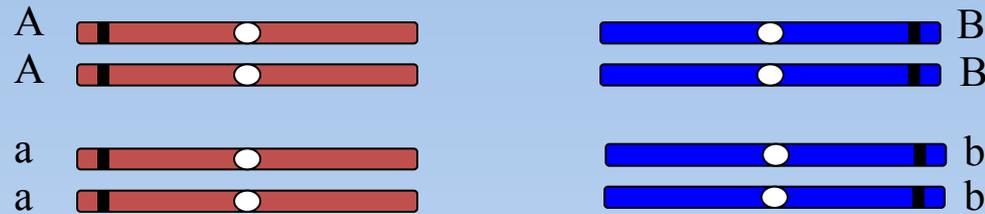


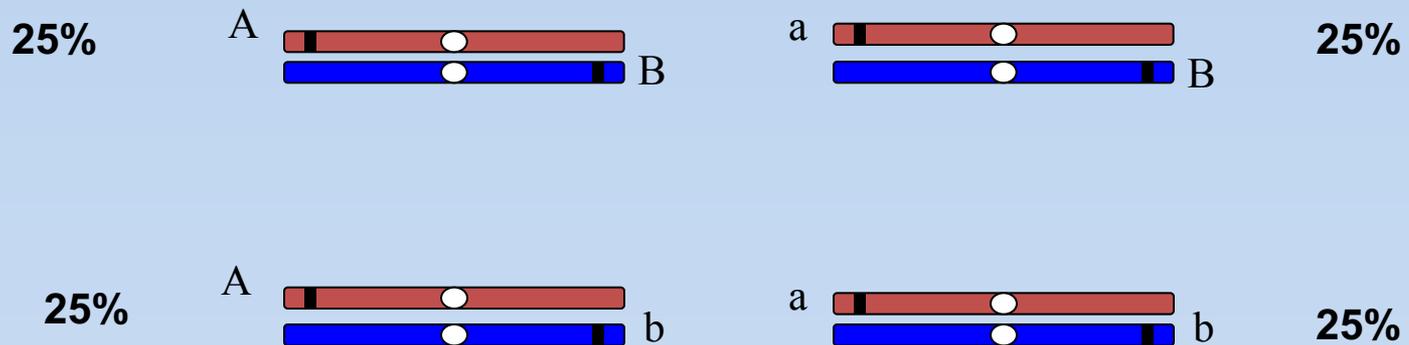
**MAPEAMENTO**

# Segregação independente: 2a Lei de Mendel

## Genes em diferentes cromossomos

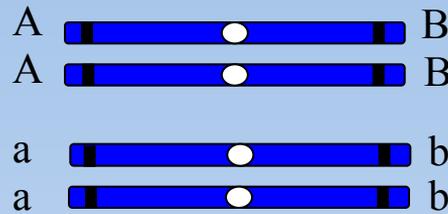


Gametas



# Ligação

Dois genes no mesmo cromossomo segregam juntos



**Gametas**



**50%**



**50%**

# LIGAÇÃO

## GENES LIGADOS

Dois genes autossômicos:

GENE 1 -> cor do olho  
**pr** roxo; **pr<sup>+</sup>** vermelho

GENE 2 -> comprimento da asa  
**vg** vestigial; **vg<sup>+</sup>** normal

**TIPO SELVAGEM DOMINANTE**

# LIGAÇÃO

## GENES LIGADOS

P  $pr/pr \cdot vg/vg \times pr^+/pr^+ \cdot vg^+/vg^+$

Gametas  $pr \cdot vg$   $pr^+ \cdot vg^+$

F1 dihíbridos  $pr^+/pr \cdot vg^+/vg$

# LIGAÇÃO

## GENES LIGADOS

Cruzamento  
teste

$pr^+/pr \cdot vg^+/vg$  x  $pr/pr \cdot vg/vg$

# LIGAÇÃO

## GENES LIGADOS

Cruzamento  
teste

$pr^+/pr \cdot vg^+/vg$  x  $pr/pr \cdot vg/vg$

Classes de  
gametas

$pr^+ \cdot vg^+$

$pr \cdot vg$

$pr^+ \cdot vg$

$pr \cdot vg^+$

# LIGAÇÃO

## GENES LIGADOS

Cruzamento  
teste

$pr^+/pr \cdot vg^+/vg$  x  $pr/pr \cdot vg/vg$

Classes de  
gametas

$pr^+ \cdot vg^+$	1339
$pr \cdot vg$	1195
$pr^+ \cdot vg$	151
$pr \cdot vg^+$	154

