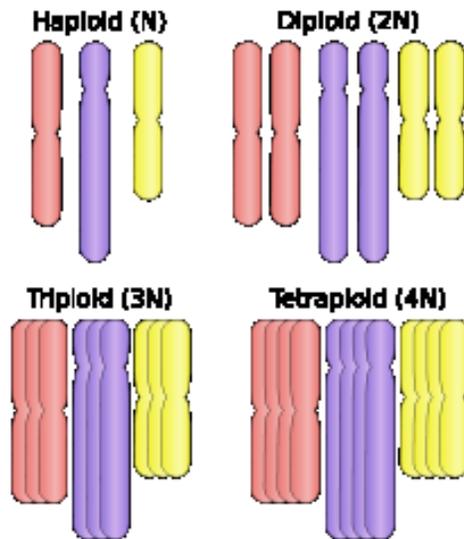


LGN0114 – Biologia Celular

Poliploidia

Aula 12



Antonio Figueira
figueira@cena.usp.br

Poliploidia...

Ocorrência da poliploidia:

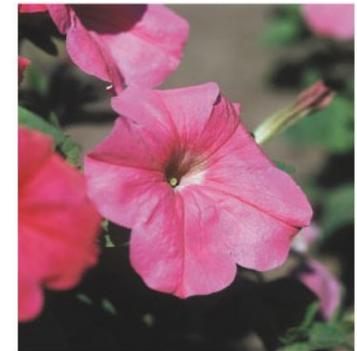
- Importante na evolução de plantas superiores (a maioria das plantas cultivadas são poliplóides)
- Mais comum em angiospermas, pouco encontrada nas gimnospermas
- Características importantes para a agricultura
 - Síndrome da domesticação

Poliploidia: refere-se a todas as variações naturais ou induzidas ao número de cromossomos

As variações podem ocorrer no número de genomas (conjunto de todos os cromossomos) e no número de cromossomos individuais



(a) A hexaploid species



Diploid



Tetraploid

(b) A comparison of diploid and tetra

Variação em Número de Cromossomos

POLIPLÓIDE

- Autopoliplóide = duplicação do mesmo genoma
- Alopoliplóide = duplicação de genomas (espécies) distintos

EUPLOIDIA = múltiplos do número básico de cromossomos

ANEUPLOIDIA = ($2n - 1, -2, +1, \dots$)

- $2n - 1$ = monossômico (ABC)(AB)
- $2n - 2$ = nulissômico (AB)(AB)
- $2n + 1$ = trissômico (ABC)(ABC)(C)

Aneuploidia

Simbologia

$2n + 1$ = adição de um cromossomo ao complemento somático

$2n - 1$ = subtração de um cromossomo ao complemento somático

$x+1$ ou $x-1$ são fórmulas aplicáveis aos indivíduos e seus respectivos número básicos

Ex. Milho – $2n=2x=20$

com o ganho de um cromossomo: $2n= 2x + 1 = 21$

com a perda de um cromossomo: $2n= 2x - 1 = 19$

Hipoploidia ou Hiperploidia

Plantas – mais tolerado provavelmente pela origem poliplóide

Animais – menos tolerado – problemas de balanço gênico

Tipos de Aneuplóides

Dissômico – é o estado em que a maioria das espécies se encontram, onde há dose dupla de cada tipo cromossômico por célula somática

Trissômicos – $2n+1$

Tetrassômicos – 4 doses de um determinado cromossomo = $2n + 2$

Monossômico – perda de um cromossomo do complemento = $2n - 1$

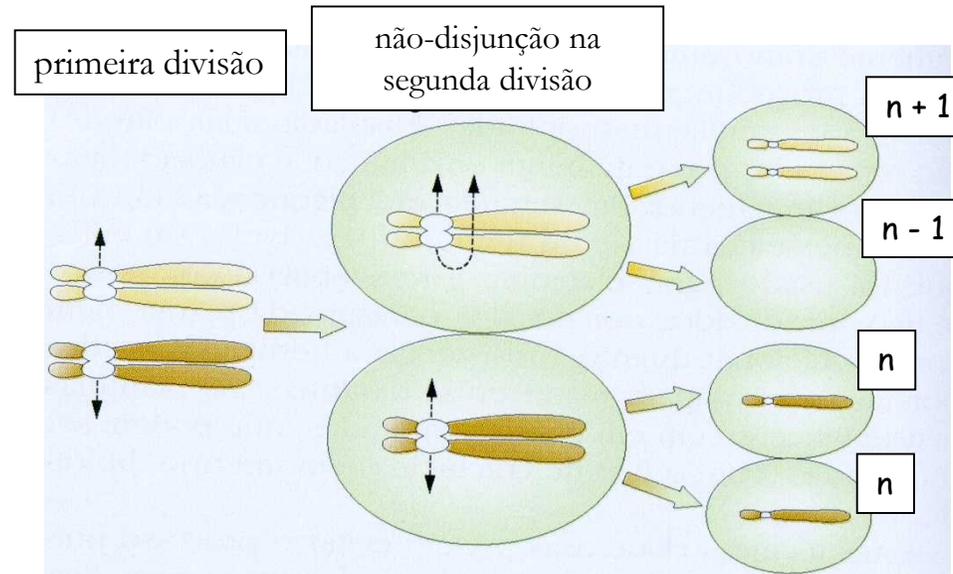
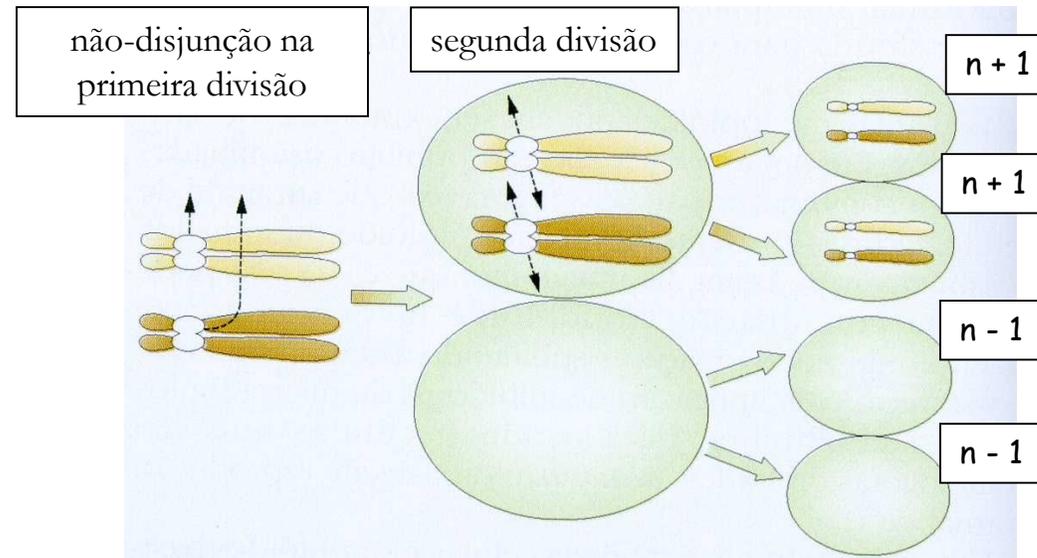
Nulissômico – perda de um par de cromossomos do complemento = $2n - 2$

Origem da aneuploidia:

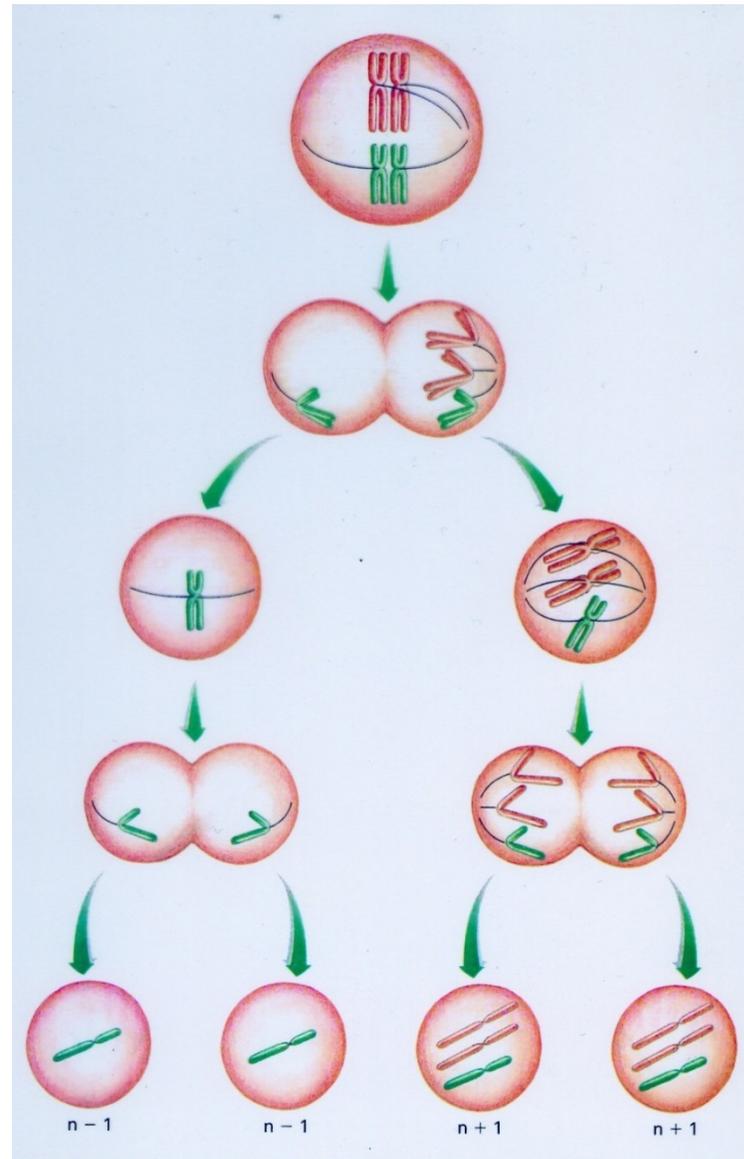
Distúrbios Mitóticos

Distúrbios Meióticos

Origem dos gametas aneuplóides



Origem dos gametas aneuplóides

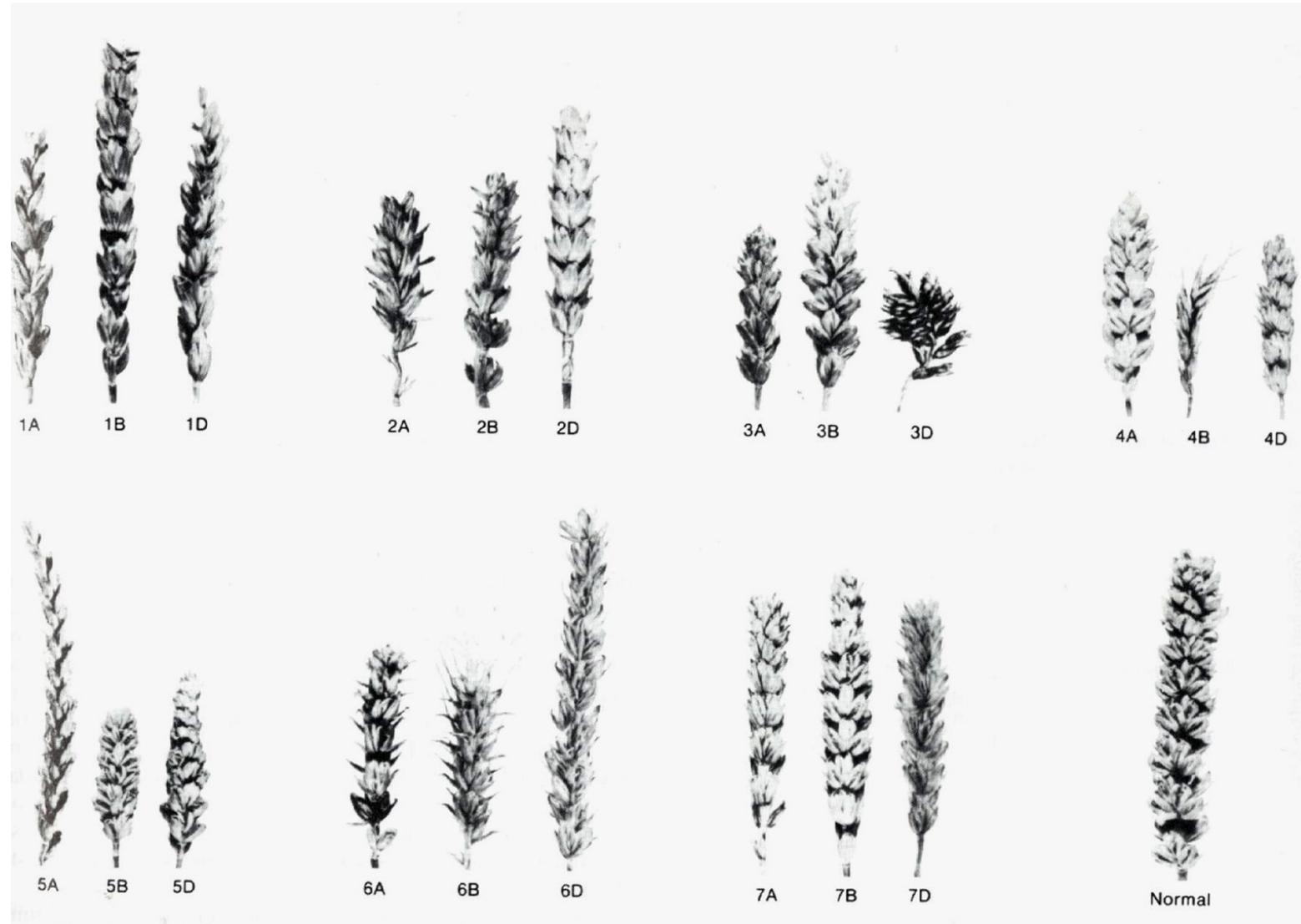


Nulissomia ($2n - 2$)

Trigo – $2n=6x=42$
(AABBDD)

Chinese Spring

– aspecto fenotípico
de espigas
nulissômicas para
cada par de
cromossomo de cada
um dos genomas que
formam o trigo



