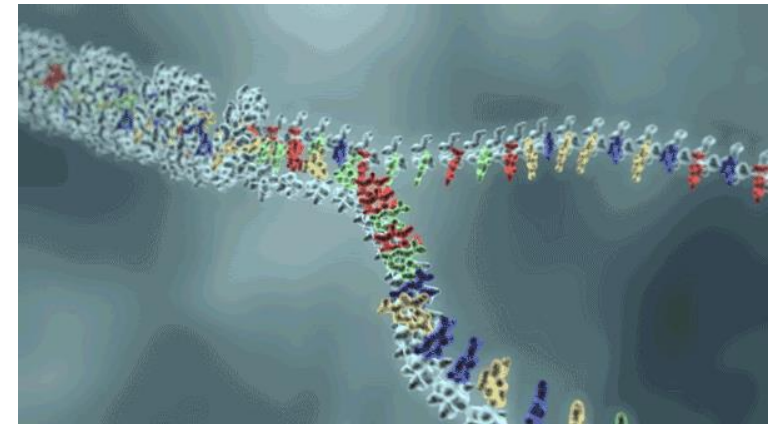
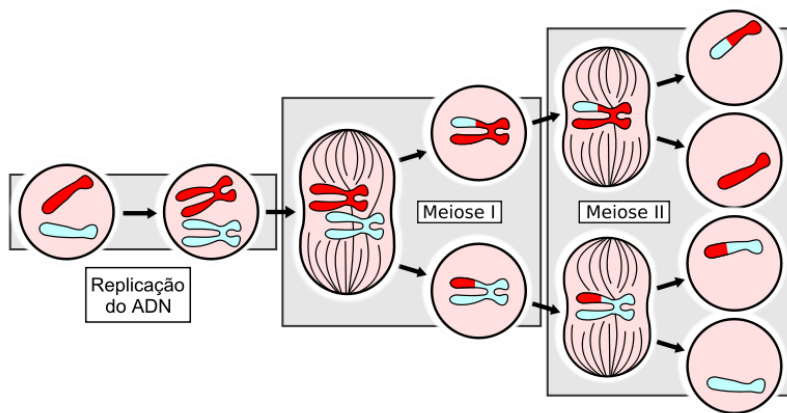


LGN0114 – Biologia Celular

Meiose e Gametogênese

Aula 11

Antonio Figueira
figueira@cena.usp.br



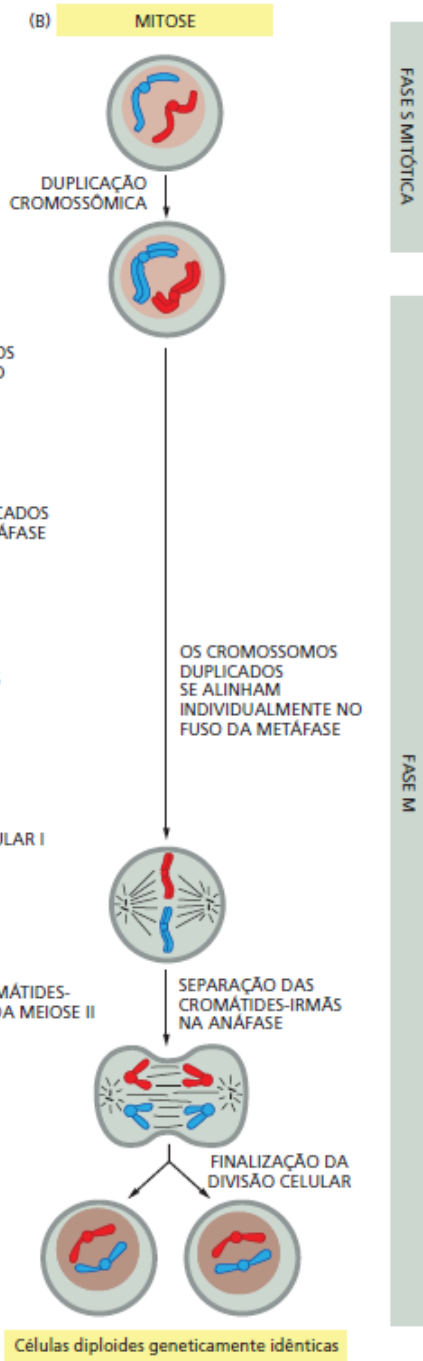
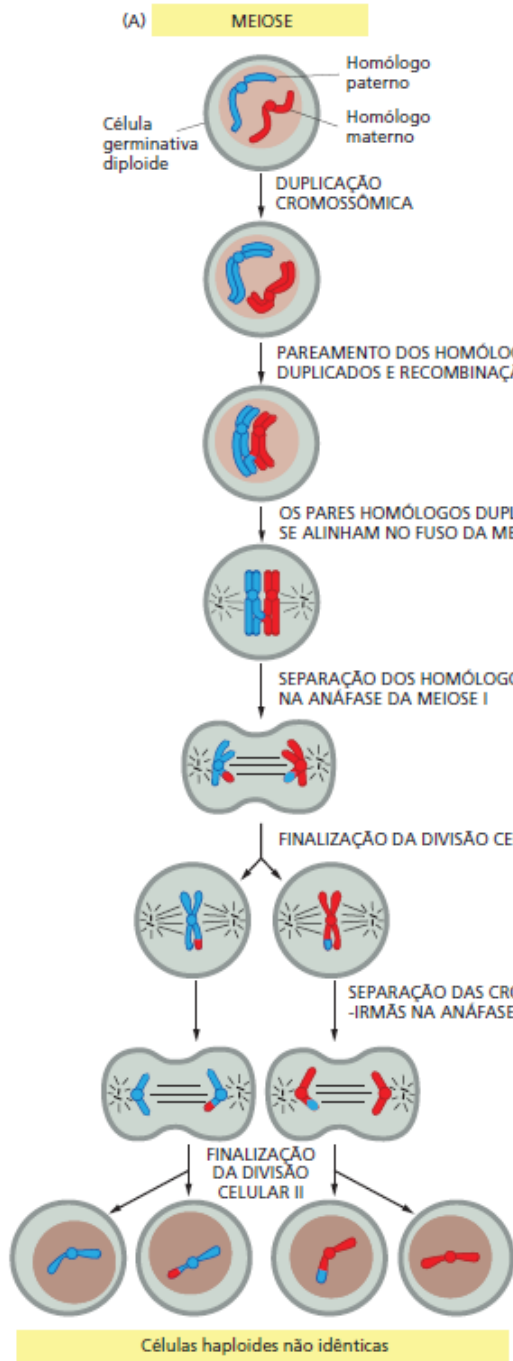
Meiose X Mitose

Meiose Reducional

FASE S MEIÓTICA

MEIOSE I

MEIOSE II



FASE S MITÓTICA

FASE M

Mitose Equacional

Benefícios do Sexo

Grande maioria dos organismos multicelulares se reproduz pelo sexo

- = União de gametas de dois indivíduos distintos
 - Diversas exceções – autofecundação, partenogênese, apomixia,..
- Para a produção de gametas é necessário reduzir o número de cromossomos – **haploide (n)**
- Essa redução ocorre por meio de uma divisão celular especial em células especializadas
 - **MEIOSE**
 - **CÉLULAS GERMINATIVAS OU GAMETAS**

Vantagens Evolutivas...

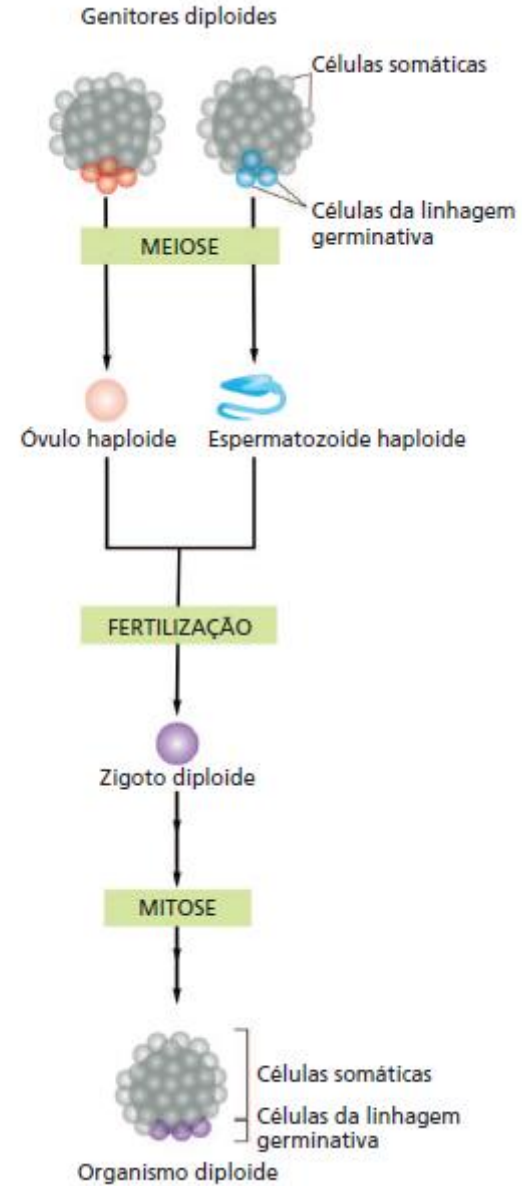
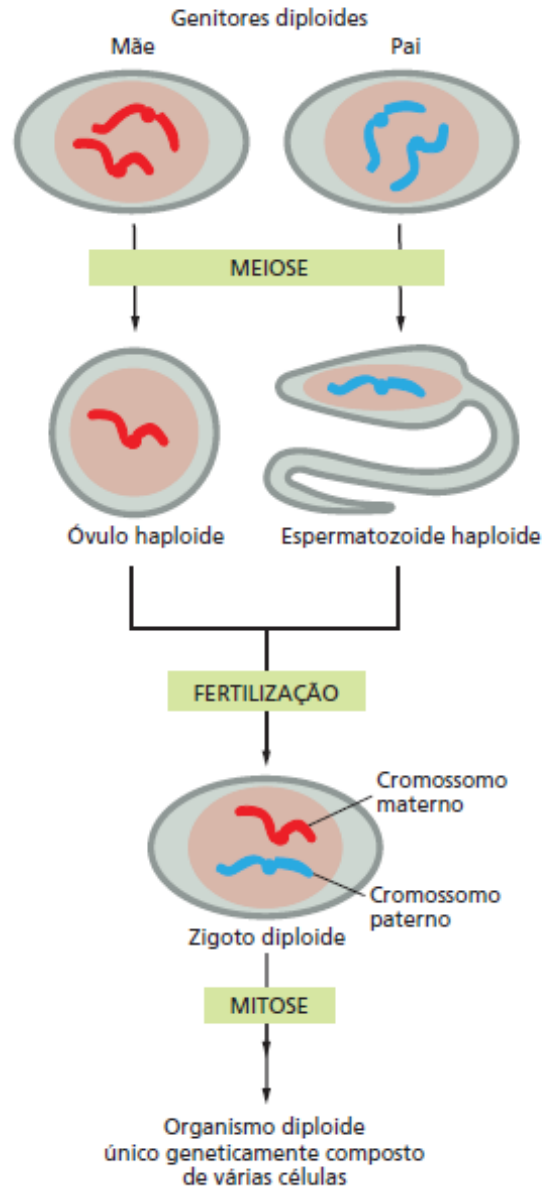
- **Reprodução assexuada ou vegetativa**

- Fácil, rápida, efetiva
- Favorável em um ambiente estável
- Falta diversidade na progênie



- **Reprodução sexuada**

- Promove **variabilidade genética**, permitindo a recombinação genética
- Útil em ambiente dinâmico e sob constantes mudanças (**bióticas e abióticas**)

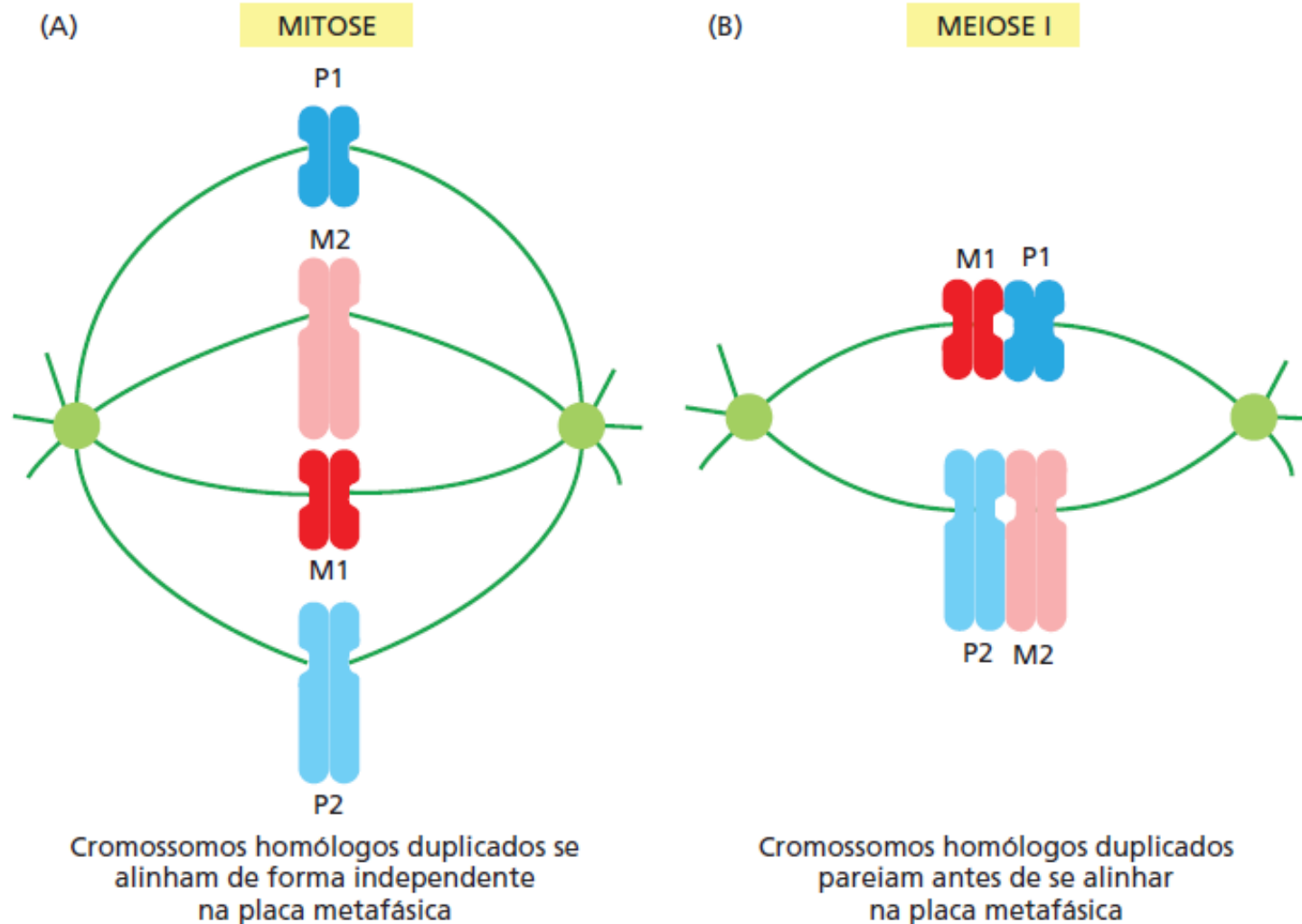


Animais e
plantas

Benefícios do Sexo

- Reprodução sexuada gera novas combinações de cromossomos
- Cada gameta conterá uma mistura de cromossomos paternos ou maternos – **mesmos genes mas alelos distintos!**
- A meiose gera recombinação entre cromossomos homólogos
Crossing-over
- **Geração de novas combinações de alelos**
- **Purificação contra alelos deletérios**

