



*XII Encontro  
Paranaense  
de Genética*

*VII Curso de  
Inverno de  
Genética*

---

# GENÉTICA PARA TODOS

De 21 a 25 de julho de 2014, no  
Departamento de Genética da UFPR | Setor  
de Ciências Biológicas | Centro Politécnico.  
Bairro Jardim das Américas, Curitiba-PR



# GENÉTICA PARA TODOS

# AU01

---

## *Aspectos Genéticos da Mitose e Meiose*

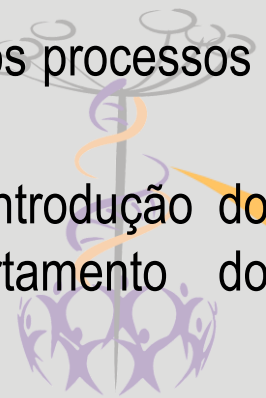
*Emanuele Cristina Pesenti*

*Doutoranda PPG-GEN*

*emanuelepesenti@gmail.com*

# Resumo

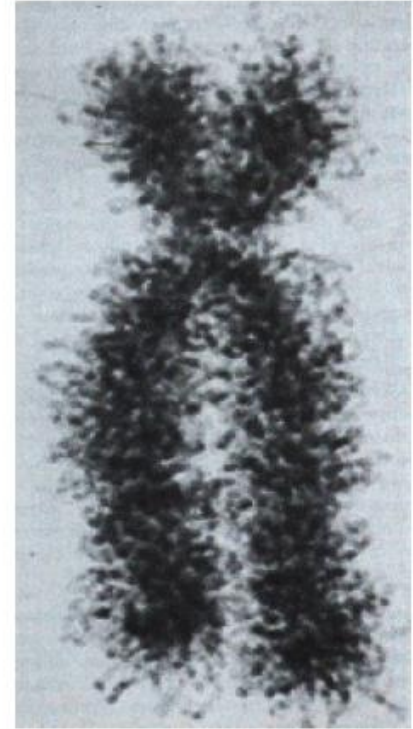
- Cromossomos Eucarióticos: Introdução acerca da estrutura e organização dos cromossomos eucarióticos
- Classificação das sequências de DNA como altamente repetitivas, moderadamente repetitivas e não repetitivas
- Esses pontos iniciais servem para ligar a ideia das características do Genoma Eucariótico, do organismo diplóide e do significado biológico desses conceitos
- Definição de Mitose e caracterização de todas as etapas do processo
- Consequências da Mitose
- Definição de Meiose e caracterização de todas as etapas do processo
- Consequências Genéticas da Meiose
- Atividade de fixação dos conteúdos das consequências biológicas dos processos e determinação da quantidade de DNA nas fases da divisão celular
- Finalização da aula com apresentação de marcos da Genética; introdução dos conceitos da Teoria Cromossômica da Herança e comportamento dos cromossomos e dos alelos nos genes



# Cromossomos Eucarióticos

- Moléculas enormes de DNA
- Altamente condensadas durante a mitose e meiose durante a interfase não é possível visualizar cromossomos individuais
- Centrômeros e telômeros têm estruturas únicas

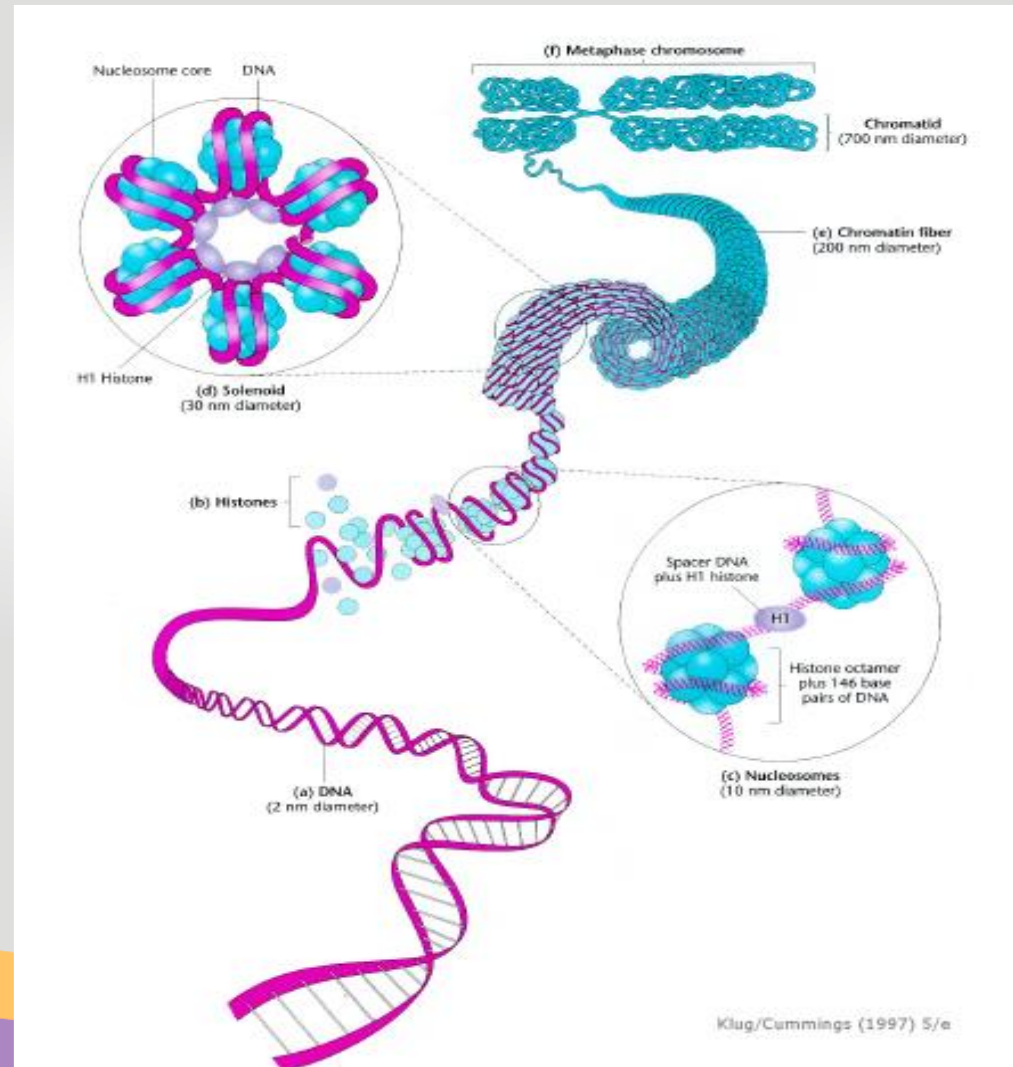
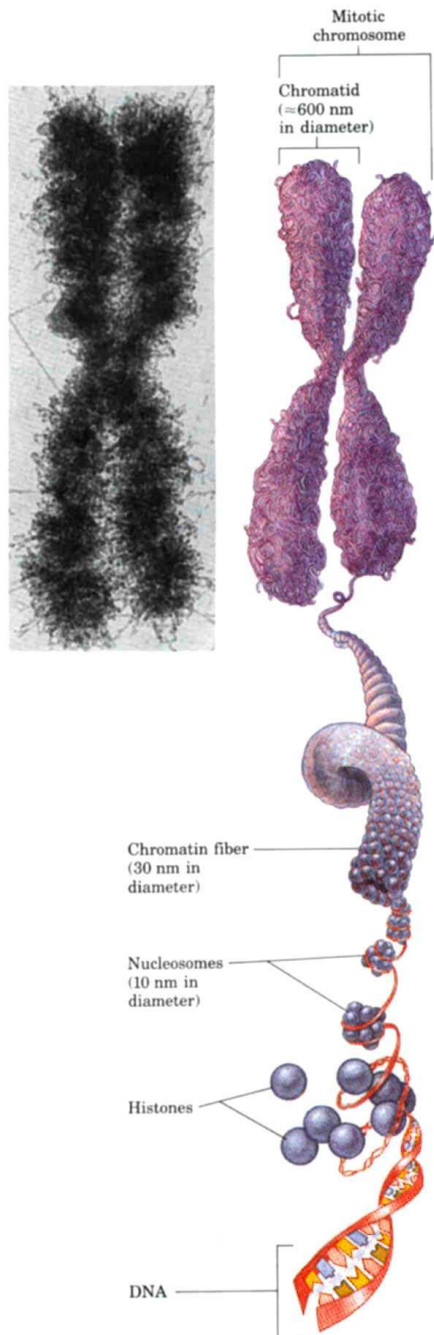
Um cromossoma em metafase



Lewin (2000) Genes VII



O *super enrolamento* do DNA é importante para compactar o DNA e assim caber dentro da célula.



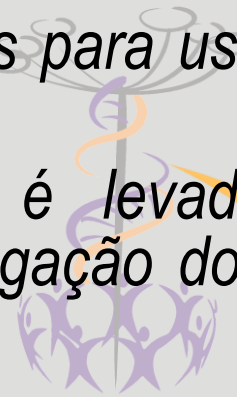
- Uma pergunta frequentemente formulada é se todo o DNA de um organismo constitui os seus genes.
- Estudos mostram que o DNA de vírus e procariontes fazem parte quase somente de seus genes, enquanto que em organismos eucariontes existem 3 classes de DNA:
  - Os altamente repetitivos: são sequências pequenas de **6 a 300 pares de bases** e cada uma delas é repetida **mais de  $10^5$**  cópias por genoma;
  - Os moderadamente repetitivos são aqueles em que cada segmento ocorre repetido entre  **$10$  a  $10^5$**  cópias por genoma;
  - Os não repetitivos – **sequências únicas**, ou de uma só cópia do DNA, possui **1 a 10** cópias por genoma (representa a grande maioria dos genes).



# Os Altamente Repetitivos: Sequências de DNA Não Transcritas

*Funções Postuladas para este tipo de DNA:*

- 1) papéis de organização ou estruturais em cromossomos (telômeros);
- 2) envolvimento em pareamento cromossômico durante a meiose e o centrômero na divisão celular;
- 3) envolvimento em crossing-over ou recombinação (regiões heterocromáticas);
- 4) proteção de importantes genes estruturais, como genes de histonas, de rRNA e de proteínas ribossômicas;
- 5) um repositório de sequências de DNA não essenciais para uso na futura evolução da espécie;
- 6) sem nenhuma função específica aparente, que é levado juntamente com os processos de replicação e segregação dos cromossomos.



