

# A DESCOBERTA DOS CROMOSSOMOS SEXUAIS

## Oitava aula (T8)

Texto adaptado de:  
MOORE, J. A. Science as a Way of Knowing - Genetics. *Amer. Zool.* v. 26: p. 583-747, 1986.

## Objetivos

1. Descrever como foi descoberto o cromossomo sexual.
2. Explicar a hipótese de McClung sobre a determinação cromossômica do sexo.
3. Descrever como se dá a determinação do sexo nos sistemas XX/X0 e XX/XY.
4. Definir: sexo homogamético e sexo heterogamético.
5. Descrever como foi descoberta a herança ligada ao sexo em mariposas.
6. Discutir a hipótese de Doncaster para explicar herança ligada ao sexo.
7. Explicar o padrão de herança para genes localizados nos cromossomos sexuais.

## HENKING E O ELEMENTO X

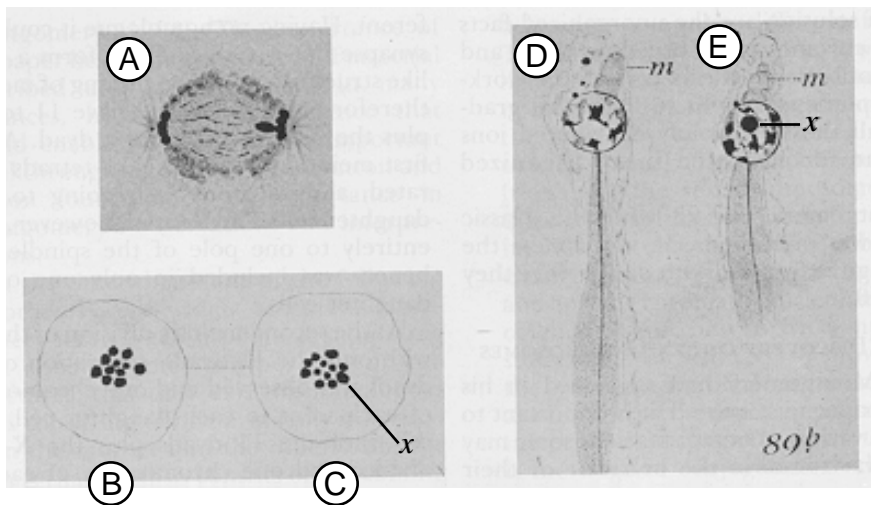
Como citado anteriormente, Montgomery havia sugerido em seu trabalho de 1901 a importância de se estudar uma grande variedade de organismos uma vez que alguns deles poderiam mostrar variações no comportamento de seus cromossomos (termo usado pela primeira vez em 1888 por Waldeyer), o que forneceria informações para se tirar conclusões impossíveis de serem tiradas de outra maneira. O caso dos cromossomos acessórios é um exemplo disto. Foi o estudo do comportamento desses cromossomos que forneceu a evidência definitiva de que os genes são parte dos cromossomos.

Lembre-se a razão pela qual Boveri realizou experimentos de poliespermia em ouriço-do-mar. Seu sistema forneceu um mecanismo para se obter a distribuição de grupos anormais de cromossomos para células de embriões em início do desenvolvimento. Como consequência, os embriões morreram, apoiando a hipótese de que um lote normal de cromossomos era necessário para o desenvolvimento normal. Apesar disso, este não foi um tipo de experimentação muito produtivo. Não havia meios para reconhecer cromossomos individuais ou para relacionar fenótipos com cromossomos específicos ou mesmo para controlar quais cromossomos entravam em que célula.

Como acontece com frequência, a natureza estava realizando o experimento necessário em paralelo. E foi necessário um considerável espaço de tempo para que os citologistas percebessem este fato.

Em 1891, H. Henking publicou suas observações sobre o comportamento dos cromossomos na espermatogênese do percevejo *Pyrrhocoris* sp. No macho desta espécie, o número diplóide é de 23 cromossomos - 11 pares mais um cromossomo adicional, que ele chamou de “elemento X”. Na sinapse, os 11 homólogos formavam 11 bivalentes. Mas o comportamento do X era diferente; como não possuía um homólogo ele não podia se emparelhar, mas ele se duplicava, formando uma estrutura dupla. Assim, no início da meiose, cada célula apresentava 11 bivalentes mais o X na forma de univalente. No decorrer da primeira divisão meiótica os 11 bivalentes separavam-se, e um univalente (= apenas um homólogo duplicado, com duas cromátides) de cada bivalente migrava para cada célula-filha. O univalente do X, no entanto, ia inteiro para um dos pólos do fuso e, portanto, era incluído em apenas uma das células-filhas. (Fig. 20)

Na segunda divisão meiótica da célula com apenas 11 univalentes, era observada a separação das cromátides de cada univalente e uma cromátide de cada univalente ia para cada uma



**Figura 20.** Meiose em macho de *Pyrrhocoris* sp. (A) Espermatócito em telófase da primeira divisão da meiose. O cromossomo X está indo para o pólo da direita. As células filhas resultantes estão mostradas nas figuras B e C; o cromossomo X está presente em apenas uma delas, na C. (Conte o número de cromossomos nas duas células). Dois tipos de espermatozóides serão formados, como mostrado nas figuras D e E, um terá cromossomo X e outro não (Henking, 1891).

das células-filhas. Na célula contendo o elemento X, uma cromátide de cada um dos 11 univalentes ia para cada um dos pólos do fuso e o univalente do X também se dividia, sendo que cada célula-filha recebia uma de suas cromátides.