# LIGAÇÃO

## GENES LIGADOS

Cruzamento  
teste

$pr^+/pr \cdot vg^+/vg$  x  $pr/pr \cdot vg/vg$

Classes de  
gametas

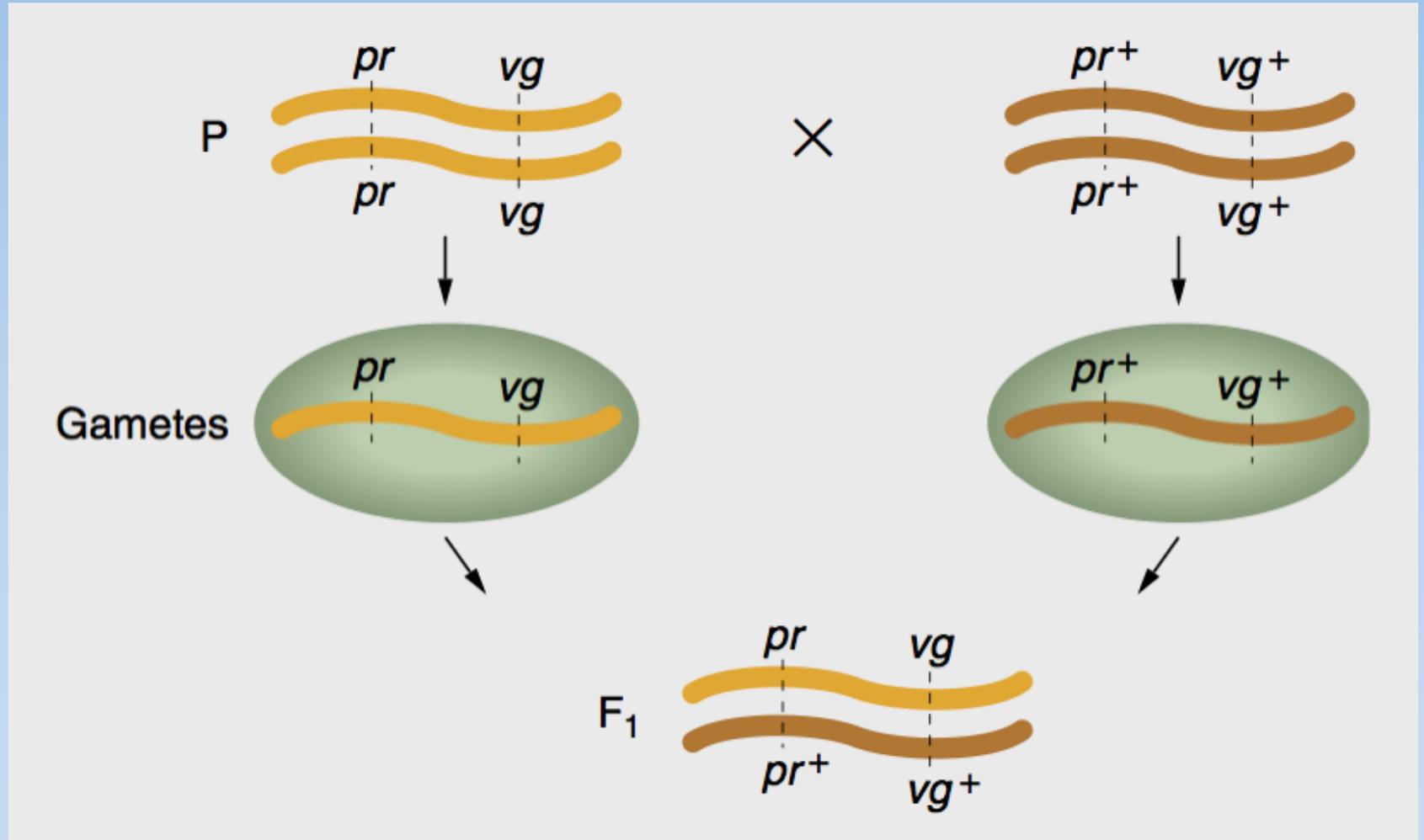
$pr^+ \cdot vg^+$	1339
$pr \cdot vg$	1195
$pr^+ \cdot vg$	151
$pr \cdot vg^+$	154

Desvio drástico da razão 1:1:1:1

Seria possível explicar esse  
resultado?

