

Sistemas cromossômicos de determinação sexual

Profa. Nádia Ap. Bérigamo

Introdução – conceitos

- **Monoicos** – possuem estruturas reprodutivas masculinas e femininas no mesmo indivíduo.
- **Dioicos** – possuem estruturas reprodutiva ou feminina ou masculina.
- O sexo em organismos dioicos podem ser determinado de 3 formas: **cromossomicamente, geneticamente ou ambientalmente.**
- Sexo **heterogamético** – indivíduos que produzem dois (2) tipos de gametas **com relação aos cromossomos sexuais:** metade deles contendo um cromossomo X e a outra metade contendo um cromossomo Y.
- Sexo **homogamético** - indivíduos que produzem um (1) tipo de gametas com relação aos cromossomos sexuais.

Monoica

Monoica (“uma casa”).
Dioicas (“duas casas”)



Fig. 8. Inflorescência masculina do milho
(Foto: Gerson Sobreira)



Fig. 9. Inflorescência feminina do milho com a respectivo cabelo ou barba
(Foto: Marcos Santos/USP Imagens)

Dioica

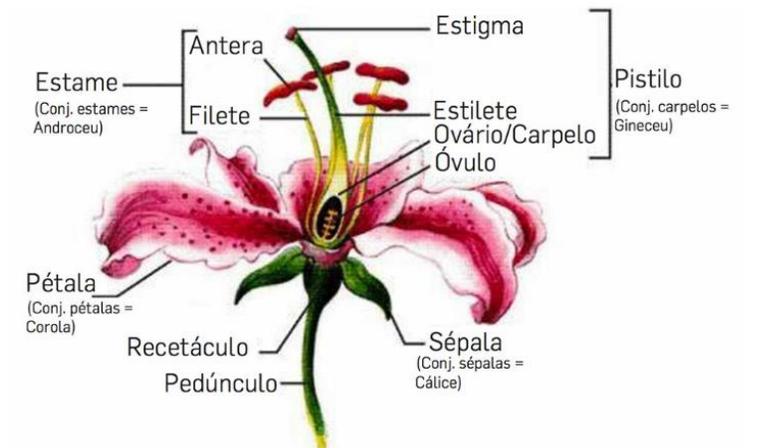
Embrapa
Florestas



ÁRVORE MACHO
estróbilos



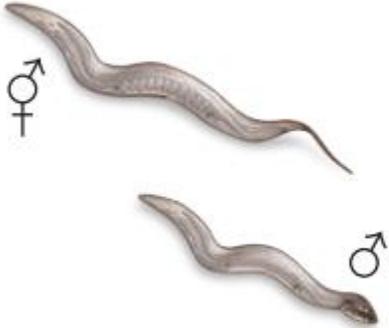
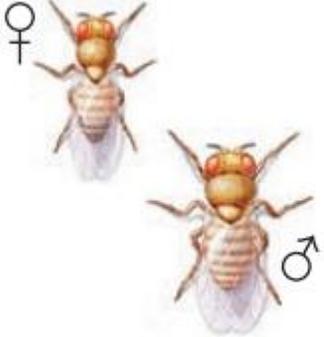
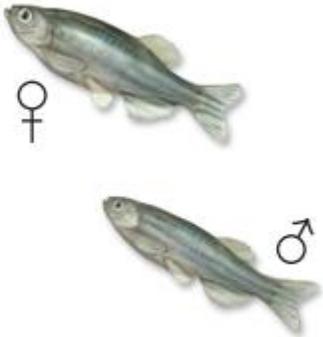
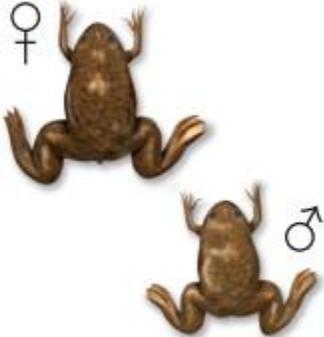
ÁRVORE FÊMEA
pinha



“AS PLANTAS TAMBÉM TÊM SEXO”

As plantas vasculares possuem diversos arranjos sexuais. Quando os órgãos sexuais masculinos e femininos estão presentes numa mesma flor, chamamos a espécie **hermafrodita**. Mas quando esses órgãos aparecem em flores separadas numa mesma planta, a espécie é chamada **monoica (significa “uma casa”)**. São as espécies **dioicas (“duas casas”)**, entretanto, que possuem dimorfismo sexual. Nestas espécies existem plantas fêmeas, que produzem flores contendo apenas ovários, e plantas machos com flores que contêm apenas anteras. Algumas das plantas dioicas possuem **um par de cromossomos heteromórficos associados — e provavelmente envolvidos — com a determinação do sexo da planta**. Uma grande proporção dessas plantas possui um sistema XX/XY. Mesmo as plantas dioicas que não possuem cromossomos heteromórficos visíveis podem possuir cromossomos sexuais.

Composições dos cromossomos sexuais em organismos modelos.