Assim, das quatro células produzidas pela meiose masculina, duas tinham 11 cromossomos e duas, 11 cromossomos mais um cromossomo X. Desse modo, dois tipos de espermatozóides eram formados, um tipo com um X e outro sem.

Henking descreveu o que ele havia observado sem maiores conclusões. Mais tarde, foi constatada a presença desse cromossomo peculiar em algumas outras espécies.

Esses cromossomos eram especialmente notados por uma ou mais das seguintes razões: **a)** eles se coravam diferentemente dos demais cromossomos; **b)** eles se moviam para os pólos do fuso antes ou depois dos outros cromossomos; **c)** eles não apresentavam par, portanto não se emparelhavam; **d)** eles eram distribuídos para apenas metade dos espermatozóides. A grande maioria das observações foi feita em machos, uma vez que a espermatogênese era mais fácil de ser estudada do que a oogênese.

### McCLUNG 1901

Em 1901, o citologista americano C. E. McClung, sugeriu que o cromossomo X estava

de algum modo relacionado com a determinação do sexo. Ele diz: “*Estando convencido da fundamental importância do cromossomo acessório, por causa de seu comportamento na espermatogônia e no espermatócito primário, e fascinado pelo seu comportamento não usual na divisão [meiose] do espermatócito, eu sugiro uma explicação que seria coerente com a importância destes fatos. Assumindo que há uma diferença qualitativa entre os vários cromossomos do núcleo segue-se necessariamente que são formados dois tipos*

*diferentes de espermatozóide que, por fertilização do óvulo, produziriam dois tipos diferentes de indivíduos. Uma vez que o número de cada um destes tipos de espermatozóides é o mesmo, deveria haver um número aproximadamente igual destes tipos de indivíduos na descendência. Nós sabemos que a única qualidade que separa os membros de uma espécie em dois grupos é o sexo. Assim sendo, eu cheguei à conclusão de que o cromossomo acessório é o elemento que determina que as células germinativas do embrião irão continuar o seu desenvolvimento, do óvulo pouco modificado até originar espermatozóides muito especializados.*”

Esta hipótese teve repercussão pelo fato de fornecer uma explicação para aqueles estranhos cromossomos que estavam sendo encontrados em um número crescente de espécies. Montgomery (1901) havia observado diversos casos. Sutton (1902) havia descrito a mesma situação em gafanhotos do gênero *Brachystola*, tendo escrito: “*assim, parece que nós encontramos uma confirmação da sugestão de McClung de que o cromossomo acessório está, de algum modo, relacionado com a determinação do sexo.*”

Inicialmente acreditava-se que os cromossomos acessórios fossem cromossomos adicionais e restritos aos machos. Sutton havia descrito que os cromossomos das células do ovário eram semelhantes àqueles do testículo exceto pela falta

do cromossomo acessório. Subseqüentemente, foi descoberto que a fêmea de *Brachystola*, ao invés de não possuir o cromossomo acessório, possui dois. Portanto, McClung propôs uma hipótese frutífera.

## WILSON 1905 - 1912: CROMOSSOMOS SEXUAIS

Na época em que McClung propôs que os cromossomos acessórios ou cromossomos X estavam de alguma forma envolvidos na determinação do sexo, esses cromossomos já haviam sido observados em uma variedade de espécies. Uma vez que esta era uma das mais importantes hipóteses da época, muitas espécies de plantas e animais foram estudadas com o objetivo de se verificar até que ponto esta hipótese podia ser corroborada.

Durante a primeira década do século XX, o estudo dos cromossomos sexuais seguiu um padrão comum em Ciência; uma hipótese importante, provavelmente de larga aplicação, foi proposta – embora com base em evidências inadequadas. Esta era a situação da hipótese de McClung (1901) de que os cromossomos acessórios deviam determinar a masculinidade. A partir desta sugestão inicial seguiu-se um período bastante ativo de pesquisa. Disso resultaram observações conflitantes, que deixaram claro que a sugestão original de que os machos têm um cromossomo extra não era válida para todas as espécies. Alguns pesquisadores que não conseguiam encontrar cromossomos acessórios, propuseram uma variedade de hipóteses para explicar este fato. Alguns acreditavam que estes eram cromossomos em degeneração, outros que eram um tipo especial de nucléolo, outros ainda pensavam que McClung estava provavelmente correto.

