

## PLASTICIDADE FENOTÍPICA DE DROSOFILÍDEOS GENERALISTAS (DIPTERA, DROSOPHILIDAE)

Waira S. Machida<sup>1\*</sup>, Julia Klaczko<sup>2</sup>, Rosana Tidon<sup>3</sup>

1. Estudante de IC do Instituto de Biologia da Universidade de Brasília (UnB)

2. Departamento de Ciências Fisiológicas da UnB

3. Departamento de Genética e Morfologia da UnB / Orientadora

### Resumo:

Espécies generalistas são mais tolerantes a variações ambientais, o que possivelmente é reflexo da sua capacidade de produzir fenótipos diferentes a partir de um mesmo genótipo, em função do ambiente onde se desenvolvem. Espécies que apresentam essa plasticidade fenotípica provavelmente terão mais chances de sobreviver às mudanças climáticas globais. O objetivo deste trabalho foi investigar a presença de plasticidade fenotípica em três espécies de *Drosophila* como resposta a diferentes temperaturas. Para tanto, foram empregadas duas espécies do subgênero *Sophophora* (*D. willistoni* e *D. simulans*) e uma do subgênero *Drosophila* (*D. mercatorum*). Os ovos de cada linhagem foram distribuídos em cinco diferentes temperaturas, e as asas dos adultos emergidos foram analisadas com morfometria geométrica. Foi confirmada a presença de plasticidade nas três espécies, e identificamos um sinal filogenético que diferencia o padrão de mudança da forma entre os dois subgêneros avaliados.

**Palavras-chave:** *Drosophila*, morfometria geométrica, plasticidade fenotípica.

**Apoio financeiro:** Edital MCT / CNPq / FNDCT / FAPDF / MEC / CAPES / PRO-CENTRO-OESTE nº 31/2010. GENPAC 13.

**Trabalho selecionado para a JNIC pela instituição:** UnB

### Introdução:

Espécies generalistas, quando comparadas às especialistas, exploram uma gama maior de condições ambientais. Sob a perspectiva evolucionista, elas adotaram estratégias ponderadas que mantêm o valor adaptativo em habitats diversos, ao contrário das espécies especialistas, que aperfeiçoaram suas

atividades no uso de habitats específicos (Van Tienderen, 1997; Richards et al. 2006). Presume-se que as espécies generalistas sejam mais plásticas, ou seja, que um mesmo genótipo possa produzir fenótipos diversos sob diferentes condições ambientais (Bradshaw, 1965; Pigliucci, 2001). Por contribuir para a adaptação dos organismos às mudanças ambientais globais, a plasticidade favorece a permanência da espécie em ambientes climaticamente alterados. Nesse contexto, especula-se que espécies amplamente distribuídas e com potencial invasor são mais plásticas do que as geografica e ecologicamente restritas (Lockwood et al., 2007; Pysek et al., 2012).

As drosófilas (*Drosophila*, Drosophilidae) são utilizadas como modelos biológicos pela facilidade de coleta, ciclo de vida curto, descendência numerosa e manutenção a baixos custos (Powell, 1997). A plasticidade fenotípica já foi observada nestas moscas, porém as pesquisas se concentram na espécie-modelo *Drosophila melanogaster*. Os estudos sobre a presença de plasticidade fenotípica em espécies neotropicais é escassa e necessária já que é essencial para realizar pesquisas que visam entender a influência das mudanças climáticas nas comunidades desta região (Merilä & Hendry, 2013).

O objetivo deste trabalho foi investigar a plasticidade fenotípica de espécies de drosofilídeos em função de diferentes temperaturas e linhagens (genótipos). Estudamos três espécies: uma neotropical restrita a essa região biogeográfica (*Drosophila willistoni*), uma neotropical que colonizou outras regiões do mundo (*D. mercatorum*), e uma espécie invasora de origem africana (*D. simulans*). As variáveis resposta foram o tempo de desenvolvimento ovo-adulto e a forma das asas.