# Região Centromérica

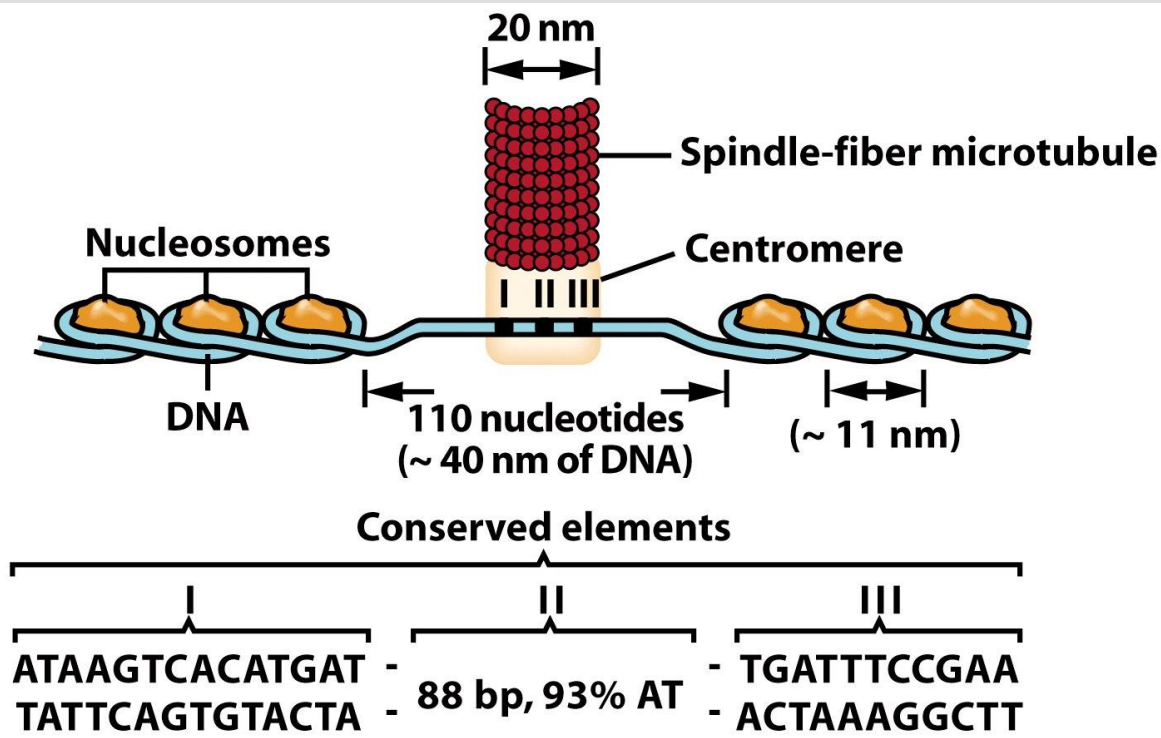


Figure 9-29 Principles of Genetics, 4/e  
© 2006 John Wiley & Sons

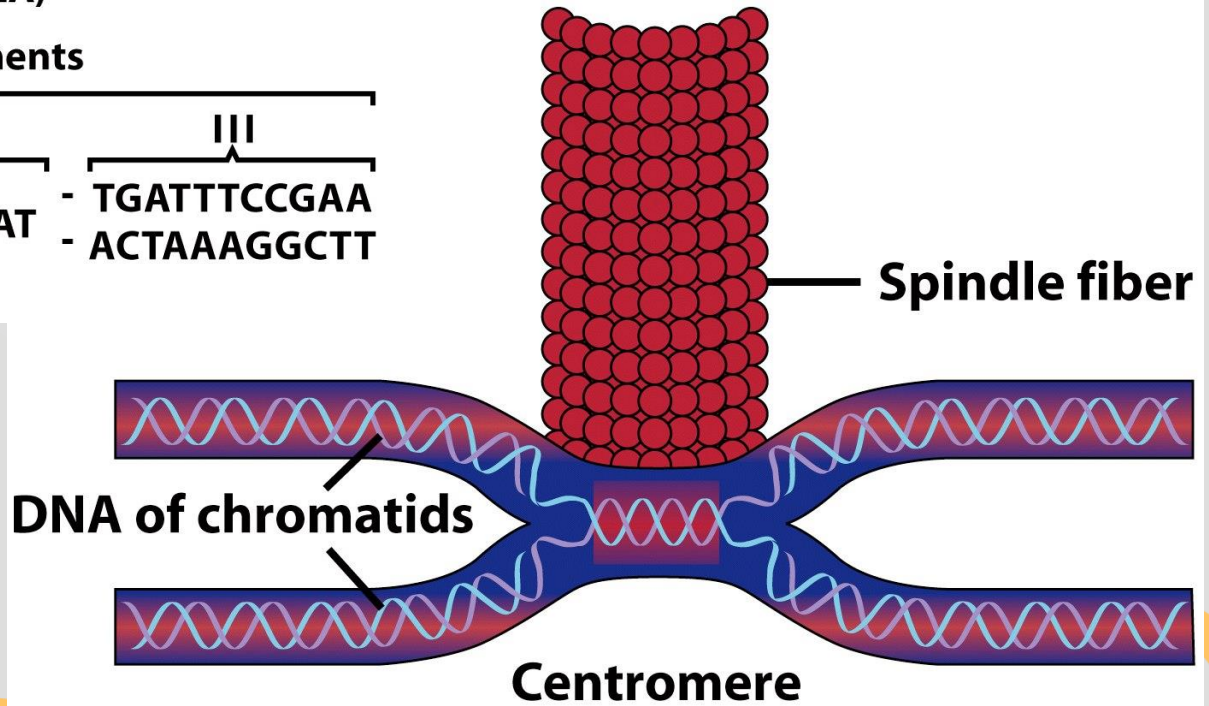
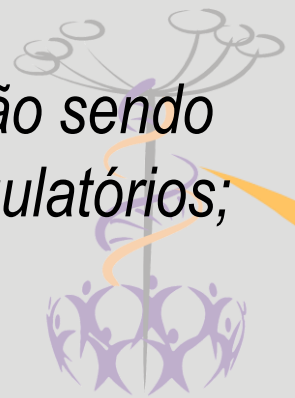


Figure 9-28 Principles of Genetics, 4/e  
© 2006 John Wiley & Sons



## Os Moderadamente Repetitivos: Sequências Muito Heterogêneas

- muitas destas sequências são distribuídas pelo genoma, intercaladas com sequências de cópia única.
- são compostos por genes de várias cópias ou famílias de genes, tais como:
  - as proteínas ribossômicas;
  - as proteínas musculares actina e miosina;
  - o rRNA;
  - as proteínas histônicas;
  - sequências que regulam a expressão dos genes, não sendo considerados como genes, mas sim como sítios regulatórios;
  - elementos genéticos transponíveis.



# Os Não Repetitivos: Sequências Únicas ou de Cópia Única

*Cerca de 70% das sequências de DNA no genoma de Drosophila e 50% das sequências de DNA no Genoma Humano, estão presentes em uma ou poucas cópias*

*Funções Postuladas:*

- a maioria dos genes que codificam proteínas estão presentes neste componente do genoma;*
- muitas das sequências que regulam a expressão dos genes estão presentes nesta fração do genoma.*



# Genoma Eucariótico

- *Maioria dos Eucariotos são DIPLÓIDES ( $2n$  cromossomos), pois um dos genitores possui  $n$  cromossomos em seus gametas e o outro genitor também. Portanto  $n + n = 2n$ .*
- *Na formação de um animal ou vegetal estão envolvidos 2 processos básicos:*
  - **crescimento e diferenciação:**
    - *Espematozóide + Óvulo = Zigoto ou Célula Ovo*
    - *este sofre divisões sucessivas fazendo com que o indivíduo cresça e se diferencie.*



Os indivíduos diplóides possuem seus cromossomos organizados aos pares, ou seja, cromossomos homólogos. Estes possuem a mesma morfologia embora os pares diferenciem uns dos outros e também entre as espécies.

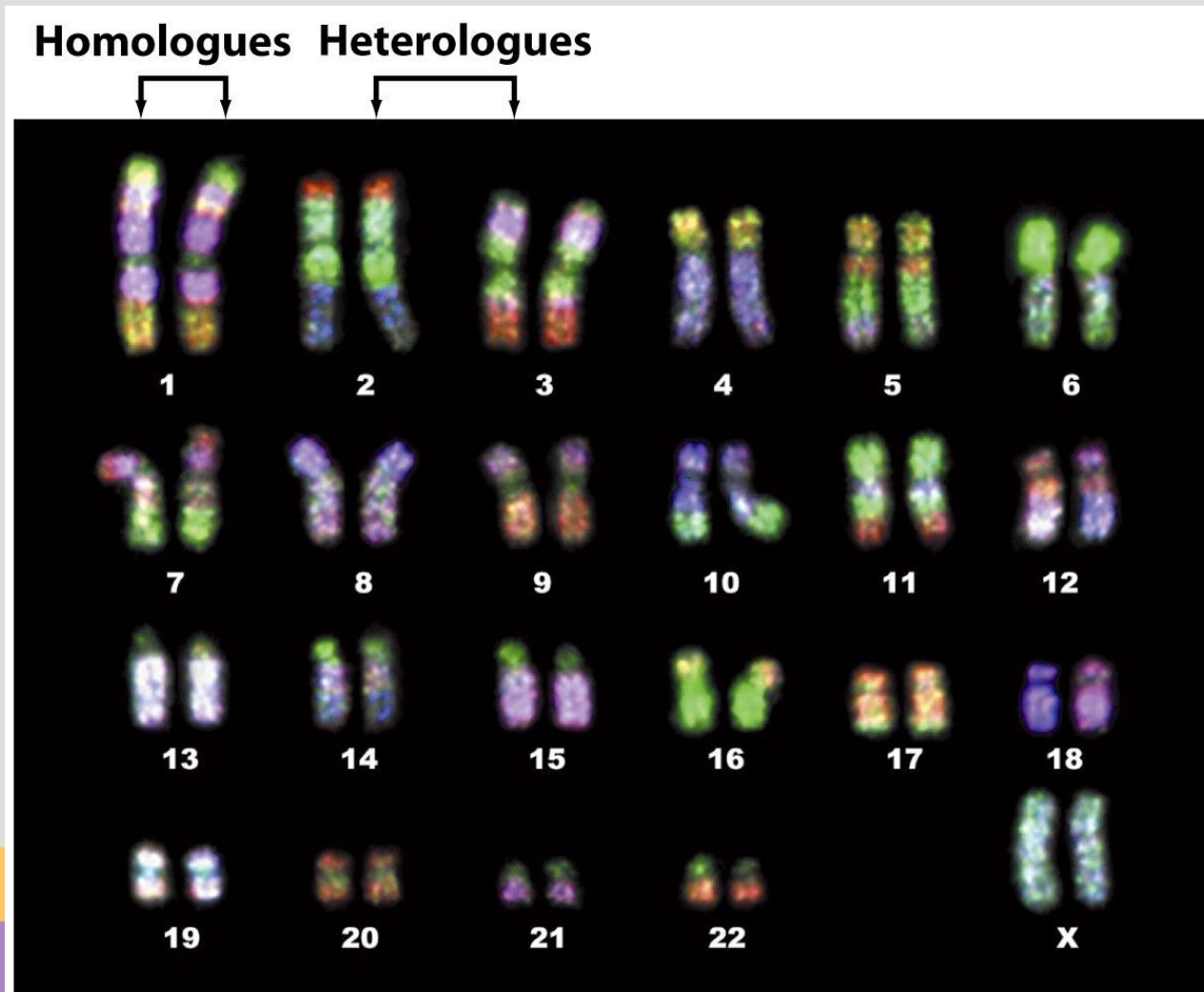


Figure 2-9 Principles of Genetics, 4/e



# MITOSE

- O processo de divisão celular responsável pelo crescimento se chama **MITOSE** e se dá principalmente nas células não diferenciadas do corpo.
- Entre uma divisão celular e outra existe uma fase denominada de **INTERFASE** que é mais longa do que a própria divisão celular.