O estágio de controvérsias terminou quando um ou alguns poucos indivíduos, cuidadosos na seleção dos dados experimentais e cautelosos em suas conclusões, trouxeram ordem conceitual ao campo que estava sendo investigado. E, novamente, como sempre acontece, dois ou mais indivíduos, trabalhando independentemente, chegam essencialmente a uma mesma conclusão simultaneamente. E. B. Wilson foi o principal responsável pela solução do problema dos cromossomos acessórios, mas o anúncio de sua

descoberta coincidiu com uma publicação de Nellie M. Stevens que havia chegado a conclusões semelhantes.

Wilson (1905c) inicia seu trabalho do seguinte modo: “*O material pesquisado durante o último verão demonstrou com grande clareza que os sexos em Hemiptera apresentam diferenças cromossômicas características e constantes. A natureza dessas diferenças não deixa nenhuma dúvida da existência nesses animais de algum tipo de relação definitiva entre cromossomos e determinação do sexo. As diferenças cromossômicas entre os sexos são de dois tipos. Em um deles, as células das fêmeas possuem um cromossomo a mais em relação às dos machos; no outro, ambos os sexos possuem o mesmo número de cromossomos, mas um dos cromossomos dos machos é muito menor que seu correspondente nas fêmeas (o que concorda com as observações de Stevens no besouro *Tenebrio molitor*). Esses tipos podem ser convenientemente designados como A e B, respectivamente. [Mais tarde, o tipo A passou a ser chamado Sistema XX (fêmea) / X0 (macho) e B de Sistema XX (fêmea) / XY (macho) de determinação do sexo.] ...*

*Esses fatos admitem, eu acredito, uma interpretação. Desde que todos os cromossomos da fêmea (oogônia) podem se emparelhar simetricamente, não resta dúvida de que a sinapse neste sexo dá origem ao número reduzido de bivalentes simétricos, e que em conseqüência disso todos os óvulos recebem o mesmo número de cromossomos. Este número ... é o mesmo que aquele presente nos espermatozóides que contêm os cromossomos ‘acessórios’. É evidente que ambos os tipos de espermatozóides são funcionais, e que, no tipo A, as fêmeas originam-se de óvulos fertilizados por espermatozóides portadores do cromossomo ‘acessório’, enquanto que os machos originam-se de óvulos fecundados por espermatozóides desprovidos desse cromossomo (o reverso da idéia de McClung)”. A situação em espécies do tipo B era essencialmente a mesma, exceto pelo fato de uma classe de espermatozóides conter um cromossomo X e a outra, um Y.*

Stevens(1905) resumiu suas conclusões do seguinte modo: “*Do ponto de vista da determinação do sexo, nós temos em *Tenebrio molitor* a mais interessante das formas consideradas neste trabalho. Tanto nas células somáticas*

quanto nas germinativas de ambos os sexos existe uma diferença não no número de cromossomos, mas no tamanho de um deles, o qual é muito pequeno nos machos e do mesmo tamanho que os outros 19 nas fêmeas. Os núcleos de todos os óvulos devem ser iguais em relação ao número e tamanho de seus cromossomos, enquanto é absolutamente certo que as espermátides são de dois tipos quanto ao conteúdo cromatínico do núcleo – metade delas possui 9 cromossomos grandes e 1 pequeno, enquanto a outra metade possui 10 cromossomos grandes. Uma vez que as células somáticas dos machos têm 19 cromossomos grandes e 1 pequeno, enquanto as células somáticas das fêmeas possuem 20 cromossomos grandes, parece certo que um óvulo fertilizado por um espermatozóide contendo o cromossomo pequeno produz um macho, enquanto um óvulo fertilizado por um espermatozóide contendo 10 cromossomos de igual tamanho produz uma fêmea.”

Nem os trabalhos de Wilson, nem os de Stevens falam da grande dificuldade em se estudar os cromossomos sexuais. Em *Tenebrio molitor*, por exemplo, todos os autossomos são muito pequenos e idênticos na aparência. O macho difere pela presença de um cromossomo muito

pequeno – e muitos observadores poderiam não ter notado. A figura 21, do trabalho de Stevens, mostra o tipo de ilustração que era usado nos trabalhos de Citogenética da época. Cortes de tecido eram analisados na procura de células que mostrassem o lote inteiro de cromossomos. Seu corte 207 mostra uma célula do folículo ovariano com 20 cromossomos grandes. Nos cortes 208a e 208b, parte dos cromossomos estavam em um dos cortes e o restante no corte vizinho.