**Metodologia:**

Os experimentos em laboratório foram realizados com linhagens de isofêmeas (portanto cada uma correspondendo a um genótipo) de cada espécie. As espécies *Drosophila mercatorum* e *D. willistoni* foram coletadas no fragmento de cerrado do campus da Universidade de Brasília e *D. simulans* na Reserva Biológica do IBGE. Foram utilizadas dez isolinhagens de *D. mercatorum* e cinco isolinhagens de *D. willistoni* e de *D. simulans*. Após a oviposição das isofêmeas em temperatura constante de 25°C, de cada isolinhagem grupos de 20 ovos (réplicas) foram distribuídos em cinco estufas BOD reguladas a diferentes temperaturas (14, 17, 21, 25 e 28°C para as espécies *D. mercatorum* e *D. simulans* e 17, 20, 22, 24, 27°C para a *D. willistoni*). O sistema foi observado diariamente, visando o registro do tempo de desenvolvimento ovo-adulto em cada temperatura e a retirada dos insetos após a emergência. O tempo de desenvolvimento foi ajustado a polinômios pelo programa R para observar as normas de reação. As asas direitas das fêmeas emergidas foram montadas em lâminas (entre 10 a 30 asas por temperatura e por linhagem), fotografadas na lupa Leica MZ16 pelo programa LAS – Leica, e 13 marcos anatômicos (*landmarks*) foram digitalizados no programa tpsDig2. Os marcos anatômicos foram analisados por morfometria geométrica, utilizando a Análise Generalizada de Procrustes (GPA) para isolar a forma das outras variáveis e a Análise de Componentes Principais (PCA/Relative Warps) para obter graficamente a mudança da forma. Em seguida foram submetidas a três análises de variância: 1) ANOVA para analisar a associação entre o tamanho da asa (medido pelo tamanho do centroide) e a temperatura e linhagem, 2) MANOVA para analisar a associação entre forma da asa e temperatura e linhagem e 3) MANCOVA para observar a interação alométrica entre o tamanho do centroide, a temperatura e as linhagens. A análise dos dados morfométricos foi realizada no programa R utilizando o pacote “Geomorph”, no programa “MorphoJ” e nos programas “TPS” (Adams & Otárola-Castillo, 2013, Klingenberg, 2011, Rohlf 2016).

**Resultados e Discussão:**

As três espécies de *Drosophila* revelaram plasticidade fenotípica em todos os caracteres avaliados. O tempo de desenvolvimento ontogenético sob diferentes temperaturas foi melhor ajustado a polinômios de segundo grau em *Drosophila mercatorum* e *D. willistoni*, enquanto que em *D. simulans* o melhor ajuste ocorreu em um polinômio de terceiro grau. Em todas as espécies, o ajuste foi significativo e o coeficiente de determinação relativamente alto ( $R^2 < 0,79$ ). O tempo de desenvolvimento e o tamanho das asas, a partir do qual pode se inferir o tamanho corporal, diminuíram com o aumento da temperatura (ANOVA,  $p = 0.001$ ). Esse resultado pode ser explicado pelo aumento da taxa metabólica em temperaturas altas, acelerando o processo de desenvolvimento. Esse padrão demonstra que esses organismos são impactados pela temperatura e portanto esse fator deve ser estudado para compreender os impactos das mudanças climáticas globais.

A forma da asa mudou ao longo do gradiente térmico (MANOVA,  $p = 0.001$ ), mas de maneiras diferentes entre os subgêneros aqui representados. Em *D. willistoni* foi observado o padrão obtido em outras espécies do subgênero *Sophophora* (Debat, 2003): asas mais arredondadas nas temperaturas altas, e mais alongadas nas temperaturas baixas, enquanto a espécie *D. mercatorum* seguiu um padrão de mudança contrária: asas mais alongadas nas temperaturas altas, e mais arredondadas nas temperaturas baixas (Przybylska, 2016, in press). A diferença na forma da asa de *D. mercatorum* e *D. willistoni* pode ser um indicativo da influência do sinal filogenético na família, já que moscas do subgênero *Sophophora* (*D. willistoni*) apresentam uma variação na forma contrária às moscas do subgênero *Drosophila* (*D. mercatorum*). Não foi possível de visualizar claramente na análise de PCA a mudança da forma da asa da *D. Simulans*, muito provavelmente por causa de artefatos experimentais, porém é confirmado pela MANOVA que existe mudança na forma nas diferentes temperaturas.