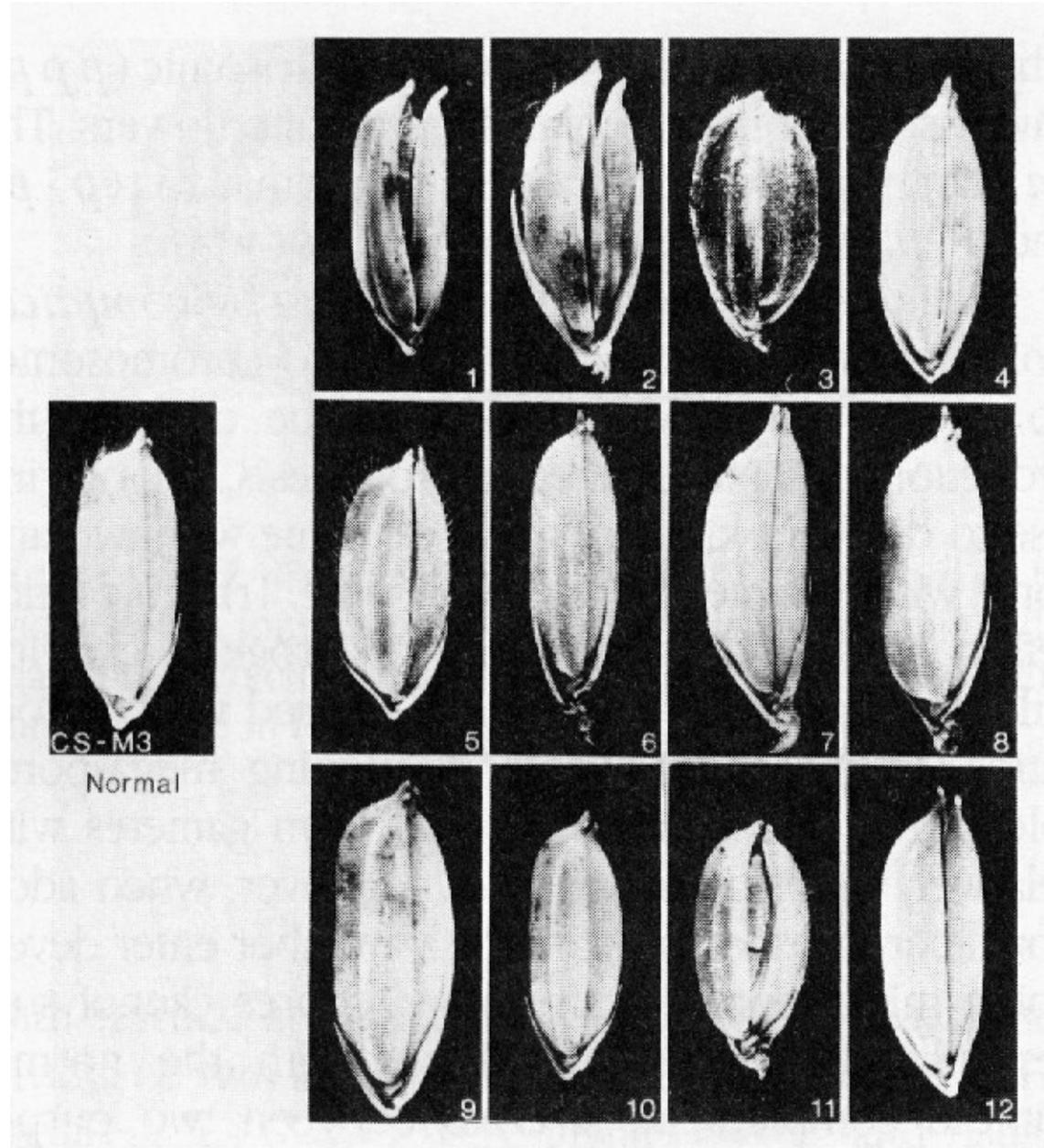
Trissomia – $2n + 1$

Oryza sativa –

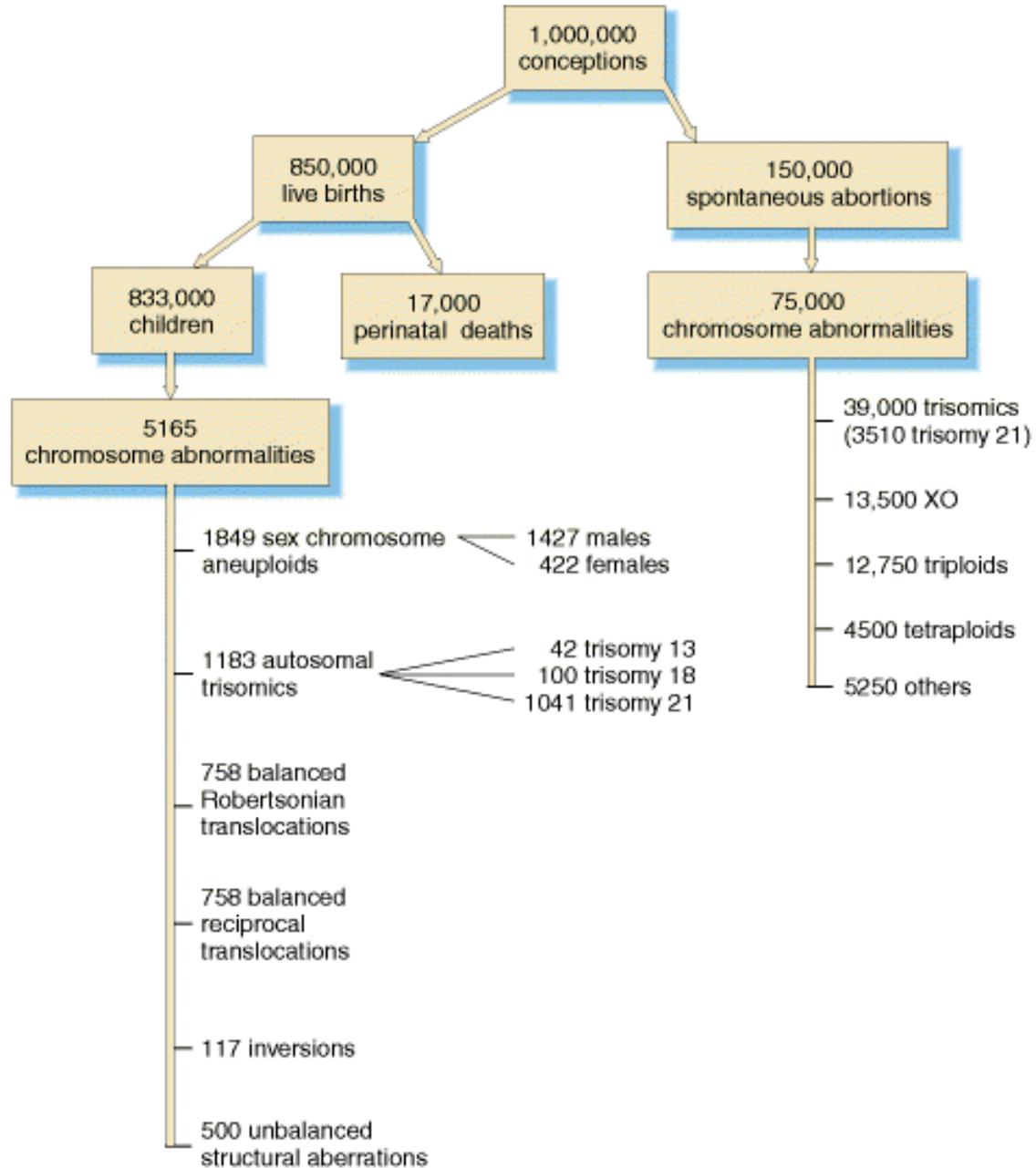
$2n=2x=24$

variedade CS-M3

12 trissômicos primários – o número corresponde a cada um dos cromossomos do arroz, ordenados do maior para o menor. Nota-se claramente o efeito de cada cromossomo no fenótipo da semente

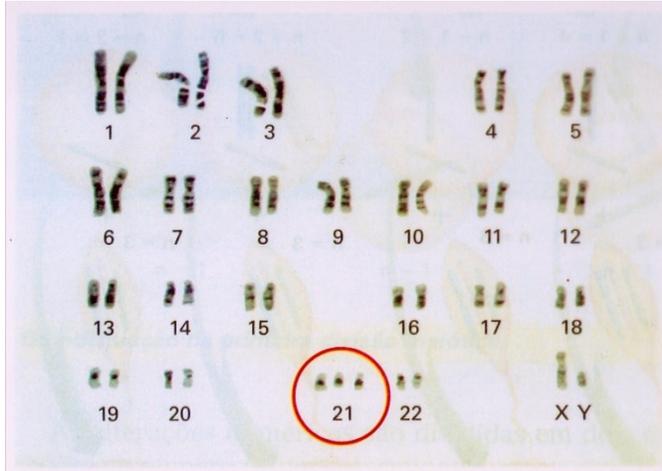
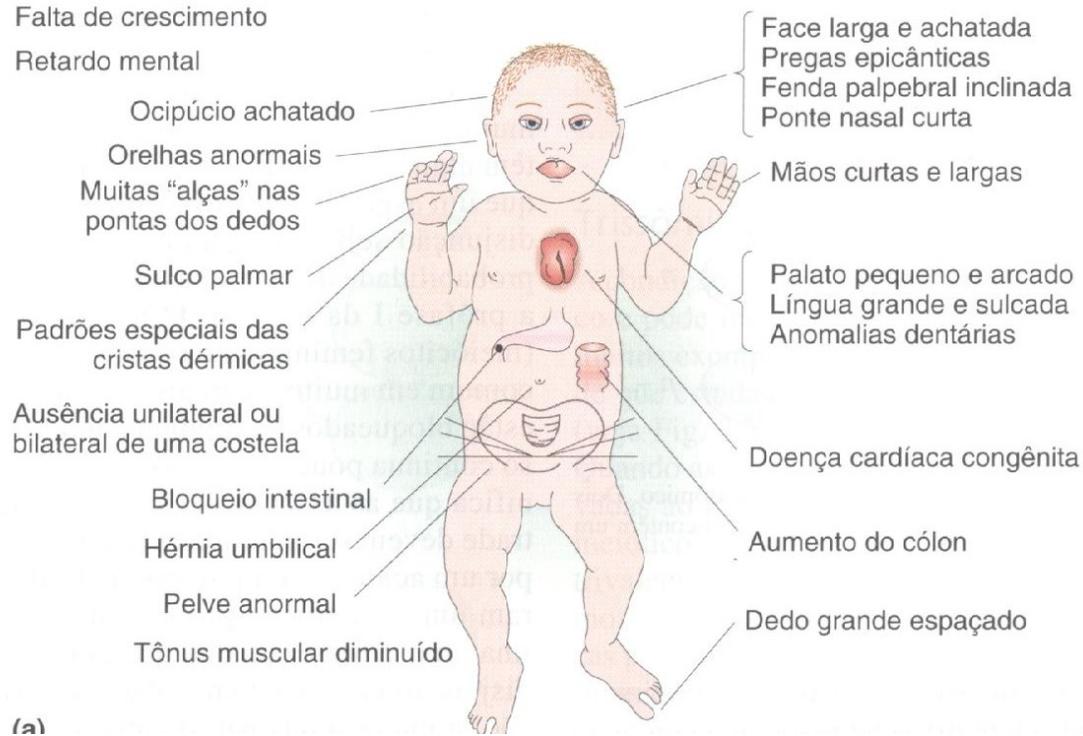


Ocorrência de Aberrações cromossômicas em Humanos



Trissomia do 21 ($2n + 1$)

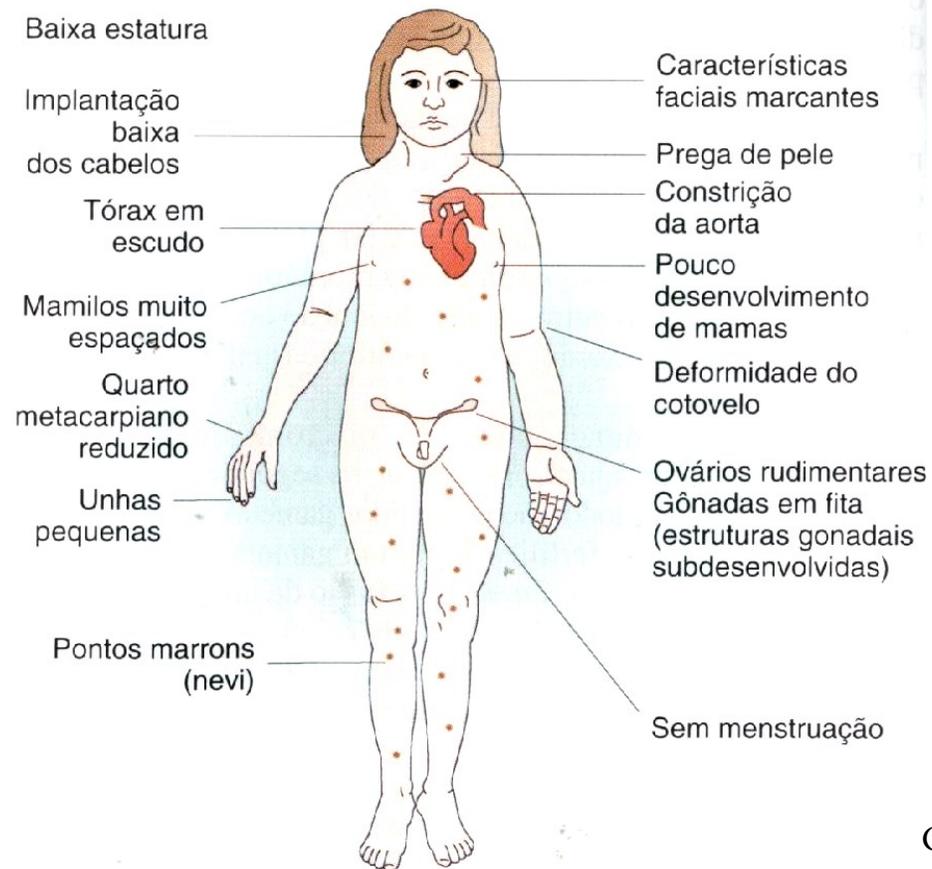
Síndrome de Down



(a)