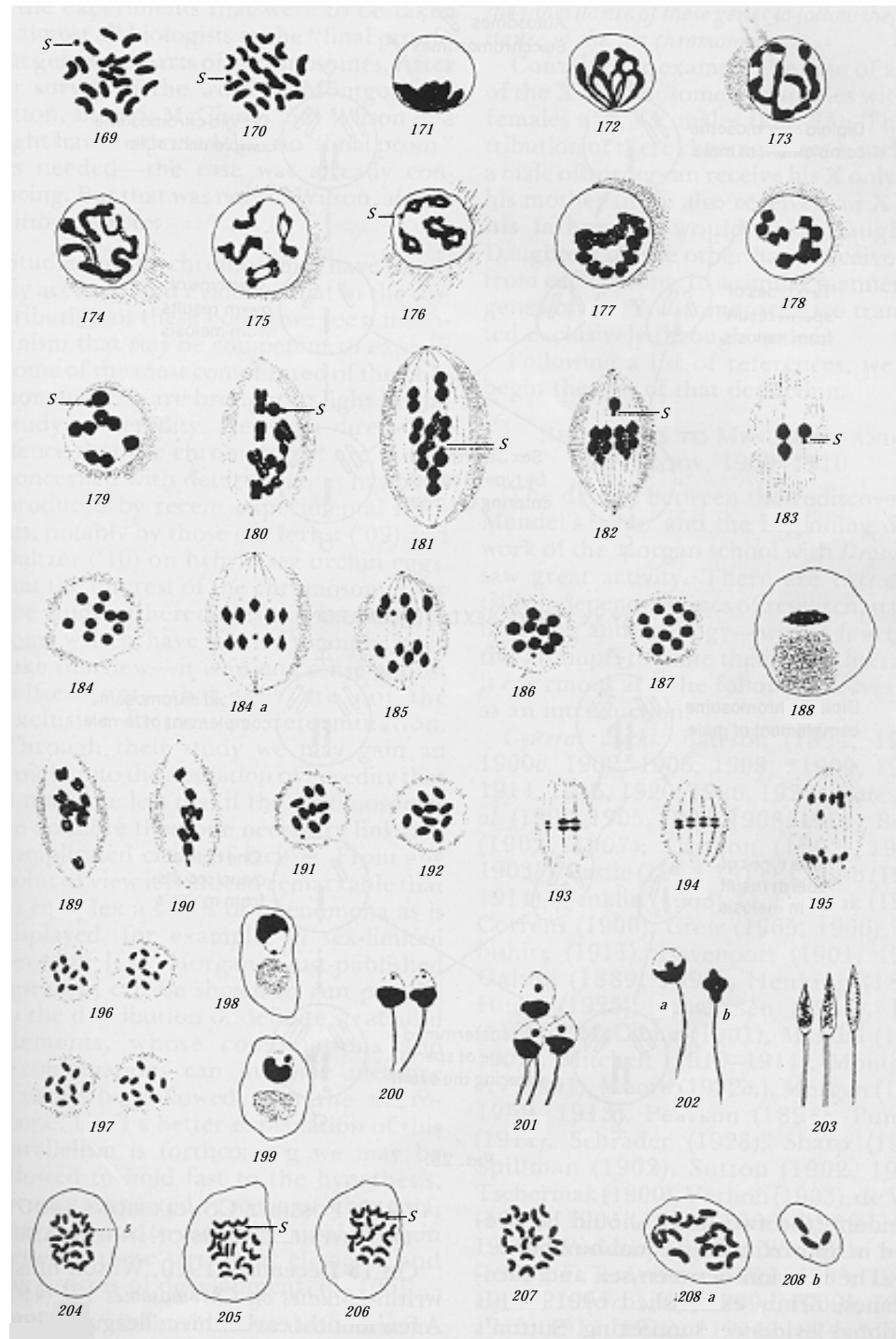


Figura 21. Desenhos de Stevens (1905) dos cromossomos de *Tenebrio molitor*.

O conjunto diplóide de cromossomos do macho está mostrado nos cortes 169 e 170. O de número 196 mostra o número haplóide nas espermátides com 9 cromossomos grandes e 1 pequeno e o 197 mostra espermátides com 10 cromossomos grandes. Considerando a dificuldade em se trabalhar com tal tipo de material, não é surpresa que a maioria dos problemas em Citologia tenha tido um início marcado por controvérsias.