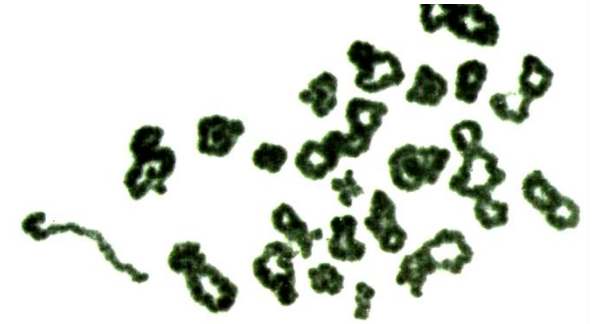
Mitose x Meiose

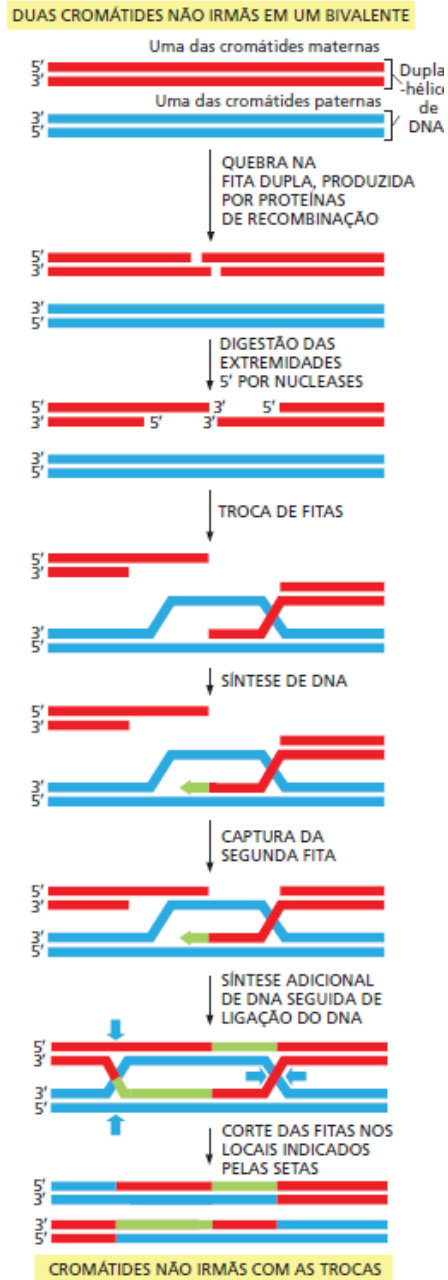


MEIOSE

Divisão Reducional – Organismos Multicelulares

- Embaralhamento dos genes
- *Crossing-over*
- Segregação independente dos cromossomos
- **Mecanismo**
 - Cada cromossomo homólogo (*ex. cromossomo 7*) se replica para dar origem à duas cromátides irmãs
 - Par de homólogos (*ex. cromossomo materno 7 e cromossomo paterno 7*)
 - Troca de material genético entre **cromátides não irmãs**: *crossing-over*, recombinação
 - Quiasmas (citologicamente visíveis) são as manifestações físicas do *crossing-over*.





Recombinação entre cromátides não-irmãs

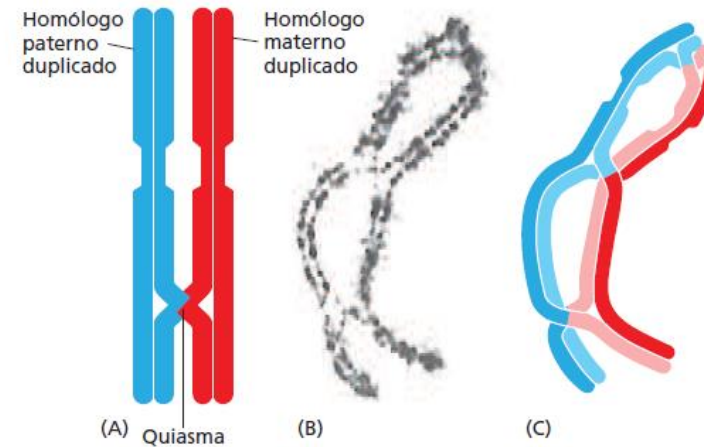


Figura 19-10 Durante a meiose I, as cromátides não irmãs em cada bivalente trocam segmentos de DNA. Aqui, apenas duas das quatro cromátides-irmãs do bivalente são ilustradas, cada uma delas representada como uma dupla-hélice de DNA. Durante a meiose, os complexos proteicos que realizam essa recombinação homóloga (não ilustrados) produzem inicialmente uma quebra na fita dupla do DNA de uma das cromátides (seja a cromátide materna ou paterna) e, em seguida, promovem uma troca cruzada com a outra cromátide. Quando essa troca é resolvida, cada cromátide conterá um segmento de DNA proveniente da outra cromátide. Muitos dos passos que levam a trocas entre os cromossomos durante a meiose se assemelham aos que coordenam a reparação de quebras da fita dupla do DNA em células somáticas (ver Figura 6-30).

Meiose

Duas divisões nucleares

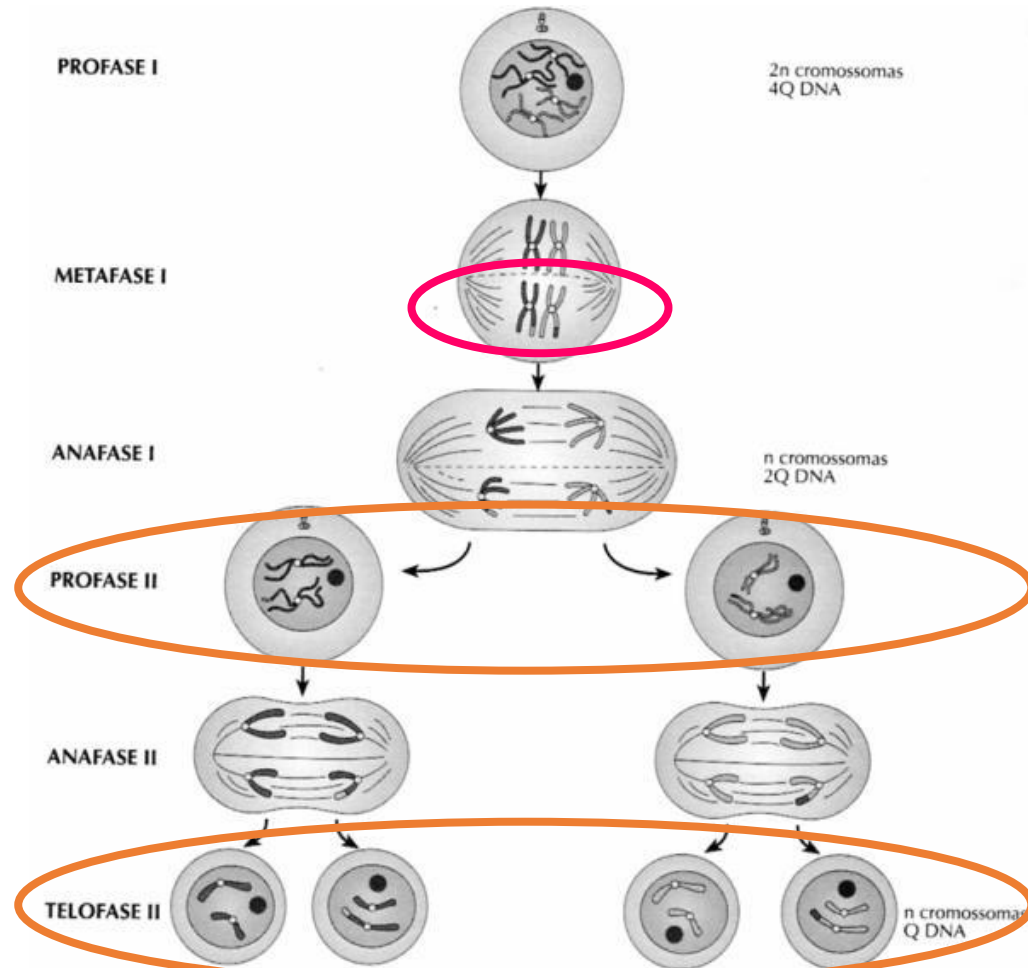


Figura - 1. Esquema do mecanismo da meiose

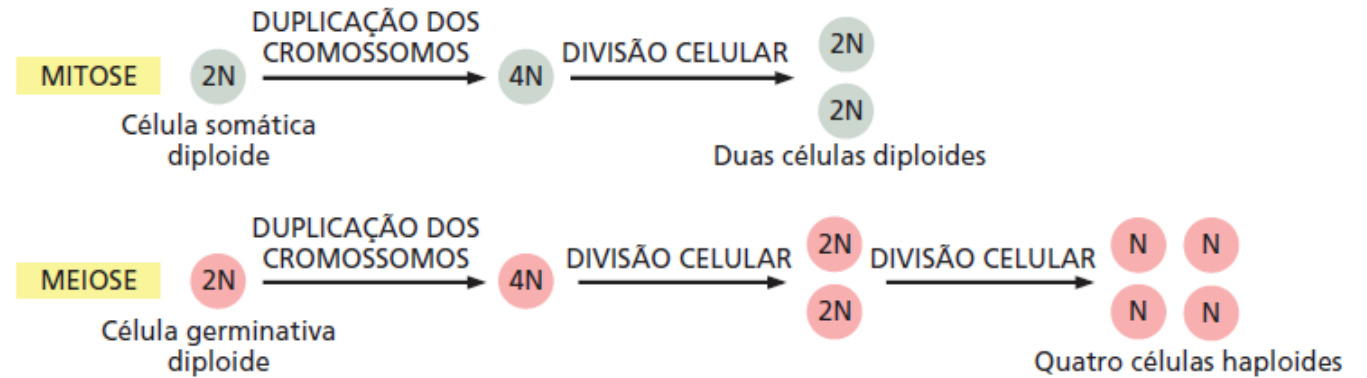
Meiose

Também se inicia após a Interfase

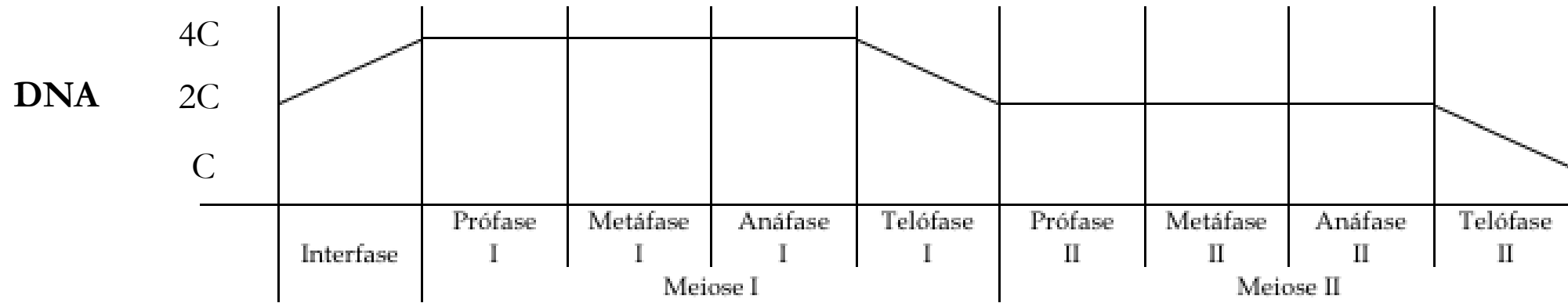
- Fase G1
- Fase S
- Fase G2

Ocorre somente em algumas células em particular!