Monossomia ($2n - 1$) – X0

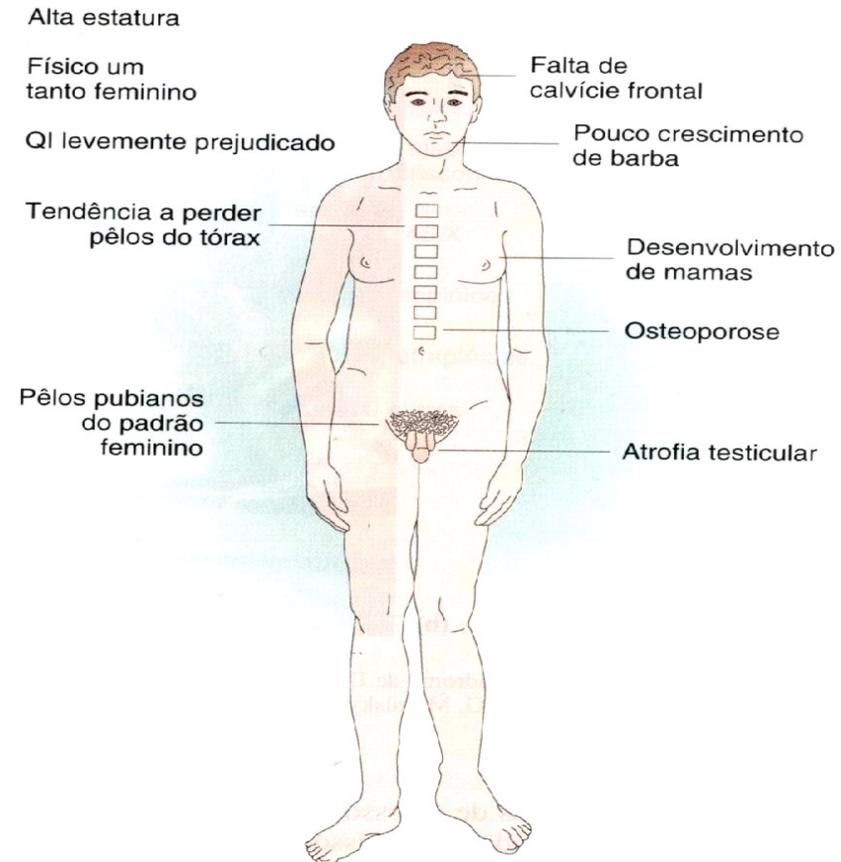
Síndrome de Turner



Griffiths *et al.* (2002)

Dissomia do X

Síndrome de Klinefelter - XXY



Variação em Número de Cromossomos

POLIPLÓIDE

- comum em plantas cultivadas

Autopoliplóide

- cópias múltiplas de genoma de uma espécie

Alopoliplóide

- duplicação de genomas distintos
- normalmente após hibridação entre espécies aparentadas
 - **Duplicação cromossômica restaura a fertilização!**
 - **Regulariza o pareamento meiótico!!**
- cromossomos homeólogos

Variação em Número de Cromossomos

- Número de cromossomos básico = (x) ou (n)
- **Monoplóide = n**
 - animais: vespas e abelhas macho = monoplóide
 - partenogênese
- **Múltiplo de n = EUPLÓIDE**
- **Diplóide $(2n)$ – $(ABC)(ABC)$**
- **Poliplóide**
 - triplóide = $3n$ $(ABC)(ABC)(ABC)$
 - tetraplóide = $2n = 4X$ $(ABC)(ABC)(ABC)(ABC)$
 - hexaplóide = $2n = 6X$ $(ABC)(ABC)(ABC)(ABC))(ABC)(ABC)$

Poliploidia

- **Número de cromossomos básico = (x) ou (n)**

X = número básico de cromossomos (monoplóide)

n = número gamético de cromossomos

2n = número somático de cromossomos

x - monoplóide

2x - diplóide

3x - triplóide

4x - tetraploide

5x - pentaplóide

6x - hexaplóide

7x - heptaplóide

8x - octaplóide

Poliploidia e Especiação

Estudo da especiação

- Como se originam?
- Como se propagaram?
- Como se adaptaram?

Evolução de várias espécies de plantas

- Batata (*Solanum tuberosum*)
- Trigo (*Triticum aestivum*)
- Banana (*Musa* spp.)
- Cana-de-Açúcar (*Saccharum* spp.)

Melhoramento

- Utilização de espécies poliplóides
- Obtenção de poliplóides artificiais

Poliploidia e Especiação

Surgimento de Poliploidia

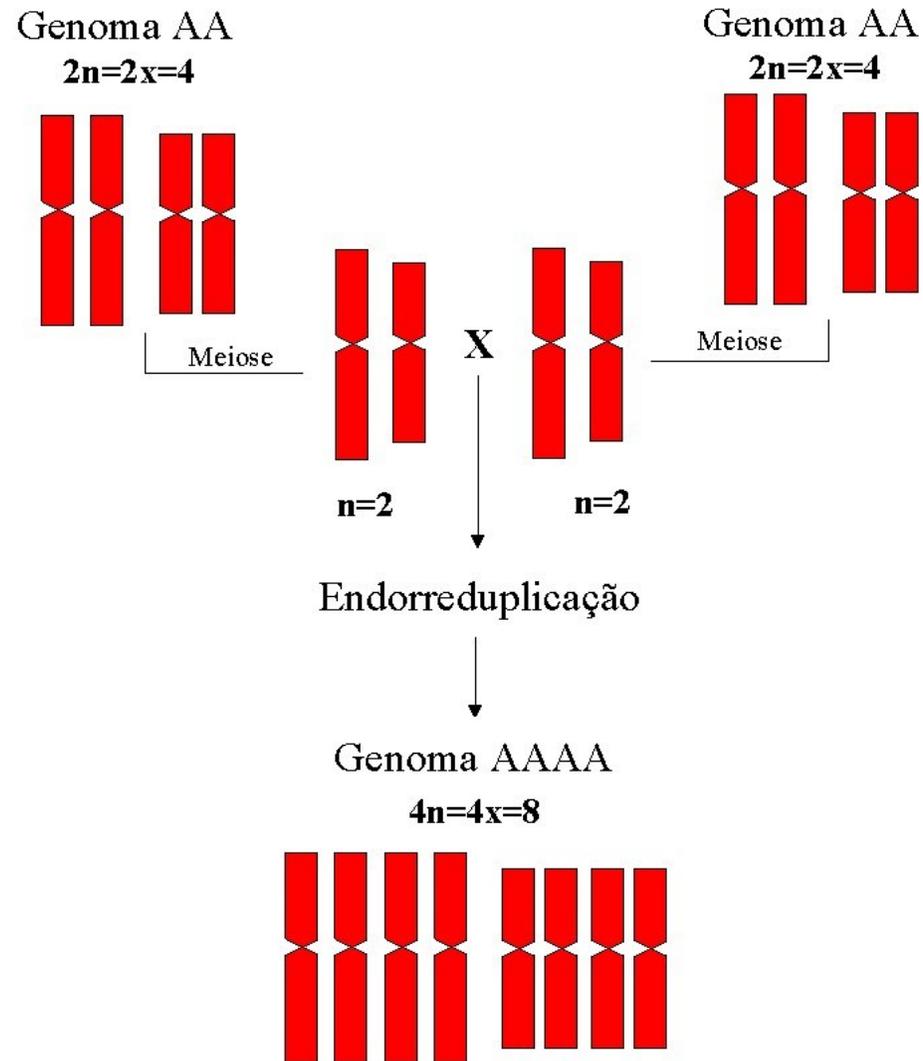
- **Distúrbios Mitóticos**

- Endomitose – endopoliploidização
 - Ocorrência natural
 - Indução artificial por tratamento com colchicina

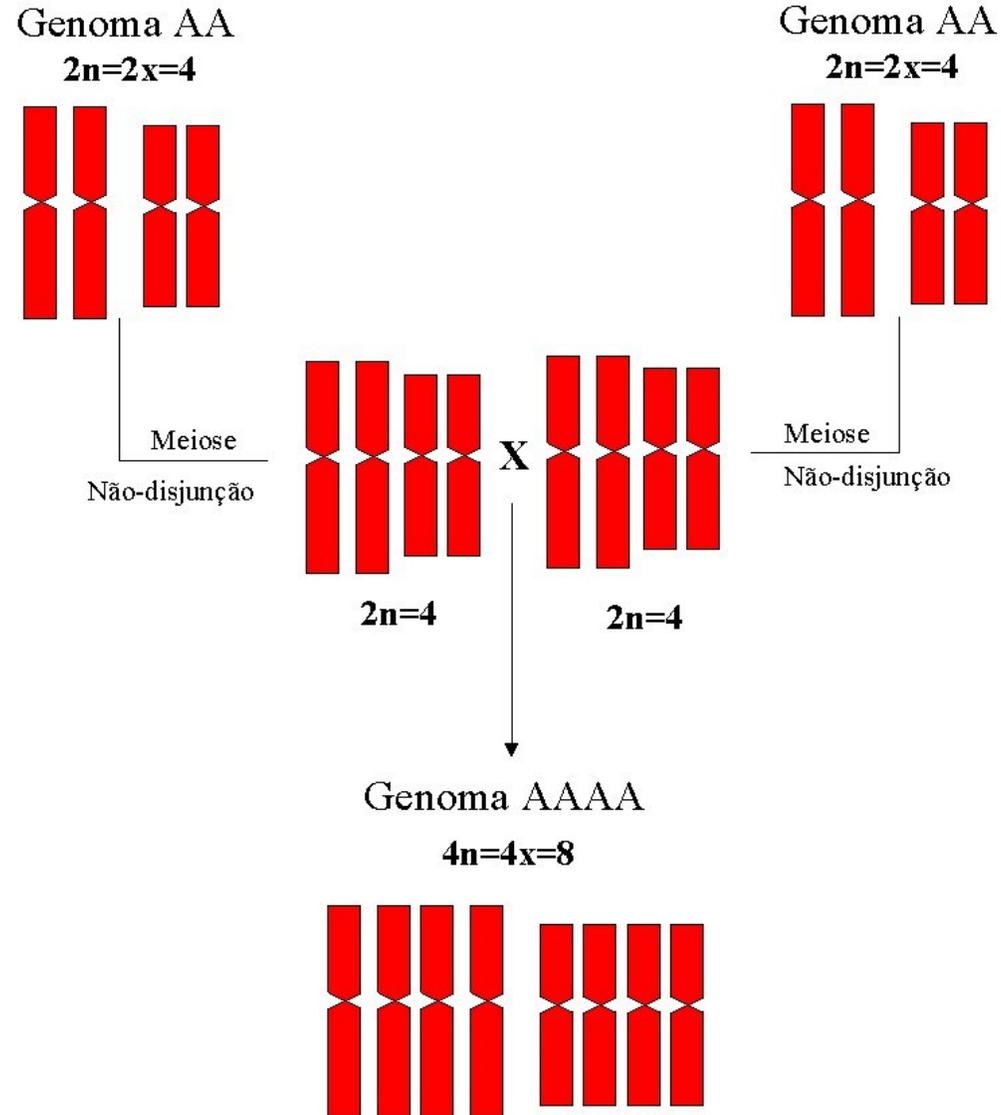
- **Distúrbios Meióticos**

- Formação de gametas não-reduzidos ($2n$)
- Ocorre na natureza - estudos em batata (*Solanum tuberosum*)

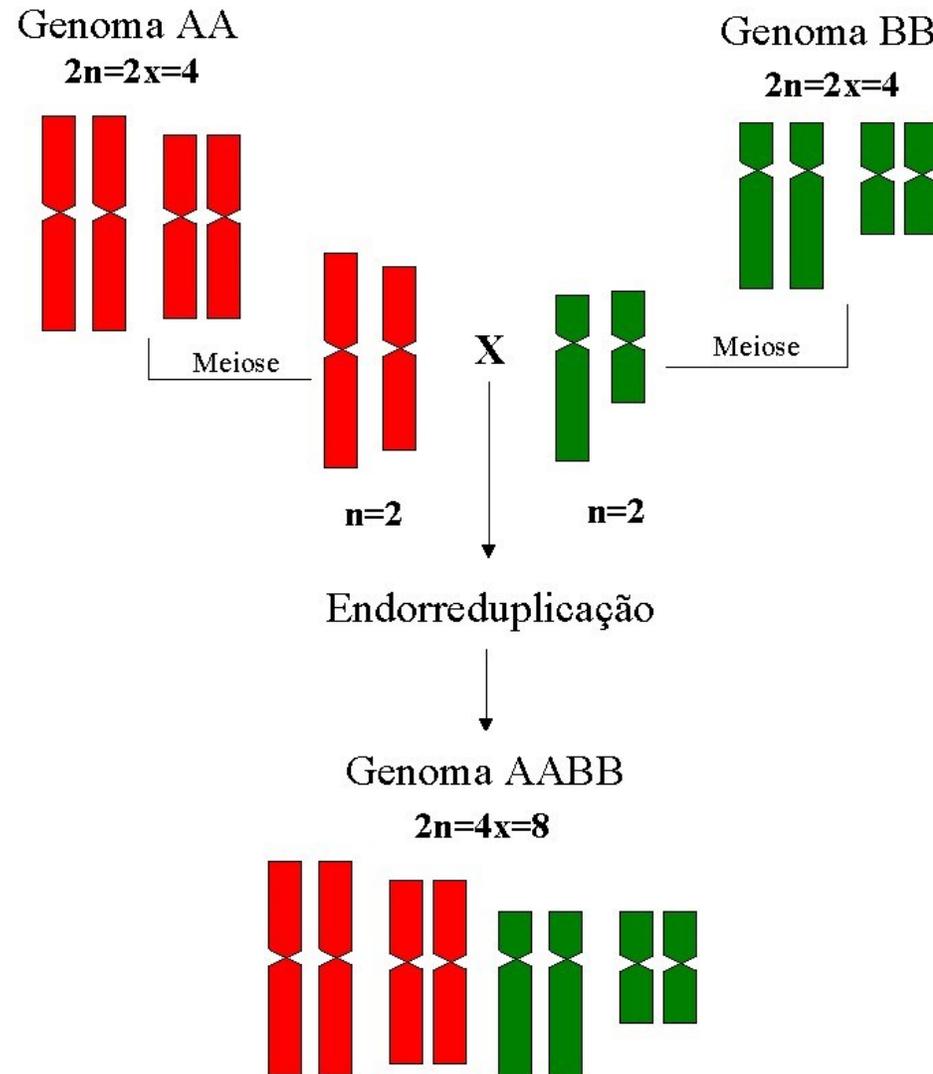
Origem de autopoliplóides por endoreduplicação