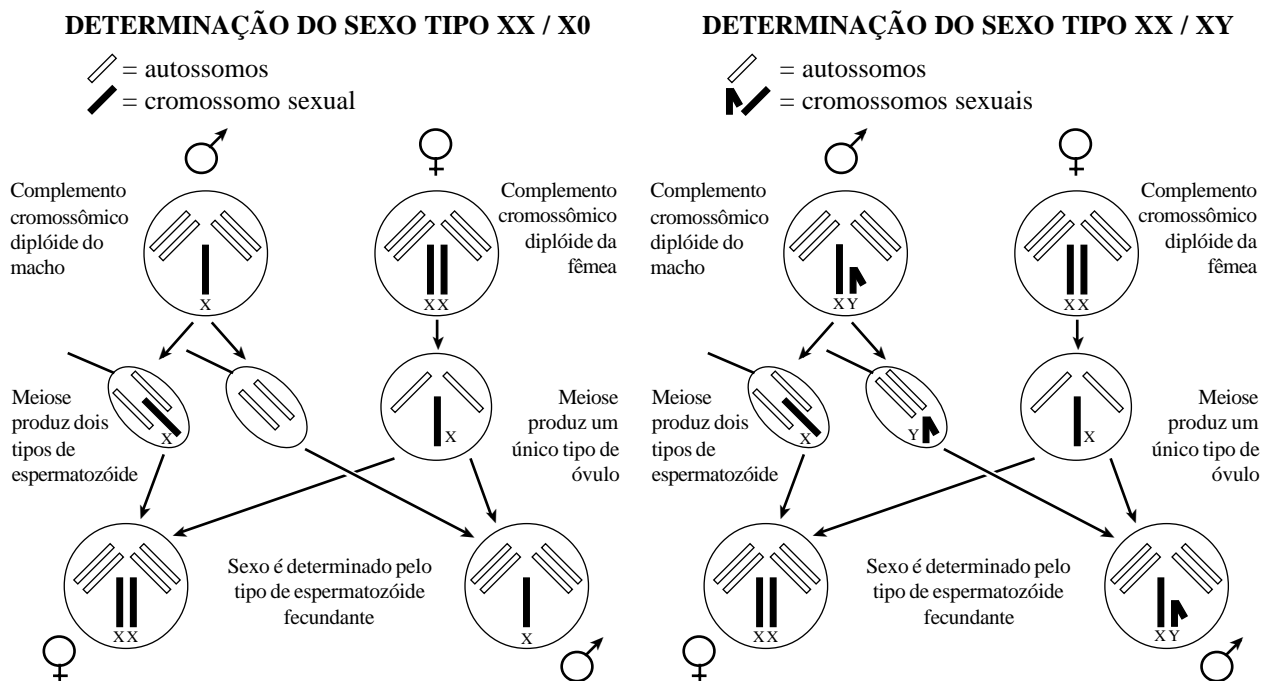
As mais importantes contribuições de Wilson estão contidas em 8 longos trabalhos, *Studies in Chromosomes I-VIII*, publicados entre 1905 e 1912. Suas observações, juntamente com as de outros pesquisadores, revelaram uma complexidade não imaginada por McClung e Sutton. Na maior parte dos animais, a fêmea tem um par de cromossomos X e é chamada de XX. Os machos de diversas espécies, por outro lado, variam consideravelmente. Alguns tem somente um X, sendo denominados X0 – o “0” indica a ausência de um cromossomo. Em outras espécies os machos podem ter dois cromossomos sexuais, um como o X da fêmea e outro, em geral diferente em tamanho ou forma, denominado Y. Por isso estes machos são chamados XY. (Fig. 22)

Em relação aos cromossomos sexuais, os machos nesse último caso produzem dois tipos de espermatozoides, um tipo que possui um cromossomo X e outro com um cromossomo Y. Pelo fato de produzirem esses dois tipos de gametas,

esses machos são denominados **heterogaméticos**. As fêmeas produzem apenas um tipo de óvulo, sendo, portanto, **homogaméticas**. [Foi verificado mais tarde que seres humanos e *Drosophila melanogaster* apresentam sistemas cromossômicos de determinação do sexo tipo XX / XY]. Estes dois padrões de cromossomos sexuais, embora sejam os mais freqüentemente encontrados, não esgotam a gama de possibilidades. Algumas espécies podem ter cromossomos sexuais múltiplos. Em aves e em Lepidoptera (borboletas e mariposas) as fêmeas são heterogaméticas e os machos homogaméticos no que se refere aos cromossomos sexuais.

Algumas das conclusões que podem ser tiradas a partir dos numerosos estudos de Wilson, Stevens e outros são relacionadas a seguir.

1. O sexo cromossômico de um indivíduo é determinado no momento da fertilização.
2. O sexo de um indivíduo será irreversível se for baseado somente nos cromossomos sexuais – a não ser que se possa alterar os cromossomos.
3. Se a meiose é normal e a fertilização é casual, os dois sexos devem ser produzidos em números aproximadamente iguais.
4. A relação entre sexo e cromossomos, firmemente estabelecida por volta de 1910, é uma evidência adicional que apóia a hipótese de Sutton de que os cromossomos são a base da hereditariedade.



**Figura 22.** Esquemas mostrando os mecanismos de determinação do sexo dos tipos XX/X0 e XX/XY.

## HERANÇA LIGADA AO SEXO

Em 1906, Doncaster & Raynor descobriram um tipo de herança ligada ao sexo nas mariposas que eles estavam usando como material experimental. Dois anos mais tarde, o mesmo tipo de fenômeno foi descrito em canários por Durham e Marryat e também por Noorduyn.