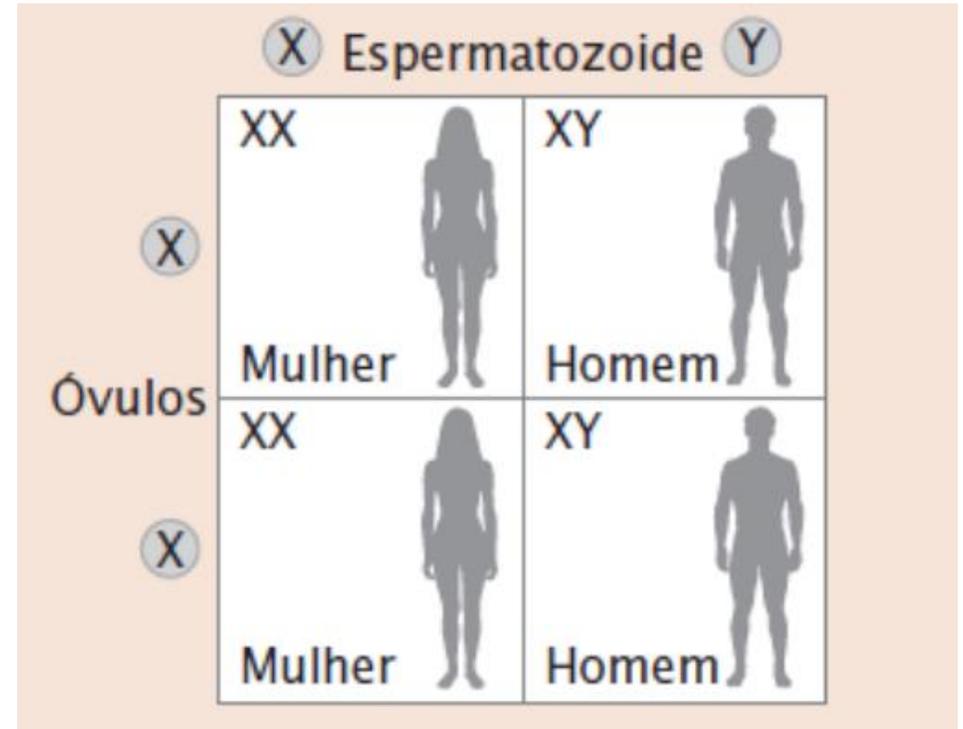
	<i>Caenorhabditis elegans</i>	<i>Drosophila melanogaster</i>	<i>Mus musculus</i>	<i>Danio rerio</i>	<i>Xenopus laevis</i>
Organismo Modelo					
Cromos Sexuais	XX XO	XX XY	XX XY	None	ZW ZZ

Sistemas XX/XY e XX/X0 de determinação do sexo

○ Sistema XX/XY

Todos os mamíferos, incluindo os humanos, têm o sexo dos indivíduos determinado pela combinação de dois cromossomos sexuais: o **X** e o **Y**.

- Fêmeas são **XX** – **homogaméticas**.
- Machos são **XY** – **heterogamético** - o cromossomo Y é exclusivo dos machos e geralmente menor.



Sistemas XX/XY e XX/X0 de determinação do sexo

- Sistema XX/X0

Fêmeas são **XX** - homogaméticas

Machos são **X0**. Nesse caso, o “zero” representa a falta de um cromossomo sexual. Sexo **heterogamético**, metade de seus espermatozoides carrega um cromossomo X, enquanto a outra metade não carrega cromossomo sexual.

Exemplos: gafanhotos

Bitner-Mathé, Blanche, 2010.



[Mais de 2.000 imagens grátis de Gafanhoto e Inseto - Pixabay](#)

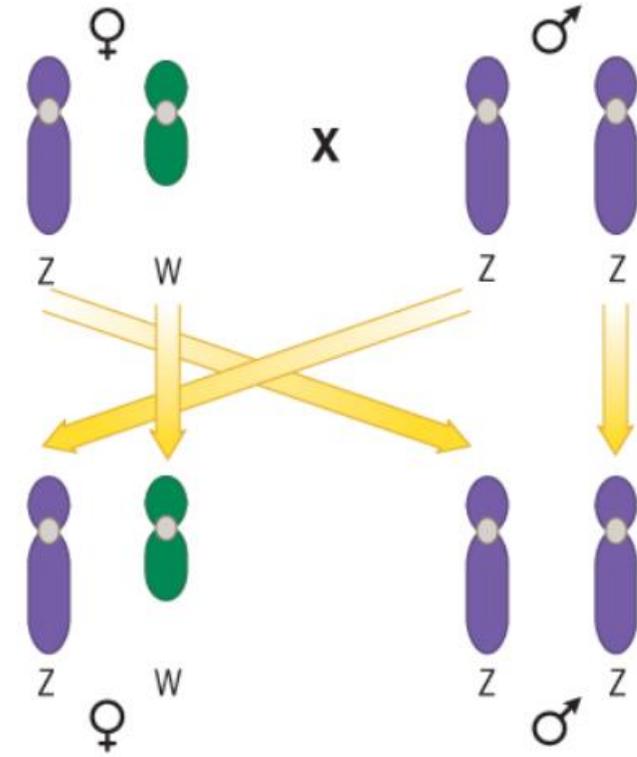
Sistemas de determinação do sexo ZZ/ZW e ZZ/ZO.

- Sistema ZW/ZZ

Fêmeas são ZW – heterogaméticas

Machos são ZZ - homogaméticos

Ex. em muitas espécies de aves, lepidóptera (mariposas e borboletas), cobras, alguns anfíbios e em alguns peixes.



- **Sistema ZO/ZZ**

Fêmeas são ZO- constituem o sexo heterogamético, sendo a ausência do cromossomo W indicada pelo “zero”.

Machos são ZZ – homogamético.

Ex. algumas espécies de mariposas e alguns outros insetos.





Alguns sistemas de determinação do sexo que não dependem apenas dos cromossomos sexuais.

○ Sistema haplóide-diploide (Haplodiploidia)

Machos (zangões) – possuem apenas um conjunto (n) de cromossomos de origem materna - são produzidos por partenogênese.