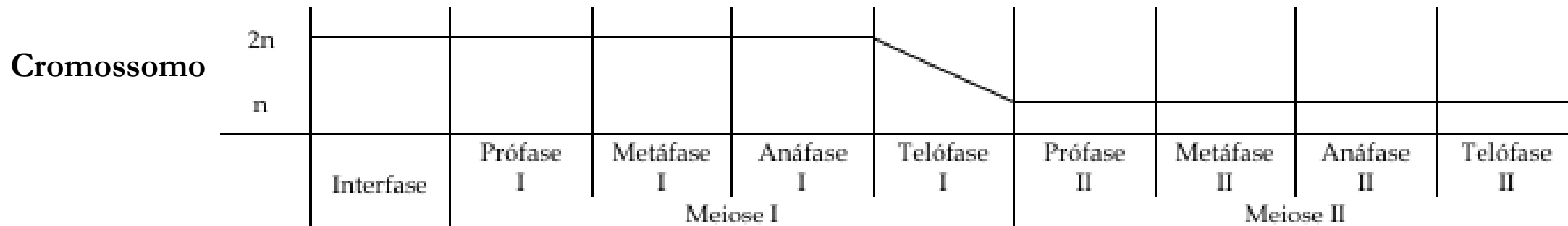
Células Germinativas



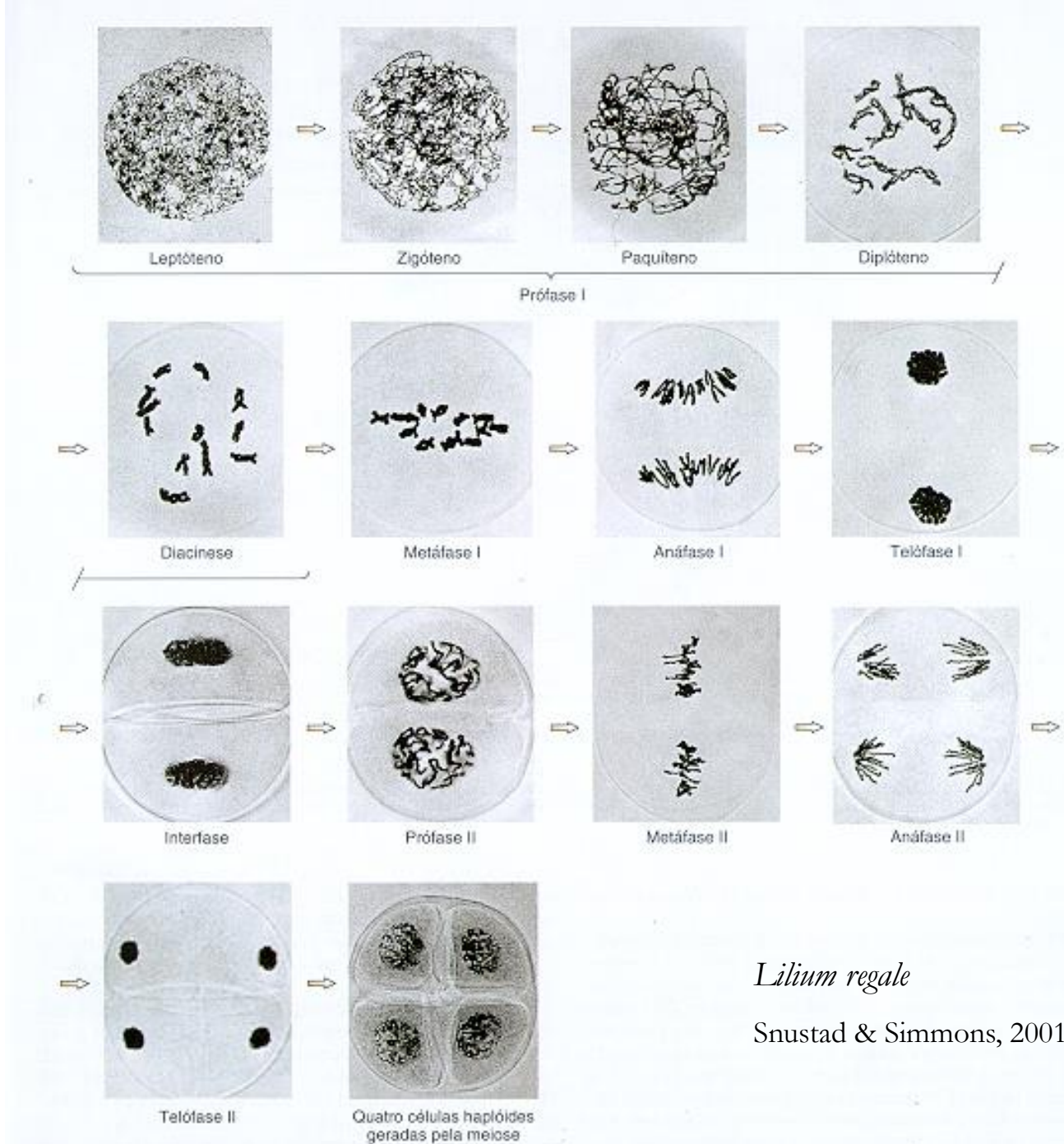
Quantidade de DNA - C



Cromossomos não se replicam novamente antes da segunda divisão meiótica



Fases da Meiose



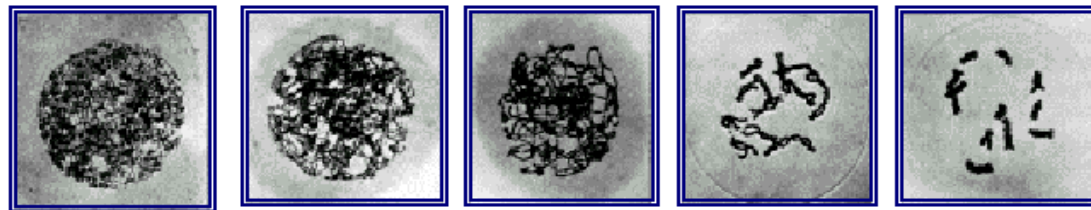
Lilium regale

Snustad & Simmons, 2001

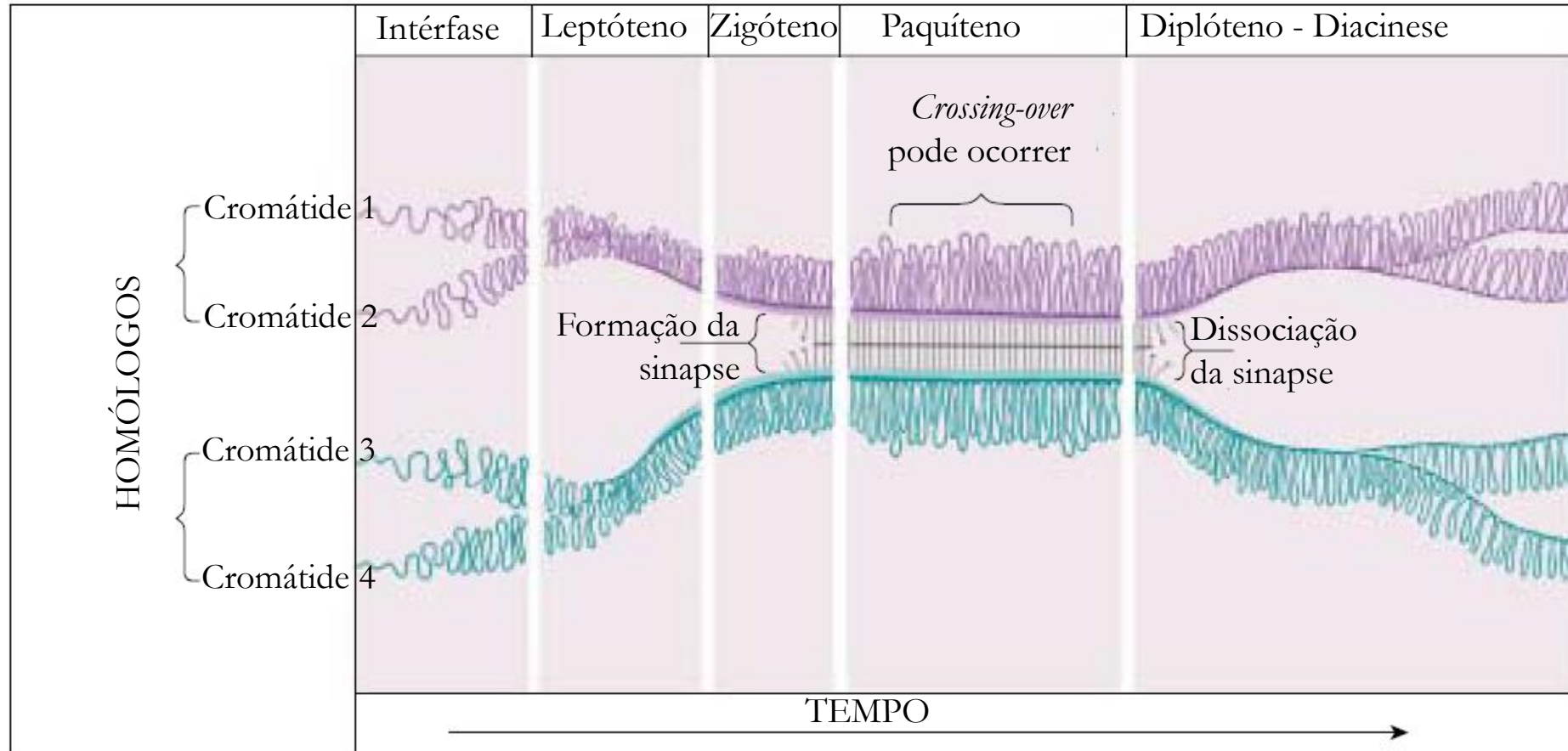
Meiose I

Profase I

- **Leptóteno** – início da condensação dos cromossomos
- **Zigóteno** – início do pareamento dos cromossomos homólogos (**sinapse**), formação do complexo sinaptonêmico
- **Paquíteno** – inicia-se o *crossing-over* (troca de informação genética entre as cromátides não irmãs)
- **Diplóteno** – permuta ou recombinação genética; cromossomos homólogos começam a repelir-se, permanecendo unidos por **quiasmas**
- **Diacinese** - condensação total dos cromossomas, terminalização dos quiasmas, desagregação da membrana nuclear e dos nucléolos.

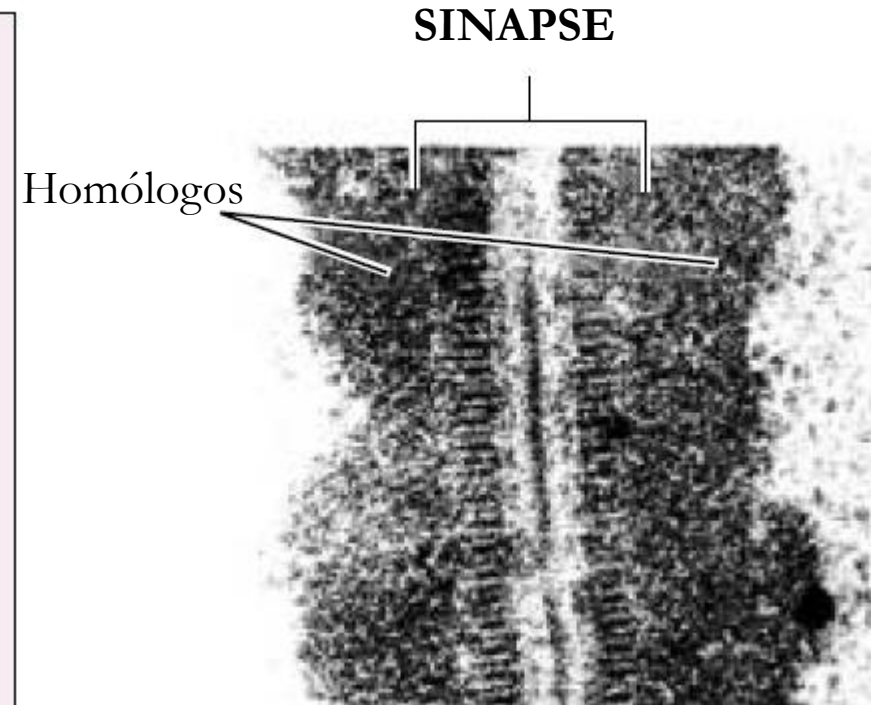
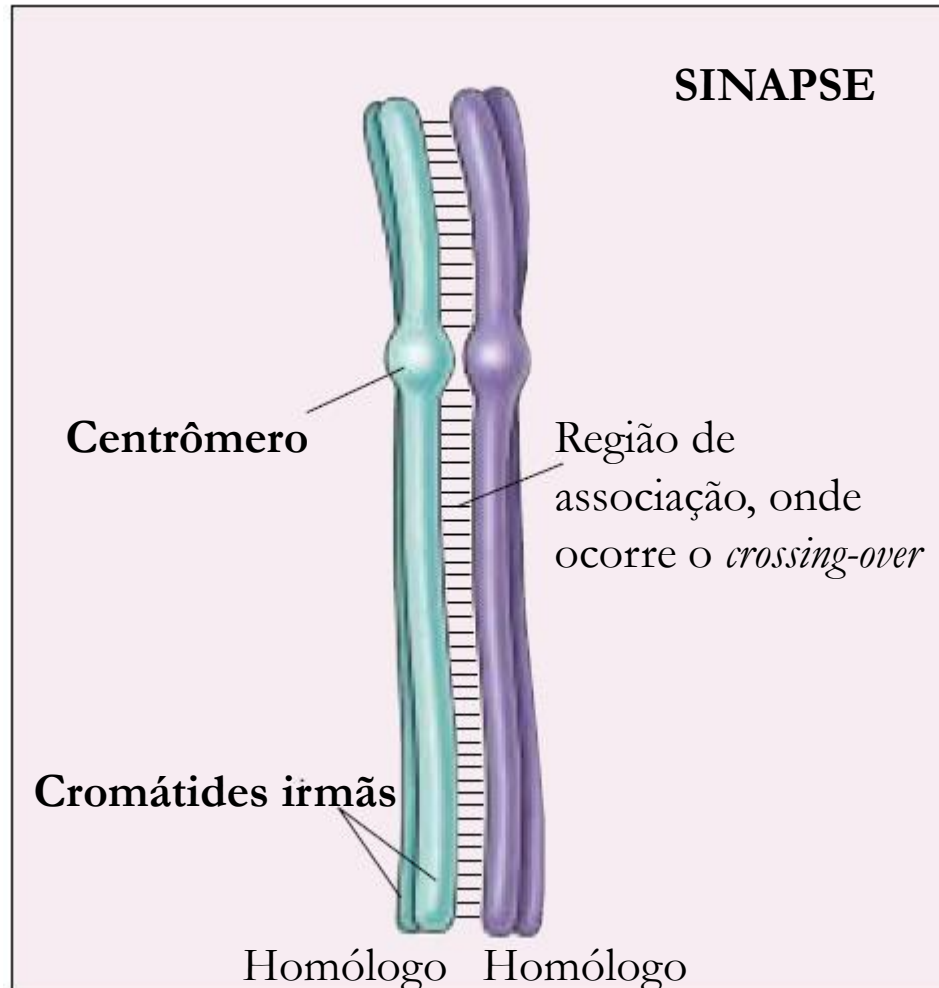


Profase I



SINAPSE

- Acontece no início da **primeira divisão nuclear da meiose**
- Pareamento entre **cromossomos homólogos** = processo denominado **sinapse**

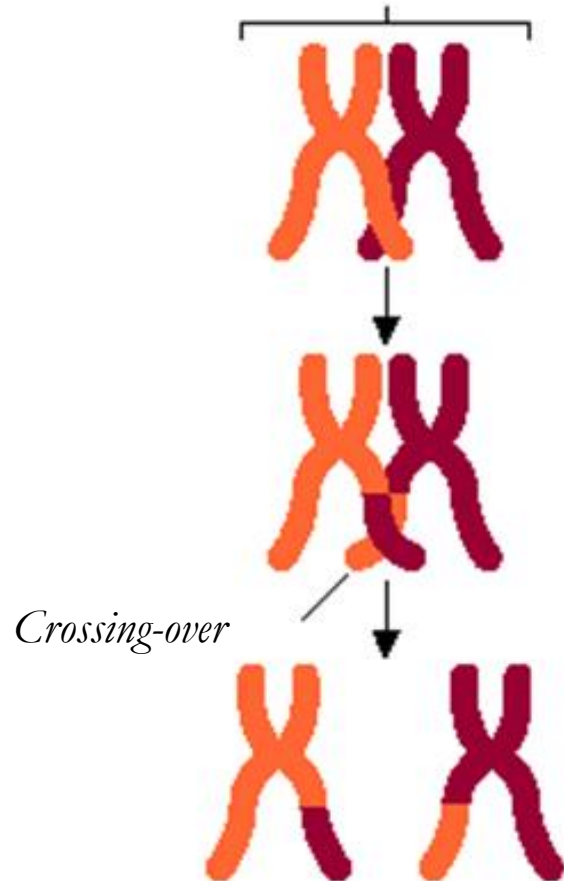


Estrutura do complexo sinaptonêmico do ascomiceto *Neotiella rutilans*.

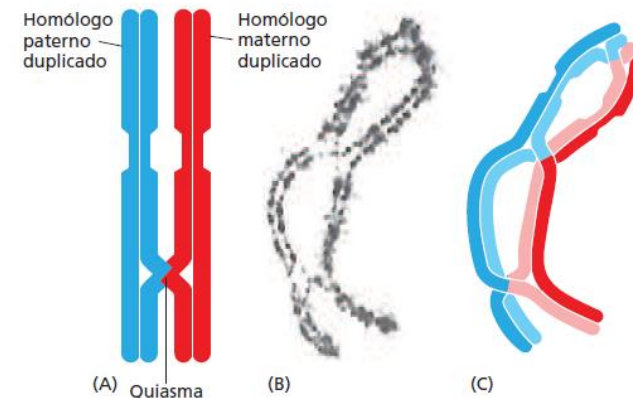
Recombinação Homóloga

Troca de material genético entre os cromossomos homólogos → *crossing-over*
(ocorre na primeira divisão nuclear).

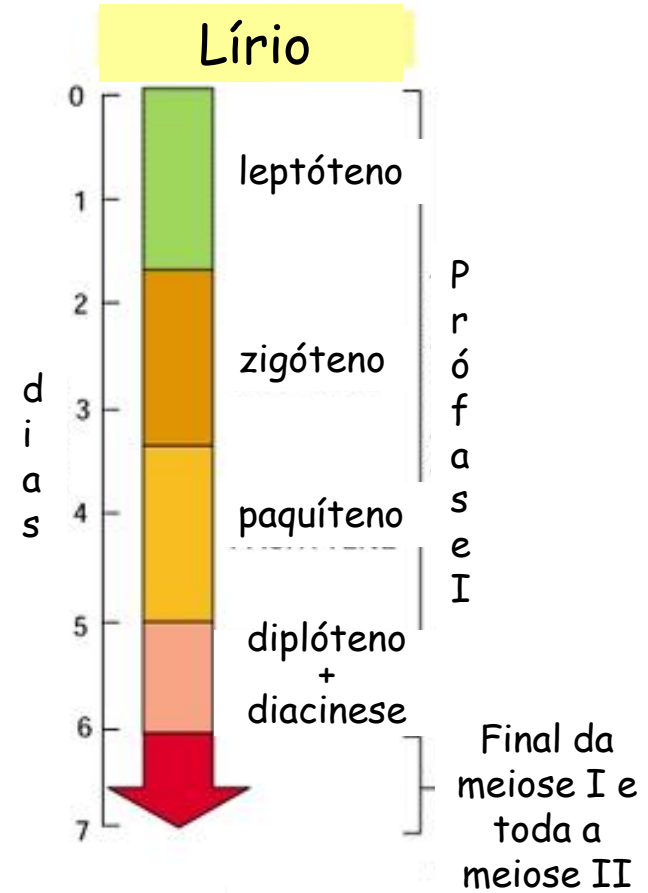
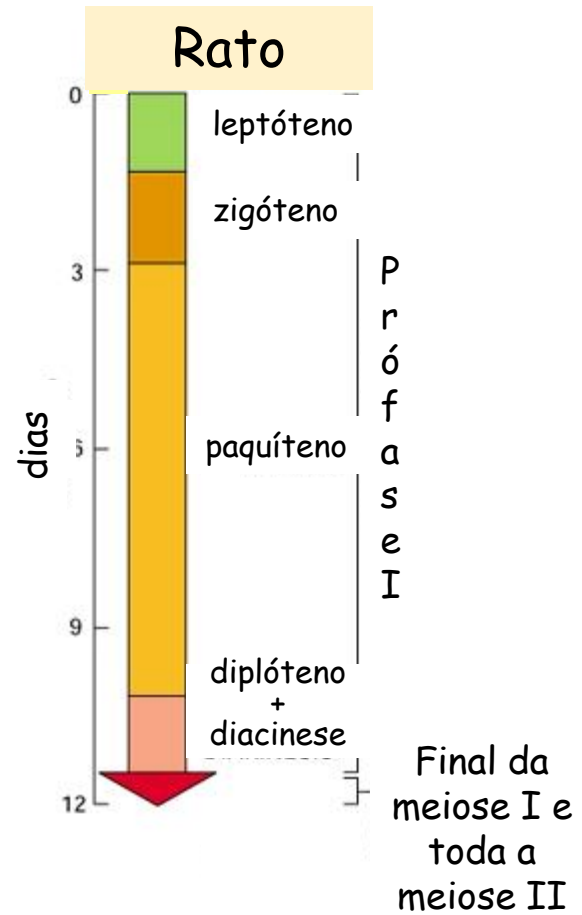
Pareamento dos cromossomos homólogos