A mariposa com que Doncaster e Raynor estavam trabalhando, gênero *Abraxas*, apresentava duas variedades. Uma das variedades, denominada *grossulariata*, tinha asas escuras devido a presença de grandes manchas; a outra variedade, denominada *lacticolor*, tinha manchas menores e suas asas eram mais claras. Quando um macho *grossulariata* era cruzado com uma fêmea *lacticolor* a descendência ( $F_1$ ) era toda *grossulariata*, e em  $F_2$  era obtida uma proporção de 3 *grossulariata* para 1 *lacticolor*, porém todos os indivíduos *lacticolor* eram fêmeas.

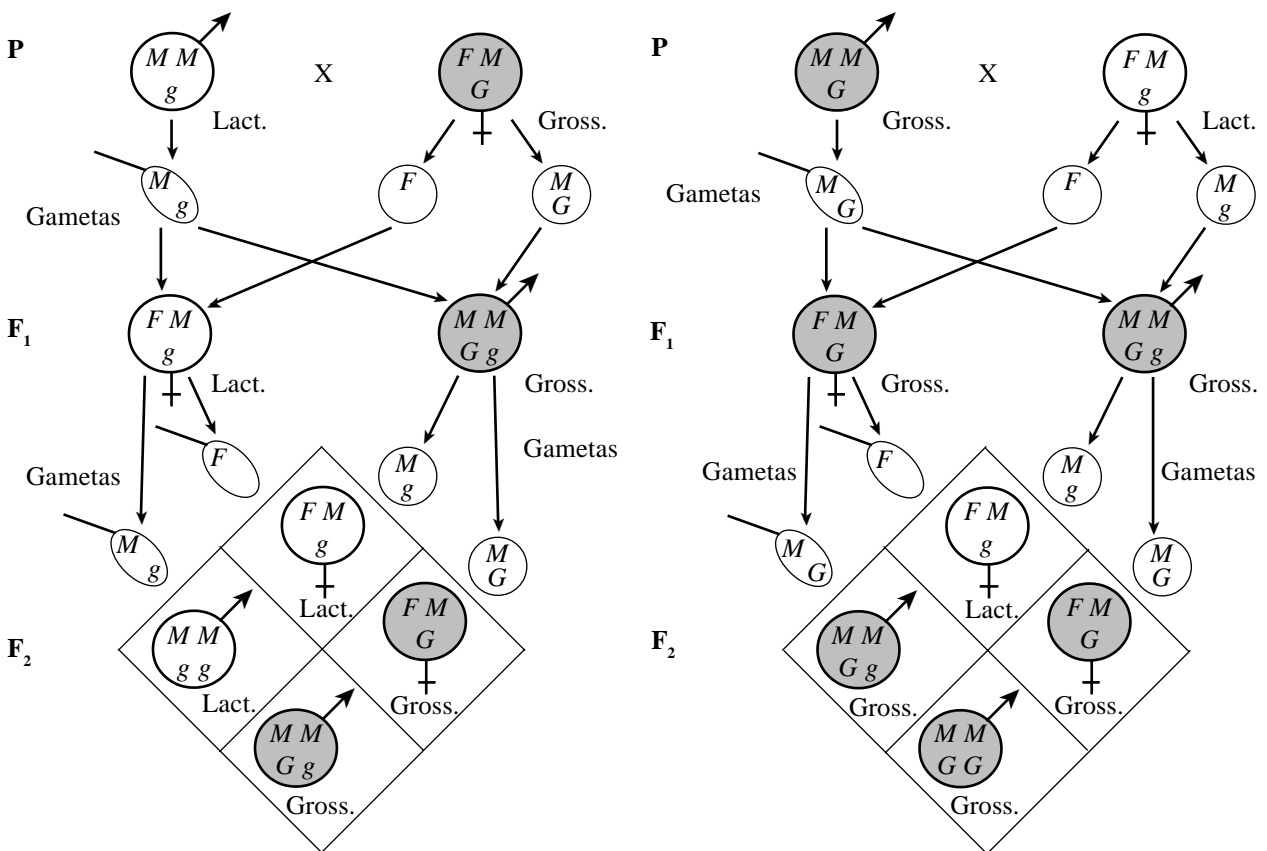
O cruzamento de machos  $F_1$  (*grossulariata*) com fêmeas *lacticolor* resultava em uma descendência constituída por machos e fêmeas *lacticolor* e por machos e fêmeas *grossulariata*, na proporção de 1 : 1 : 1 : 1. Note que esta foi a

primeira vez que se obteve machos *lacticolor* nestes cruzamentos.

O cruzamento de machos *lacticolor* com fêmeas *grossulariata* resultou numa descendência constituída por indivíduos *lacticolor* e *grossulariata*, mas todos os *lacticolor* eram fêmeas enquanto todos os *grossulariata* eram machos. (Fig. 23)

Doncaster e Reynor observaram que, quando um macho *lacticolor* era cruzado com uma fêmea *grossulariata* selvagem, todos os machos da descendência eram *grossulariata* e todas as fêmeas, *lacticolor*. A conclusão que se podia tirar deste resultado era que, mesmo nas regiões onde não existia a forma *lacticolor*, as fêmeas *grossulariata* se comportavam como se fossem heterozigóticas quanto a este caráter.

