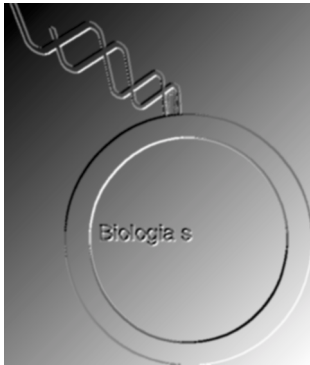


PROTOCOLO - Utilização de *Drosophila* em Genética: 2ª Parte



Rui Artur P. L. Gomes

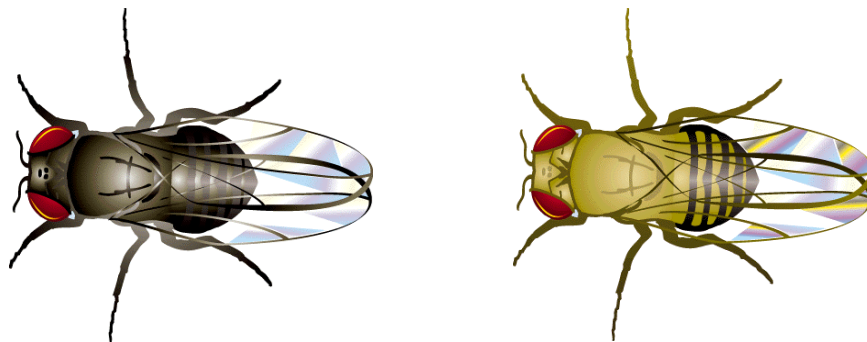
Departamento de Biologia Vegetal
Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa
Edifício. C2 - Piso 4, Campo Grande
1749-016 Lisboa

Num artigo prévio foram destacadas diversas particularidades que fazem de *Drosophila* um organismo extraordinariamente adequado ao ensino da Genética ao nível da Escola Secundária (Utilização de *Drosophila* em Genética – Parte I, Biologias nº1). Este insecto pode ser mantido num meio de cultura extremamente simples, que não necessita de ser esterilizado porque lhe é adicionado uma quantidade significativa de fungicida (Nipagin). No presente artigo são sugeridos alguns cruzamentos genéticos concretos e é feita a previsão dos resultados e a sua interpretação.

Mono-hibridismo – Cruzamento envolvendo um só gene

Cruzamento Parental (P):

machos ($\sigma\sigma$) de corpo escuro x fêmeas ($\phi\phi$) do tipo selvagem



F1: $\sigma\sigma$ e $\phi\phi$ do tipo selvagem

F2: $\frac{3}{4}$ de indivíduos do tipo selvagem: $\frac{1}{4}$ de indivíduos de corpo escuro

Este cruzamento parental e o recíproco originam os mesmos resultados. Como na F1 e na F2 não se detectam diferenças entre as classes fenotípicas dos machos e das fêmeas conclui-se que o(s) gene(s) em causa são autossómicos. Como os híbridos da F1 apresentam o fenótipo selvagem conclui-se que corpo escuro é determinado pelo alelo recessivo. A proporção fenotípica de 3:1 na F2 é concordante com a hipótese de resultar do cruzamento de dois mono-híbridos na F1.

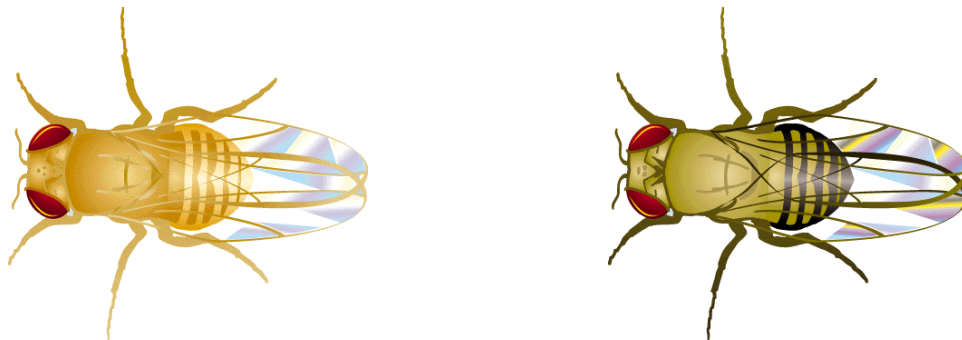
O gene em causa neste exemplo é o gene *ebony* (símbolo genético *e*) que se localiza no cromossoma 3 de *Drosophila*. Assim, se se representar o alelo recessivo mutante por *e* e o alelo selvagem por *e*⁺ teremos:

P: ♂♂ *ee* x ♀♀ *e*⁺*e*⁺
F1: ♂♂ *e* ♀♀ *ee*⁺
F2: $\frac{3}{4}$ *e*⁺ : $\frac{1}{4}$ *ee*

Mono-hibridismo com ligação ao sexo (cromossoma-X)

Cruzamento Parental (P):

♂♂ de corpo amarelo x ♀♀ do tipo selvagem



F1: ♂♂ e ♀♀ do tipo selvagem

F2: $\frac{1}{2}$ da descendência são ♀♀ (todas de corpo selvagem) : $\frac{1}{4}$ da descendência são ♂♂ de corpo amarelo : $\frac{1}{4}$ da descendência são ♂♂ de corpo selvagem.

Cruzamento recíproco

P': ♀♀ de corpo amarelo x ♂♂ do tipo selvagem
 F1': ♂♂ de corpo amarelo e ♀♀ de corpo selvagem
 F2': ½ indivíduos de corpo amarelo : ½ indivíduos do tipo selvagem

Logo na F1 de um dos cruzamentos recíprocos se conclui que o gene em causa está localizado no cromossoma-X pois os machos apresentam um fenótipo (corpo amarelo) e as fêmeas suas irmãs apresentam outro (corpo selvagem). Os machos são o reflexo dos cromossomas-X das suas mães. A ligação ao sexo é também óbvia ao analisar a F2 do cruzamento recíproco pois a distribuição fenotípica nas fêmeas é diferente da dos machos. As relações de dominância-recessividade são óbvias ao se analisar o fenótipo das fêmeas híbridas da F1: o alelo selvagem expressa o seu fenótipo em heterozigotia, enquanto que o alelo que determina corpo amarelo não se expressa nas fêmeas híbridas. As proporções observadas na F2 são consistentes com a variação de um único gene com um par de alelos.

O gene em causa neste exemplo é o gene *yellow* (símbolo genético *y*) que se localiza no cromossoma X de *Drosophila*. Assim, se se representar o alelo recessivo mutante por *y* e o alelo selvagem por *y*⁺ teremos:

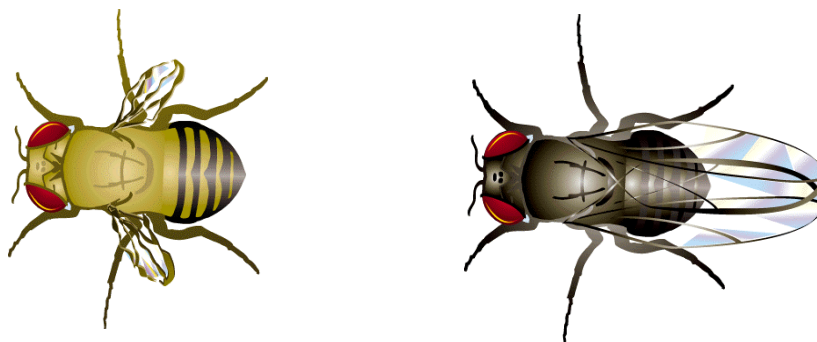
P: ♂♂ X^yY x ♀♀ X^+X^+
 F1: X^+Y e X^+X^y
 F2: ½ são ♀♀ X^+X^- : ¼ são ♂♂ X^+Y : ¼ são ♂♂ X^yY

P': ♀♀ X^yX^y x ♂♂ X^+Y
 F1': ♂♂ X^yY e ♀♀ X^+X^y
 F2': ½ indivíduos de corpo amarelo (X^yY e X^yX^y) : ½ indivíduos selvagem (X^+X^y e X^+Y)

Di-hibridismo – Cruzamento envolvendo dois genes autossômicos com segregação independente