Foi observada alometria na asa, havendo covariância na forma da asa, na temperatura e

na interação forma e temperatura (MANCOVA,  $p = 0.002$ ). A mudança da forma e do tamanho acontece em conjunto demonstrando que a forma e o tamanho não são fatores independentes. A linha de regressão alométrica, obtida pela forma da asa versus tamanho do centroide, teve inclinação oposta entre as espécies *D. mercatorum* e *D. willistoni* confirmando a mudança diferenciada entre os grupos filogenéticos.

### Conclusões:

A mudança significativa da forma da asa, do tamanho da asa e do tempo de desenvolvimento das moscas demonstra como estes organismos respondem à variação da temperatura. Com as mudanças climáticas globais, as temperaturas podem ser mais extremas e com maior variância, diante disso as comunidades de drosófilas precisam adotar estratégias de sobrevivência e confirmamos que elas poderiam se beneficiar do potencial plástico que possuem. Entretanto, dada a complexidade das respostas, ainda não podemos inferir como este impacto pode afetar as populações naturais de drosófilas.

### Referências bibliográficas

- Adams, D.C.; Otárola-Castillo, E., 2013. geomorph: an R package for the collection and analysis of geometric morphometric shape data. *Methods in Ecology and Evolution*. 4, 393–399.
- Bradshaw, A. D. (1965). Evolutionary significance of phenotypic plasticity in plants. *Advances in genetics*. 13, 115–155.
- Debat, V., Bégin, M., Legout, H., David, J.R., 2003. Allometric and nonallometric components of *Drosophila* wing shape respond differently to developmental temperature. *Evolution*. 57, 2773–2784.
- Merilä, J., Hendry, A.P., 2013. Climate change, adaptation, and phenotypic plasticity: the problem and the evidence. *Evolutionary Applications*. 7, 1–14.
- Klingenberg, Cris. 2011. MorphoJ: an integrated software package for geometric morphometrics. *Molecular Ecology Resources*. 11, 353–357

Merilä, J., Hendry, A.P., 2013. Climate change, adaptation, and phenotypic plasticity: the problem and the evidence. *Evolutionary Applications*. 7, 1–14.

- Lockwood, J.L, Hoopes, M.F., Marchetti, M.P., 2007. *Invasion ecology*. Blackwell Publishing.
- Picliucci, M., 2001. *Phenotypic plasticity: beyond nature and nurture*. JHU Press.
- Powell. J.R., 1997. *Progress and prospects in evolutionary biology: the Drosophila model*. Oxford University Press.
- Przybylska, M.S., Brito, F.A., Tidon, R. Ecological insights from assessments of phenotypic plasticity in a Neotropical species of *Drosophila*. *Journal of Thermal Biology*. In press.
- Pysek, P., Jarosik, V., Hulme, P.E., Pergl, J., Hejda, M., Schaffner, U., Vilà, M., 2012. A global assessment of invasive plant impacts on resident species, communities and ecosystems: the interaction of impact measures, invading species' traits and environment. *Global Change Biology*. 1–13.
- R Core Team, 2016. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Richards, C.L., Bossdorf, O., Muth, N.Z., Gurevitch, J., Pigliucci, M., 2006. Jack of all trades, master of some? On the role of phenotypic plasticity in plant invasions. *Ecology Letters*. 9, 981–993.
- Rohlf, F.J. 2016. tpsDig computer program, version 2.27. By Rohlf, F. J., Nova Iorque.
- Van Tienderen, P.H., 1997. Generalists, Specialists, and the Evolution of Phenotypic Plasticity in Sympatric Populations of Distinct Species. *Evolution*. 51, 1372–1380.
- Wardle, D.A., Bardgett, R.D., Callaway, R.M., Van der Putten, W.H., 2012. Terrestrial Ecosystem Responses to Species Gains and Losses. *Science*. 332, 1273–1277.