Recombinação homóloga

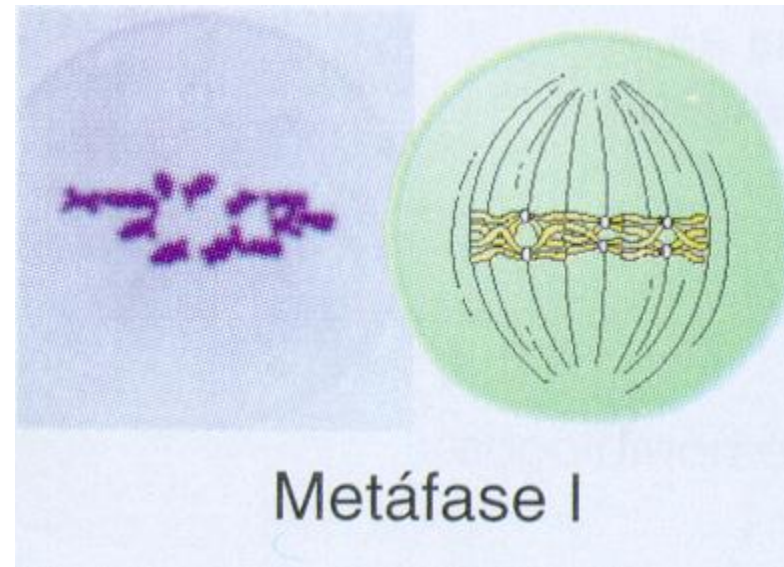
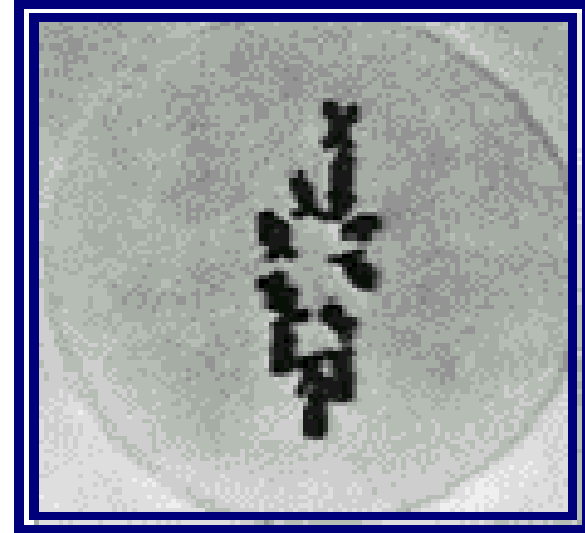


Profase I



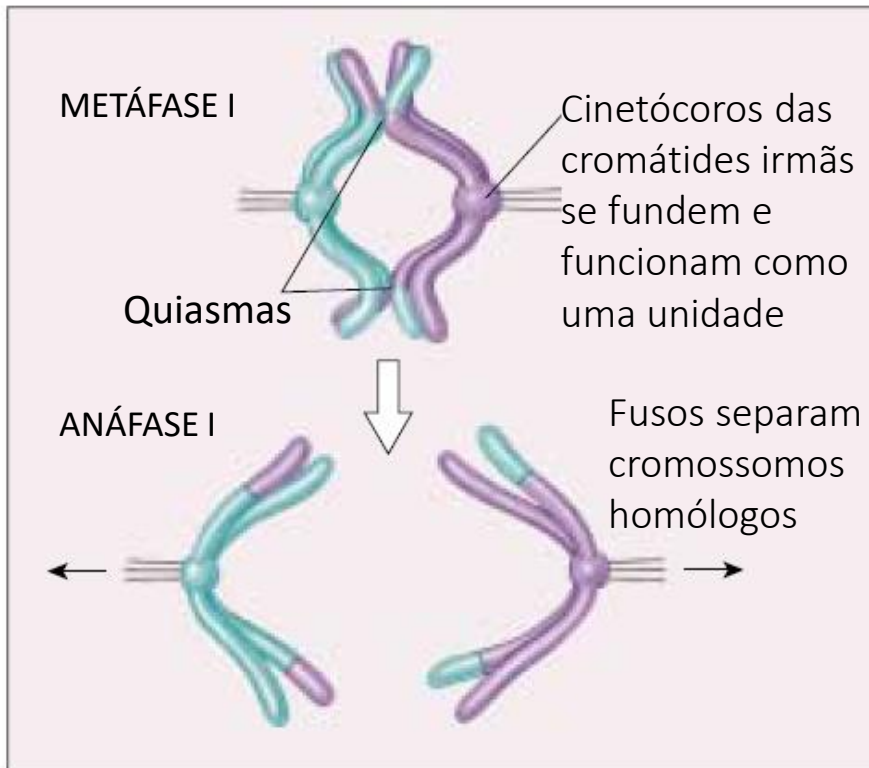
Metáfase I

- As 2 cromátides irmãs comportam-se como uma unidade
- Cinetócoros das cromátides irmãs se fundem
- Alinhamento dos cromossomos no equador da célula na placa equatorial.



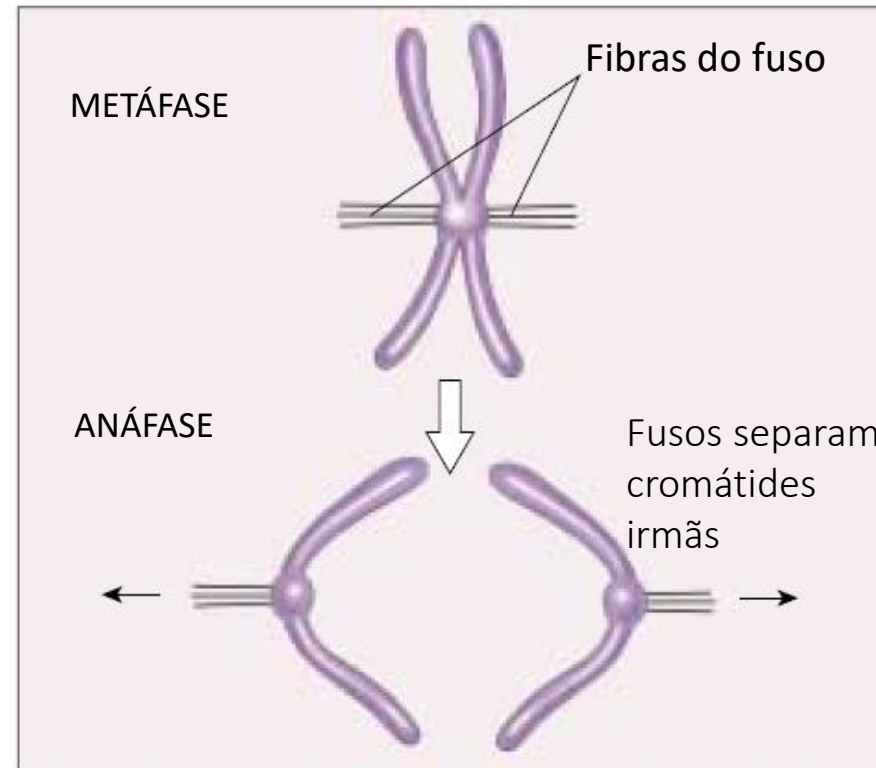
Comparação Metáfase Meiose x Mitose

Meiose I



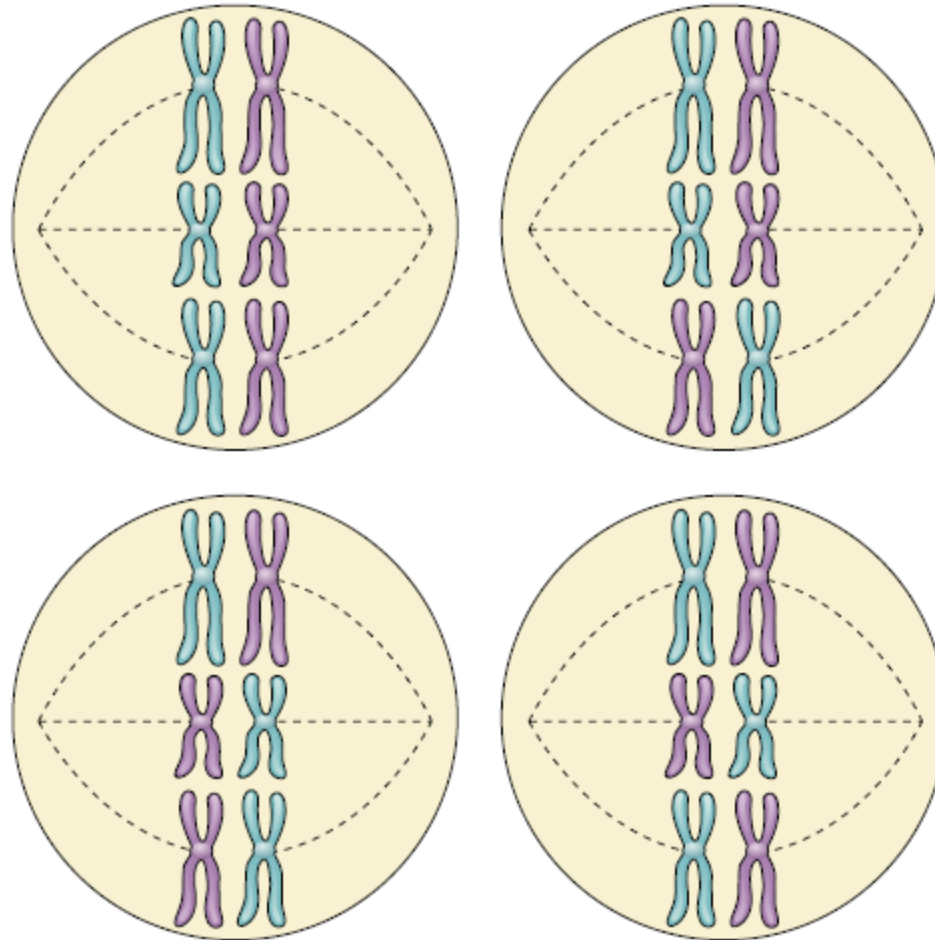
Segregação cromossômica!!

Mitose



**X Segregação cromátide!
Duplicação de centrômeros**

Distribuição Aleatória das Cromossomos Homólogos na placa equatorial

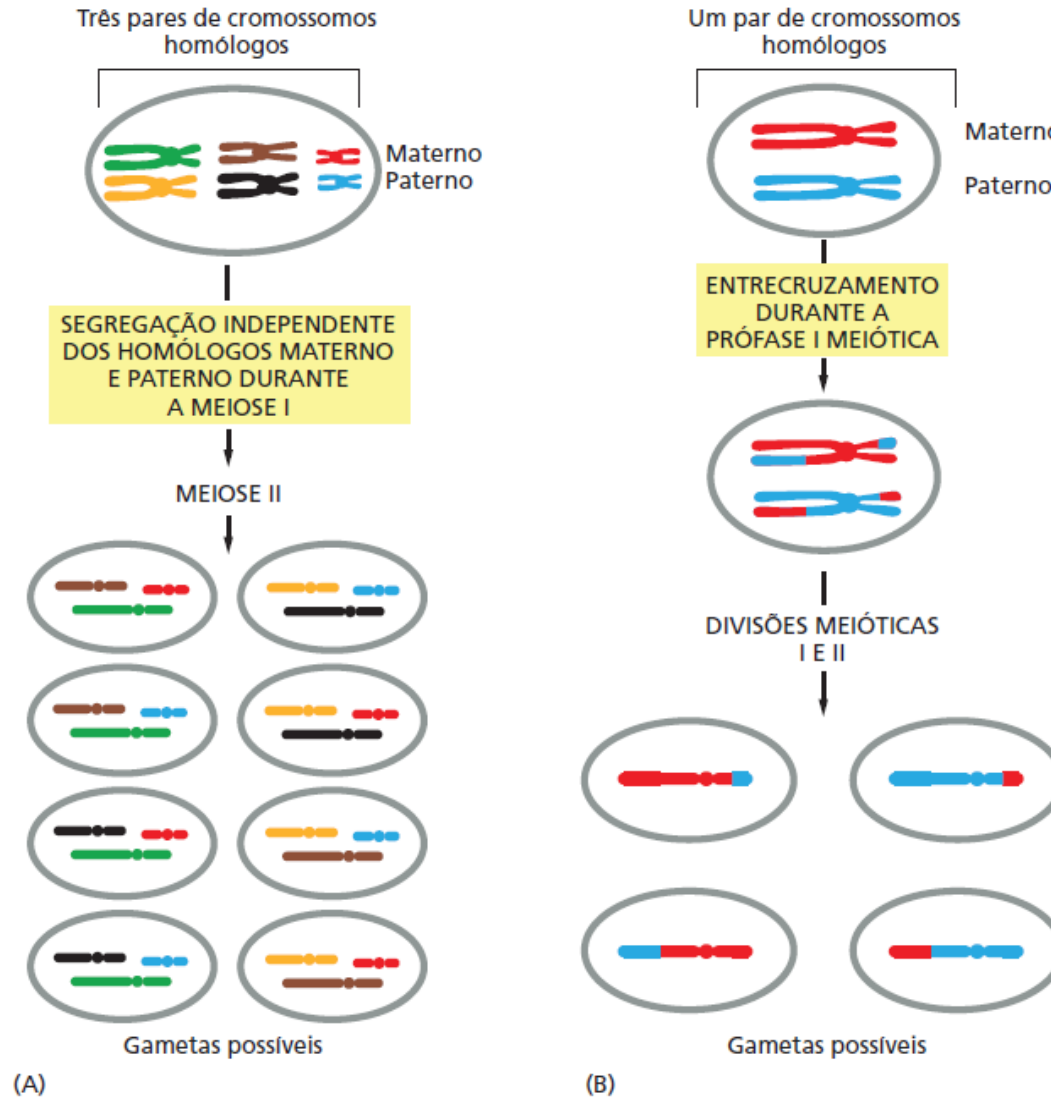


$$2^n$$

Ex. Humanos = $8,4 \times 10^6$

$2^n = n^\circ$ de combinações possíveis, sendo $n = n^\circ$ haplóide de cromossomos

Segregação Cromossômica

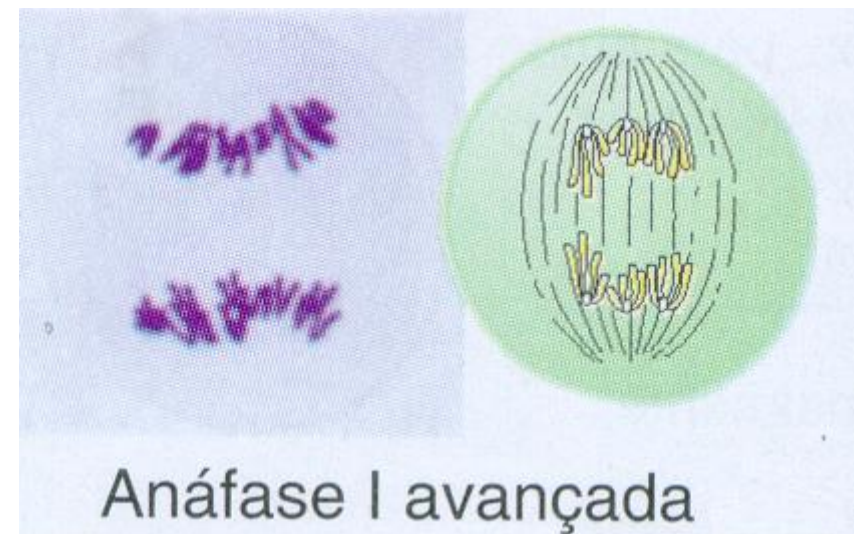
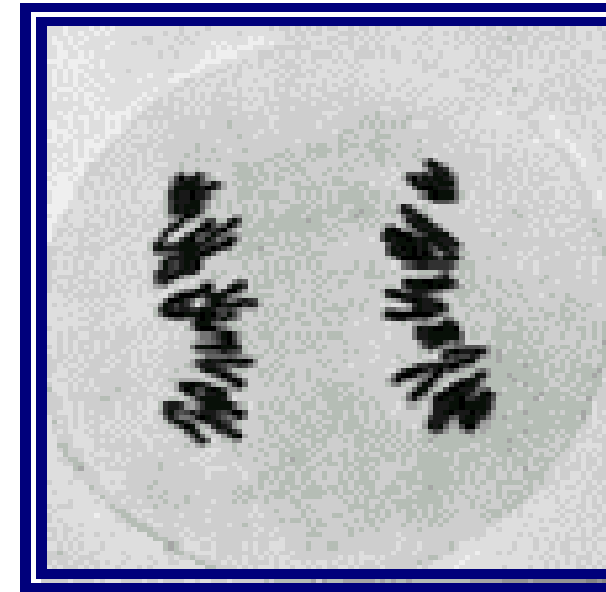


$$2^n$$

Aumenta ainda mais a variabilidade!!!