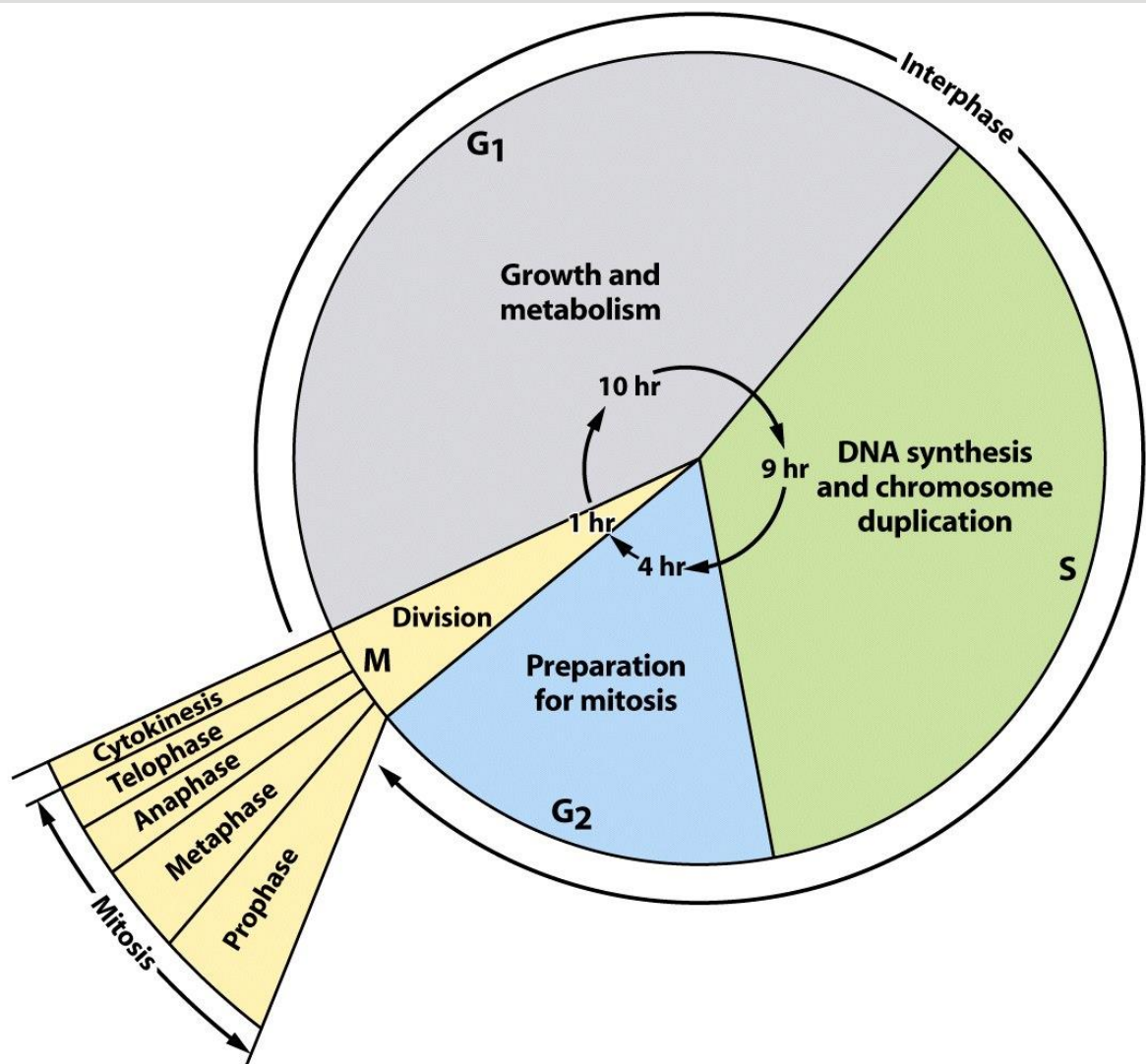


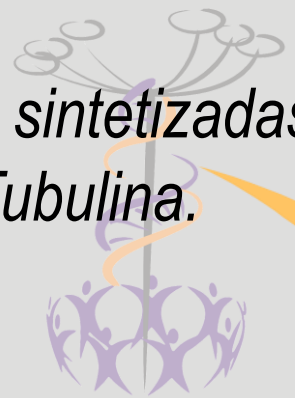
Figure 2-4 Principles of Genetics, 4/e  
© 2006 John Wiley & Sons

# INTÉRFASE

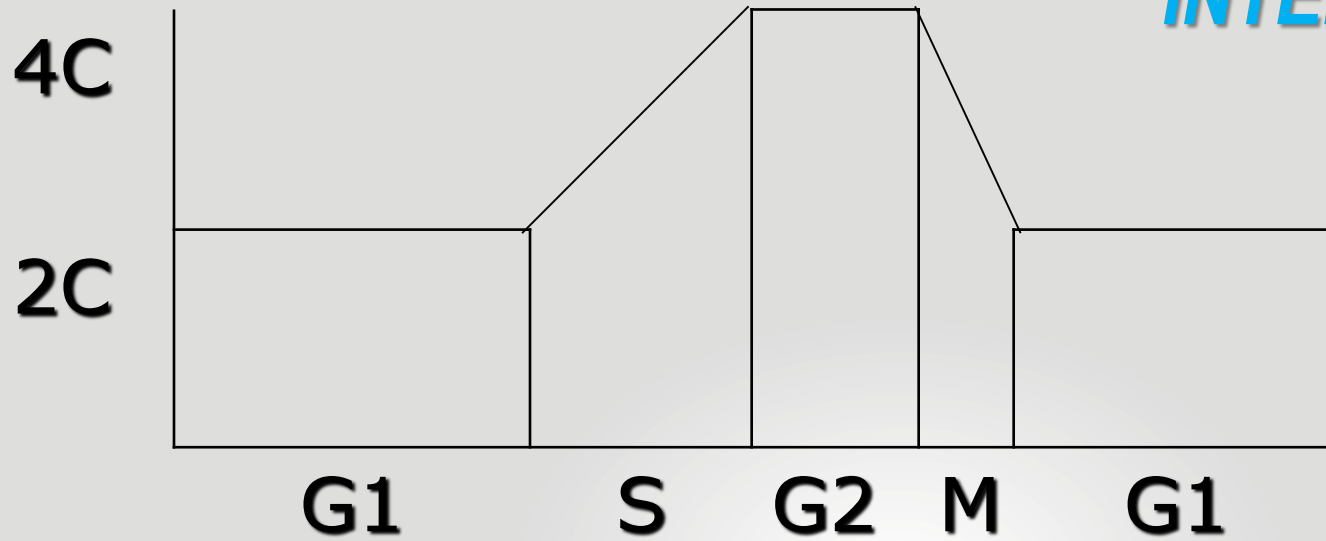
*G1 – A célula aumenta de tamanho, há uma intensa síntese de proteína e ácido ribonucléico. A maioria das proteínas sintetizadas terá função enzimática (topoisomerasas I e II, DNA polimerase, DNA ligase, DNA helicase) no processo de duplicação. Duplicação dos centríolos.*

*S – Duplicação do DNA. O cromossomo passa a ter duas cromátides irmãs e por ser semi-conservativa a replicação, as cromátides são idênticas.*

*G2 – Período de menor duração, provavelmente são sintetizadas enzimas e proteínas necessárias para a divisão celular – Tubulina.*

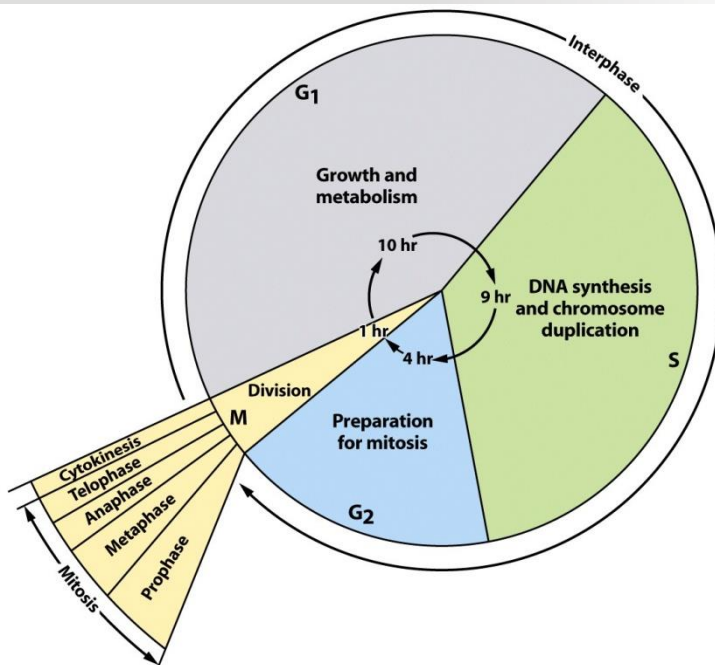


# INTÉRFASE

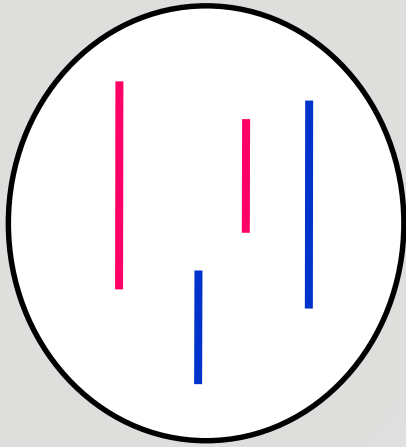


$2n = 4$   
cromossomos

Quantidade de DNA  
2 picogramas ou  
2C de DNA em G1  
4C de DNA em G2



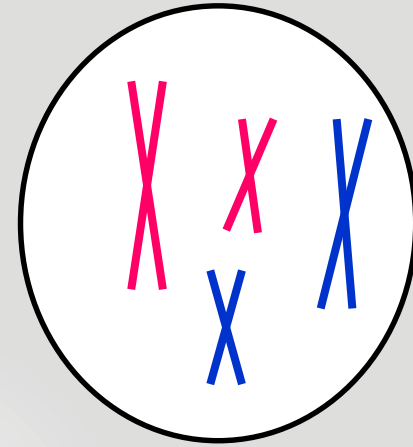
**G1**  
**2n = 4**  
**2c**



S



**G2**  
**2n=4**  
**4c**



2n = 4 cromossomos

Quantidade de DNA

2 picogramas ou

2C de DNA em G1

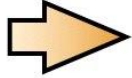
4C de DNA em G2





# Prophase

STEP  
1



Centrosome duplicates. Chromosomes begin to condense and become visible.