# LIGAÇÃO

## GENES LIGADOS



# LIGAÇÃO

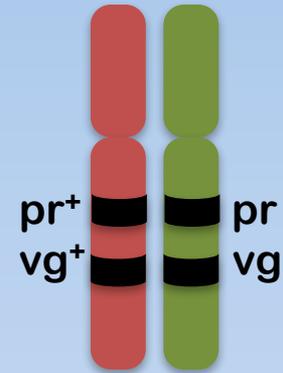
## GENES LIGADOS

Cruzamento teste

$pr^+/pr \cdot vg^+/vg$  x  $pr/pr \cdot vg/vg$

Classes de gametas

$pr^+ \cdot vg^+$	1339
$pr \cdot vg$	1195
$pr^+ \cdot vg$	151
$pr \cdot vg^+$	154



# LIGAÇÃO

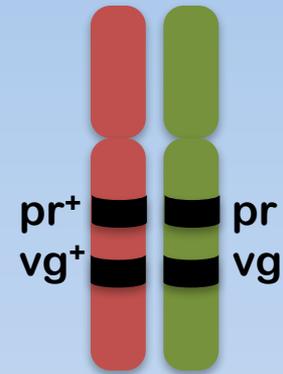
## GENES LIGADOS

Cruzamento teste

$pr^+/pr \cdot vg^+/vg$  x  $pr/pr \cdot vg/vg$

Classes de gametas

$pr^+ \cdot vg^+$	1339
$pr \cdot vg$	1195
$pr^+ \cdot vg$	151
$pr \cdot vg^+$	154



# LIGAÇÃO

## GENES LIGADOS

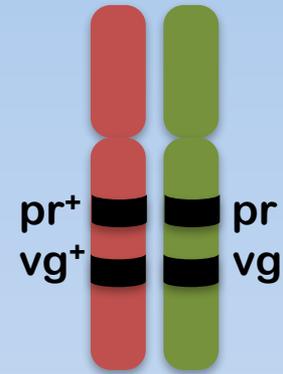
Cruzamento teste

$pr^+/pr \cdot vg^+/vg$  x  $pr/pr \cdot vg/vg$

Classes de gametas

$pr^+ \cdot vg^+$	1339
$pr \cdot vg$	1195
$pr^+ \cdot vg$	151
$pr \cdot vg^+$	154