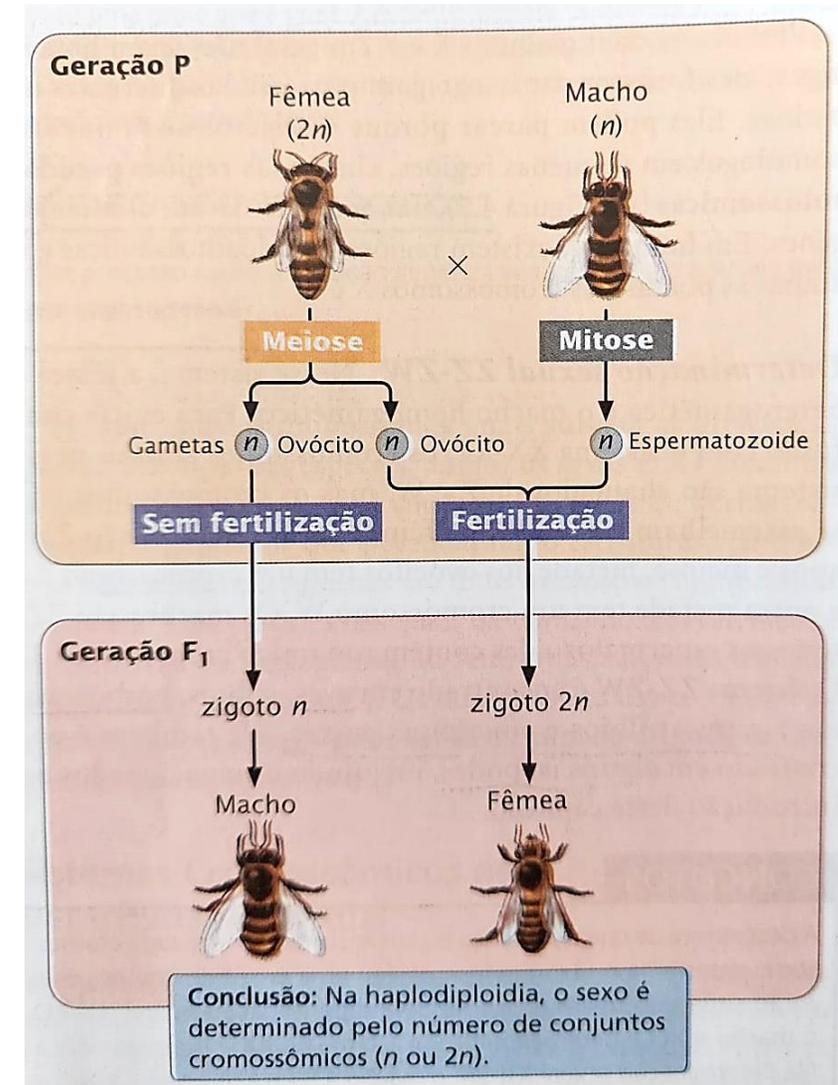
Zangões produzem os espermatozoides por mitose.

Após fecundação, os ovos originam as **fêmeas diplóides ($2n$)**.

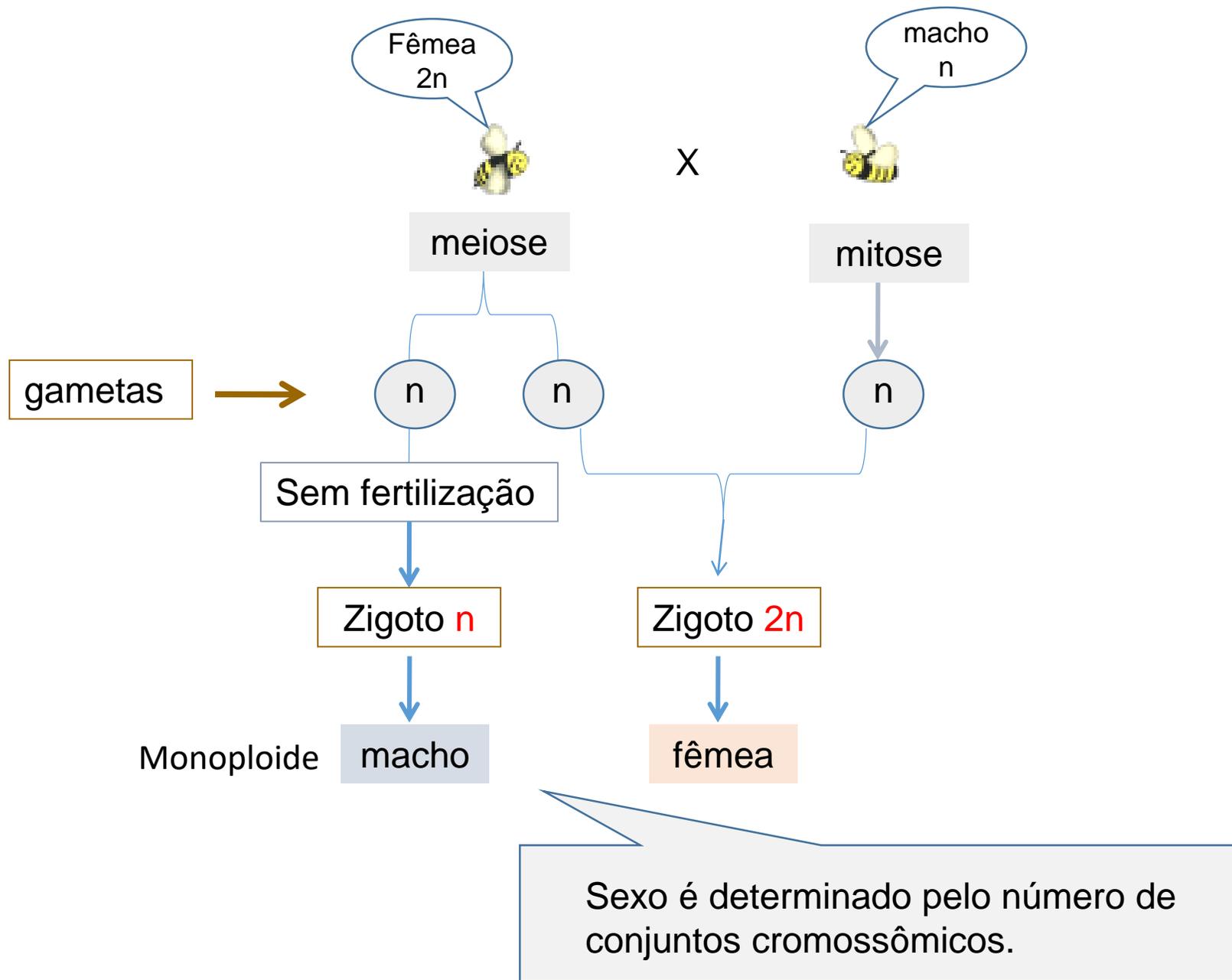
As fêmeas podem se tornar **rainhas férteis** ou **operárias inférteis**, dependendo do tipo de alimentação que irão receber durante a fase de larva. **Para que se tornem rainhas, as larvas devem ser alimentadas com a geléia real.**

Bitner-Mathé, Blanche, 2010.