Daughter centrosomes begin to move apart.

Condensing replicated chromosome with two sister chromatids held together at centromere

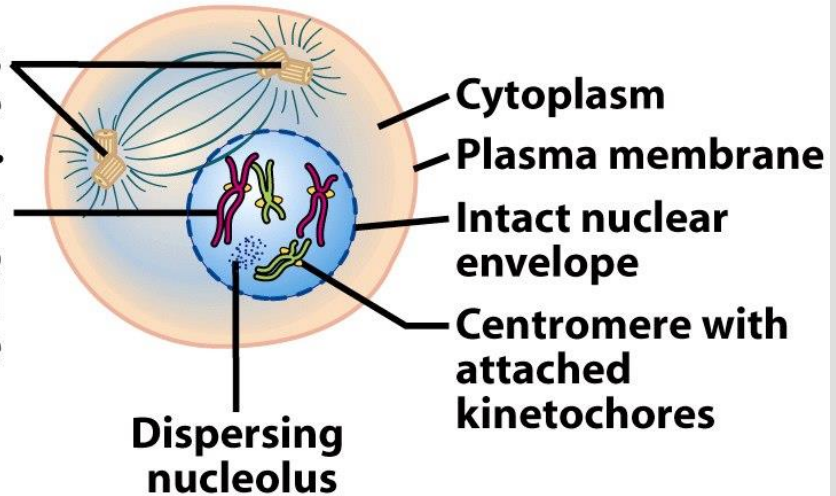


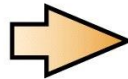
Figure 2-6 part 2 Principles of Genetics, 4/e  
© 2006 John Wiley & Sons

$$2n = 4$$

4C de DNA

# Early metaphase

STEP  
2



Nuclear envelope breaks down.

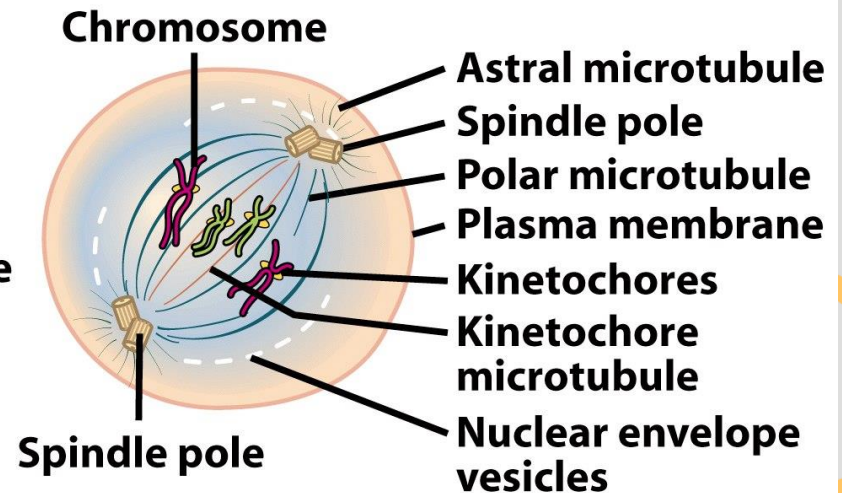
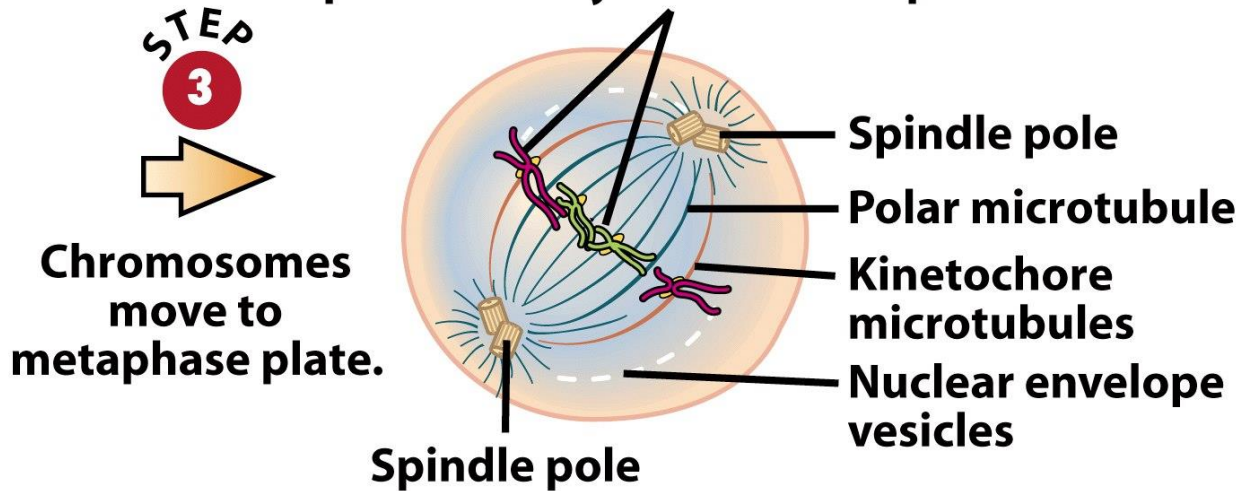


Figure 2-6 part 3 Principles of Genetics, 4/e  
© 2006 John Wiley & Sons

# Metaphase

Chromosomes aligned at metaphase plate halfway between the poles



$$2n = 4$$

4C de DNA

$$2n = 8$$

4C de DNA

Figure 2-6 part 4 Principles of Genetics, 4/e  
© 2006 John Wiley & Sons

Vê-se que os dois processos fundamentais da mitose são a replicação seguida da segregação. Segregação é o nome dado para a separação das cromátides irmãs.



# Anaphase

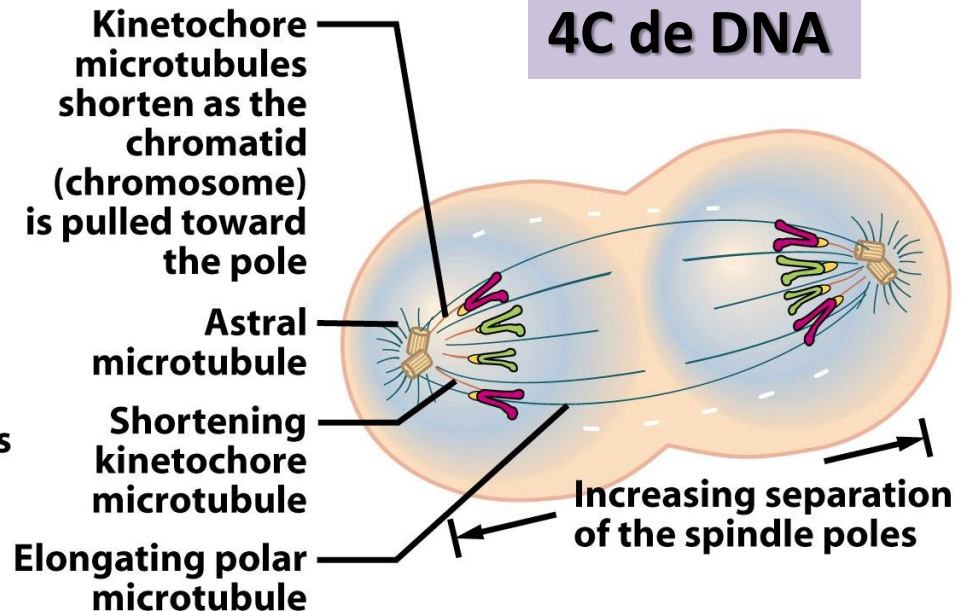
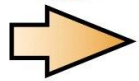


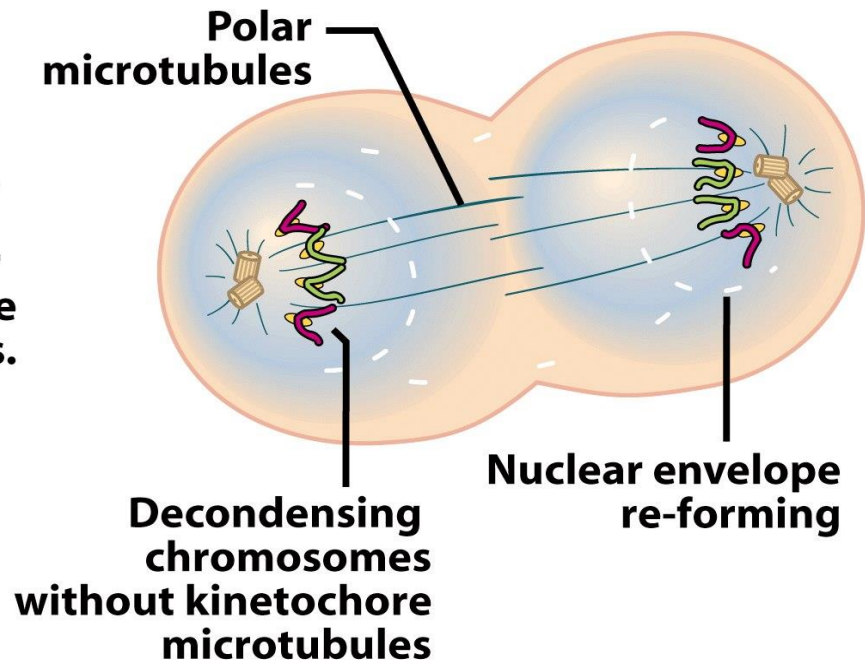
Figure 2-6 part 5 Principles of Genetics, 4/e  
© 2006 John Wiley & Sons

# Telophase

STEP  
5



Nuclear envelope re-forms.