Recombinantes



# DESEQUILÍBRIO DE LIGAÇÃO

## GENES LIGADOS

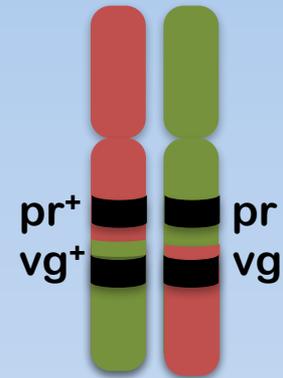
Cruzamento teste

$pr^+/pr \cdot vg^+/vg \times pr/pr \cdot vg/vg$

Classes de gametas

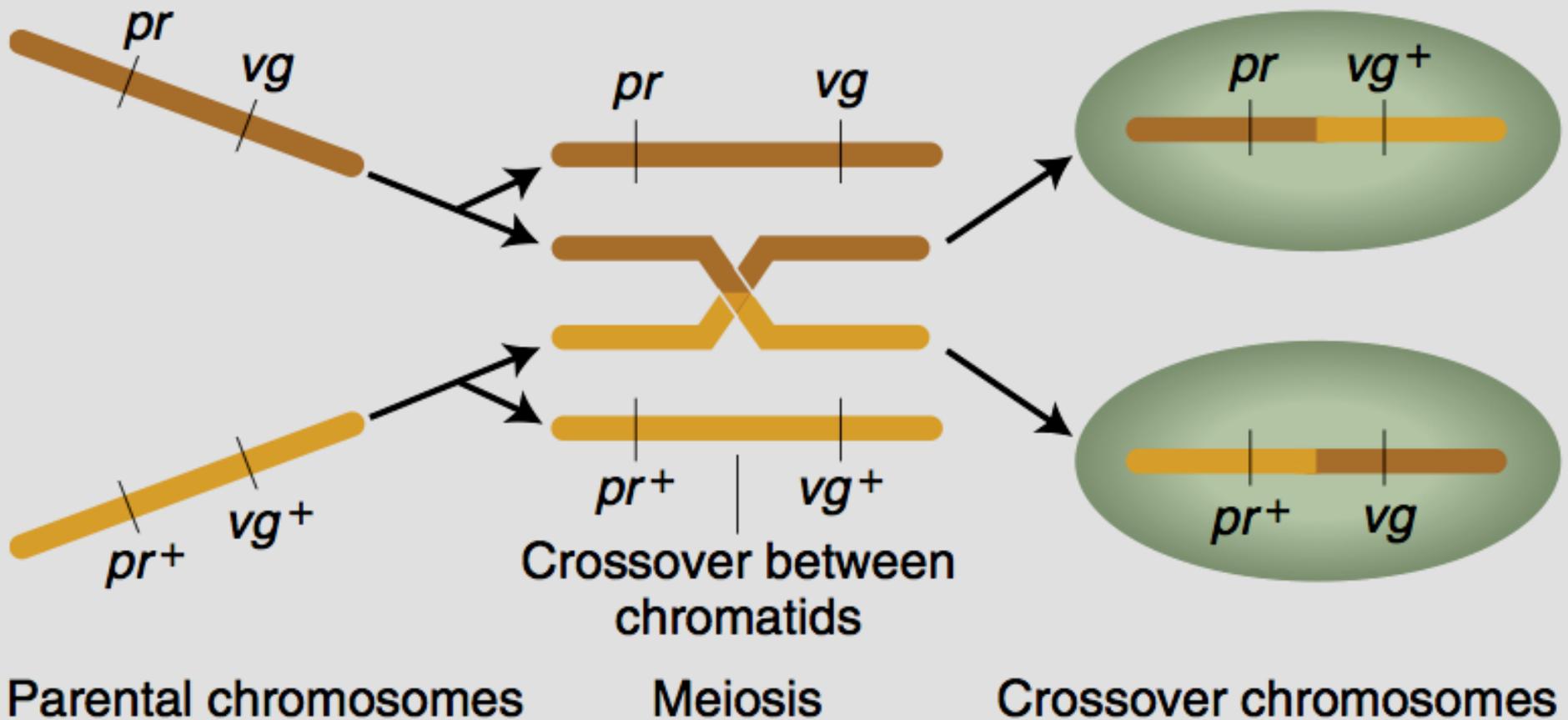
$pr^+ \cdot vg^+$	1339
$pr \cdot vg$	1195
$pr^+ \cdot vg$	151
$pr \cdot vg^+$	154

Recombinantes



# RECOMBINAÇÃO

## GENES LIGADOS



# DESEQUILÍBRIO DE LIGAÇÃO

## GENES LIGADOS

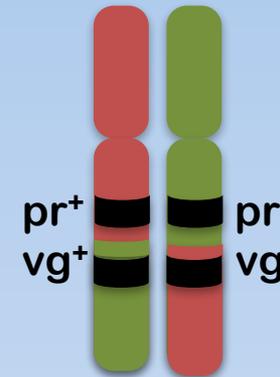
Cruzamento teste

$pr^+/pr \cdot vg^+/vg \times pr/pr \cdot vg/vg$

Classes de gametas

$pr^+ \cdot vg^+$	1339
$pr \cdot vg$	1195
$pr^+ \cdot vg$	151
$pr \cdot vg^+$	154

Recombinantes



Qual é a frequência de recombinação neste cruzamento?

# DESEQUILÍBRIO DE LIGAÇÃO

## GENES LIGADOS

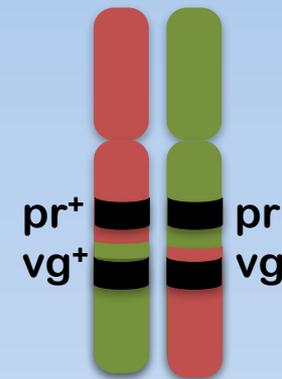
Cruzamento teste

$pr^+/pr \cdot vg^+/vg \times pr/pr \cdot vg/vg$

Classes de gametas

$pr^+ \cdot vg^+$	1339
$pr \cdot vg$	1195
$pr^+ \cdot vg$	151
$pr \cdot vg^+$	154
	<hr/>
	2839