Exemplos: ordem Hymenoptera (himnópteros - abelhas, vespas, formigas).



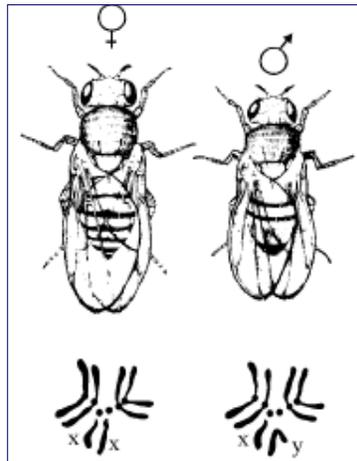
Fonte: modificado de Pierce, 2011.



Razão X/A

Determinação do sexo em *Drosophila melanogaster*

2n = 8 cromossomos: 3 pares de A
1 par sexual



XX
XY → não determina masculinidade

Sistema de balanço gênico

X - genes - feminilidade
A - genes - masculinizantes

⇒ **Proporção X : A**

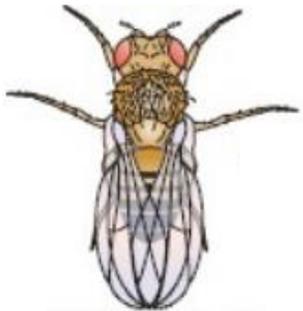
$$\frac{\text{Nº de croms X}}{\text{nº de conj haplóides de A}}$$

X/A

- < q 0,5 → ♂ metamacho (fraco e estéril)
- entre 1 e 0,5 → intersexo (carct ♀♂)
- > q 1 → ♀ metafêmea → problemas no desenvolvimento - pupas
- = 1,0 → ♀

Razão X/A

- *Drosophila melanogaster* – diploide, 3 p autossomos, X e Y ($2n = 8$) - 3 pares de autossomos e 1 par de cromossomos sexuais.
- Sistema de **balanço gênico** na determinação do sexo. O número de cromossomos X dividido pelo número de conjuntos haploides de cromossomos autossomos.



Tipo selvagem

$$\frac{\text{N}^\circ \text{ de crosms X}}{\text{n}^\circ \text{ de conj haploides de A}}$$

Obs.: Em *Drosophila*, o cromossomo Y não determina o sexo dos indivíduos, mas é essencial para a fertilidade masculina

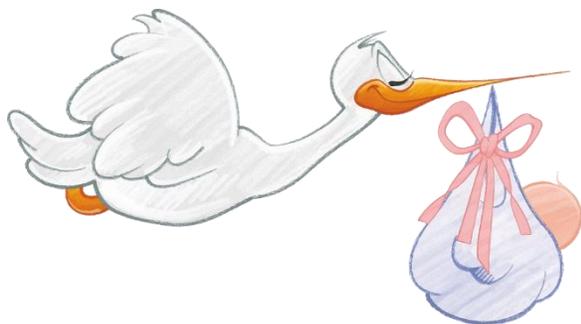
<i>Drosophila</i>		
Constituição Cromossômica	Sexo	Razão X/A
2 A XXX	metafêmea	1,5
2 A XX	Fêmea	1,0
2 A XXY		
3 A XXX		
4 A XXXX		
3 A XX	Intersexo	0,67
3 A XXY		
4 A XXX		
2 A X	Macho	0,50
2 A XY		
2 A XYY		
4 A XX		
3 A X	metamacho	0,33