Anáfase I

- Migração de **cada cromossomo homólogo**, com as suas duas cromátides unidas pelo centrômero, para os polos opostos da célula;
- **Não há divisão dos centrômeros**
- Ocasionalmente podem ocorrer fenômenos de não disjunção cromossômica
 - *Ex. Síndrome de Down nos humanos -Trissomia 21*



Telófase I

- Chegada dos cromossomos homólogos aos polos opostos

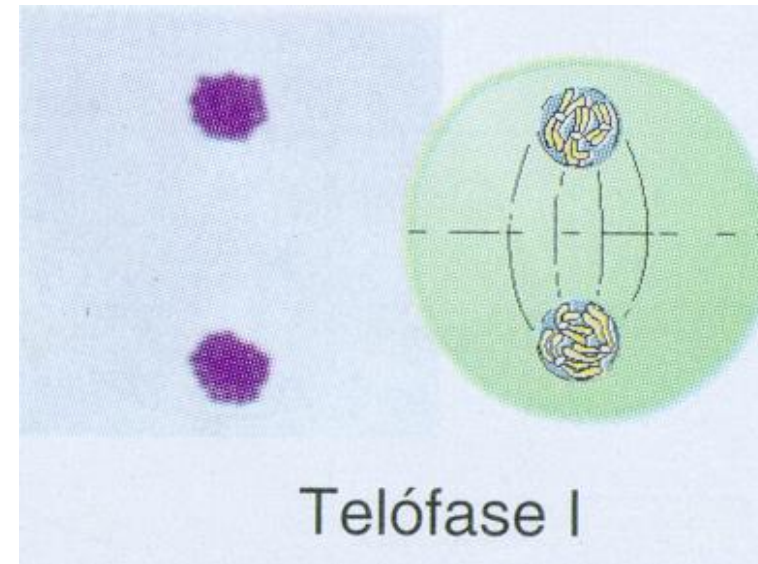


Citocinese

- Divisão do citoplasma

Interfase

- Sem síntese de DNA



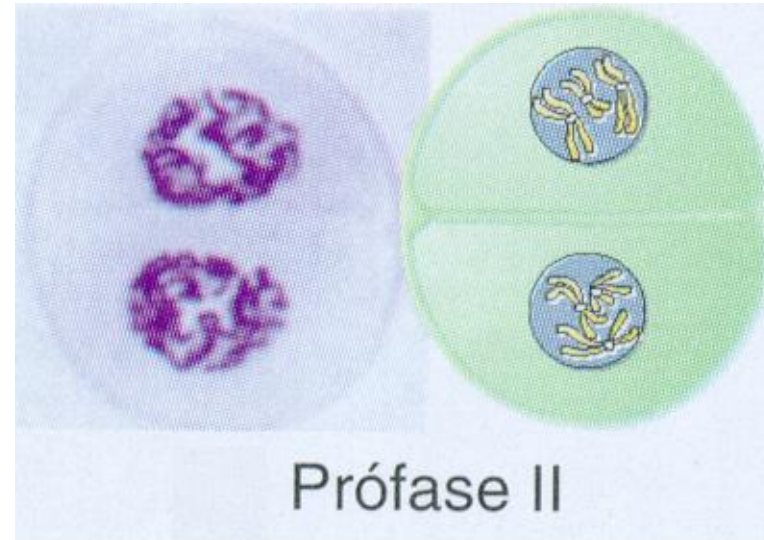
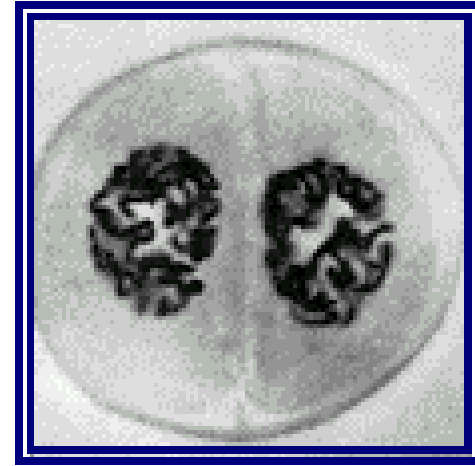
Prófase II

Fase muito curta

Os cromossomos ainda estão constituídos por duas cromátides

Formação das fibras do fuso

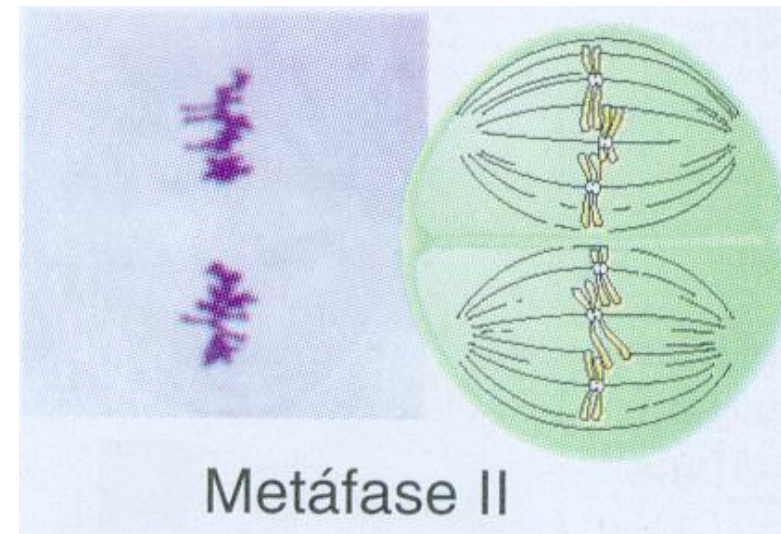
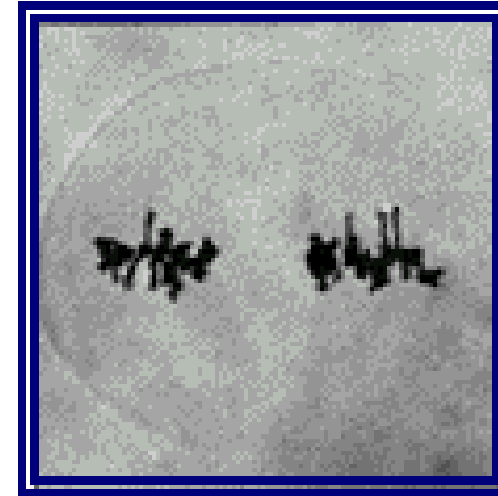
Membrana nuclear desaparecem novamente



Metáfase II

Alinhamento dos cromossomos na placa equatorial da célula

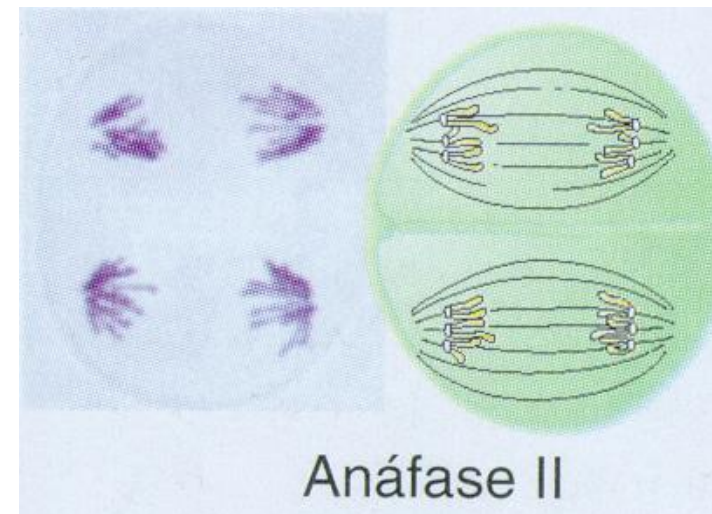
Ocorre **duplicação dos centrômeros** para a posterior **separação das cromátides** irmãs na fase seguinte.



Anáfase II

Divisão do centrômero

As **cromátides irmãs** migram para os pólos opostos da célula

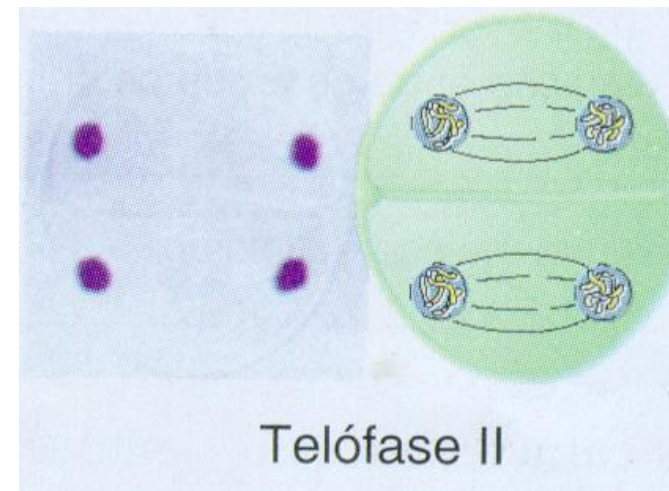
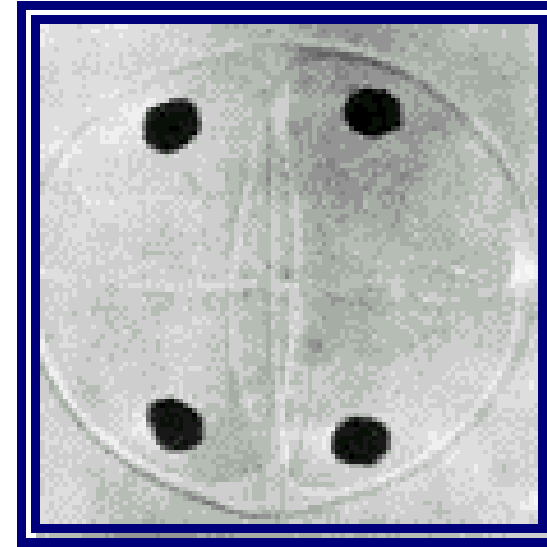


Telófase II

Ao chegar aos polos da célula, cada grupo de cromossomos é envolvido pela membrana nuclear;

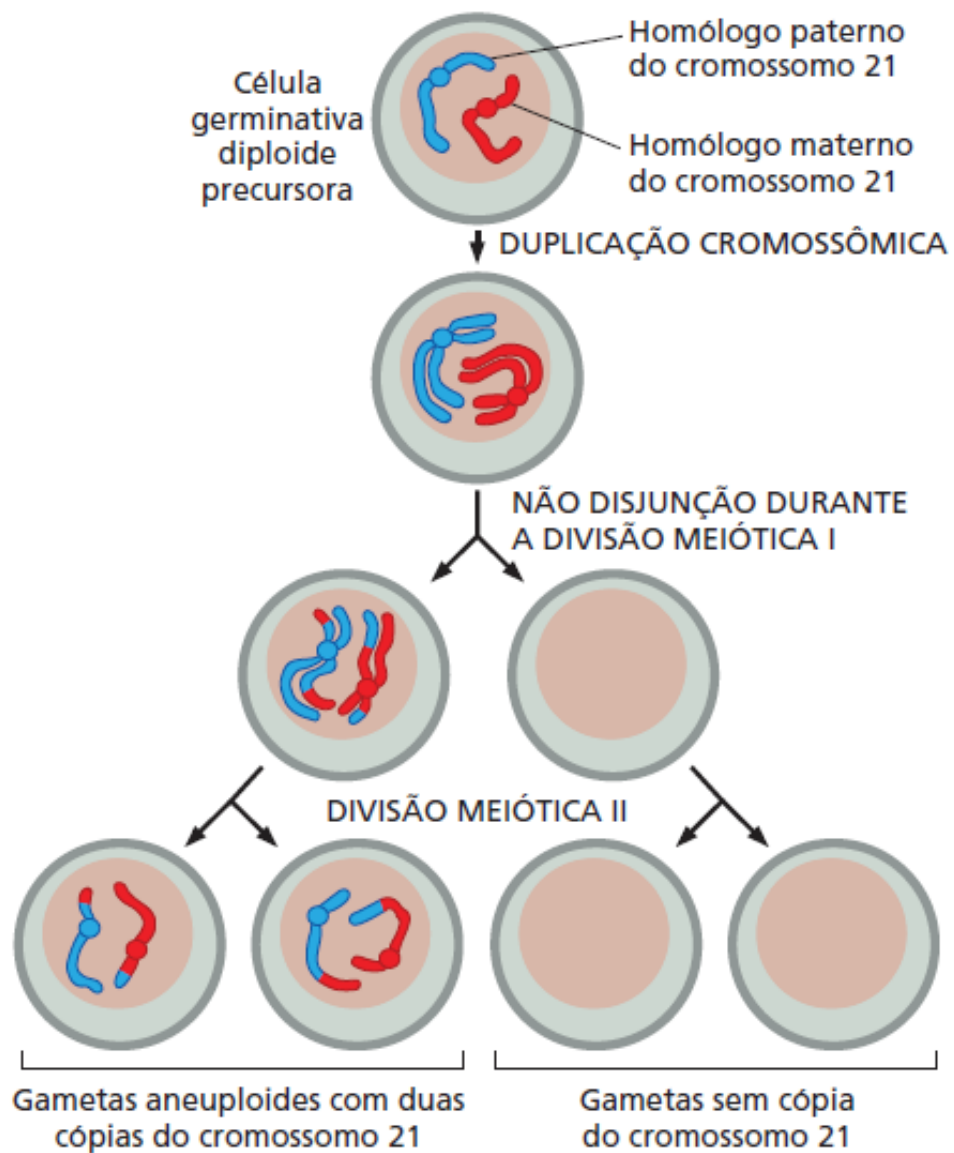
Reorganização do nucléolo;

A cromatina se descondensa e o fuso desaparece.

