDI, J. A.; CARVALHO, C.S.; BIRAL, L.; SAKA, M.N. & HIEDA, S.M. (2012) **Flora vascular da Reserva Biológica Serra do Japi, Jundiá, sudeste do Brasil.** Versão on-line. V. 63 N° 2.
- MALLET, J. & GILBERT, L.E. (1995) **Why are there so many mimicry rings? Correlations between habitat, behaviour and mimicry in *Heliconius* butterflies.** *Biological Journal of the Linnean Society*. Vo. 55, pág. 159–180.
- MORELLATO, L.P.C. (1992) **Introdução.** p. 8-11 in Morellato, L.P.C. (ed.). *História Natural da Serra do Japi: ecologia e preservação de uma área florestal no Sudeste do Brasil.* Editora da Unicamp, Campinas.
- MORELLATO, L.P.C. & LEITÃO-FILHO, H.F. (1992) **Padrões de frutificação e dispersão na Serra do Japi.** p. 112–140 in Morellato, L.P.C. (ed.). *História Natural da Serra do Japi: ecologia e preservação de uma área florestal no Sudeste do Brasil.* Editora da Unicamp, Campinas.
- MÜLLER, F. (1879) ***Ituna* and *Thyridia*: a remarkable case of mimicry in butterflies.** *Transactions of the Entomological Society of London* 1879, pág. 20-29.
- OSORIO, D. & VOROBYEV, M. (2005) **Photoreceptor spectral sensitivities in terrestrial animals: Adaptations for luminance and colour vision.** *Proceedings Biological Sciences/The Royal Society*, Vo. 272, pág. 1745–1752.
- PAPAGEORGIS, C. (1975) **Mimicry in Neotropical Butterflies: Why are there so many different wing-coloration complexes in one place?** *American Scientist*. Vo. 63, N° 5 pág. 522-532.
- POULTON, E.B. (1890) **The colours of animals, their meaning and use, especially considered in the case of insects.** Nova York, D. Appleton and Company, Vo. 67. Versão on-line.
- RUXTON, G. D., SPEED, M. P. & BROOM, M. (2009) **Identifying the ecological conditions that select for intermediate levels of aposematic signalling.** *Evolutionary Ecology*, Vo. 23, pág. 491–501
- SCHULER, W. & HESSE, E. (1985) **On the function of warning coloration: A black and yellow pattern inhibits prey-attack by naive domestic chicks.** *Behavioral Ecology and Sociobiology*, Vo. 16, pág. 249–255.
- TURNER, J.R.G. & MALLET, J.B. (1996) **Did forest islands drive the diversity of warningly coloured butterflies? Biotic drift and the shifting balance.** *Philosophical Transactions of the Royal Society* Vo. B351 pág. 835–845.
- UEHARA-PRADO, M. & FREITAS, A.V.L. (2009) **The effect of rainforest fragmentation on species diversity and mimicry ring composition of ithomiine butterflies.** *Insect Conservation and Diversity* Vo. 2 pág. 23–28.
- VANE-WRIGHT, R.I. (1980) **On the definition of mimicry.** *Biological Journal of the Linnean Society*. Vo. 13 p. 1-6.
- WALLACE, A.R. (1878) **Tropical Nature and Other Essays.** Londres: Macmillan. Versão on-line.
- WILLMOT, K.R.; ROBINSON WILLMOTT, J.C.; ELIAS, M. & JIGGINS, C.D. (2017) **Maintaining mimicry diversity: optimal warning colour patterns differ among microhabitats in Amazonian clearwing butterflies.** *The royal society*, Vo. 284.