Problemas graves no desenvolvimento

Mistura de características femininas e masculinas

estéreis

Fraco e estéril



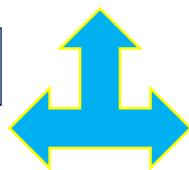
Determinação do Sexo em Humanos

Na fecundação
XX ou XY

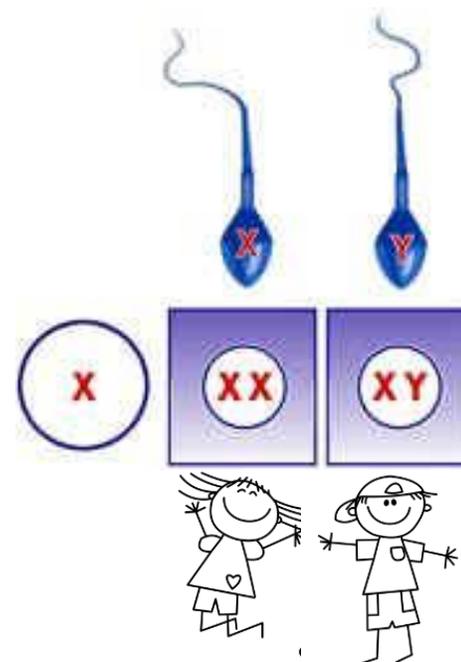


Sequência de eventos após a 6ª semana

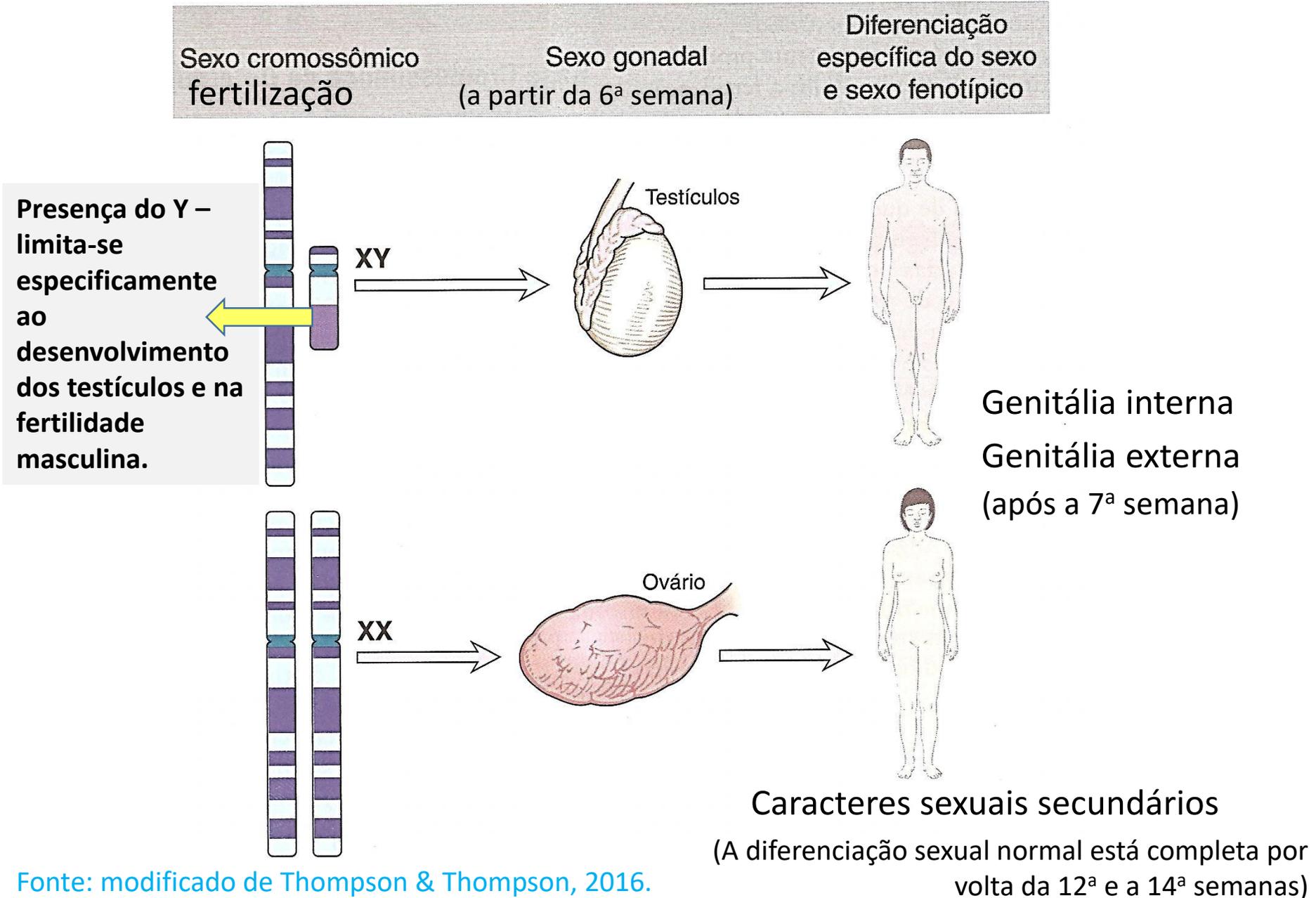
Via masculina



Via feminina



Diferentes níveis de identidade sexual

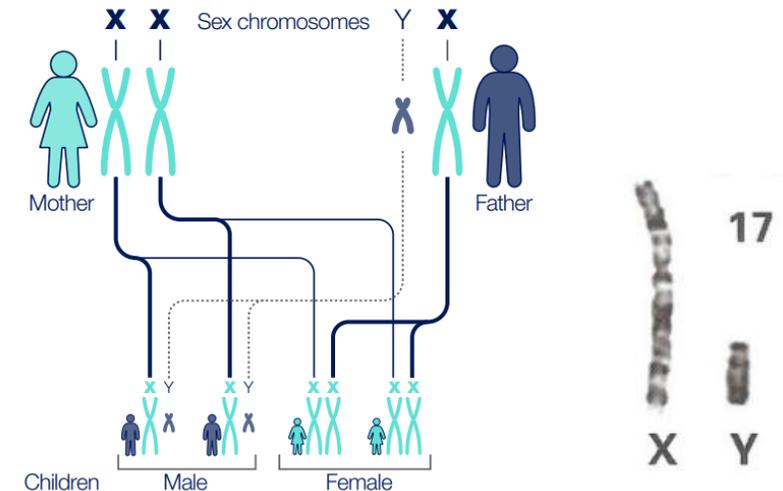


Cromossomos sexuais

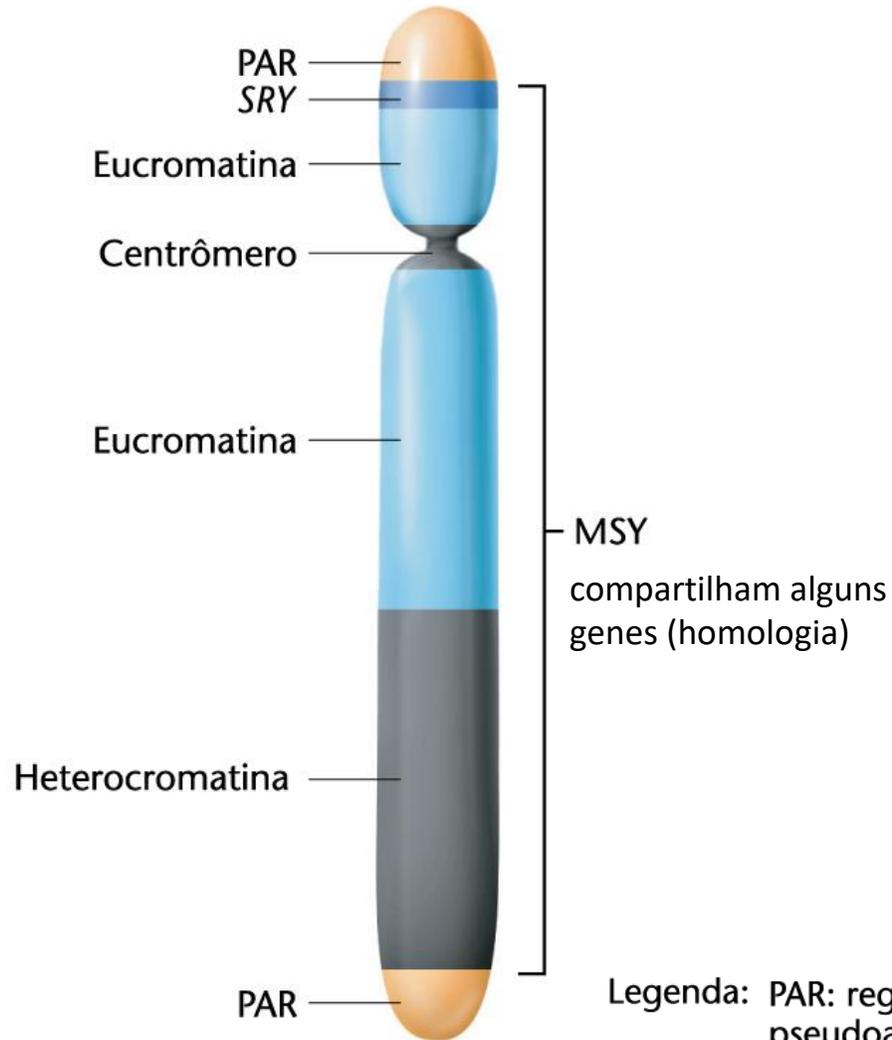
- Cromossomos sexuais X e Y são considerados cromossomos **heteromórficos**, pois são visivelmente diferentes em estrutura.