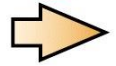
$2n = 4$

2C de DNA

Figure 2-6 part 6 Principles of Genetics, 4/e © 2006 John Wiley & Sons

# Cytokinesis

STEP  
6



Cleavage furrow splits cell in two.

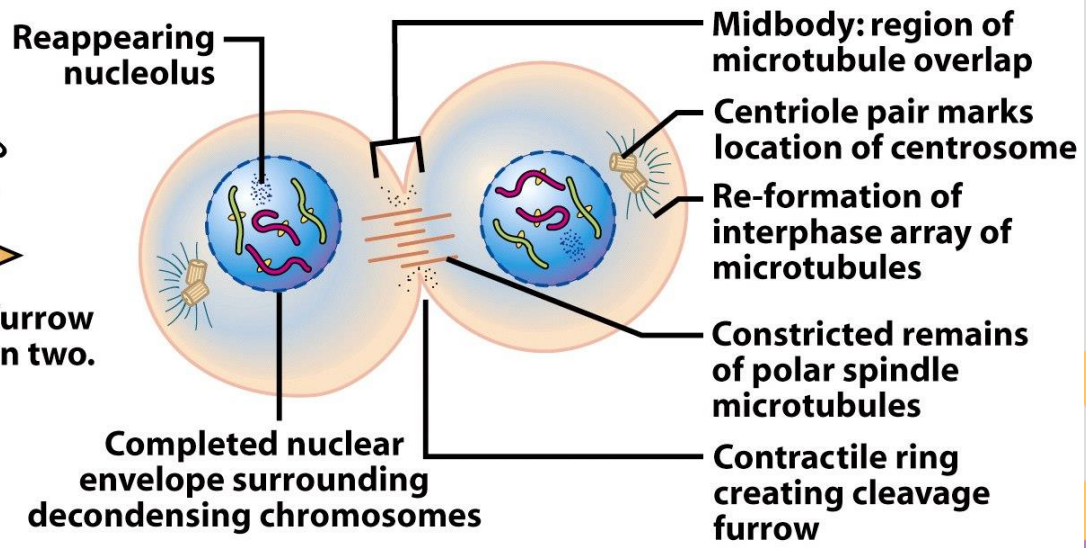


Figure 2-6 part 7 Principles of Genetics, 4/e © 2006 John Wiley & Sons

# MITOSE

- *Produto: duas células-filhas idênticas à célula mãe original (G1)*
- *Por isso ocorre a duplicação do DNA*
- *Crescimento, Reposição Celular*
- *Ocorre em todas as fases do desenvolvimento*



# MEIOSE

A meiose é essencial para a formação dos gametas, que são os agentes que passam os alelos dos pais para os filhos por intermédio da reprodução sexuada.

## INTÉRFASE

$2n = 4$   
cromossomos

Quantidade de DNA

2 picogramas ou

2C de DNA em G1

4C de DNA em G2

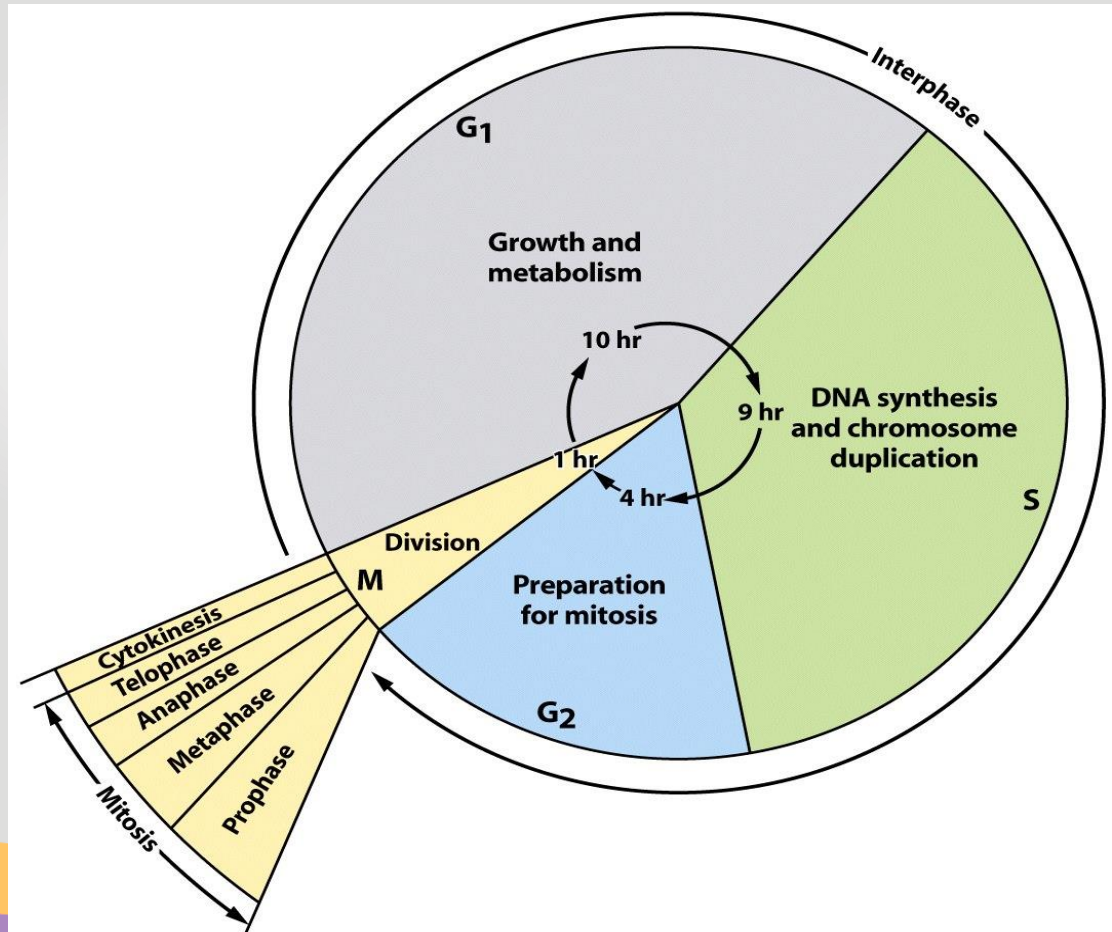


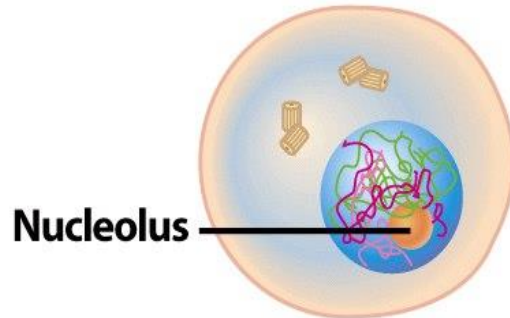
Figure 2-4 Principles of Genetics, 4/e  
© 2006 John Wiley & Sons

# MEIOSE

## Prophase I

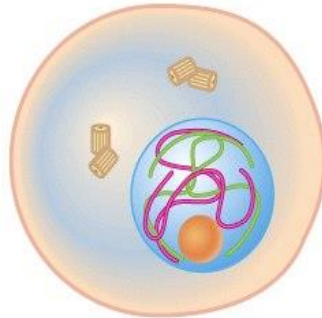
### Leptonema

Replicated chromosomes become visible.



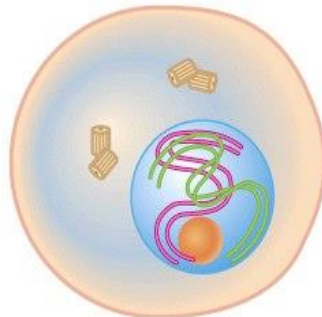
### Zygonema

Homologous chromosomes pair.



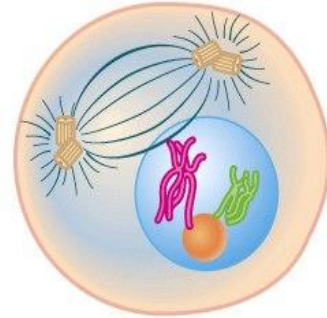
### Pachynema

Homologous chromosomes fully paired. Crossing over occurs.



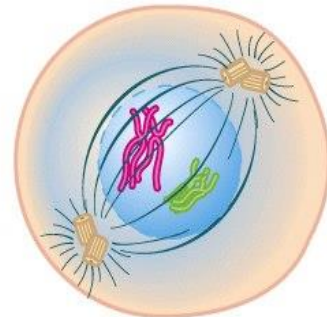
### Diplonema

Homologous chromosomes begin to repel each other. Chromatids become fully visible. Chiasmata become visible.



### Diakinesis

Chromosomes continue to shorten and thicken. Nucleolus and nuclear membrane disappear. Microtubules attach to kinetochores.