Foi elaborada uma hipótese baseada em duas premissas para explicar os resultados dos cruzamentos em mariposas. A primeira premissa era que a feminidade e a masculinidade seriam determinadas por um par de fatores mendelianos, sendo o fator para feminidade ( $F$ ) dominante sobre o fator para masculinidade ( $M$ ); deste modo, as fêmeas seriam sempre heterozigóticas



**Figura 23.** Representação esquemática da hipótese de Doncaster e Reynor para a herança ligada ao sexo na mariposa *Abraxas*. À esquerda, esquema do cruzamento entre macho *lacticolor* e fêmea *grossulariata*. À direita, esquema do cruzamento recíproco: entre macho *grossulariata* e fêmea *lacticolor*.

com relação a esse par de fatores (*FM*) e os machos, homozigóticos *MM*. A segunda premissa era que se os dois fatores dominantes, condicionantes do estado de caráter *grossulariata* e da feminidade, coexistissem em um mesmo indivíduo haveria uma repulsão entre eles de modo que em cada óvulo produzido por tal indivíduo existiria um ou outro desses fatores, nunca ambos, ou se o fator dominante para feminilidade coexistisse com o fator recessivo para o estado do caráter *lacticolor*, haveria também repulsão entre eles.

O desenvolvimento da genética de drosófila logo iria fornecer uma explicação bem mais simples, como veremos no próximo item.

### 1910: POSSÍVEIS CONCLUSÕES SOBRE AS BASES FÍSICAS DA HEREDITARIEDADE

Em 13 de Dezembro de 1910, Wilson terminou de escrever o trabalho *Studies on Chromosomes VII* (1911). Alguns meses antes, seu colega Thomas Hunt Morgan havia publicado uma breve

nota intitulada *Sex Limited Inheritance in Drosophila* (1910). O trabalho de Morgan descrevia o primeiro dos experimentos que viriam a ser considerados pelos biólogos como a “prova definitiva” de que os genes são parte dos cromossomos.

“Este paralelismo” permitia fazer deduções, como apontado anteriormente. Uma dedução, relacionada aos cromossomos sexuais, era: “*Se genes são partes dos cromossomos sexuais, espera-se que a herança desses genes siga a herança dos cromossomos sexuais.*”

Considere, por exemplo, o caso de um gene do cromossomo X de uma espécie em que as fêmeas são XX e os machos XY (veja figura 22). A distribuição destes cromossomos é tal que os descendentes machos só podem receber seu X de sua mãe (se recebesse um X também de seu pai, o indivíduo seria uma filha). As filhas, por outro lado, recebem um X do pai e outro da mãe. De modo semelhante qualquer gene do cromossomo Y é transmitido somente para os machos.

## EXERCÍCIOS

### PARTE A: REVENDO CONCEITOS BÁSICOS

Preencha os espaços em branco nas frases de 1 a 6 usando o termo abaixo mais apropriado.

- (a) cromossomo X (d) sistema XY/XX  
 (b) cromossomo Y (e) sexo homogamético  
 (c) sistema X0/XX (f) sexo heterogamético

- ( ) de determinação do sexo é aquele em que o cariótipo dos machos difere do das fêmeas pela ausência de um cromossomo de um dos pares de homólogos.
- ( ) de determinação do sexo é aquele em que o cariótipo dos machos difere do das fêmeas pela ausência de um cromossomo de um dos pares de homólogos e pela presença de um cromossomo não presente nas fêmeas.
- ( ) é aquele que, apesar de presente nos dois sexos, difere em número entre fêmeas e machos.
- ( ) é aquele presente apenas nos machos.
- Em uma espécie, os indivíduos que formam apenas uma classe cariotípica de gameta constituem o ( ).
- Em uma espécie, os indivíduos que formam duas classes cariotípicas de gameta constituem o ( ).

### PARTE B: LIGANDO CONCEITOS E FATOS

Utilize as alternativas abaixo para completar as frases de 7 a 10.