- **X e Y** – acredita-se que evoluíram de um par de homólogos autossômicos que divergiu após um deles adquirir um *locus* determinante do sexo, tal como um fator determinante dos testículos.

- Homem – **heterogamético**, em relação ao par sexual, produz gametas com qualquer um dos cromossomos sexuais (X ou Y).
- Mulher – **homogamético**, produz gametas sempre com o mesmo cromossomo sexual (X).



Regiões do cromossomo Y



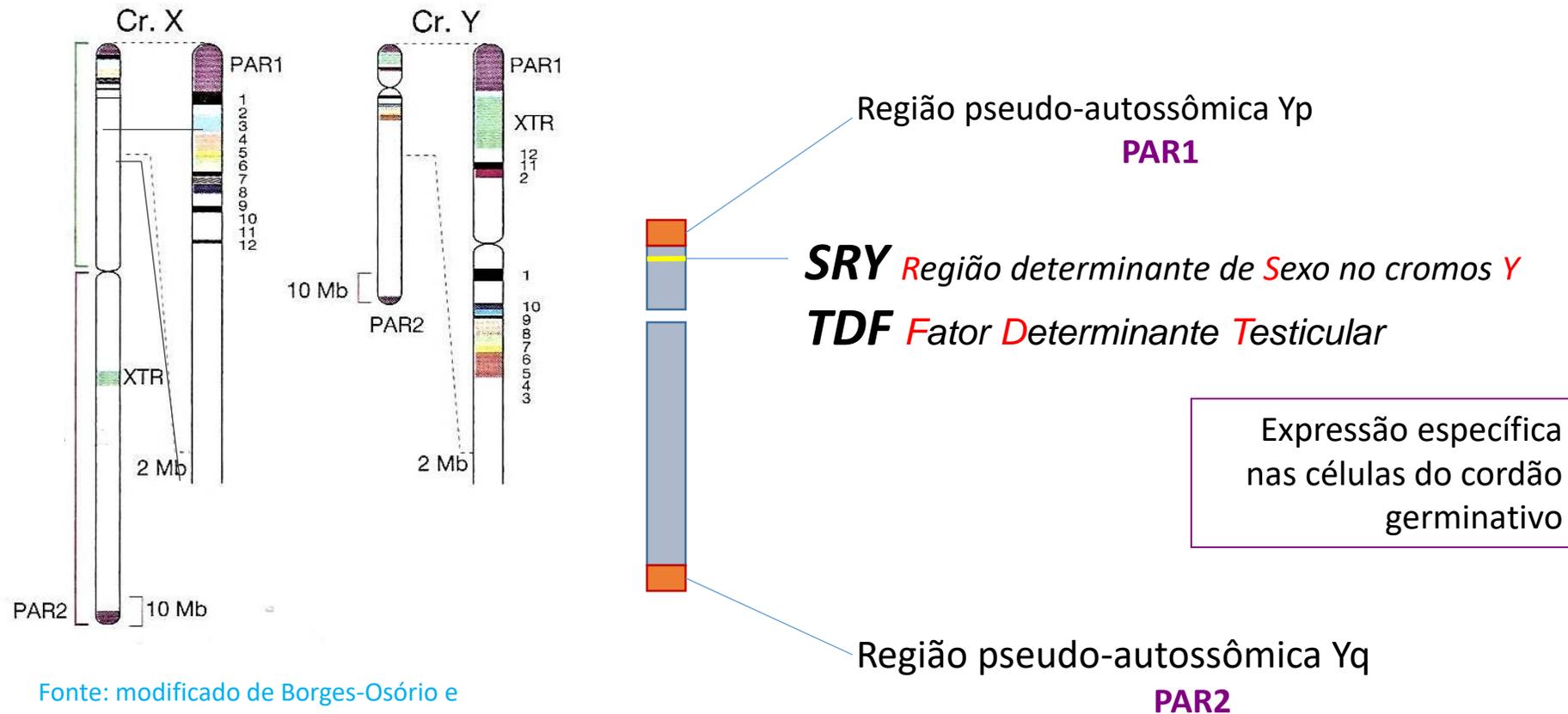
X e Y surgiram de um par cromossômico ancestral.

Y – por volta de 55 genes
X – por volta de 900 genes

Função genética do Y – indução do desenvolvimento masculino no início da fase embrionária e na manutenção da espermatogênese.

Legenda: PAR: região pseudoautossômica
SRY: região determinadora do sexo no cromossomo Y
MSY: região macho-específica do Y

Regiões do cromossomo Y



Fonte: modificado de Borges-Osório e Robinson, 2013.

- **PAR1: sítios de crossover obrigatório na meiose masculina.**
- **PAR2: ocorre crossover em menor frequência.**
Devido à sua origem evolutiva comum, eles contêm segmentos de DNA homólogos em ambas as extremidades.