Recombinantes



# DESEQUILÍBRIO DE LIGAÇÃO

## GENES LIGADOS

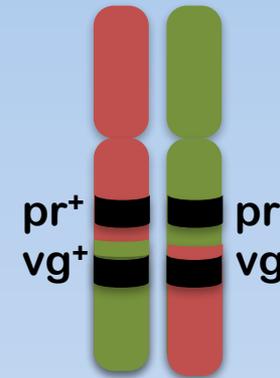
Cruzamento teste

$pr^+/pr \cdot vg^+/vg \times pr/pr \cdot vg/vg$

Classes de gametas

$pr^+ \cdot vg^+$	1339
$pr \cdot vg$	1195
$pr^+ \cdot vg$	151
$pr \cdot vg^+$	154
	<hr/>
	2839

Recombinantes



$$F_R = 151 + 154 / 2839 * 100 = 10,7 \%$$

# DESEQUILÍBRIO DE LIGAÇÃO

## GENES LIGADOS

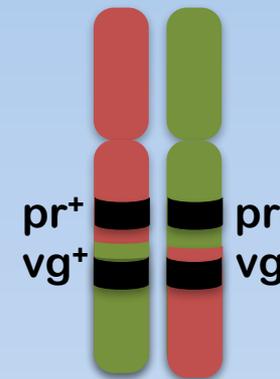
Cruzamento teste

$pr^+/pr \cdot vg^+/vg \times pr/pr \cdot vg/vg$

Classes de gametas

$pr^+ \cdot vg^+$	1339
$pr \cdot vg$	1195
$pr^+ \cdot vg$	151
$pr \cdot vg^+$	154
	<hr/>
	2839