Cruzamento Parental (P):

♂♂ de asas vestigiais x ♀♀ de corpo escuro



F1: ♀♀ e ♂♂ selvagem

F2: 9/16 selvagem : 3/16 asas vestigiais : 3/16 corpo escuro : 1/16 asas vestigiais e corpo escuro

Este cruzamento parental e o seu recíproco originam os mesmos resultados. Como na F1 e na F2 não se detectam diferenças entre as classes fenotípicas dos machos e das fêmeas conclui-se que os genes em causa são autossômicos. Como os híbridos da F1 apresentam o fenótipo selvagem conclui-se que asas vestigiais e corpo escuro são determinados por alelos recessivos. O aparecimento de quatro fenótipos na F2 sugere que estão 2 genes a variar. A proporção fenotípica de 9:3:3:1 na F2 é concordante com a hipótese de resultar do cruzamento de dois di-híbridos na F1 (quatro possibilidades gaméticas versus outras quatro possibilidades gaméticas = 16 combinações de gâmetas).

Os genes em causa neste exemplo são o gene *vestigial* (símbolo genético *vg*) que se localiza no cromossoma 2 de *Drosophila* e o gene *ebony* (símbolo genético *e*) que se localiza no cromossoma 3. Assim, se se representarem os alelos recessivos mutantes por *vg* e *e* e os correspondentes alelos selvagem por *vg*⁺ e *e*⁺ teremos:

P: ♂♂ *vg/vg ; e⁺/e⁺* x ♀♀ *vg⁺/vg⁺ ; e/e*

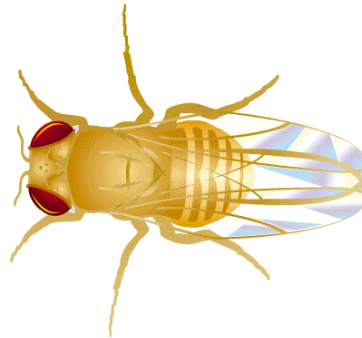
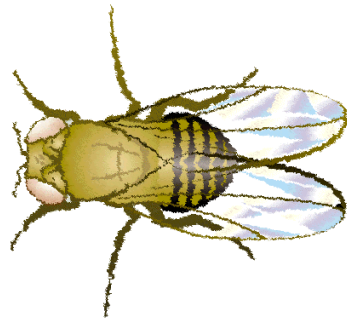
F1: ♀♀ e ♂♂ *vg⁺/vg ; e⁺/e*

F2: 9/16 *vg⁺_ e⁺_* : 3/16 *vg⁺_ ee* : 3/16 *vgvg e⁺_* : 1/16 *vgvg ee*

Dois genes em *linkage* no cromossoma-X

Cruzamento Parental (P):

♂♂ de olhos brancos x ♀♀ de corpo amarelo



F1: ♂♂ corpo amarelo e ♀♀ selvagem

F2: 25% ♀♀ selvagem : 25% ♀♀ corpo amarelo : 24,625% ♂♂ corpo amarelo : 24,625% ♂♂ olhos brancos : 0,375% ♂♂ selvagem : 0,375% ♂♂ olhos brancos e corpo amarelo.

Cruzamento recíproco:

P': ♀♀ olhos brancos x ♂♂ corpo amarelo

F1': ♂♂ olhos brancos e ♀♀ selvagem

F2': 25% ♀♀ selvagem : 25% ♀♀ olhos brancos : 24,625% ♂♂ corpo amarelo : 24,625% ♂♂ olhos brancos : 0,375% ♂♂ selvagem : 0,375% ♂♂ olhos brancos e corpo amarelo.

Estas proporções peculiares resultam do facto de ambos os genes estarem localizados muito perto no mesmo cromossoma, o cromossoma-X como se depreende logo dos fenótipos obtidos nas F1 dos cruzamentos recíprocos: os machos da F1 apresentam o mesmo fenótipo que as suas mães. A ligação ao sexo é também óbvia ao analisar as F2 pois a distribuição fenotípica nas fêmeas é diferente da dos machos. As relações de dominância-recessividade são óbvias ao se analisar o fenótipo das fêmeas híbridas das F1: os alelos selvagem expressam o seu fenótipo em heterozigotia, enquanto que os alelos que determinam corpo amarelo e olhos brancos não se expressam nas

fêmeas híbridas por serem recessivos. O aparecimento de quatro fenótipos nos machos da F2 sugere que estão 2 genes a variar.