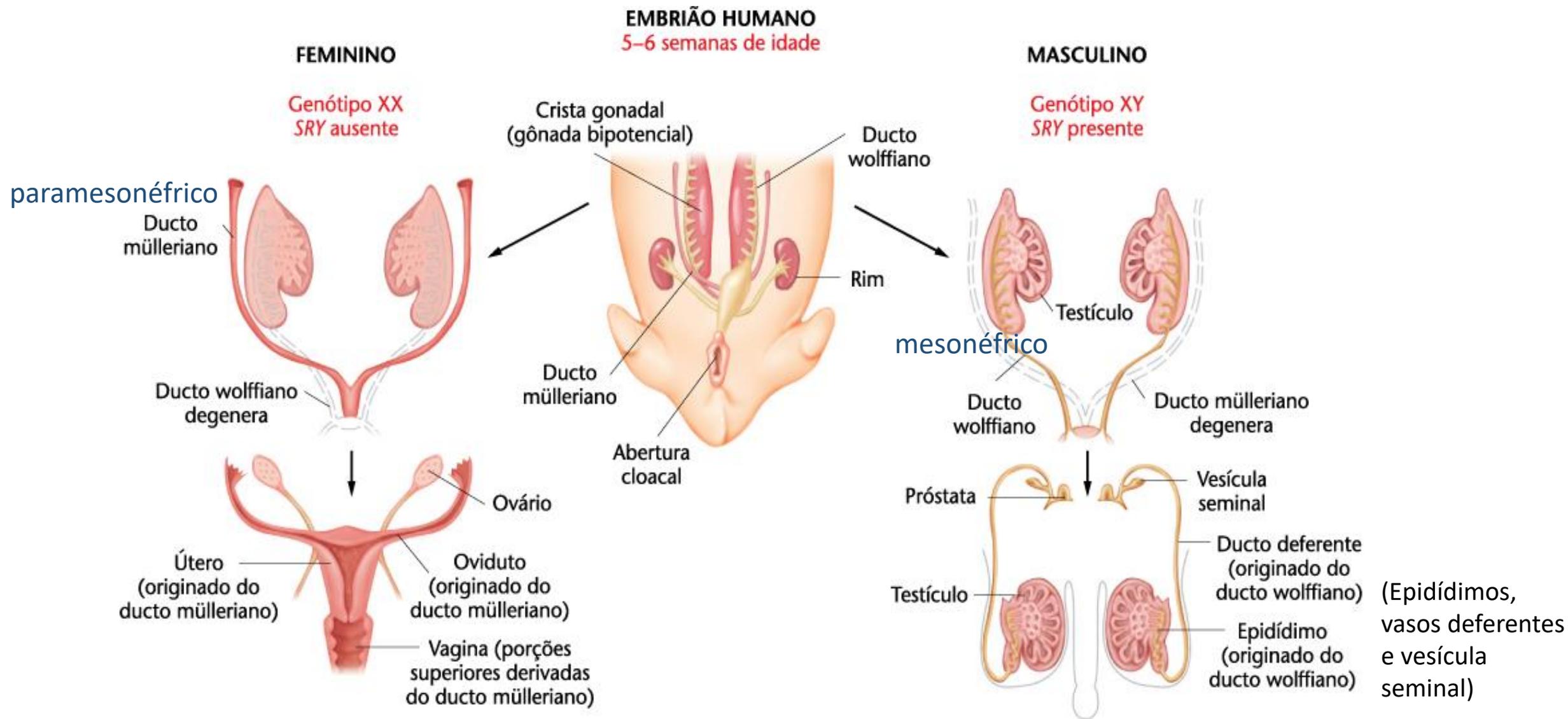


FIGURA 7-8

A presença ou a ausência do cromossomo Y e de *SRY* (região determinadora do sexo) define a diferenciação sexual em humanos. Os embriões humanos iniciais são sexualmente indiferenciados. As gônadas bipotenciais podem formar ovários ou testículos, dependendo da presença ou da ausência do genótipo *SRY*. Com sua presença em embriões XY, as gônadas bipotenciais formam testículos e, subsequentemente, os órgãos e ductos genitais masculinos. Na ausência de *SRY*, em embriões XX, formam-se os órgãos e ductos genitais femininos. [Fonte: Klug e cols, 2010.](#)

XX - HERMAFRODITA

XO - MACHO

Acredita-se que a proporção de cromossomos X em relação ao número de conjuntos de autossomos determine o sexo desses vermes.

$XX/2A = 1$ resulta em hermafroditas;