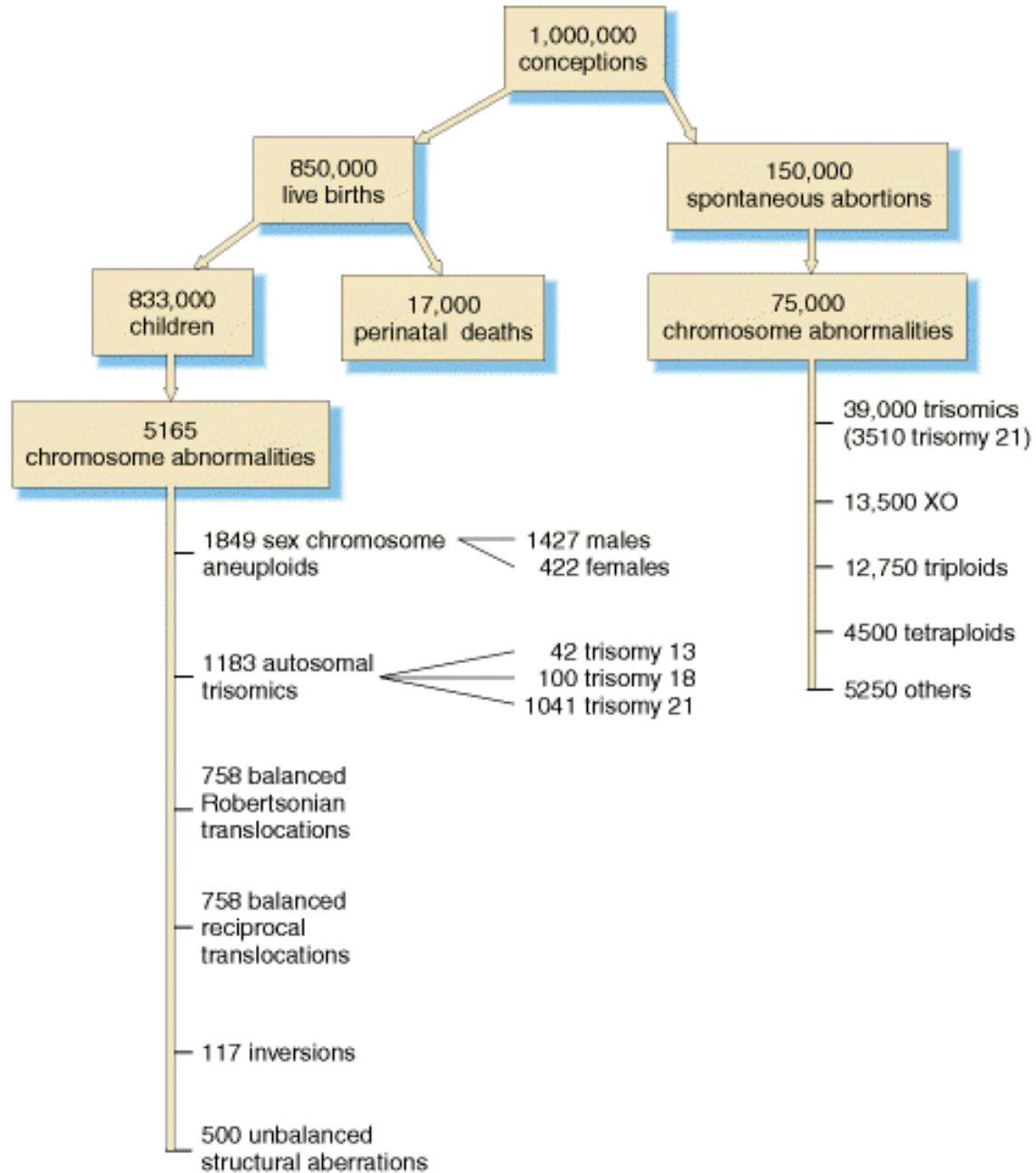


Não-disjunção de cromossomo durante a Meiose

Ex. Síndrome de Down nos humanos -Trissomia 21

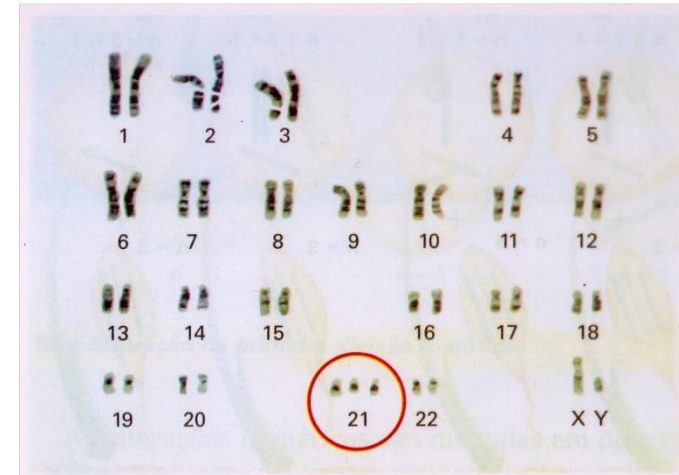
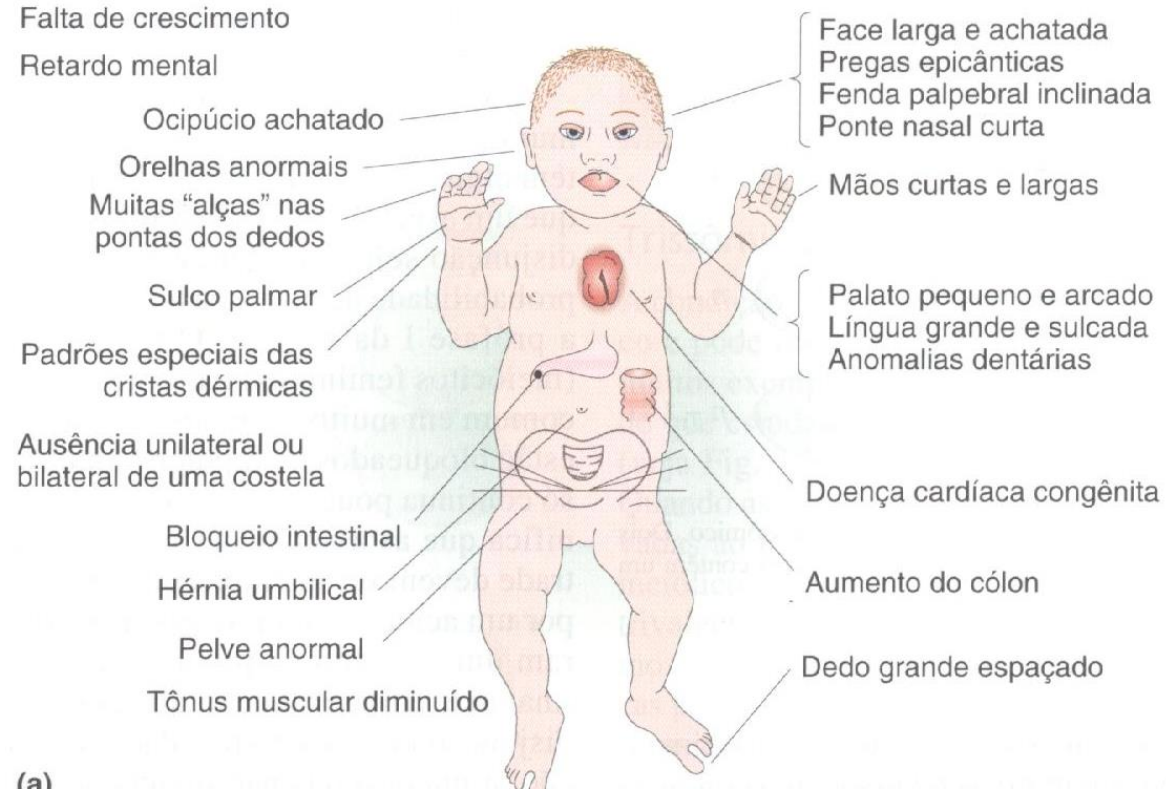


Ocorrência de Aberrações cromossômicas em Humanos



Trissomia do 21 ($2n + 1$)

Síndrome de Down



A Meiose apresenta 3 características únicas

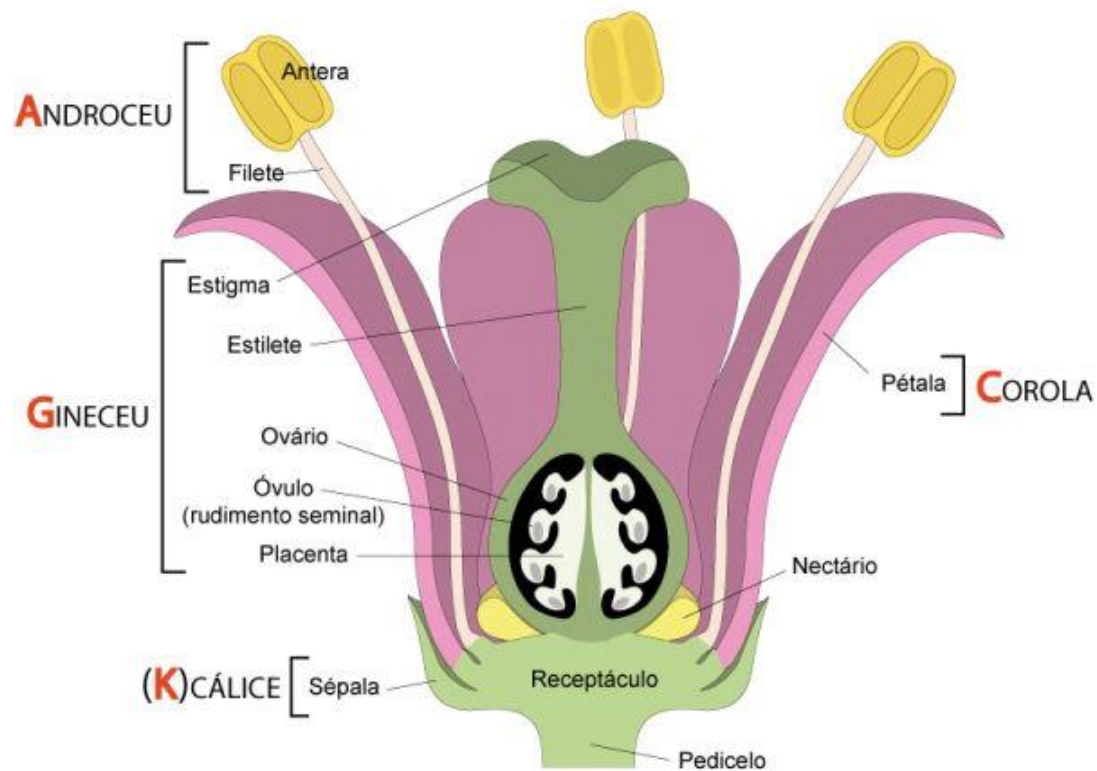
1. Sinapse
2. Recombinação homóloga
3. Divisão reducional

Segunda meiose é similar a uma mitose normal, entretanto devido ao *crossing-over* da meiose I, as cromátides irmãs na meiose II não são idênticas

Gametogênese em Plantas

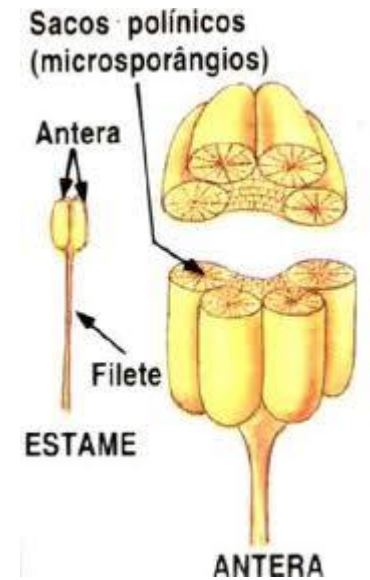
Órgãos de reprodução em plantas superiores:

- **Anteras** (masculinos) – produzem micrósporos.
- **Ovários ou pistilo** (femininos) – produzem megásporos.

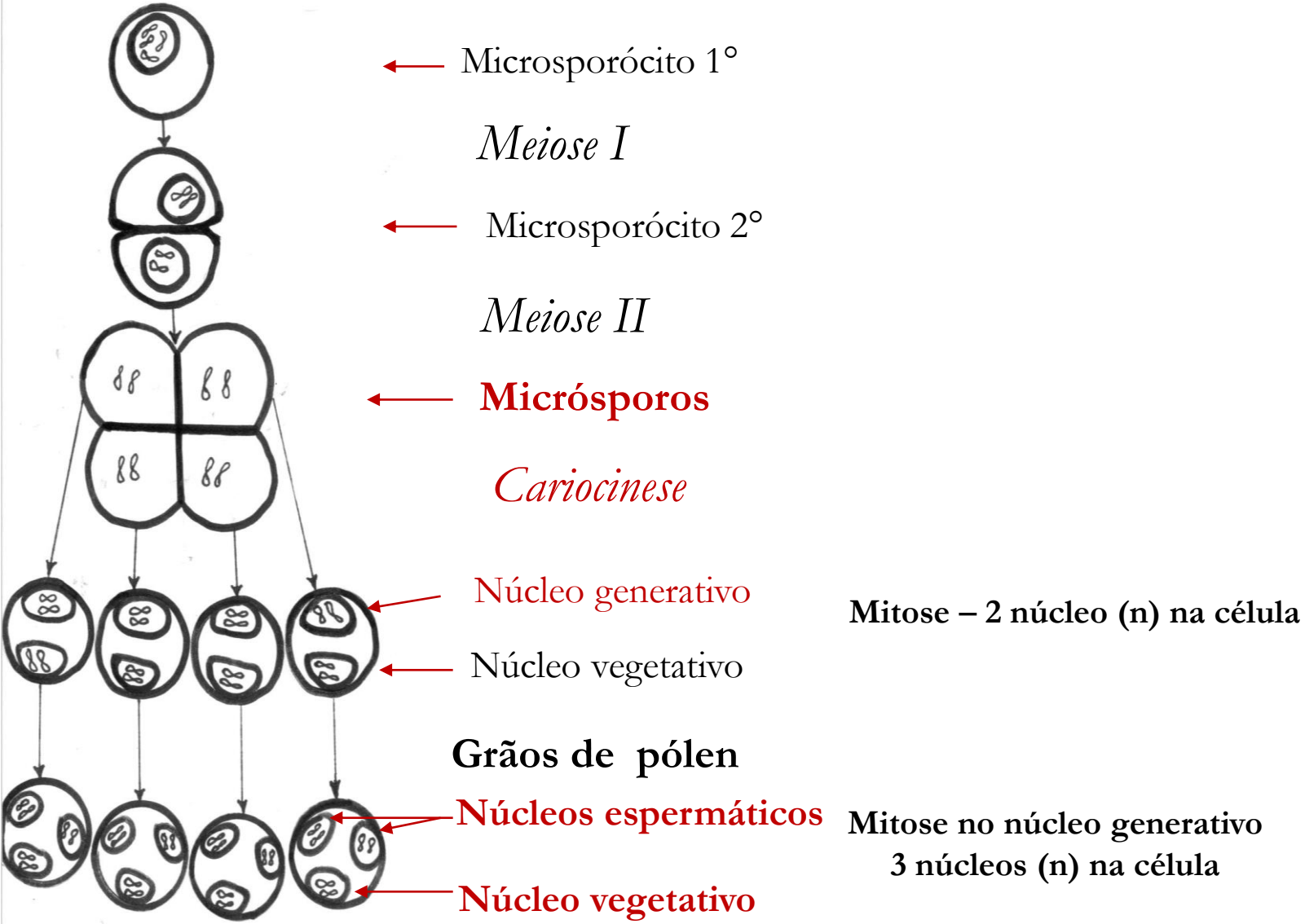


Microsporogênese

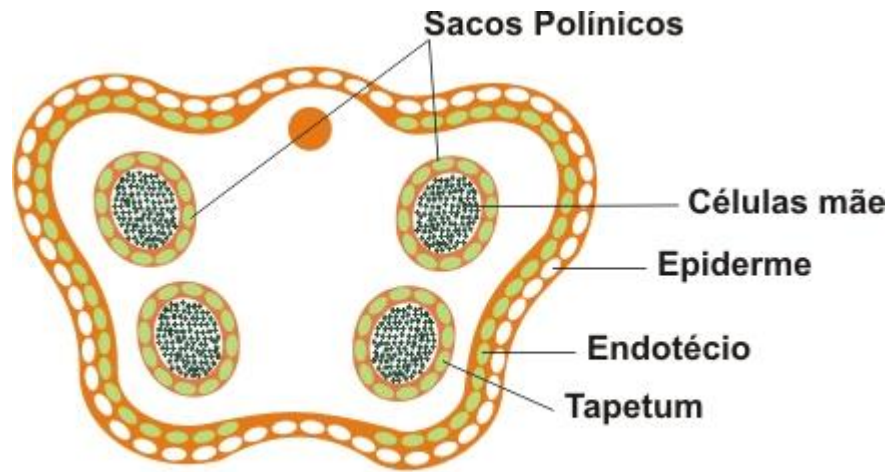
- É a **gametogênese masculina** em vegetais superiores
- Ocorre nos **sacos polínicos** das anteras das flores masculinas
- Um **microsporócito** (ou célula mãe do grão de pólen) origina por **meiose** - quatro **micrósporos** funcionais
- Estes não são os gametas finais!
- Ainda sofrem **divisão mitótica** para gerar o grão de pólen com dois núcleos: **núcleo vegetativo e o núcleo generativo**
- O **núcleo generativo** sofre **nova mitose**, gerando dois **núcleos espermáticos**