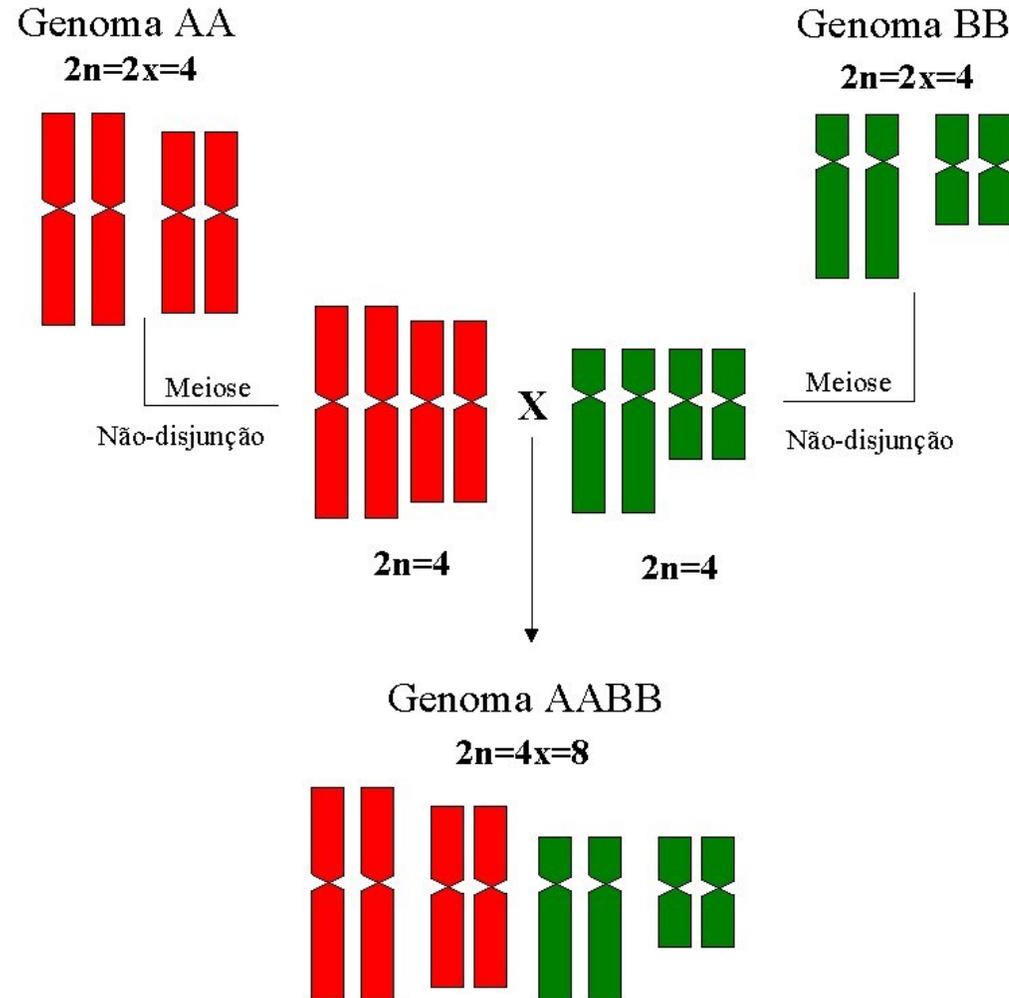
Origem de autopoliploides por gametas não-reduzidos



Origem de alopoliplóides por endoreduplicação



Origem de alopoliplóides por gametas não-reduzidos



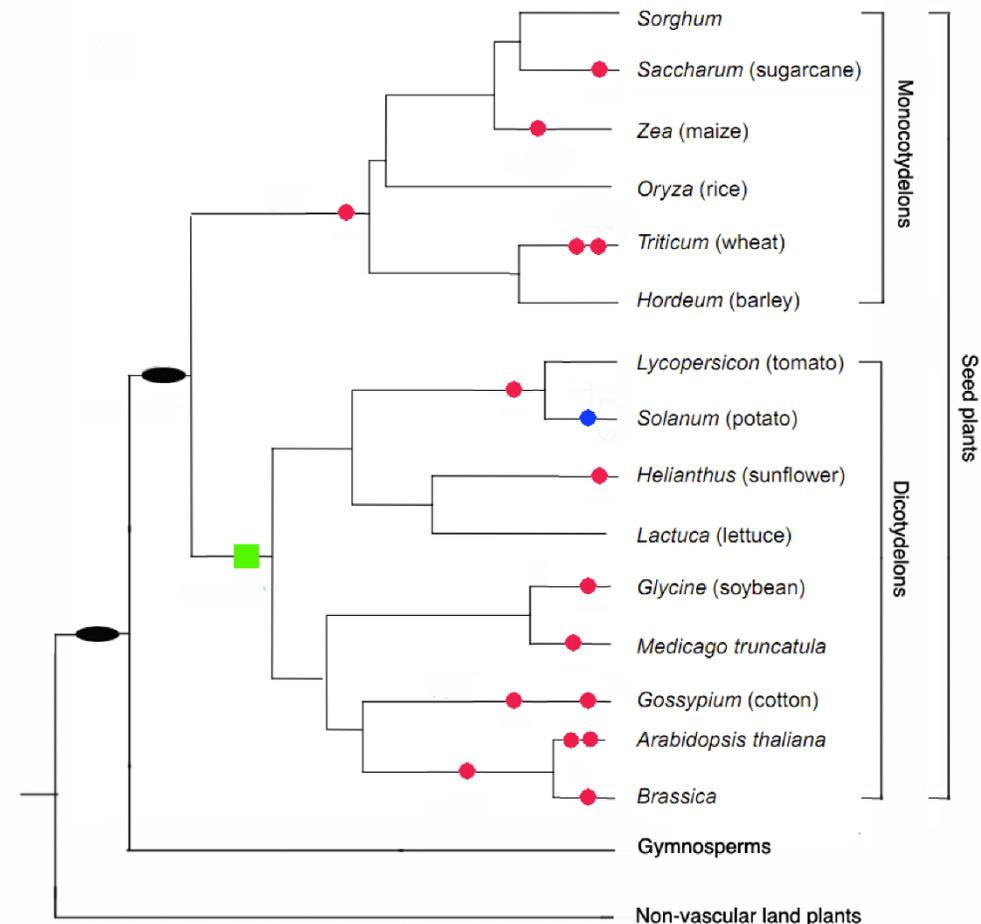
Aopoliploidia é muito mais comum na natureza do que **autopoliploidia**. Cerca de 80% de todas as plantas terrestres devem ser aopoliploides.

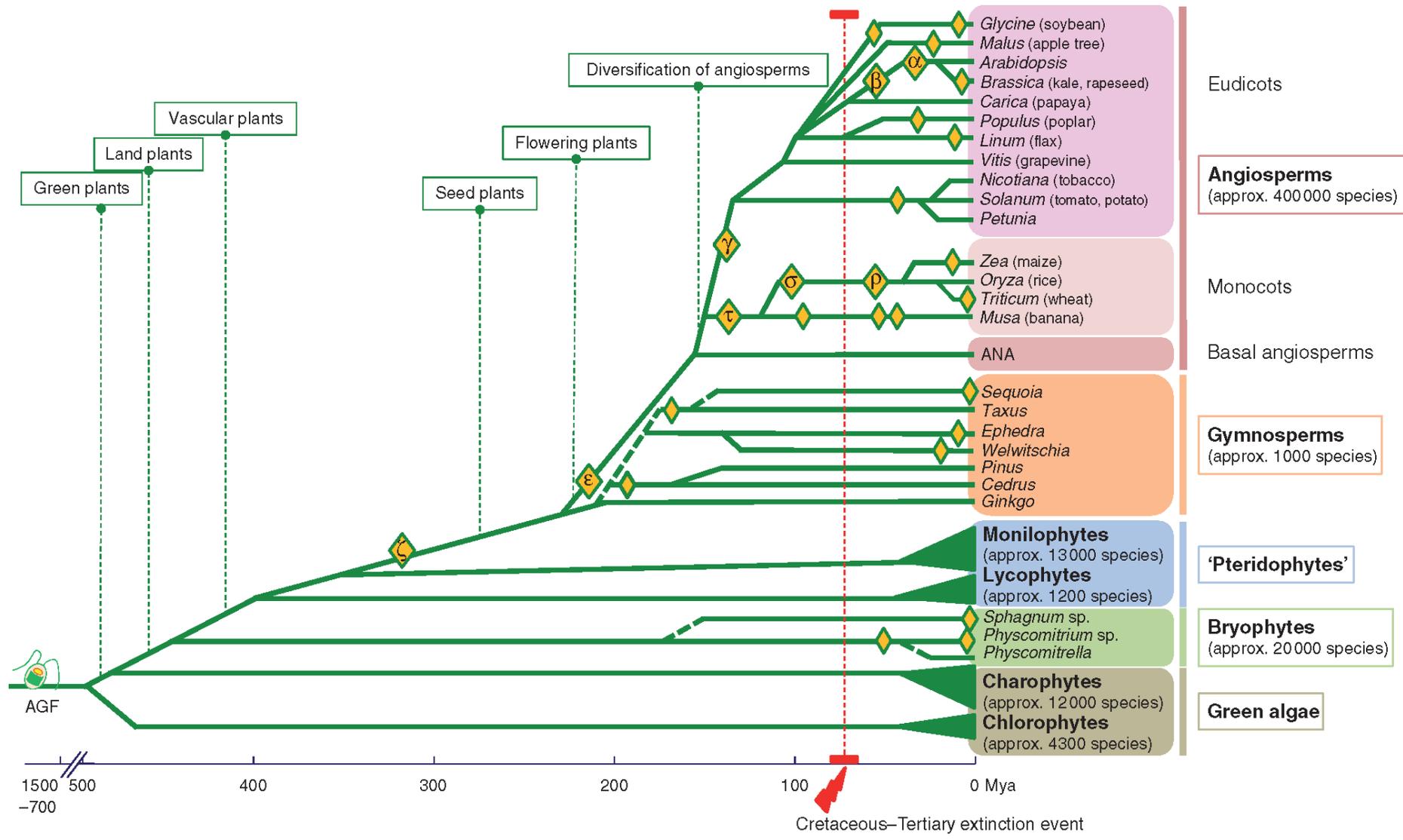
Círculos vermelhos indicam exemplos de **aopoliploidia**.

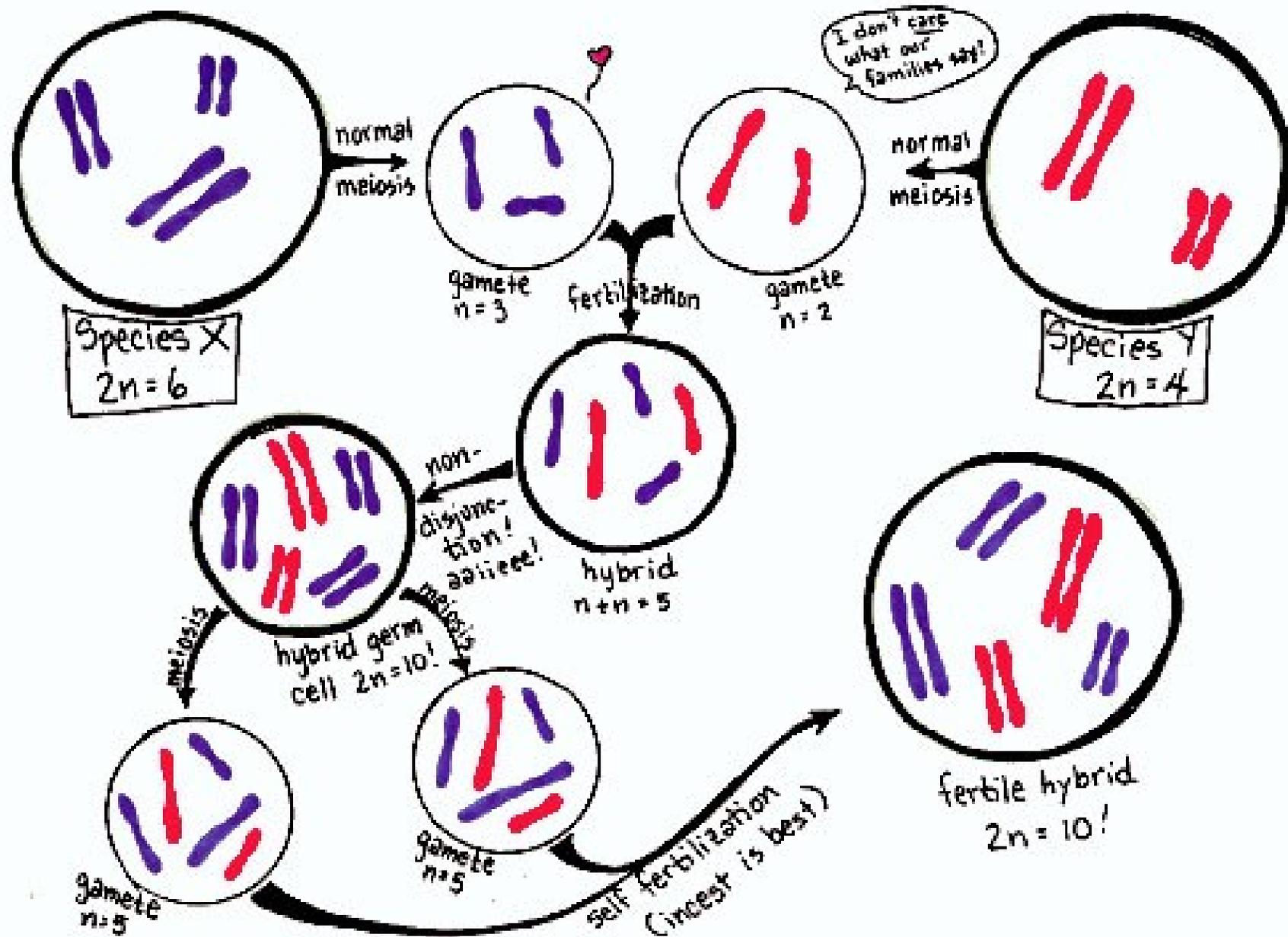
Círculos azuis indicam exemplos de **autopoliploidia**.

Círculos verdes indicam um evento presumível de triplicação antes da divergência entre dicotiledôneas.

Os dois **ovais negros** indicam uma duplicação genômica de uma angiosperma ancestral (190-230 milhões de anos atrás) e uma duplicação de um ancestral de plantas com sementes (320-350 milhões de anos atrás).