$2n = 4$  cromossomos

4C de DNA

Pair of homologous chromosomes

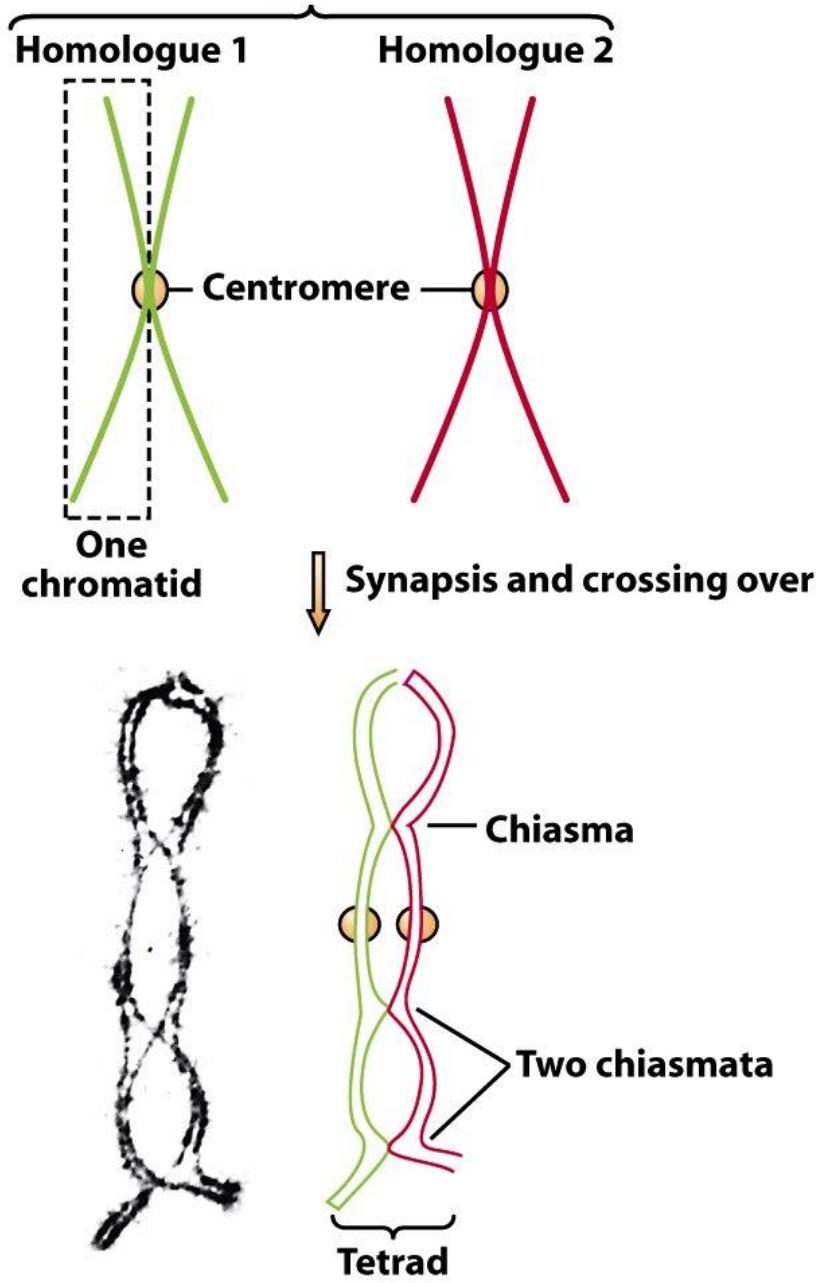


Figure 2-14 Principles of Genetics, 4/e

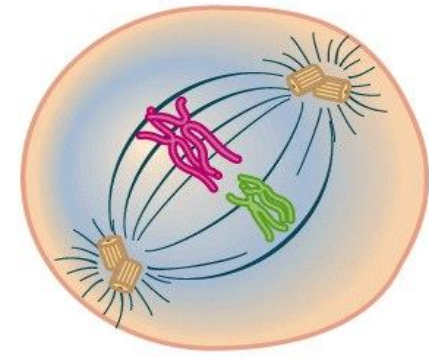


# Metaphase I

$2n = 4$  cromossomos

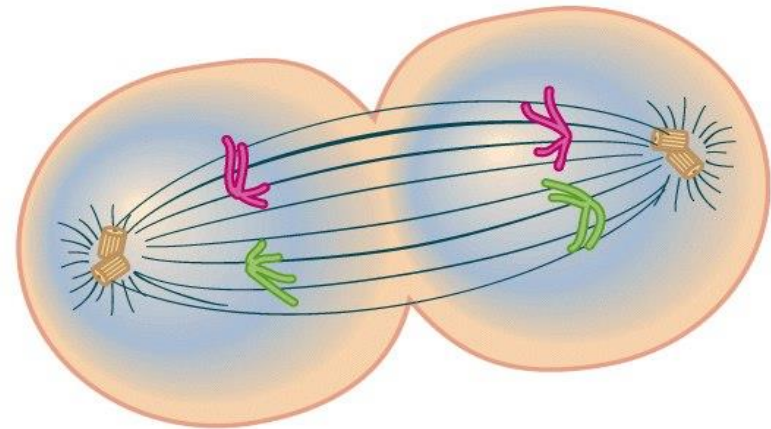
Assembly of spindle is completed. Each chromosome pair aligns across the metaphase plate of the spindle.

4C de DNA



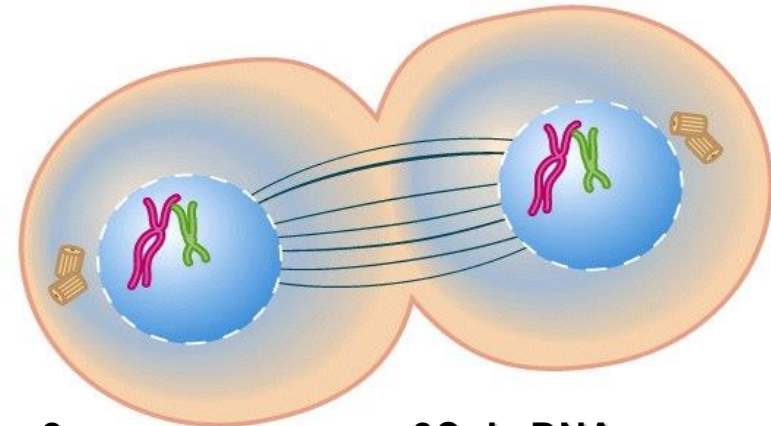
# Anaphase I

Homologous chromosome pairs separate and migrate toward opposite poles.



# Telophase I

Chromosomes (each with two sister chromatids) complete migration to the poles, and new nuclear membranes may form.



$n = 2$

2C de DNA

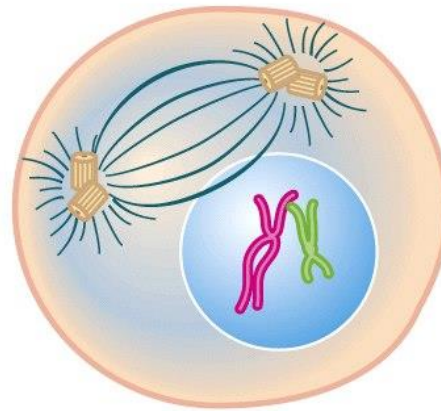


# Cytokinesis

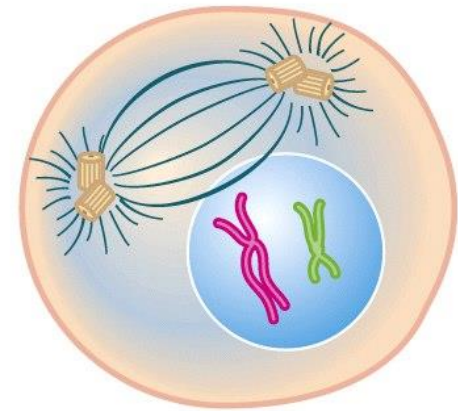
In most species, cytokinesis produces two daughter cells. Chromosomes do not replicate before meiosis II.

## Prophase II

Chromosomes condense and move to metaphase plate.



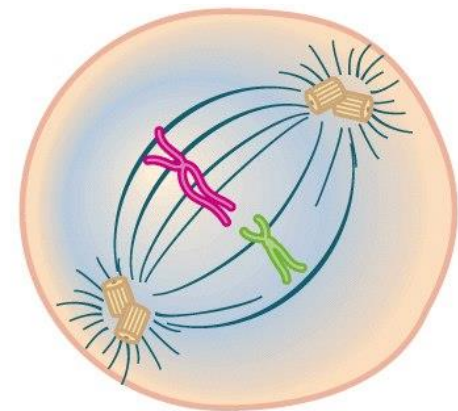
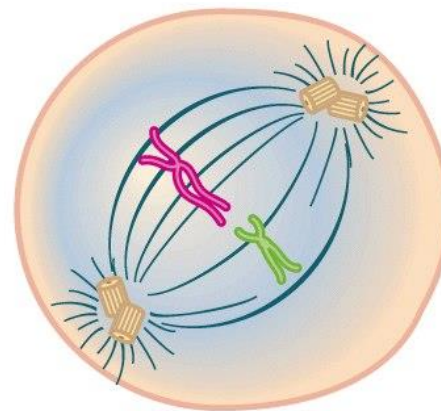
$n = 2$



2C de DNA

## Metaphase II

Kinetochores attach to spindle fibers.



# Anaphase II

Sister chromatids separate and move to opposite poles as separate chromosomes.

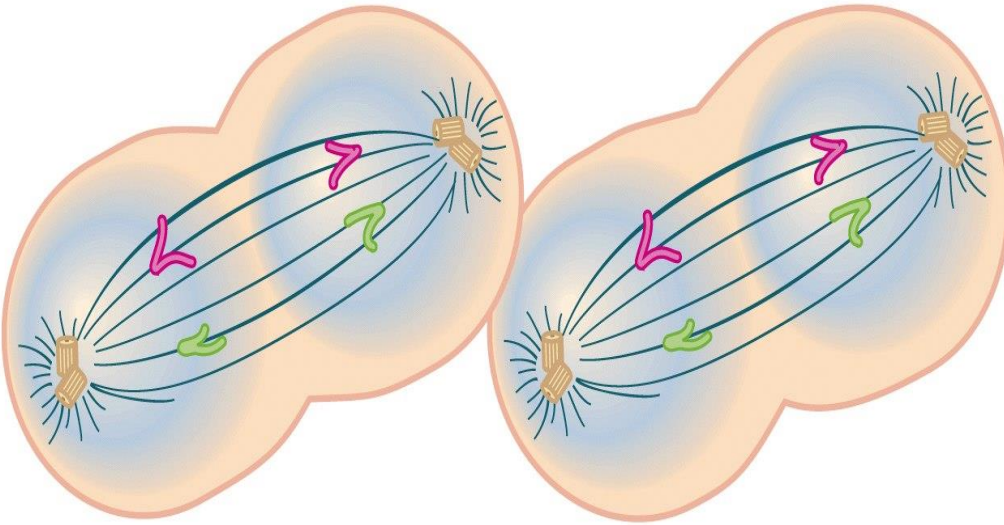


Figure 2-11 part 4 Principles of Genetics, 4/e  
© 2006 John Wiley & Sons

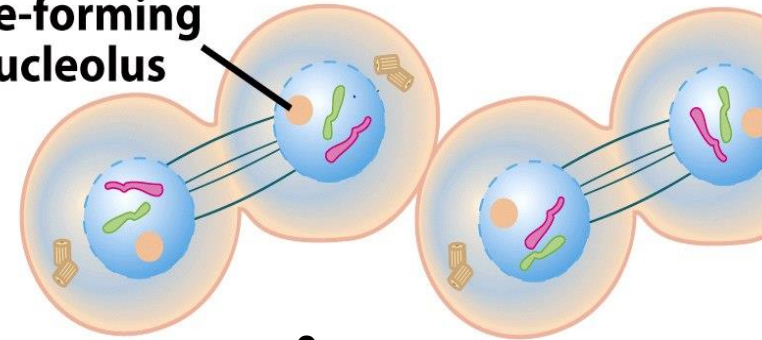
$n = 4$

2C de DNA

# Telophase II

Nuclear membrane forms around chromosomes and chromosomes uncoil. Nucleolus re-forms.