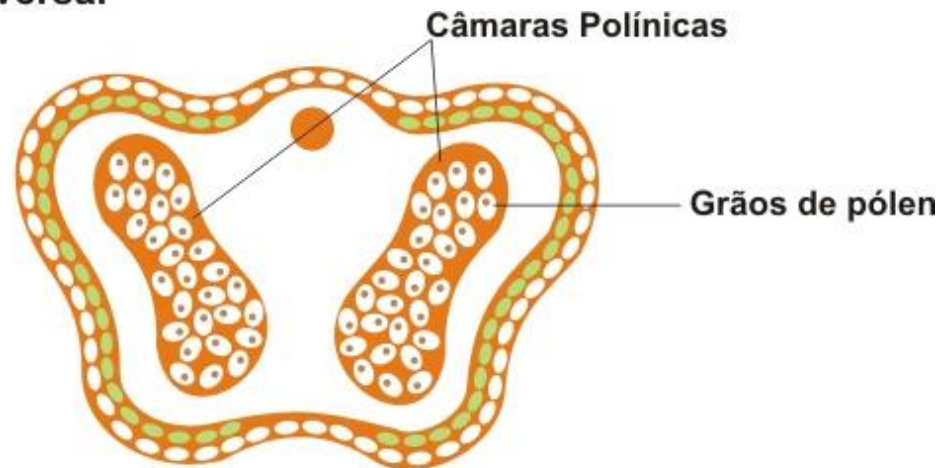
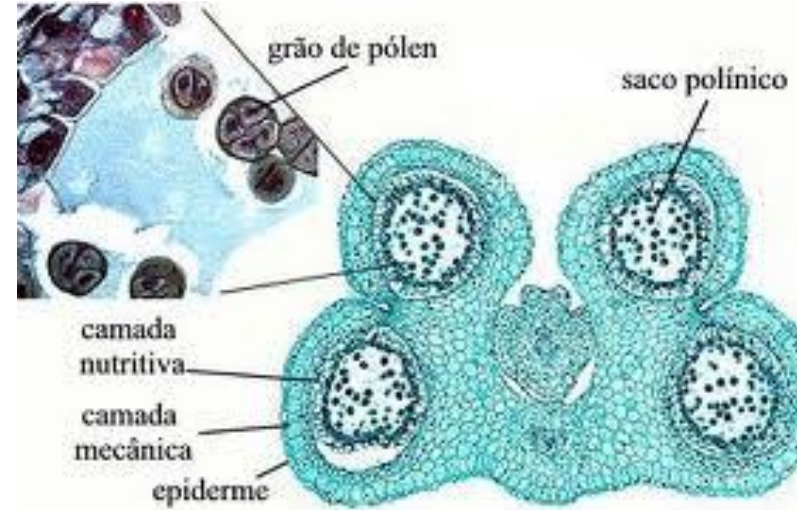
Microsporogênese



Corte Transversal da Antera



Antera jovem - Corte transversal



Antera madura - Corte transversal

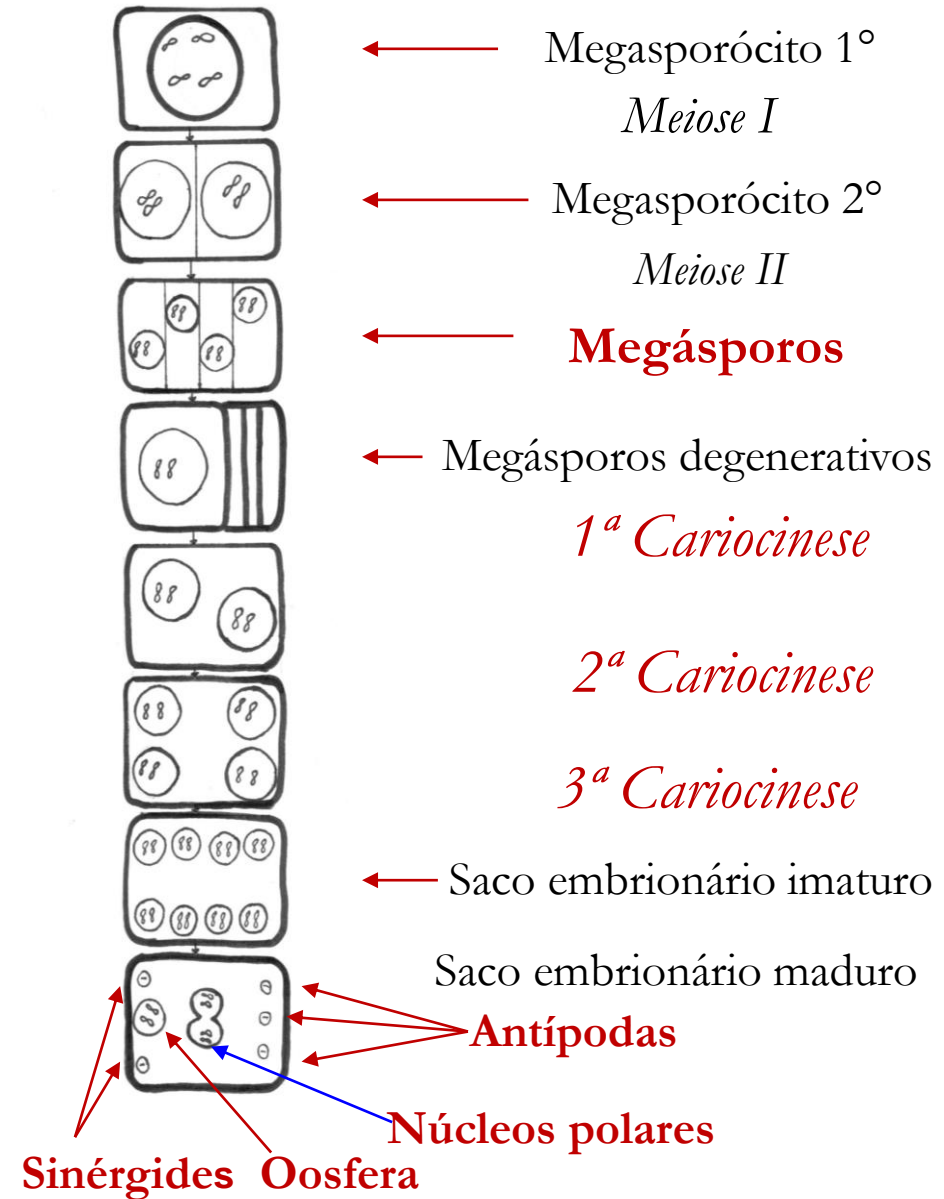
Macrosporogênese



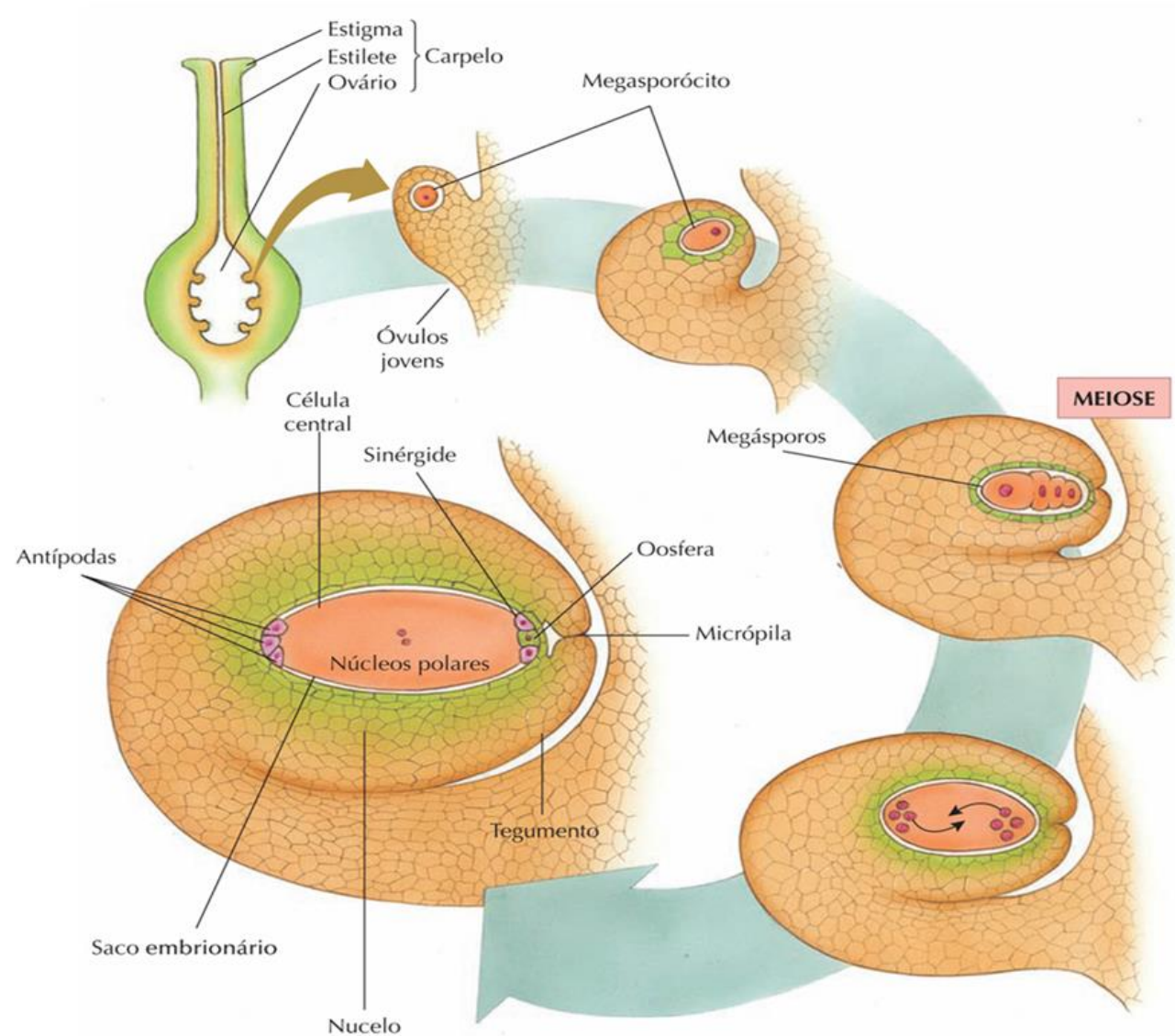
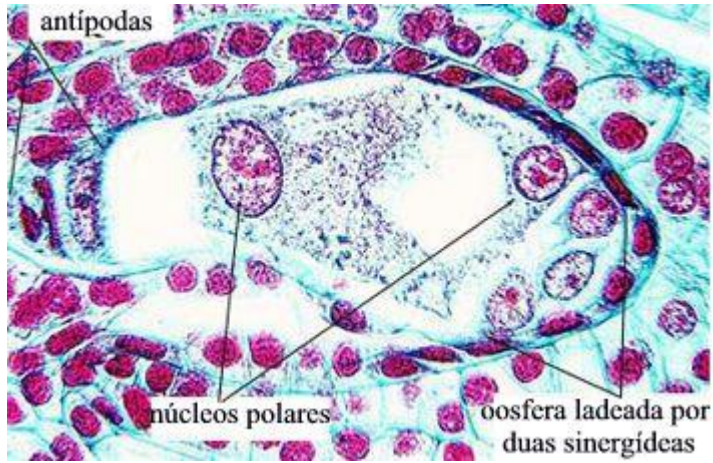
Detalhe do óvulo (em seção longitudinal)

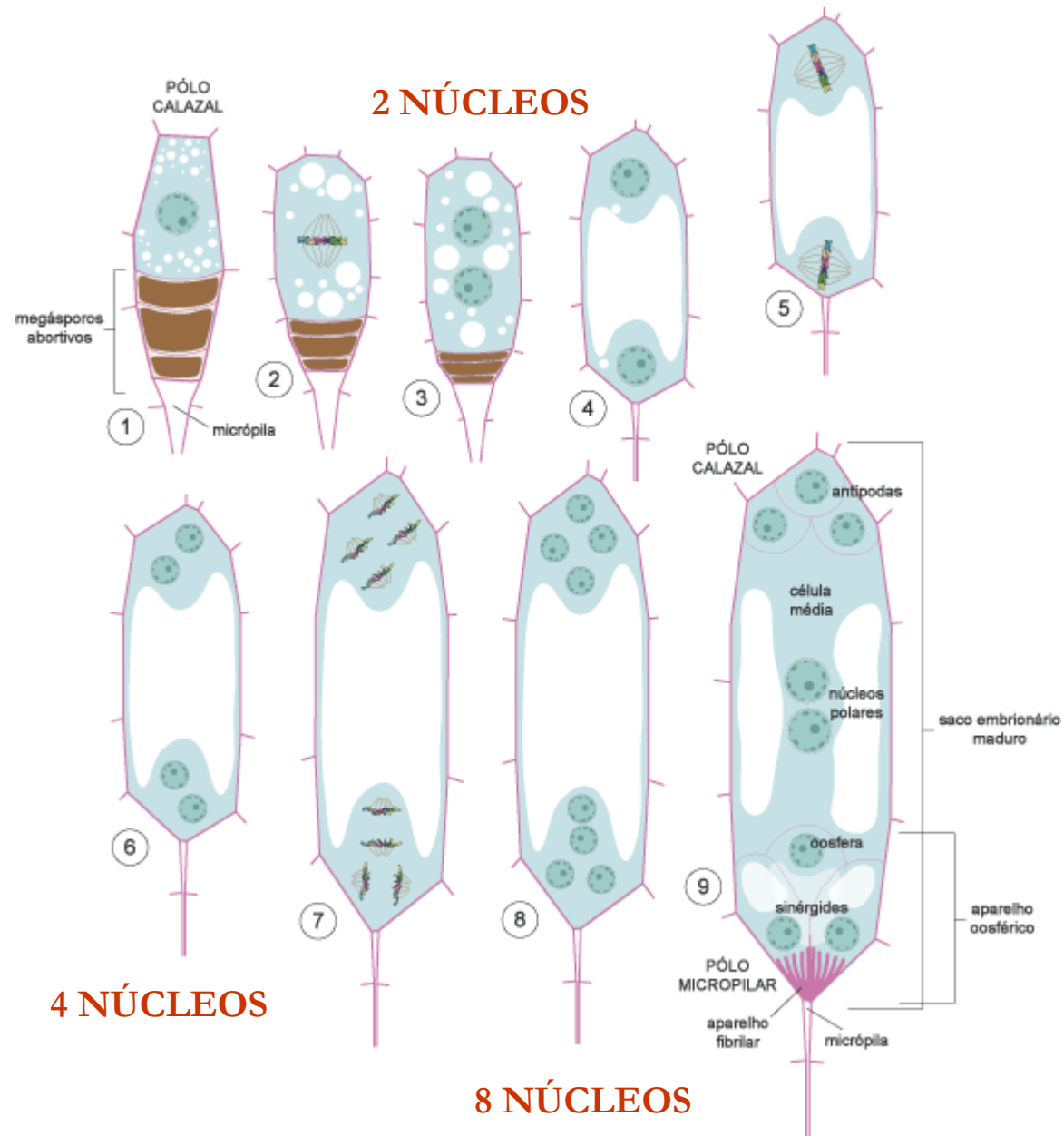
- É a **gametogênese feminina** em vegetais superiores
- Dentro do óvulo existe uma célula grande, o **megasporócito** (ou célula mãe do saco embrionário) que origina por meiose **quatro megásporos**, sendo que **três deles se degeneram**
- O megásporo remanescente sofre **três mitoses** gerando **oito núcleos**: a **oosfera**, duas **sinérgides**, dois **núcleos polares** e três **antípodas**

Macrosporogênese



Saco embrionário com 8 núcleos





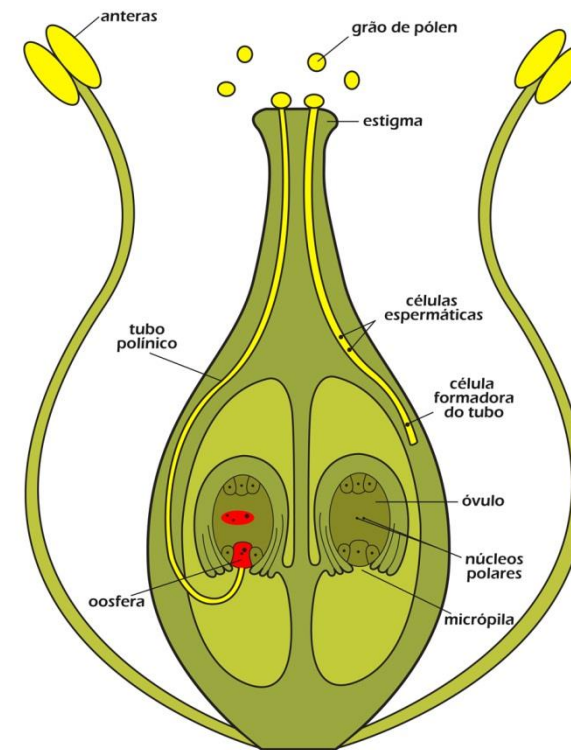
Polinização e Dupla Fertilização

Na polinização, o grão de pólen chega ao estigma e germina formando o tubo polínico.