Proporção de 0,5 resulta em machos

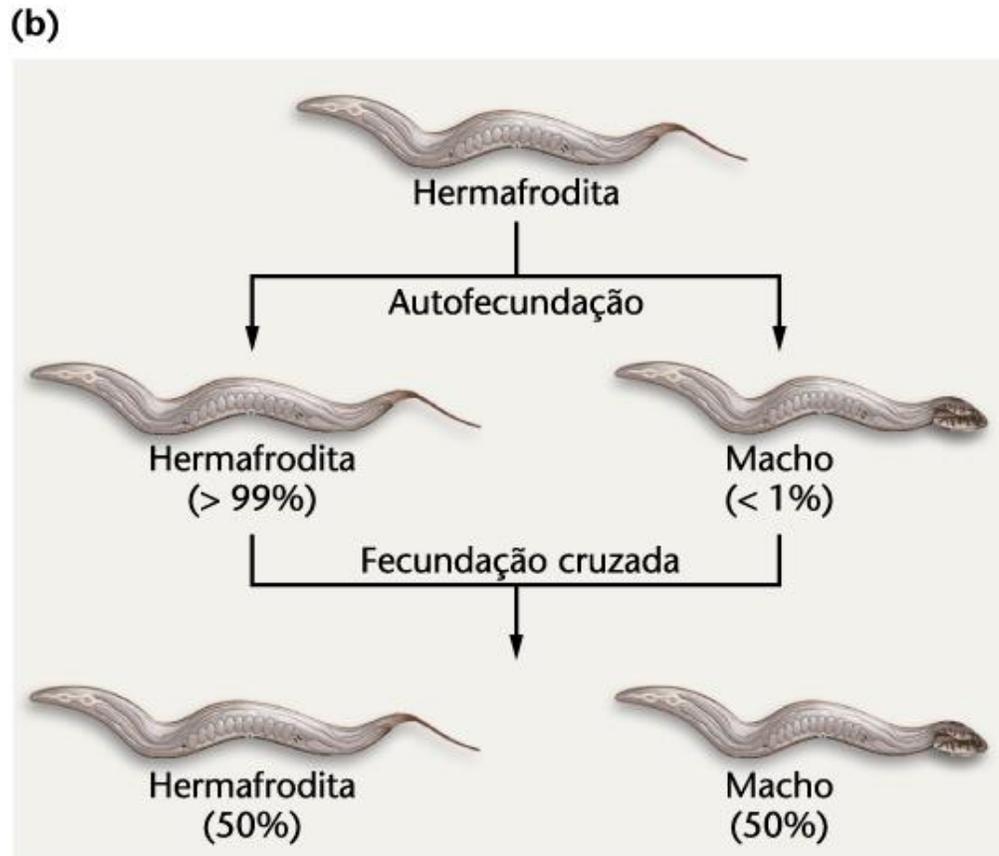
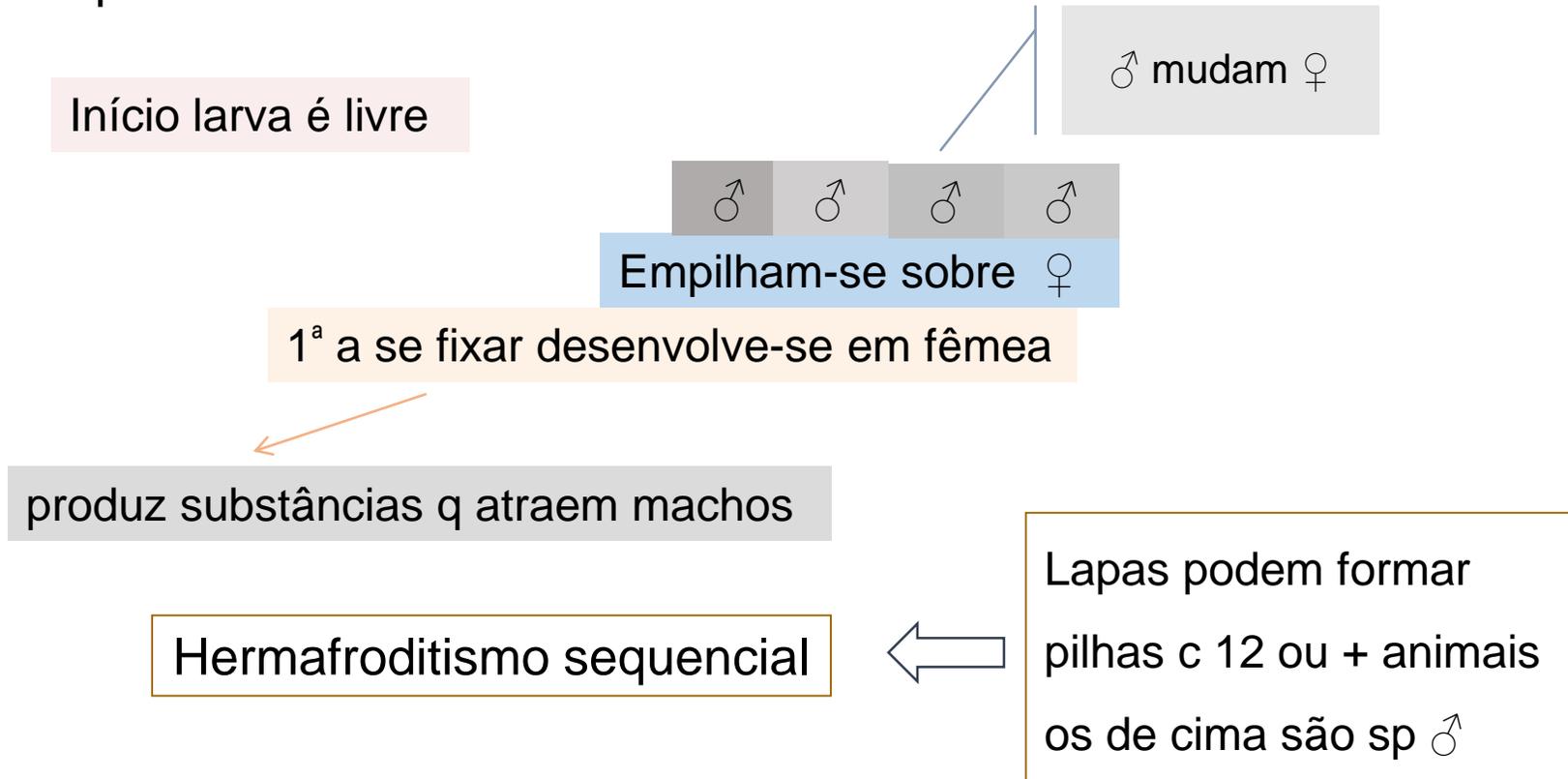


FIGURA 7-4 (a) Fotomicrografia do nematódeo hermafrodita *C. elegans*; (b) Resultados da autofecundação em um hermafrodita e de um cruzamento entre um hermafrodita e um verme macho.

Determinação Ambiental do Sexo

Molusco marinho → *Crepidula fornicata*
lapa



Determinação ambiental ⇒ posição da lapa na pilha

1 Uma larva que se deposita sobre um substrato não ocupado se torna fêmea, a qual produz substâncias químicas que atraem outras larvas.

2 As larvas atraídas pela fêmea se depositam no topo e se tornam machos, que cruzam com a fêmea inicial.

3 Por fim, os machos no topo trocam de sexo, tornando-se fêmeas.

4 Então, eles atraem mais larvas, que se depositam no topo da pilha e se tornam machos.

Tempo →

Alguns répteis

Muitas tartarugas, crocodilos e jacarés



T durante o desenvolvimento embrionário

Tartarugas { T quentes → ♀
T frias → ♂

Jacarés { T quente → ♂
T frias → ♀



Embrapa

- O sexo dos crocodilianos é determinado pela temperatura de incubação, devido a ausência de cromossomos sexuais.



Embrapa