Os genes em causa neste exemplo são o gene **yellow** (símbolo genético **y**) e o gene **white** (símbolo genético **w**) que estão em *linkage* no cromossoma X de *Drosophila* e distam entre si **1,5 u.m.**, isto é, em cada 100 gâmetas que o indivíduo produz formam-se 1-2 gâmetas recombinantes por *crossing-over*. Assim, se se representarem os alelos recessivos mutantes por **y** e **w** e os correspondentes alelos selvagem por **y⁺** e **w⁺** teremos:

$$P: \begin{array}{c} \underline{y \ +} \\ \underline{y \ +} \end{array} \quad \times \quad \begin{array}{c} \underline{+ \ w} \\ \text{---} \end{array}$$

$$F1: \begin{array}{c} \underline{y \ +} \\ \underline{+ \ w} \end{array} \quad \times \quad \begin{array}{c} \underline{y \ +} \\ \text{---} \end{array}$$

F2: Enquanto que os machos da F1 produzem 50% de cada tipo de gâmeta (não ocorre *crossing-over* porque os cromossomas X e Y não são homólogos), as fêmeas da F1 produzem 98,5% de gâmetas parentais (49,25% de cada gâmeta proveniente da não-ocorrência de *crossing-over*) e 1,5% de gâmetas recombinantes por *crossing-over* (0,75% de cada tipo).

	0.5 $\underline{y \ +}$	0.5 ---
0.4925 $\underline{y \ +}$	♀♀ corpo amarelo (0.24625)	♂♂ corpo amarelo (0.24625)
0.4925 $\underline{+ \ w}$	♀♀ selvagem (0.24625)	♂♂ olhos brancos (0.24625)
0.0075 $\underline{+ \ +}$	♀♀ selvagem (0.00375)	♂♂ selvagem (0.00375)
0.0075 $\underline{y \ w}$	♀♀ corpo amarelo (0.00375)	♂♂ corpo amarelo e olhos brancos (0.00375)

Resultados do cruzamento recíproco:

$$P': \begin{array}{c} \underline{+ \ w} \\ \underline{+ \ w} \end{array} \quad \times \quad \begin{array}{c} \underline{y \ +} \\ \text{---} \end{array}$$

$$F1': \begin{array}{c} \underline{y \ +} \\ \underline{+ \ w} \end{array} \quad \times \quad \begin{array}{c} \underline{+ \ w} \\ \text{---} \end{array}$$

F2': Enquanto que os machos da F1 produzem 50% de cada tipo de gâmeta (não ocorre *crossing-over* porque os cromossomas X e Y não são homólogos), as fêmeas da F1 produzem 98,5% de

gâmetas parentais (49,25% de cada gâmeta proveniente da não-ocorrência de *crossing-over*) e 1,5% de gâmetas recombinantes por *crossing-over* (0,75% de cada tipo).

	0.5 <u>+</u> <u>w</u>	0.5 <u>—</u> <u>↗</u>
0.4925 <u>y</u> <u>+</u>	♀♀ selvagem (0.24625)	♂♂ corpo amarelo (0.24625)
0.4925 <u>+</u> <u>w</u>	♀♀ olhos brancos (0.24625)	♂♂ olhos brancos (0.24625)
0.0075 <u>+</u> <u>+</u>	♀♀ selvagem (0.00375)	♂♂ selvagem (0.00375)
0.0075 <u>y</u> <u>w</u>	♀♀ olhos brancos (0.00375)	♂♂ corpo amarelo e olhos brancos (0.00375)

Glossário

Autossômico – Não ligado ao sexo, não localizado num cromossoma sexual.

Crossing-over – Fenómeno que ocorre em baixa frequência na meiose e que consiste na troca recíproca de segmentos cromatidiais entre cromossomas homólogos .

Linkage – Genes localizados muito próximo no mesmo cromossoma e cuja tendência é serem transmitidos em bloco.