Poliploidia - Aplicações

1. Origem e efeitos fenotípicos:

Efeito 'gigas' - gigantismo

2. Comportamento meiótico:

Formação de bivalentes

Formação de multivalentes, gametas não balanceados

3. Segregação Genética:

Maior frequência de heterozigotos

4. Evolução

5. Manipulação genética e melhoramento

Poliploidia - Aplicações

Aumento do tamanho das células

Aumento do tamanho dos órgãos (folhas, flores, fruto, semente)

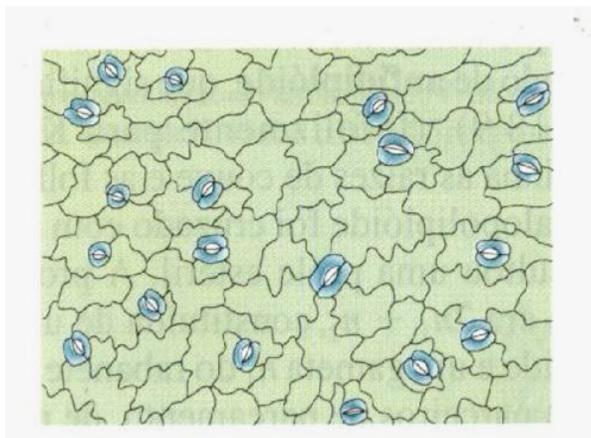
Problemas:

Poliplóides têm baixa fertilidade

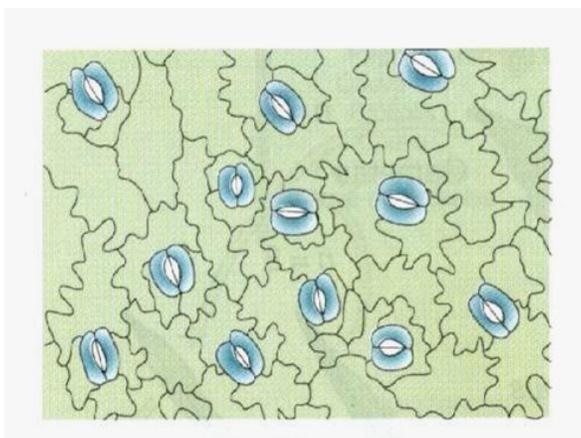
Baixa fertilidade é consequência do comportamento meiótico

Alta ocorrência de heterozigotos

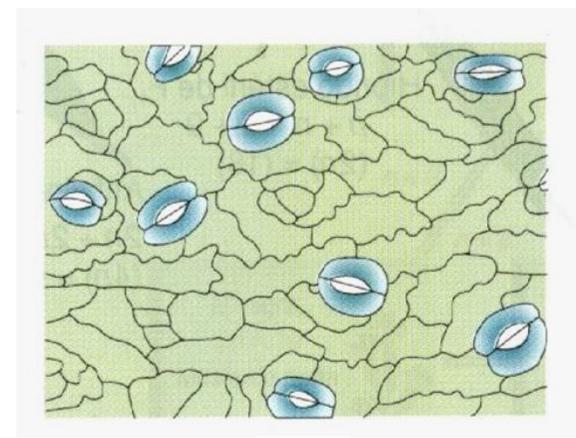
Autopoliploides



$2n$

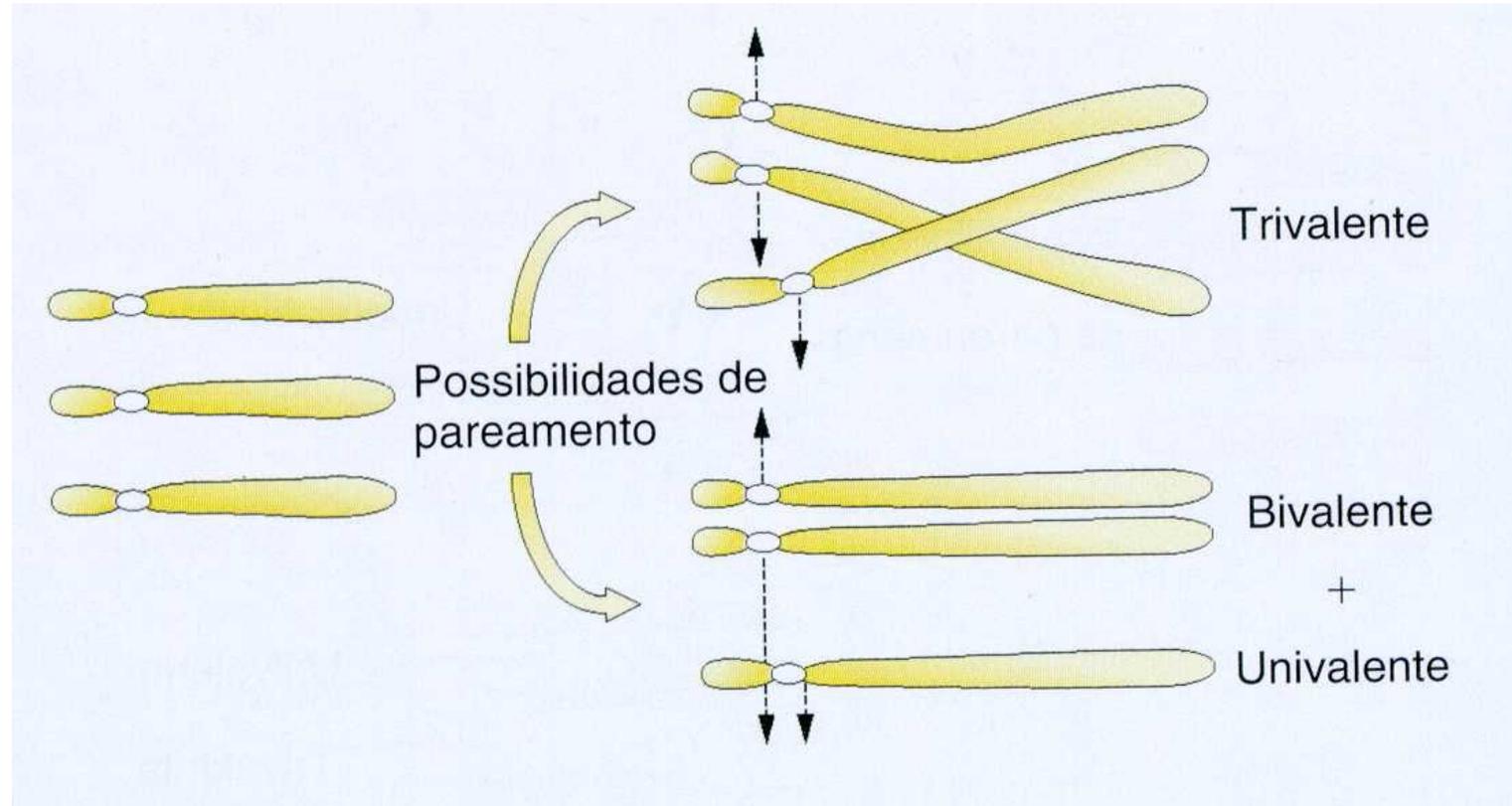


$4n$



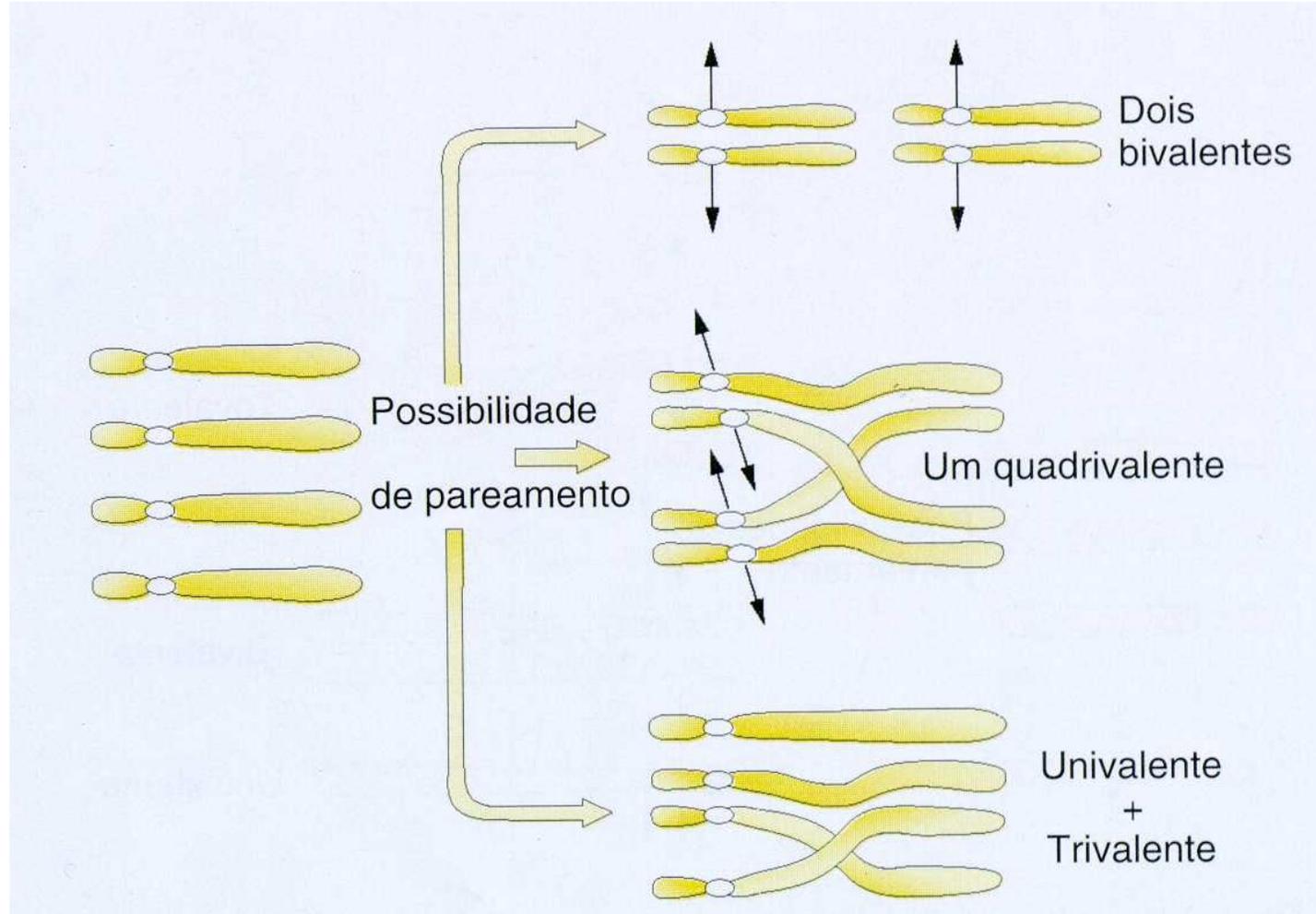
$8n$

Pareamento meiótico nos triplóides



Griffiths *et al.* (2002)

Pareamento meiótico nos tetraplóides



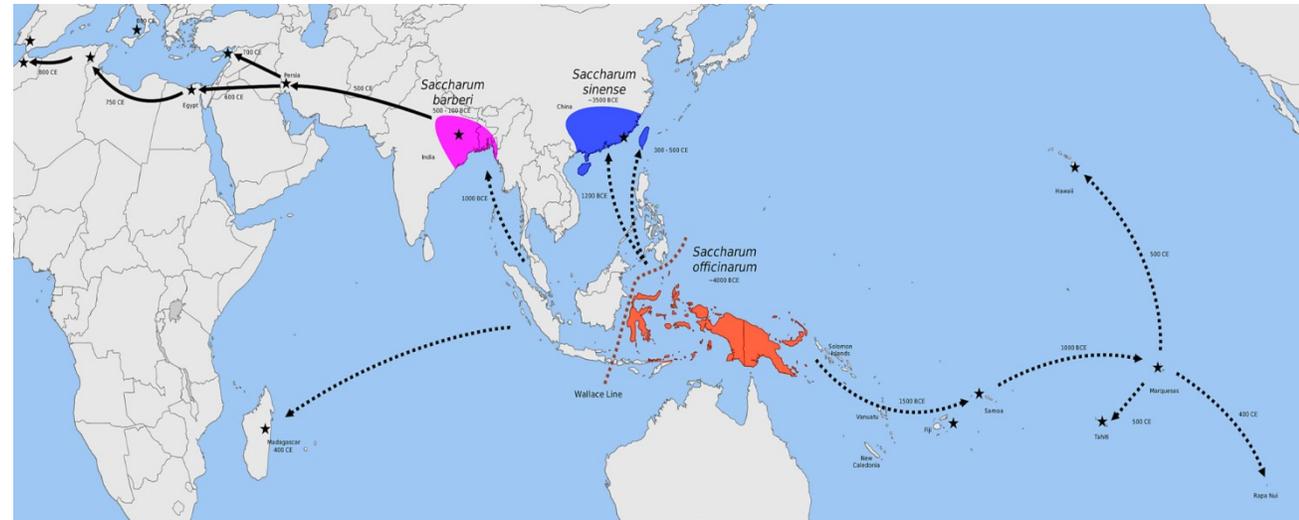
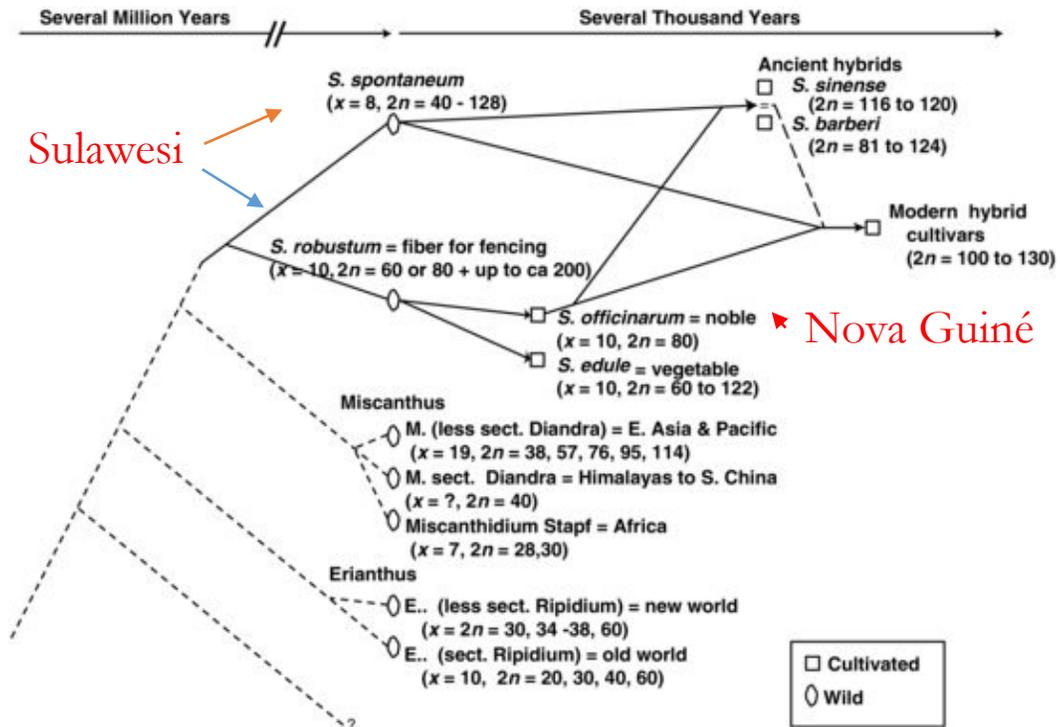
Variação em Número de Cromossomos