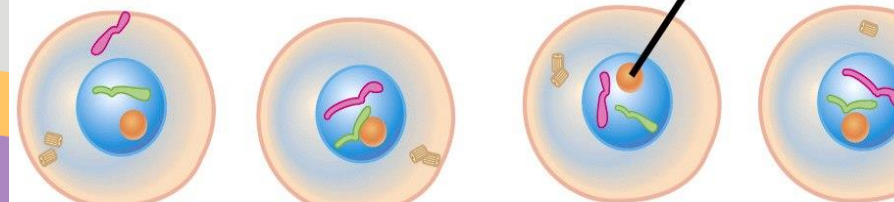
Re-forming nucleolus



Four haploid cells form after cytokinesis.

1C de DN A

Nucleolus



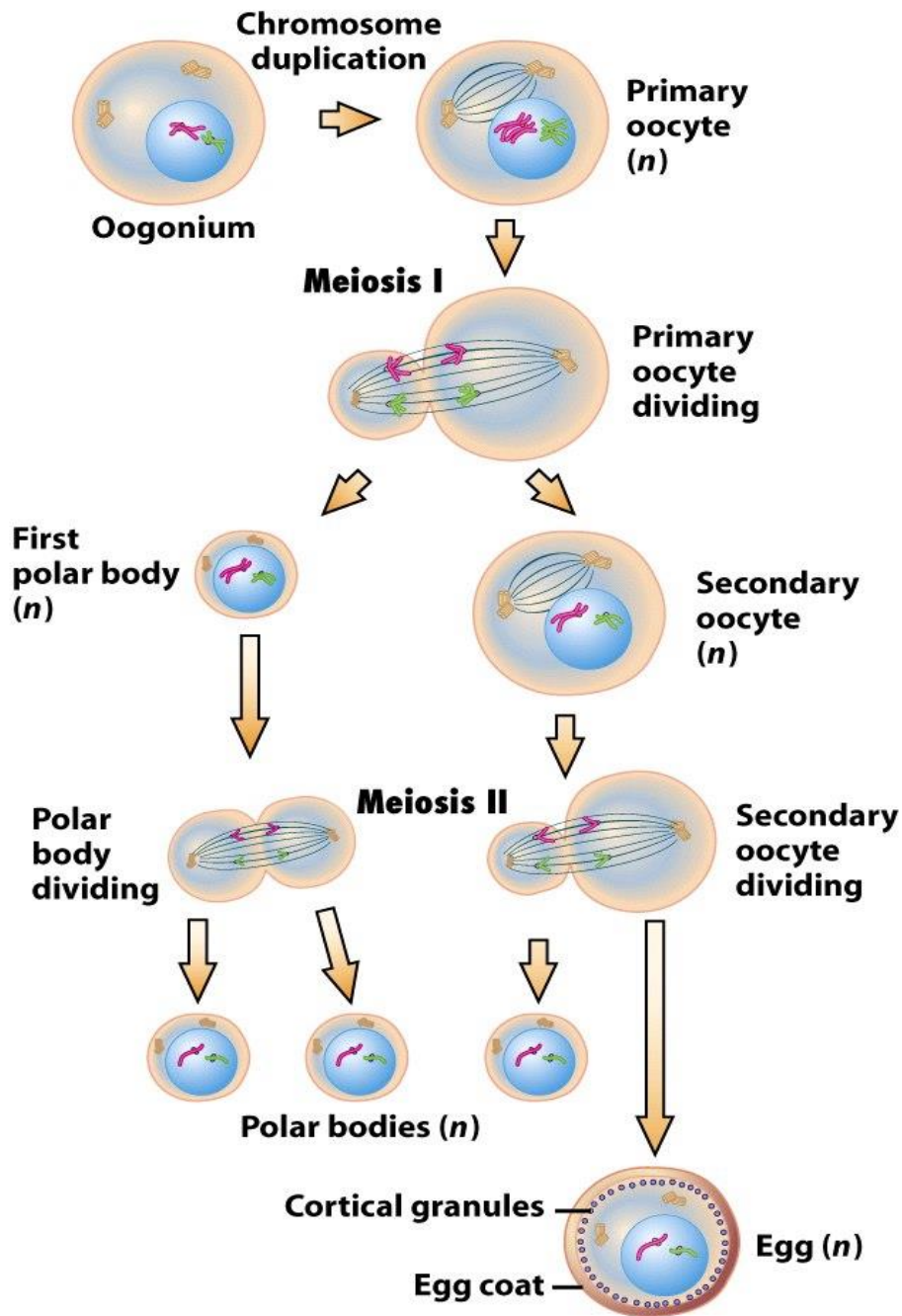


Figure 2-17a Principles of Genetics, 4/e  
© 2006 John Wiley & Sons

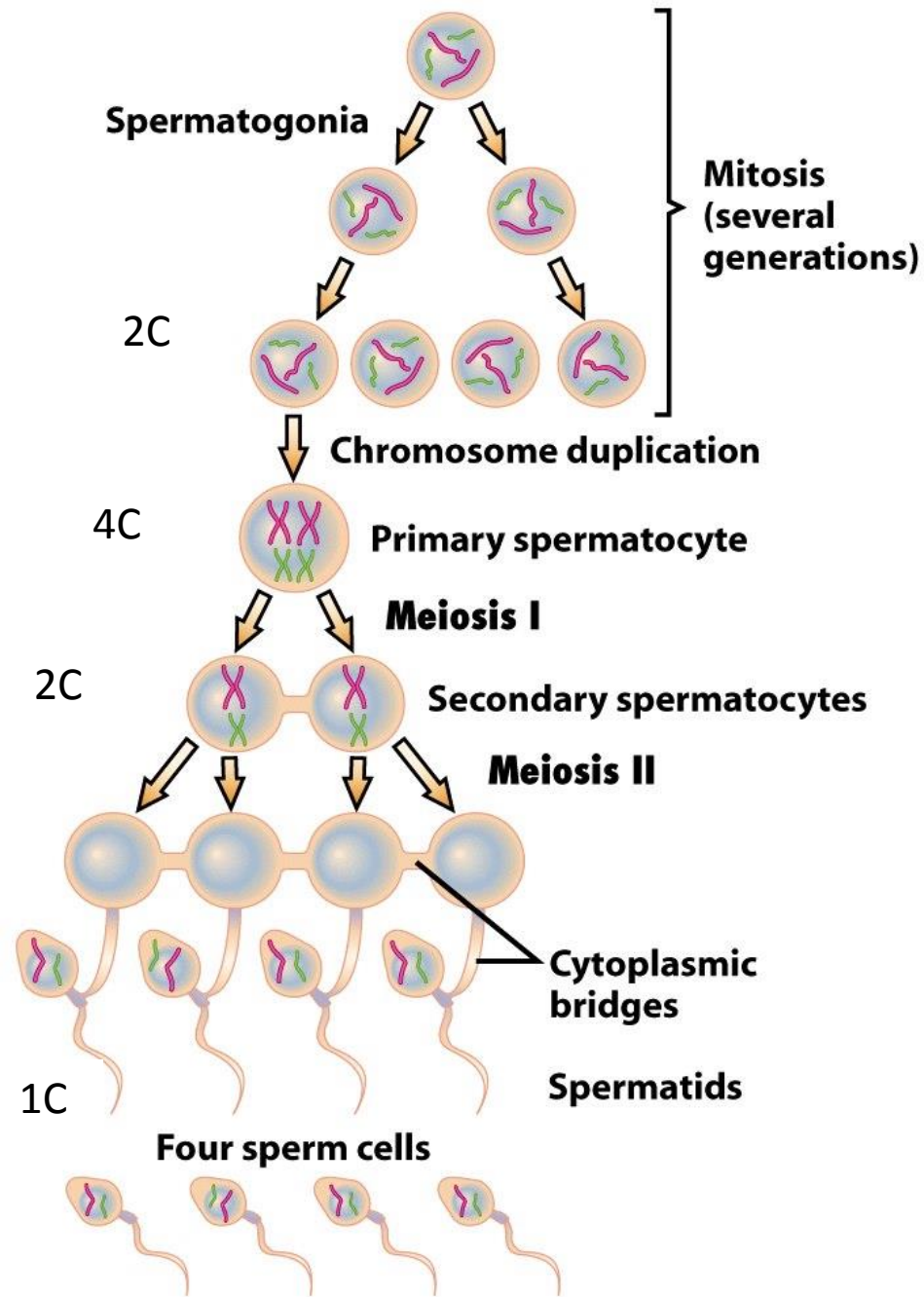


Figure 2-17b Principles of Genetics, 4/e  
© 2006 John Wiley & Sons

# MEIOSE

- *Produto: quatro células-filhas com metade do número de cromossomos e quantidade de DNA da célula mãe original (G1)*
- *Ocorre apenas com as células precursoras de gametas*
- *Manter o número de cromossomos da espécie*
- *Duas divisões: reducional  
equacional*