Pelo tubo descem os **núcleos espermáticos** (gametas) atrás do **núcleo vegetativo**, que tem função de controlar o metabolismo do tubo polínico.

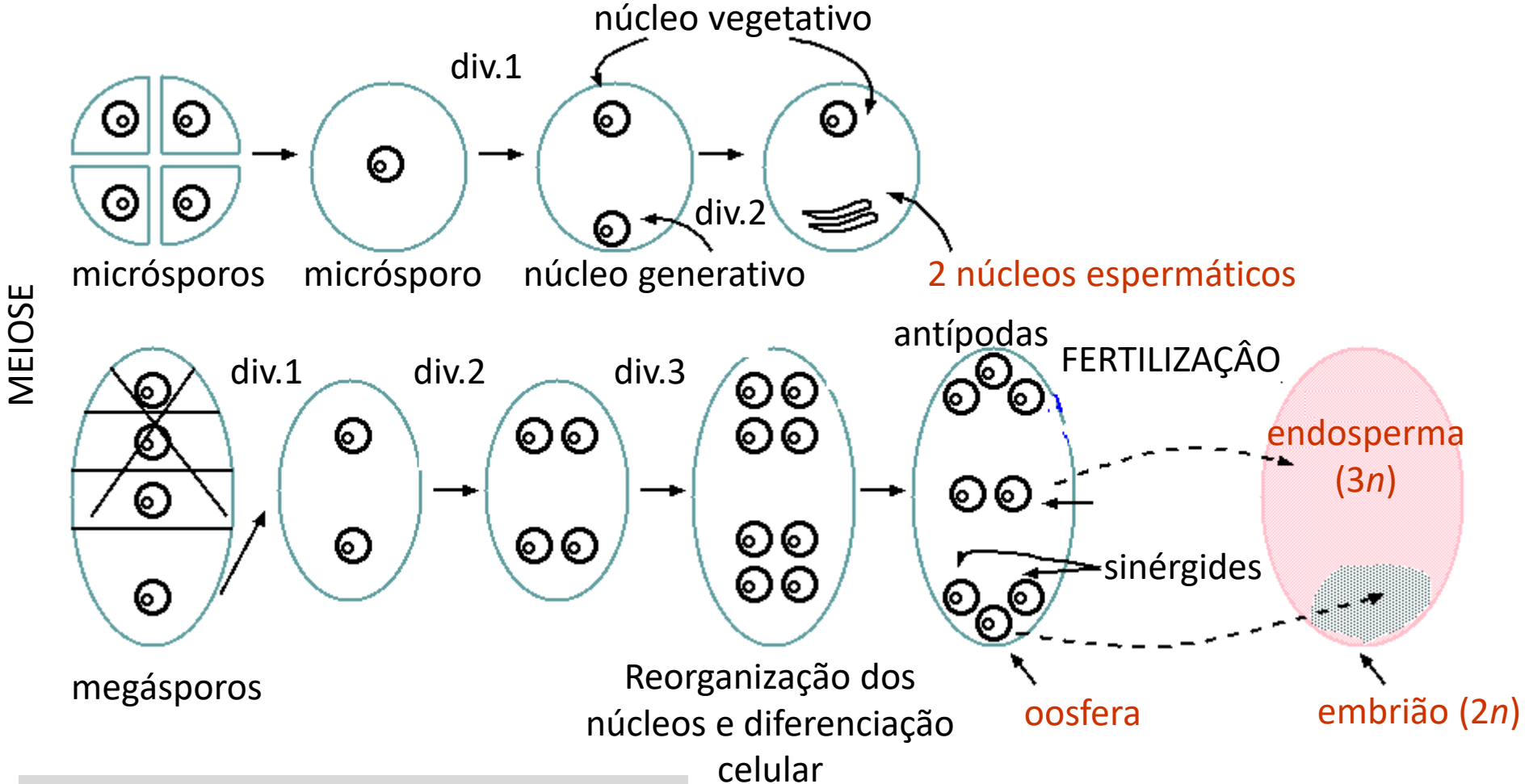
Na fertilização, um **núcleo espermático** se liga à **oosfera**, originando um **embrião $2n$** e o outro **núcleo espermático** se une aos **núcleos polares** formando um **tecido $3n$** , o **endosperma**, que contém substâncias nutritivas para o embrião.

Fecundação após crescimento do tubo polínico



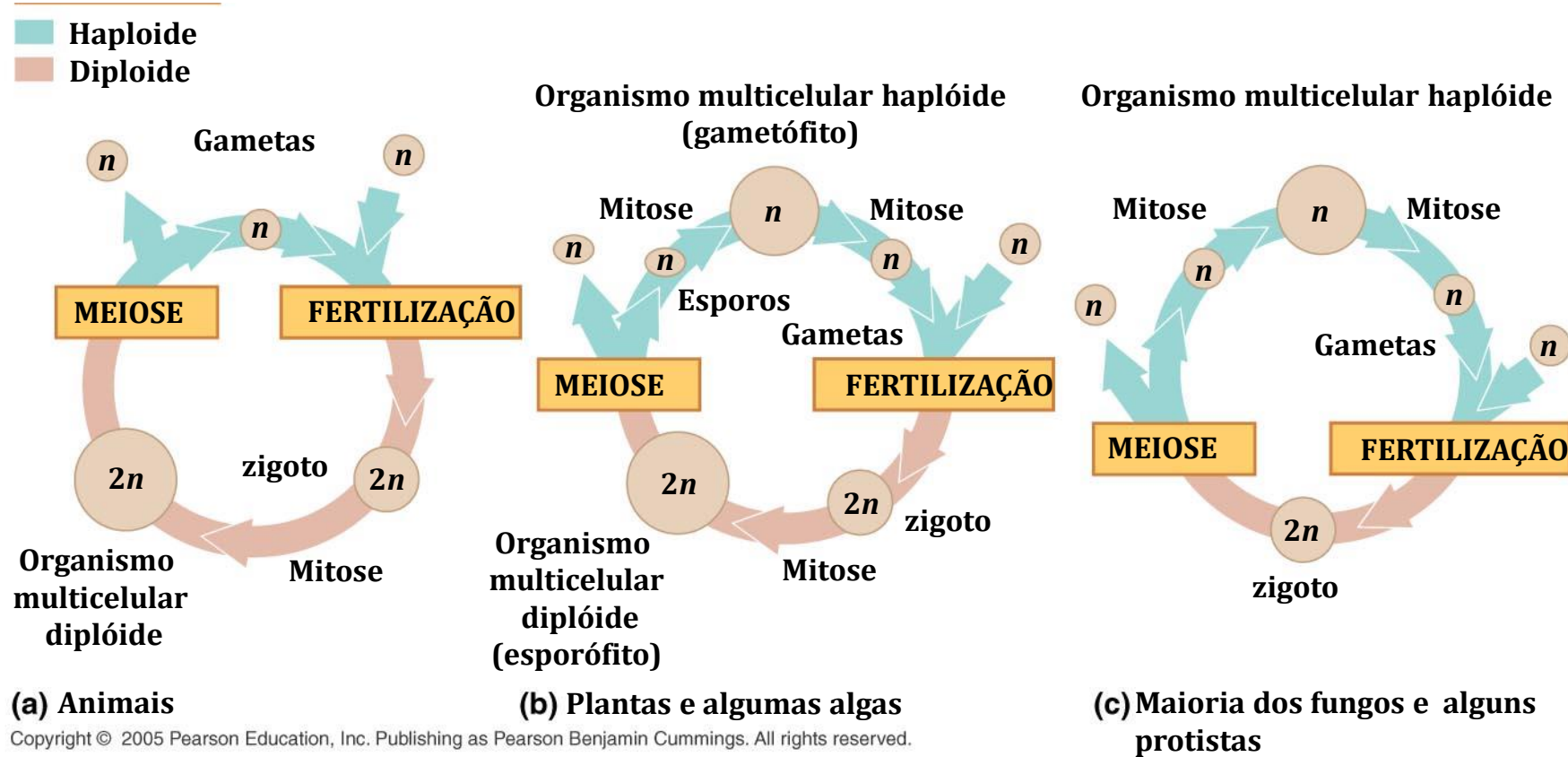
Formação do grão de pólen

DUPLA FERTILIZAÇÃO



Formação do saco embrionário maduro

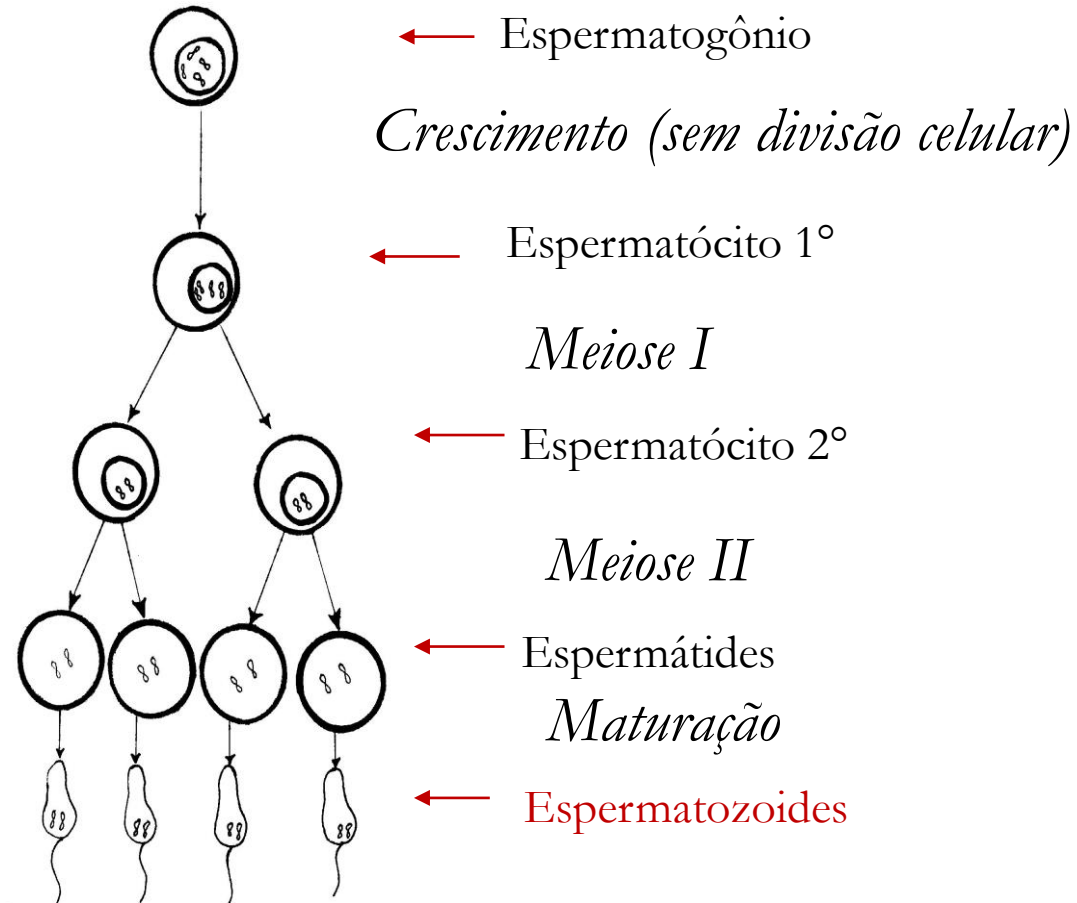
Ciclo de Reprodução Sexuada: Meiose e Fertilização



Alternância de geração

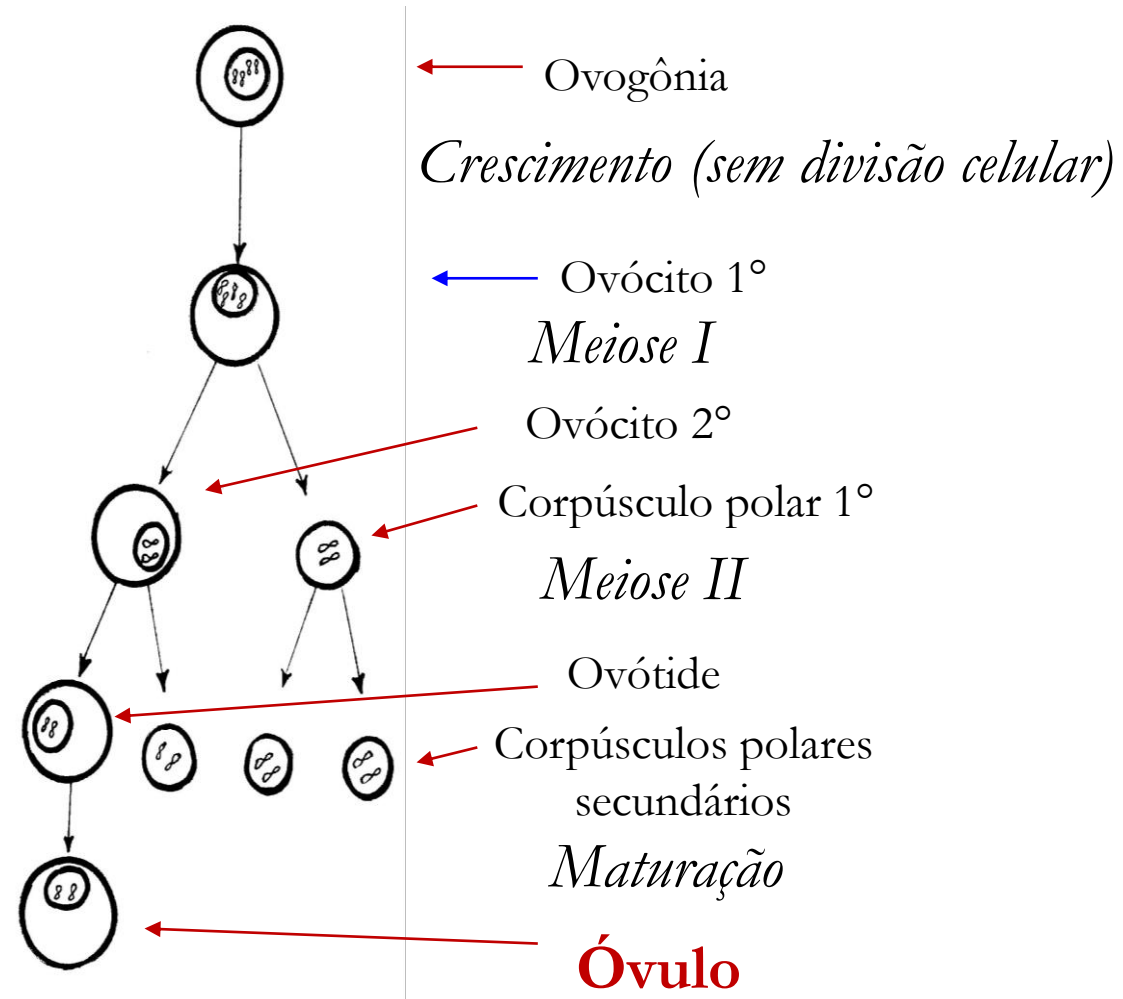
GAMETOGENESE ANIMAL

Espermatogênese



GAMETOGENESE ANIMAL

Ovogênese



ESTUDO DIRIGIDO

1. Importância e fases da Meiose.
2. Comparação entre as divisões nucleares da Meiose e da Mitose.
3. Origem da diversidade genética em consequência da meiose.
4. Gametogênese em plantas;
5. Definição de microsporogênese;
6. Definição de macrosporogênese;
7. Dupla fertilização em plantas;
8. Gametogênese em animais.

Capítulo 19 – Sexo e Genética (páginas 651 – 663)

Alberts, B.; Bray, D.; Hopkin, K.; Johnson, A.; Lewis, J.; Raff, M.; Roberts, K.; Walter, P. 2011. *Fundamentos da Biologia Celular*. 3ª Edição brasileira. Artmed, Porto Alegre

O ciclo de vida das angiospermas (páginas 460 – 468)

Raven, P.H.; Evert, R.F.; Eichhorn, S. E 2007. *Biologia Vegetal*. 7ª Edição. Editora Guanabara Koogan, Rio de Janeiro.