CULTURAS POLIPLÓIDES

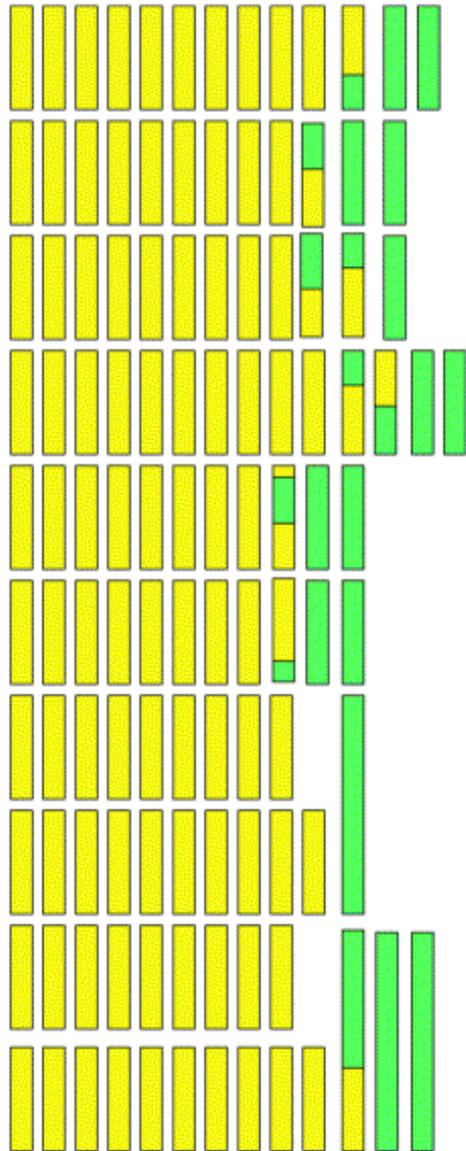
Exemplos

- Cana-de-açúcar
- Algodão
- Brassica – repolho, colza,..
- Banana
- Tabaco
- Trigo
- Café
- Frutas - artificiais

Cana-de-açúcar



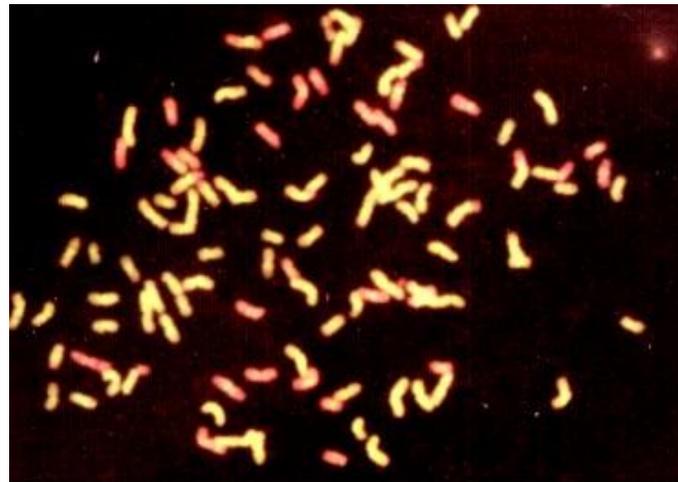
Cana-de-açúcar



S. officinarum

S. spontaneum

Cromossomo de Origem biespecífica



Autotriplóide natural

Banana – AAA, AAB



Musa acuminata
Genoma A

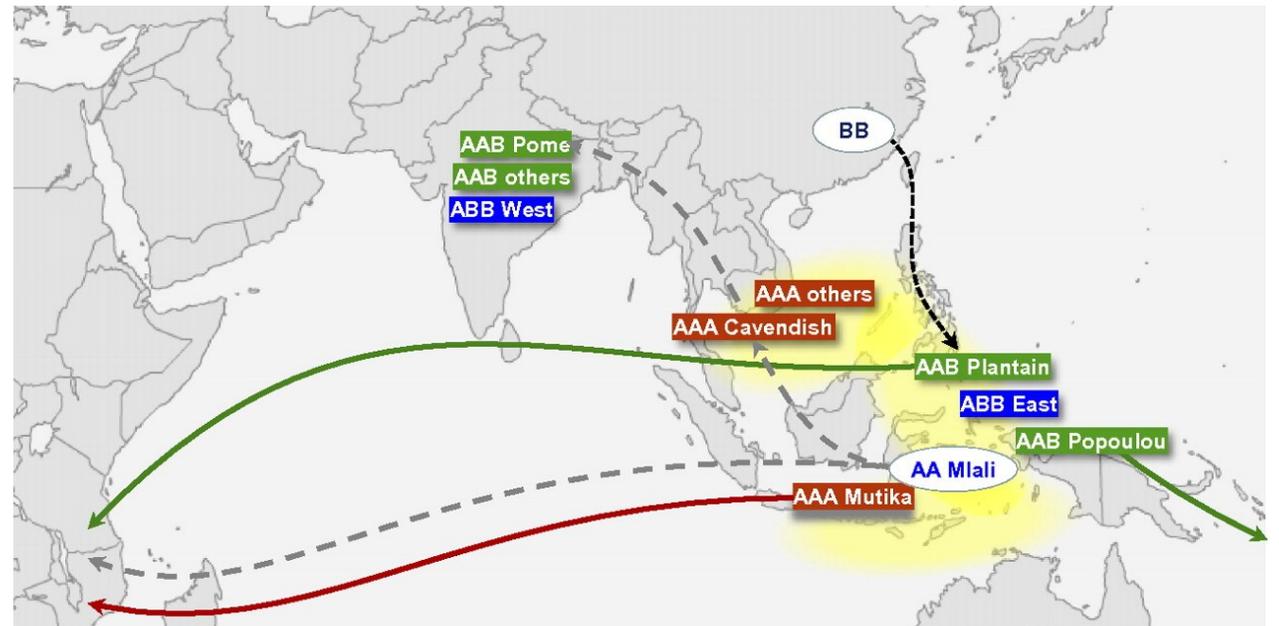
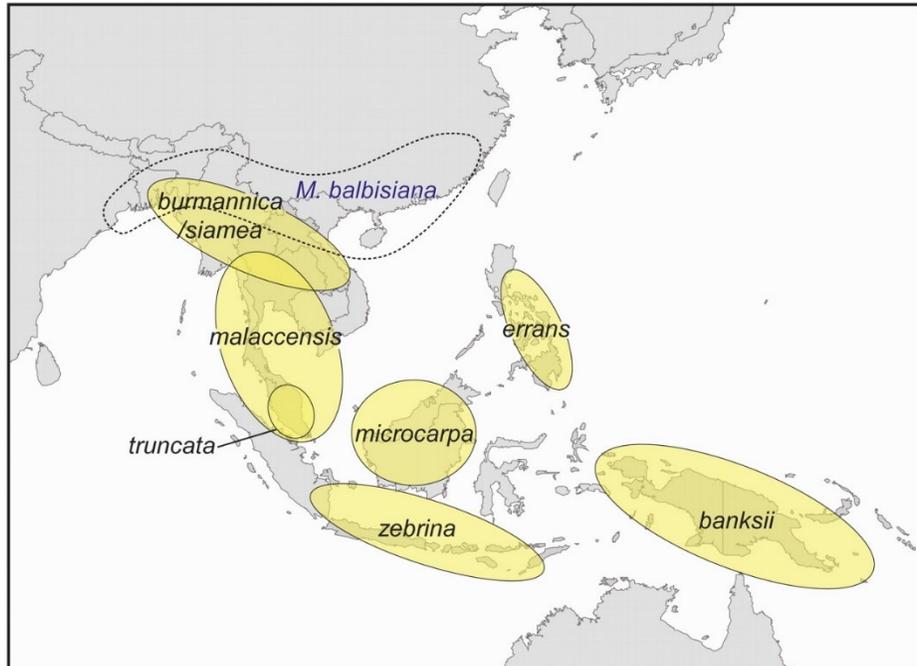


Musa balbisina
Genoma B



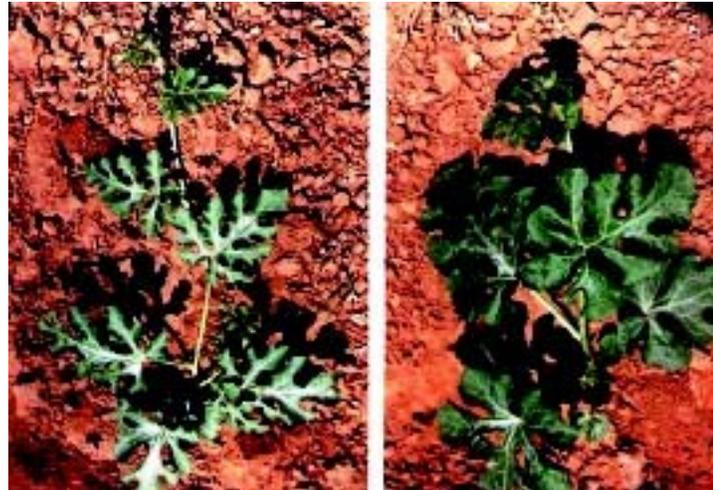
Autotriplóide natural

Banana - AAA



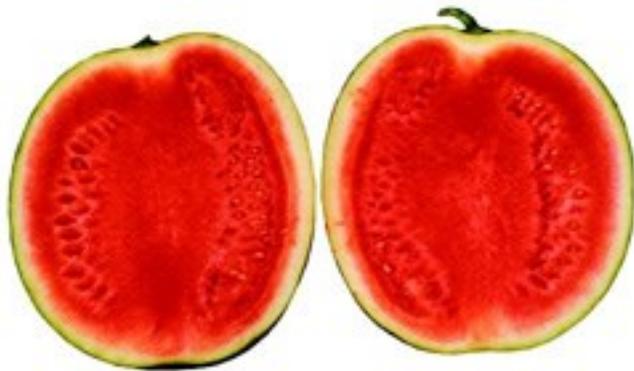
Autotriplóide artificial

Melancia

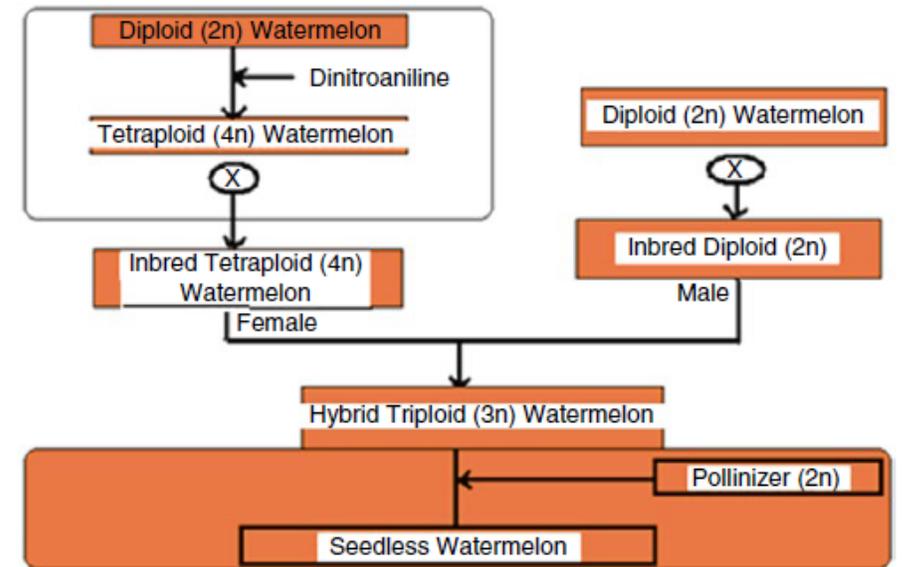


diplóide

triplóide

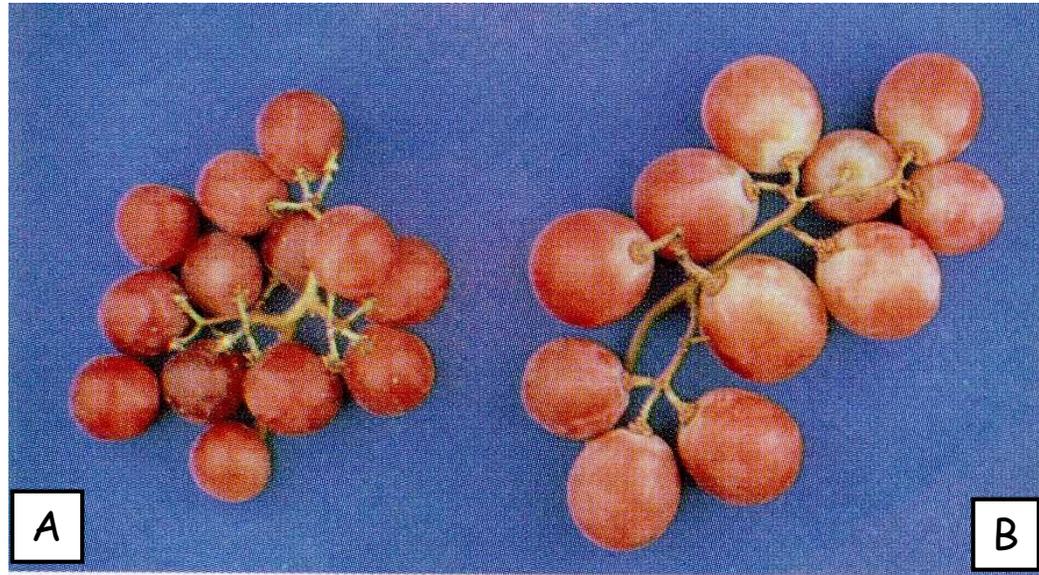


Triplóide: sem sementes



Autotetraplóide artificial

Uva sem sementes



A: diplóide

B: tetraplóide

Autooctaploide

Café



Coffea arabica = *C. canephora* x *C. eugenioides*

Tabaco



Nicotiana tabacum $2n = 48$ (SSTT)