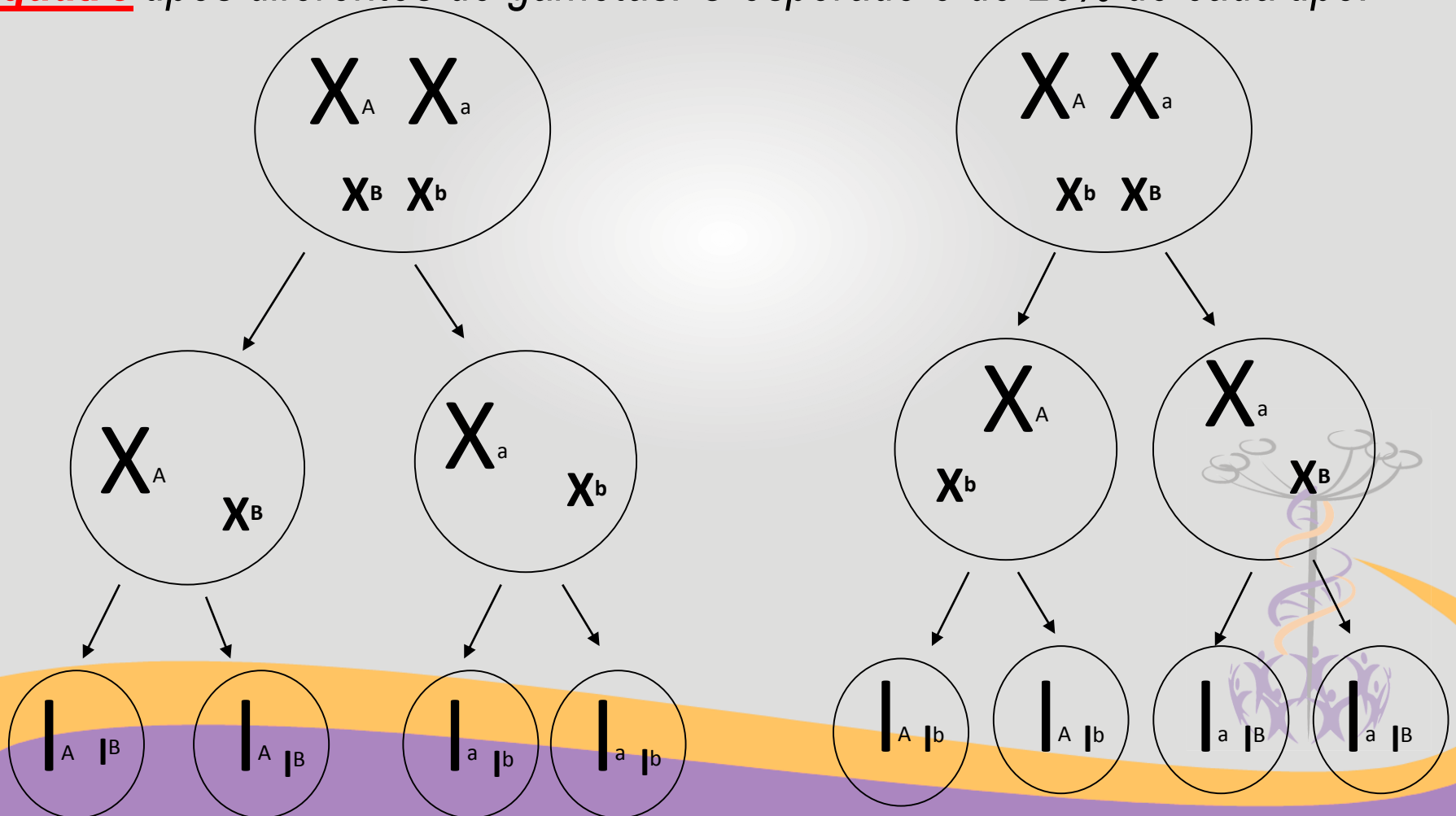
# ***Consequências Genéticas Da Meiose***

***A meiose reduz pela metade o n° de cromossomos para que a cada fertilização o n° diplóide se mantenha constante.***

***A compreensão da Meiose I é fundamental para a compreensão do comportamento dos genes durante a reprodução.***



Portanto quando se considera apenas uma célula com  $2n=4$ , são produzidos dois tipos de gametas a cada meiose. Porém, o número de células que sofrem meiose em cada organismo é muito grande, levando-nos a perceber que haverá em um indivíduo duplo heterozigoto ( $2n=4$ ), quatro tipos diferentes de gametas. O esperado é de 25% de cada tipo.



Na metáfase I, ocorrem orientações dos cromossomos homólogos, assim em uma célula com  $2n=4$  são possíveis 2 orientações.

$$2n=4: \text{OMI} = 2^{n-1} = 2^{2-1} = 2$$

Portanto: durante a metáfase I, há um verdadeiro embaralhamento – recombinação – dos genes, de modo que são obtidas inúmeras combinações novas.

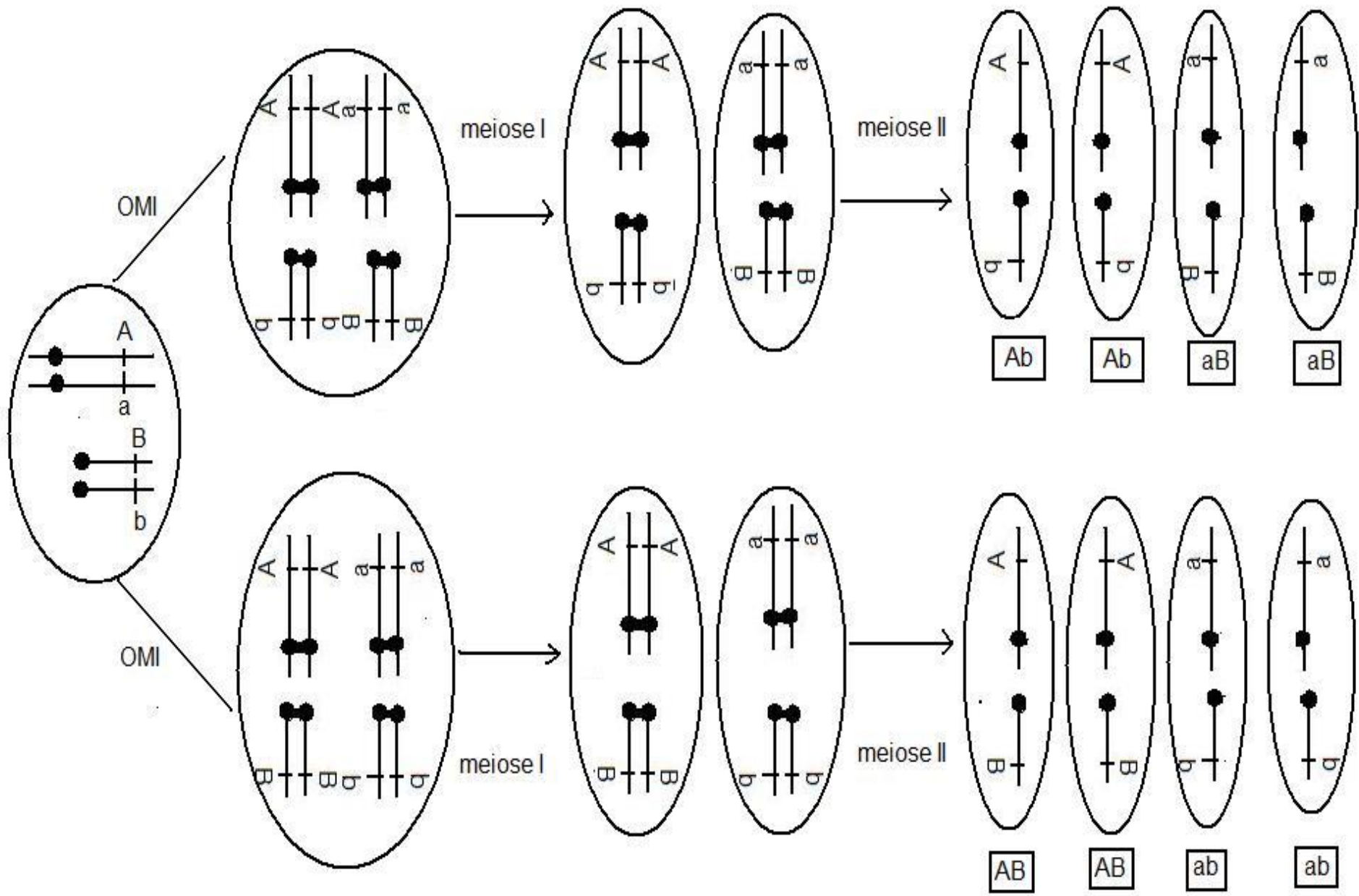
$$V = 2^n$$



*Assim, a Meiose permite a recombinação dos genes – aparecimento de combinações novas não existentes nos progenitores - o que evidentemente contribui para Ampliar a Variabilidade na Natureza. Esta ampliação da Variabilidade é fundamental para a evolução das espécies e também é a principal matéria prima para os melhoristas de plantas e animais.*







# Grandes Marcos na Genética

- *Trabalhos de Gregor Mendel: descobriu como as características são herdadas.*



# Teoria Cromossômica da Herança



Walter Sutton y Theodor Boveri

*Sutton – Boveri (1903): reconheceram que o comportamento das partículas de Mendel durante a produção dos gametas nas ervilhas era paralelo ao comportamento dos cromossomos na Meiose.*



# Teoria Cromossômica da Herança

*Os genes existem aos pares como os cromossomos*

*Um lote cromossômico vem do pai e o outro da mãe*

*Os genes estão nos cromossomos*

*Os genes são unidades físicas localizadas nos cromossomos*

*Em cada cromossomo de um par de homólogos localiza-se um dos alelos do gene que determina um caráter hereditário*

*Os alelos de um gene se segregam igualmente em gametas, como os membros de um par de homólogos*



## **Comportamento dos cromossomos**

## **Comportamento dos alelos dos genes**

*O n° de cromossomos presentes em cada gameta corresponde a metade do n° de cromossomos que se encontram em qualquer célula diplóide do indivíduo*

*O n° de alelos presentes em cada gameta corresponde a metade do n° de alelos que se encontram em qualquer célula diplóide do indivíduo*

*Os pares de homólogos presentes nas células de cada indivíduo têm origem, respectivamente, no progenitor masculino e no progenitor feminino*

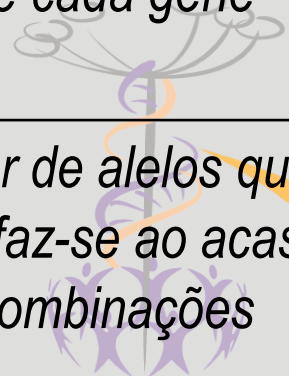
*Os pares de alelos presentes nas células de cada indivíduo têm origem, respectivamente, no progenitor masculino e no progenitor feminino.*

*Durante a formação dos gametas, ocorre a separação dos cromossomos homólogos*

*Durante a formação dos gametas, ocorre a separação dos alelos de cada gene*

*A segregação dos cromossomos homólogos que ocorre durante a meiose faz-se ao acaso, o que origina diferentes combinações genéticas*

*A segregação de cada par de alelos que ocorre durante a meiose faz-se ao acaso, o que origina diferentes combinações genéticas*



# Referências

GRIFFITHS, A.J.F. et al. **Introdução à Genética**. Ed. Guanabara-Koogan, Rio de Janeiro, 2002.

PIERCE, B.A. **Genética: Um Enfoque Conceitual**. Ed. Guanabara-Koogan, Rio de Janeiro, 2004.

RAMALHO, M. et al. **Genética na Agropecuária**. Ed. Globo, São Paulo, 1989.

RIDLEY, M. **Evolução**. Ed. Artmed, 2006.

SNUSTAD, D.P.; SIMMONS, M.J. **Fundamentos de Genética**. Ed. Guanabara-Koogan, Rio de Janeiro, 3ª ed., 2004.