- um tipo de espermatozóide e um tipo de óvulo.
  - um tipo de espermatozóide e dois tipos de óvulo.
  - dois tipos de espermatozóide e um tipo de óvulo.
  - dois tipos de espermatozóide e dois tipos de óvulo.
- A gametogênese em uma espécie com determinação do sexo tipo XX/XY produz, com relação aos cromossomos sexuais, ( ).
  - A gametogênese em uma espécie com determinação do sexo tipo XX/X0 produz, com relação aos cromossomos sexuais, ( ).
  - A gametogênese em canários produz, com relação aos cromossomos sexuais, ( ).
  - A gametogênese na espécie humana produz, com relação aos cromossomos sexuais, ( ).
  - Em uma espécie de gafanhotos, as fêmeas possuem 20 cromossomos nas células dos gânglios nervosos. Sabendo-se que nessa

espécie o sistema de determinação do sexo é do tipo XX/X0, espera-se que

- 100% dos óvulos tenha 10 cromossomos e que 100% dos espermatozoides tenha 9 cromossomos.
- 100% dos óvulos e 100% dos espermatozoides tenham 10 cromossomos.
- 100% dos óvulos e 50% dos espermatozoides tenham 10 cromossomos, e que 50% dos espermatozoides tenha 9 cromossomos.
- 100% dos espermatozoides e 50% dos óvulos tenham 10 cromossomos, e que 50% dos óvulos tenha 9 cromossomos.

12. Considere duas espécies, uma com sistema XX/XY e outra com sistema XX/X0, quem determina o sexo da prole é

- a fêmea em ambos os casos.
- a fêmea no primeiro caso e o macho no segundo.
- o macho em ambos os casos.
- o macho no primeiro caso e a fêmea no segundo.

### PARTE C: QUESTÕES PARA PENSAR E DISCUTIR

13. O que Henking observou em 1891 sobre o comportamento meiótico do cromossomo que ele chamava de elemento X?

14. Que argumentos McClung usou para sugerir que o elemento X estava relacionado com a determinação do sexo?

15. No que a explicação de Wilson sobre o papel do cromossomo X na determinação do sexo diferia da hipótese de McClung?

16. Como é determinado o sexo nos organismos com sistema XX/X0?

17. Como é determinado o sexo nos organismos com sistema XX/XY?

18. No que o sexo homogamético difere do heterogamético?

19. Os resultados obtidos por Doncaster e Raynor no cruzamento entre machos escuros e fêmeas claras de mariposa estavam de acordo com o esperado pela primeira lei de Mendel? Por que aqueles resultados chamaram a atenção dos pesquisadores?

20. Por que se concluiu que as fêmeas escuras de mariposas sempre se comportavam como heterozigóticas para esse caráter?

21. Por que a herança da cor em mariposas foi chamada de “herança ligada ao sexo”?

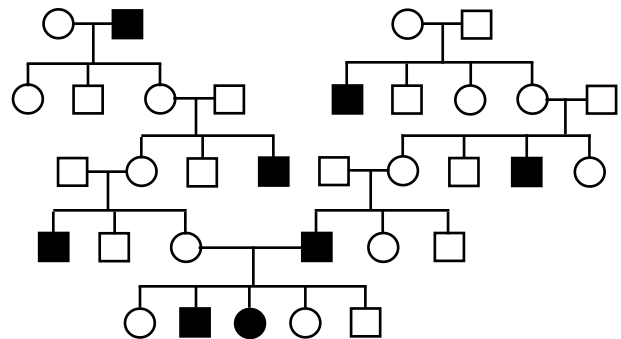
22. Qual foi a hipótese de Doncaster para explicar a herança ligada ao sexo em mariposas e aves?

23. Admitindo-se como verdadeira a teoria cromossômica da herança, qual seria o padrão de herança de genes presentes no cromossomo X? E de genes presentes no cromossomo Y?

24. Admitindo-se como verdadeira a teoria cromossômica da herança, qual seria a explicação para a herança ligada ao sexo em mariposas e em aves?

25. Represente, por meio de esquema, a segregação do par de cromossomos sexuais em um indivíduo do sexo heterogamético.

26. O heredograma abaixo representa a transmissão de uma anomalia que apresenta 100% de penetrância ( Uma característica têm penetrância reduzida quando a frequência de expressão de um genótipo é menor que 100%, ou seja, nem todos os indivíduos que têm um determinado genótipo o manifestam fenotipicamente. Em geral, esse conceito é utilizado para estados dominantes de uma característica em indivíduos heterozigóticos.



a. Numere os indivíduos de cada geração de acordo com as regras apresentadas na aula sobre análise de heredogramas.

b. O padrão de herança mais provável desta anomalia é

- ( ) ligada ao cromossomo X, dominante.
- ( ) ligada ao cromossomo X, recessiva.
- ( ) autossômica, dominante.
- ( ) autossômica, recessiva.
- ( ) holândrica.

c. Se o indivíduo V-2 casar-se com um indivíduo não-afetado, qual é a probabilidade deles virem a ter a primeira criança portadora da anomalia?



27. Considere o heredograma abaixo.

a. Numere os indivíduos de cada geração de acordo com as regras apresentadas na aula sobre análise de heredogramas.

b. Qual é o padrão de herança mais consistente para a anomalia em questão?

c. Supondo que o indivíduo V-2 case-se com um indivíduo não-afetado e que a anomalia tenha penetrância de 85%, qual é a probabilidade de uma segunda criança que eles venham a ter expressar a anomalia?

d. Na terceira geração, qual é o significado do losango com o número 10 em seu interior?