Possíveis Ancestrais



N. sylvestris $2n = 24$ (SS)



N. tomentosa, N. tomentosiformes $2n = 24$ (TT)

Algodão – Tetraplóide

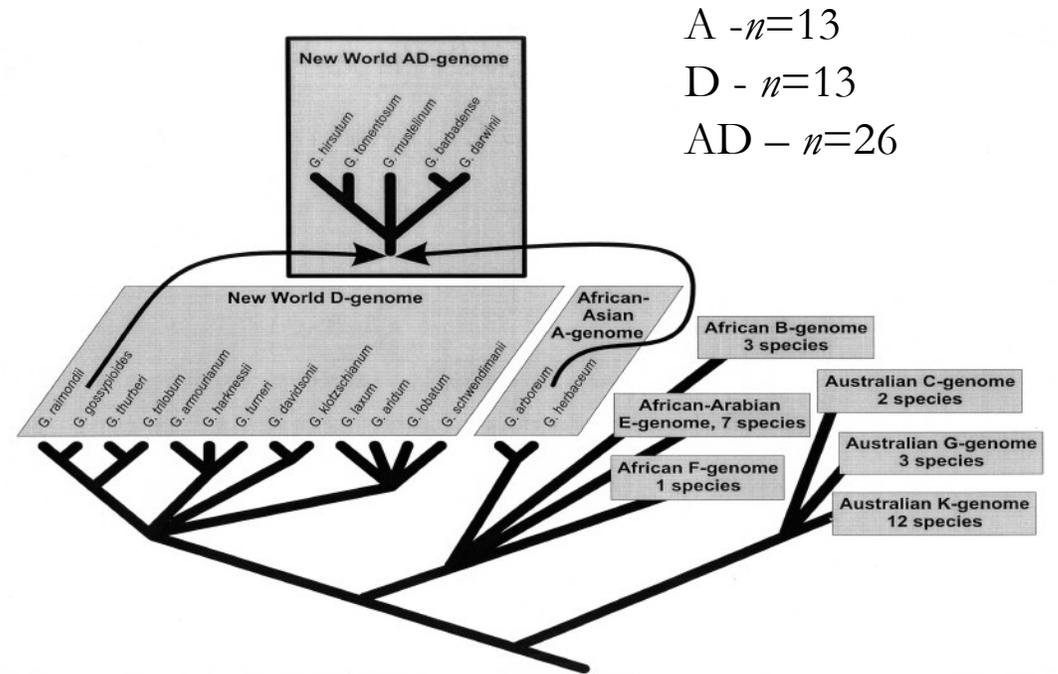
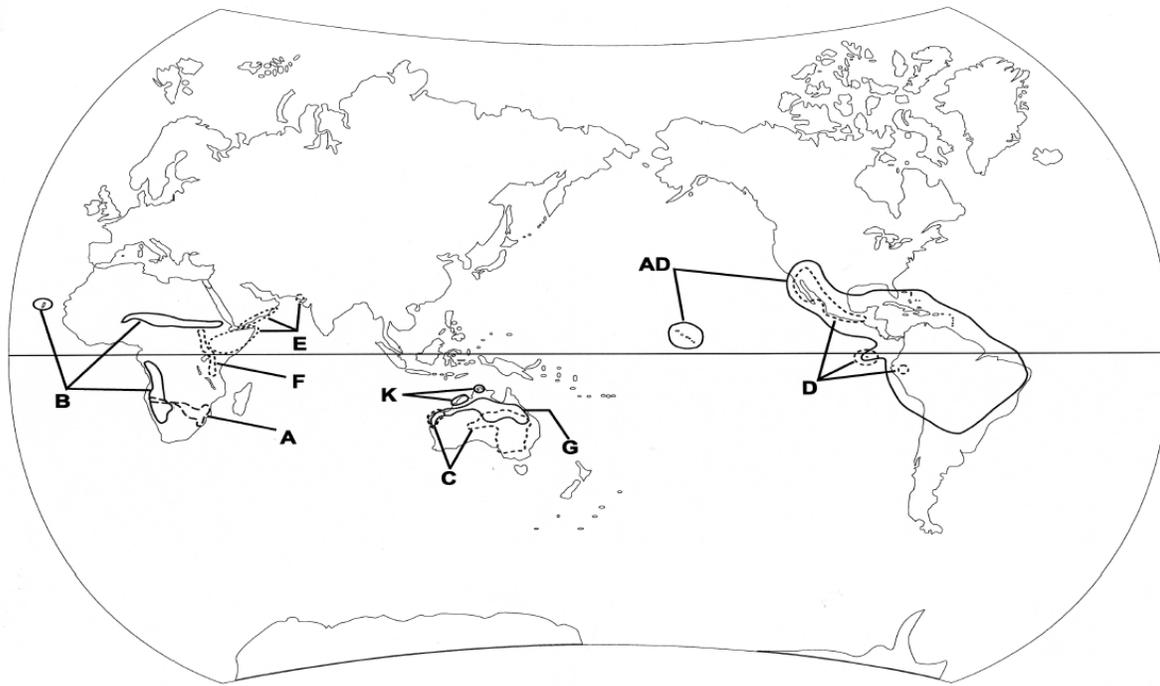
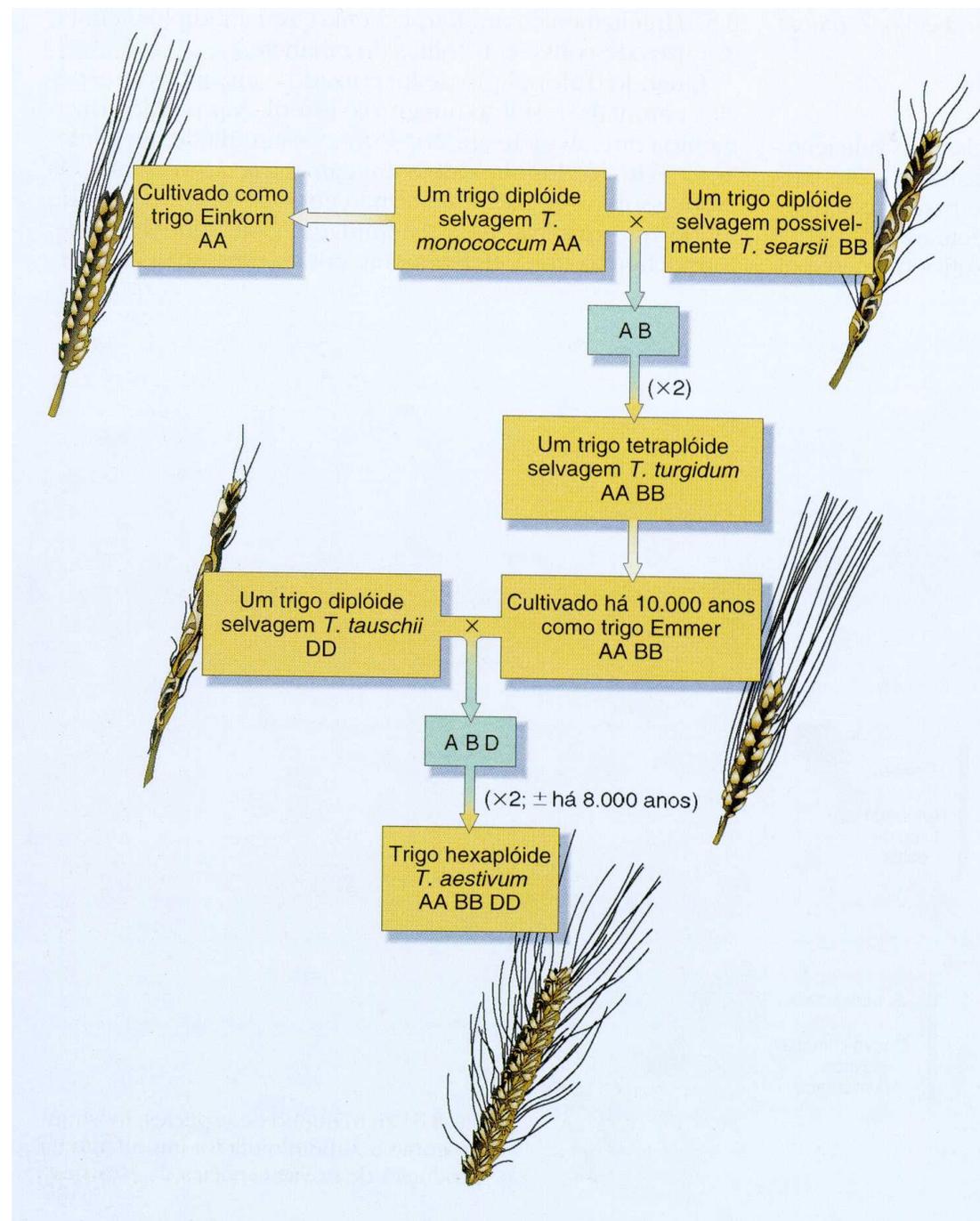


Figure 1-2. Genome biogeography of *Gossypium*. Genome designations and geographic distributions are shown. See text for additional detail.

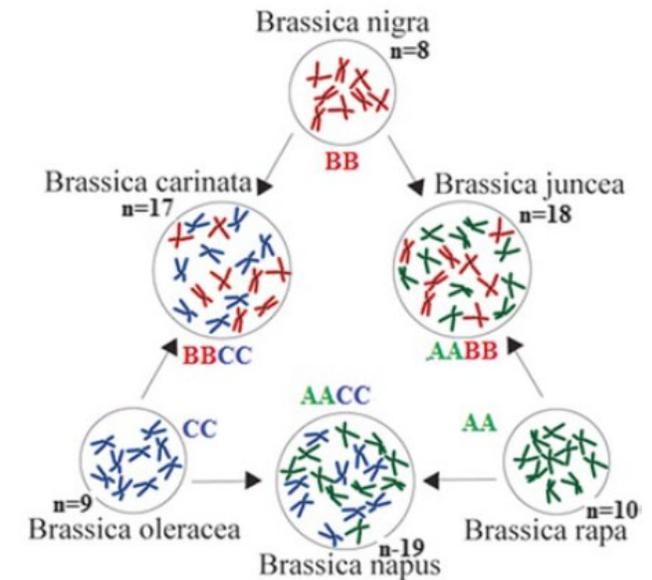
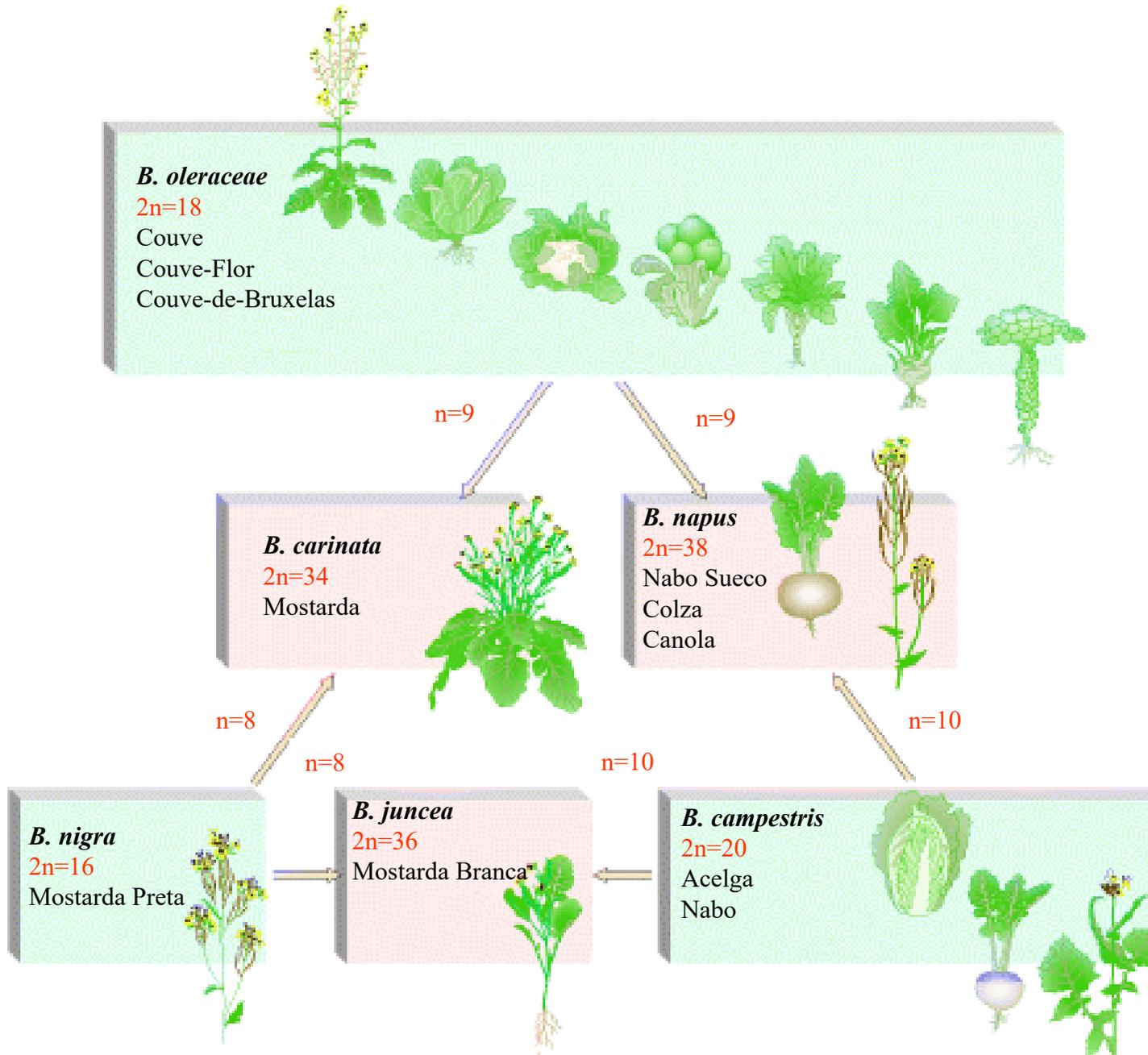
Origem do trigo cultivado



Griffiths *et al.* (2002)

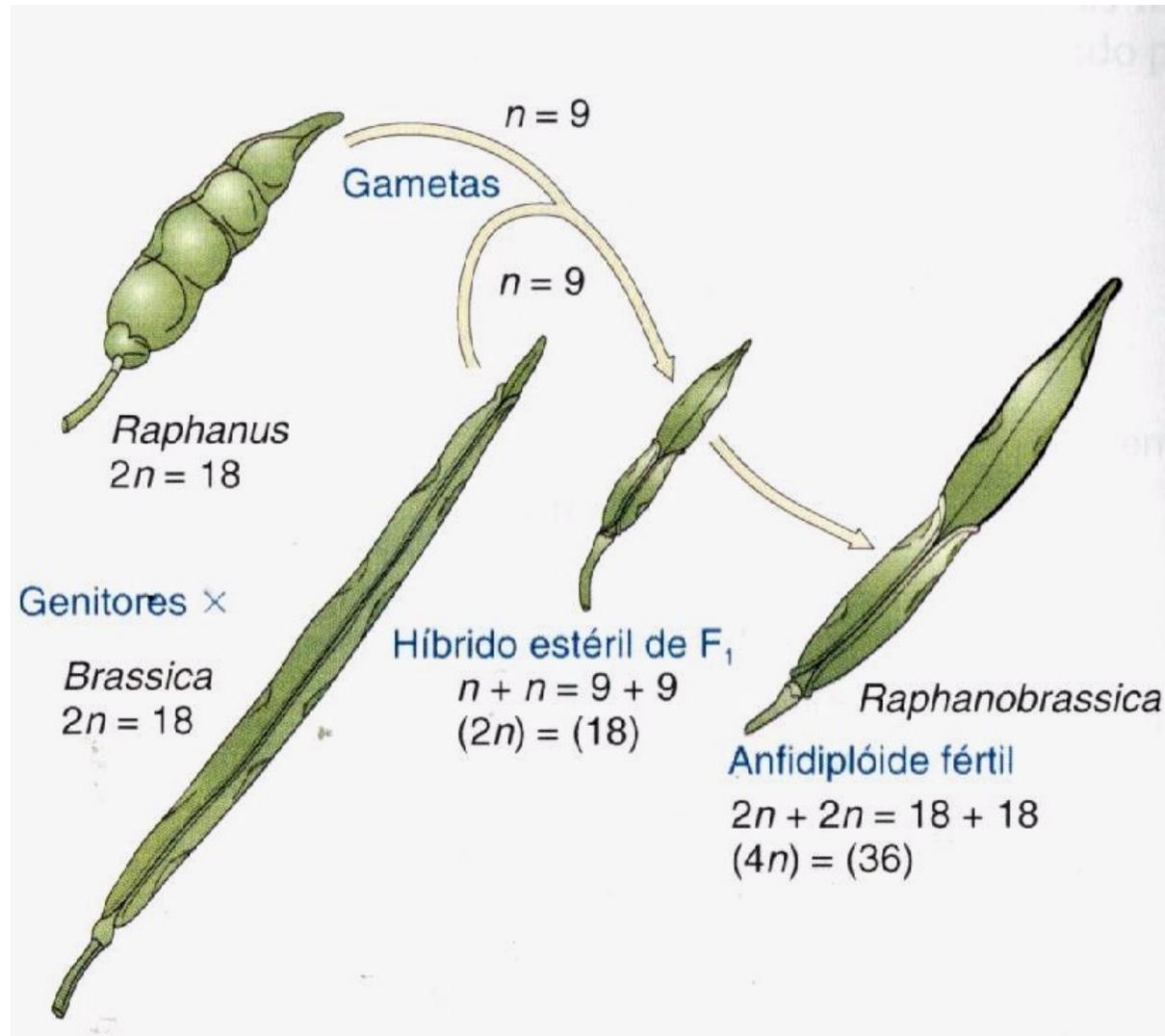
Anfidiplóides Brassicas

Anfidiplóides - poliplóides derivados após hibridação entre duas ou mais espécies distintas e separadas por barreiras cromossômicas de esterilidade.



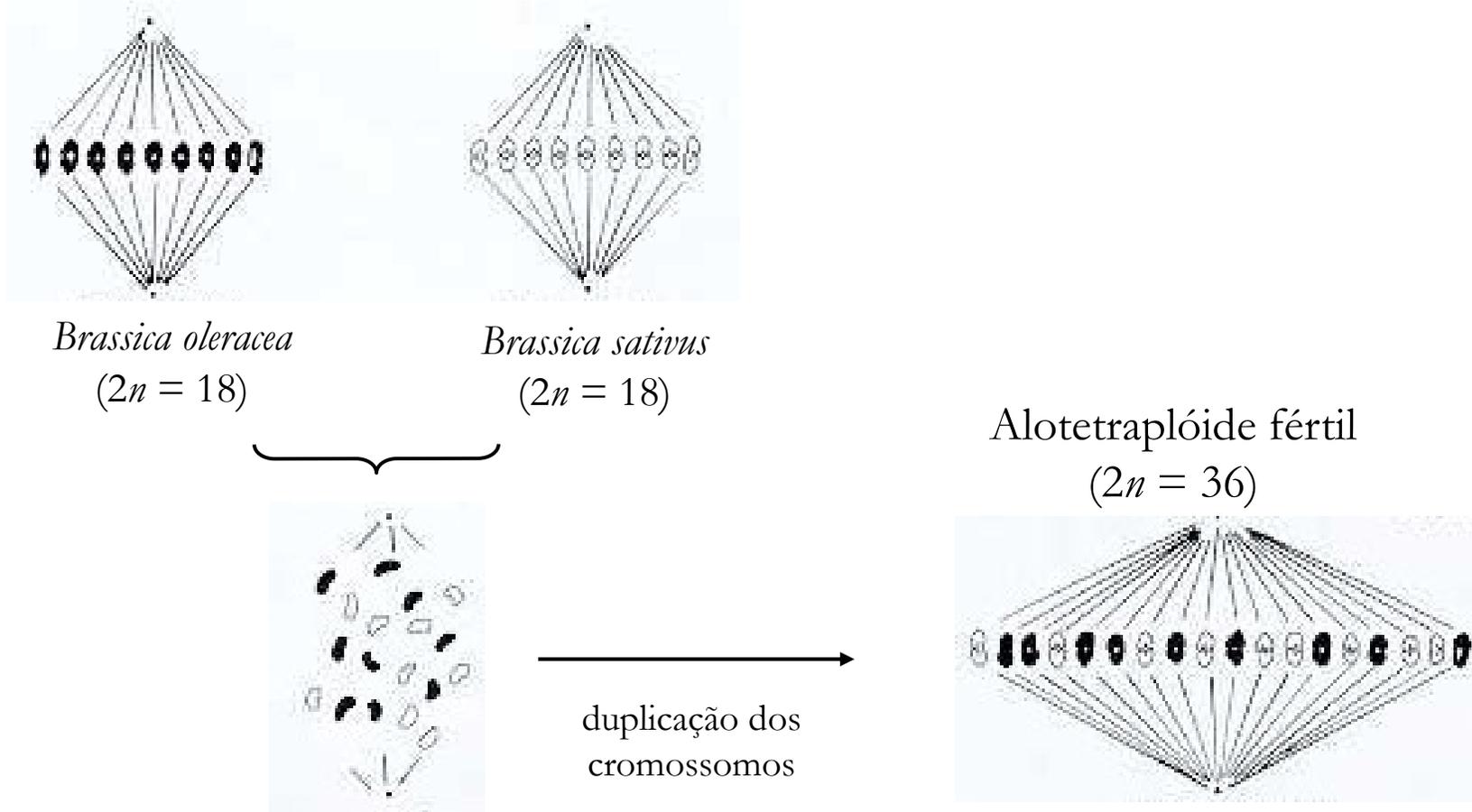
Griffiths *et al.* (2002)

Origem dos anfidiplóides



Anfidiplóides - poliplóides derivados após hibridação entre duas ou mais espécies distintas e separadas por barreiras cromossômicas de esterilidade.

Alotetraplóides férteis



Brassica oleracea
($2n = 18$)

Brassica sativus
($2n = 18$)

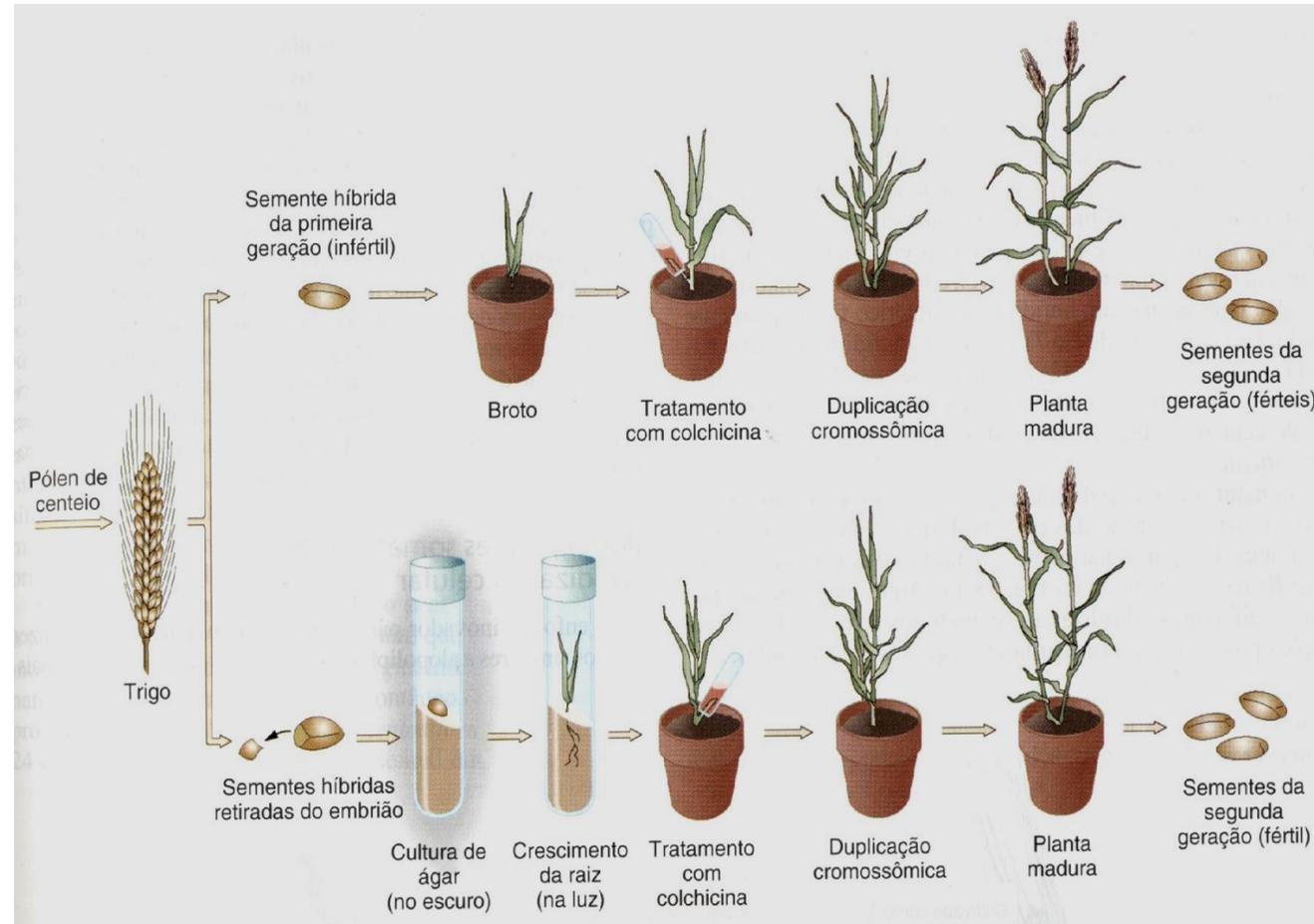
Alotetraplóide fértil
($2n = 36$)

Híbrido F_1 estéril
(univalentes na meiose)

duplicação dos
cromossomos

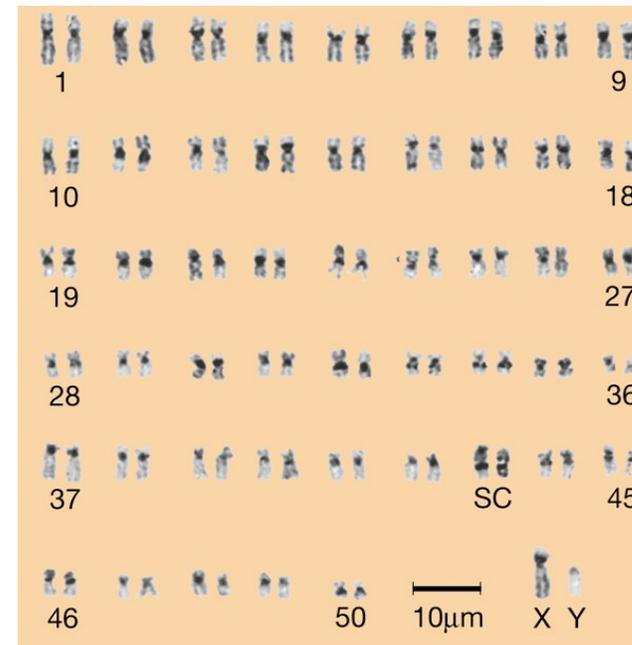
Produção de triticales por cultura de tecidos

Trigo ($2n=6x=42$) x Centeio ($2n=2x=14$)



Poliploidia em Animais

Em animais, aloploidia é raro. Aloploidia foi encontrada em insetos, peixes, répteis e anfíbios. Por exemplo, *Xenopus laevis*, modelo biológico de estudo é alotetraplóide. Não há casos relatados de poliploidia em aves. Duas espécies de mamíferos (ratos vizcacha da Argentina) são suspeitas de ser tetraplóides, *Tympanoctomys barrerae* e *Pipanacoctomys aureus*, mas há divergência na literatura.



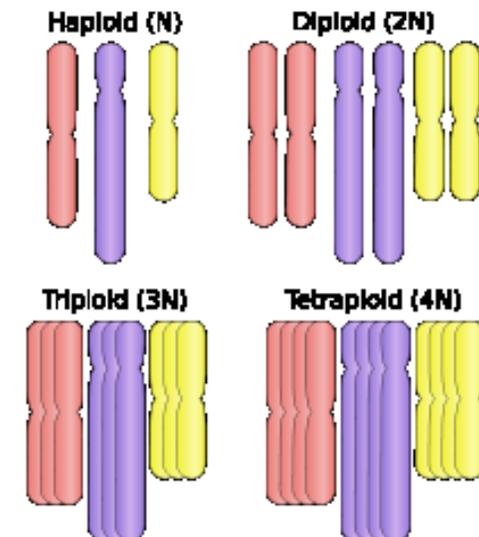
$$4N = 100 + XY$$

ESTUDO DIRIGIDO

1. Definição e nomenclatura de poliploides
2. Surgimento, tipos e exemplos de poliploide
3. Efeitos da poliploidia na arquitetura celular
4. Importância dos poliploides na agricultura

Leitura

SCHIFINO-WITTMANN, M.T, (2004) **Poliploidia e seu impacto na origem e evolução das plantas silvestres e cultivadas.** R. Bras. Agrociência, v.10, n. 2, p. 151-157



Apomixia

- **Modo de reprodução assexual por sementes**
- Ocorre em mais de 300 espécies de 35 famílias
- Ocorre no óvulo - associado a reprodução sexual
- Ausência de meiose = oosfera com mesmo número de cromossomos maternos
- Importância na reprodução de gramíneas