Recombinantes

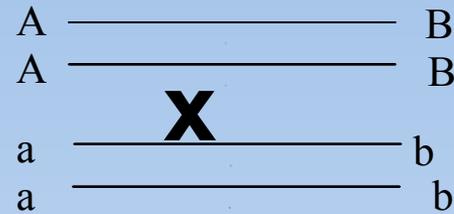


BASE DO  
MAPEAMENTO  
GENÉTICO

$$F_R = 151 + 154 / 2839 * 100 = 10,7 \%$$

# Crossing over e Ligação

Leva a separação dos genes ligados



**Gametas**

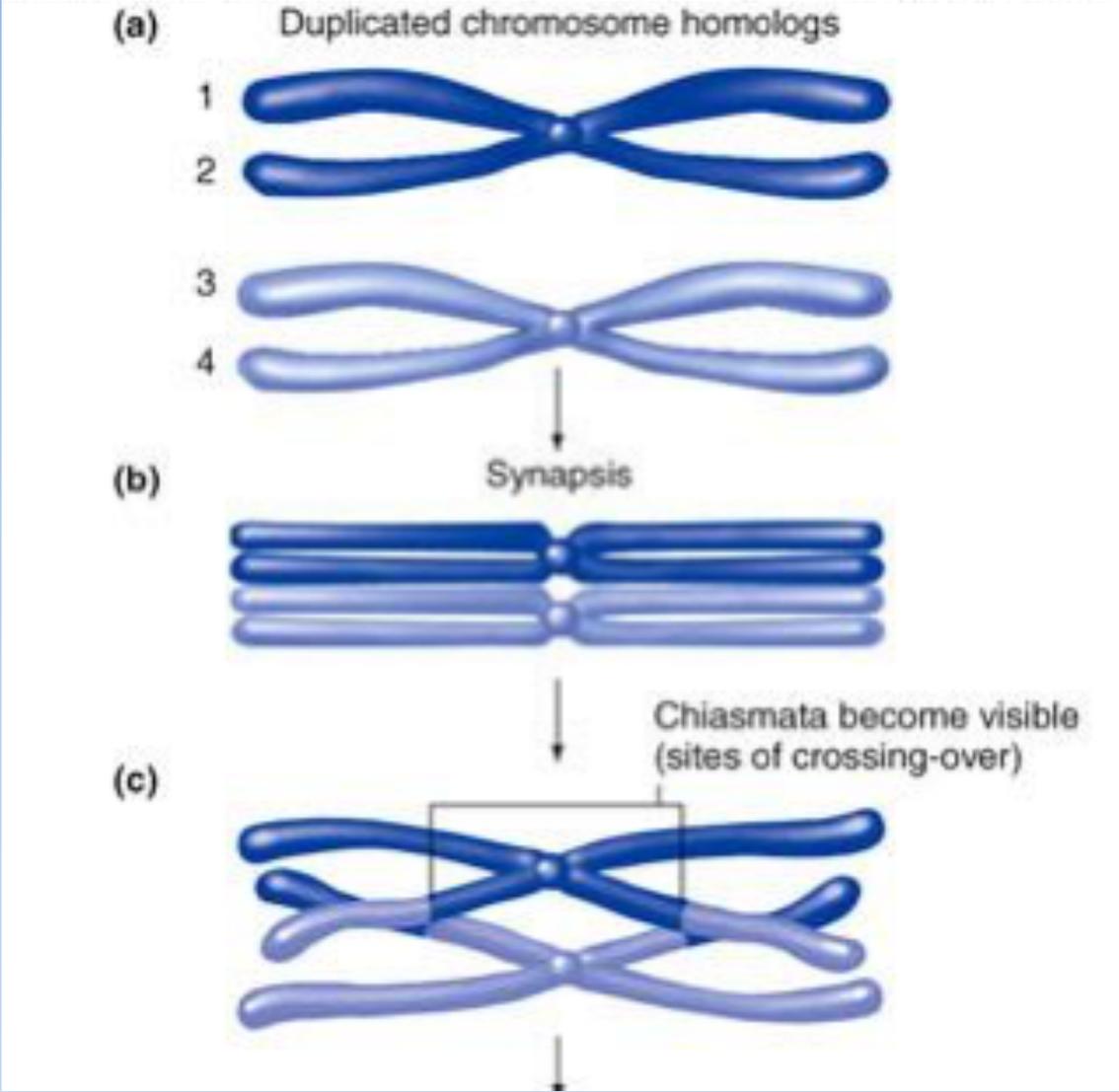
**Parental**



**Recombinante**

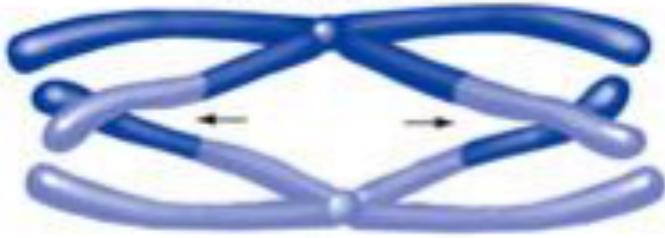


# Chiasma marca o sitio de recombinação.



(d)

Terminalization



(e)

Anaphase I

Segregation of homologous chromosomes



(f)

Meiosis II

Haploid products



**Chiasma  
marca o sitio  
de  
recombinação.**

# Teste do Chi-quadrado usado para estudar a ligação entre genes

- Transmissão dos gametas é baseado na chance dos eventos
  - Desvios das razões 1:1:1:1 podem representar a chance de evento de recombinação acontecerem
  - As razões somente nunca irão permitir que você determine se o dado observado é significativamente diferente dos dados preditos.
- O teste do Chi-quadrado mede o quanto o dado observado reflete o dado predito.
  - Leva em consideração o tamanho da amostra, ou o tamanho da população experimental.

# Aplicando o teste de Chi-quadrado

- Defina a hipótese
  - Hipótese nula – valores observados não são diferentes dos valores preditos/esperados
    - Em estudos de ligação – ausência de ligação é a hipótese nula
    - Razão de 1:1:1:1 dos gametas.

$$\chi^2 = \sum \frac{(\text{Observado} - \text{esperado})^2}{\text{esperado}}$$

Genotype	Experiment 1
A B	17
a b	14
A b	8
aB	11
Total	50

Experiment 2
34
28
16
22
100

Class	Observed/Expected
Parentals	31      25
Recombination	19      25

Observed/Expected
62      50
38      50

$$\chi^2 = 2.88$$

$$\chi^2 = 5.76$$

**TABLE 5.1** Critical Chi Square Values

Degrees of Freedom	<i>p</i> Values						
	Cannot Reject the Null Hypothesis				Null Hypothesis Rejected		
	0.99	0.90	0.50	0.10	0.05	0.01	0.001
$\chi^2$ calculations							
1	—	0.02	.45	2.71	3.84	6.64	10.83
2	0.02	0.21	1.39	4.61	5.99	9.21	13.82
3	0.11	0.58	2.37	6.25	7.81	11.35	16.27
4	0.30	1.06	3.36	7.78	9.49	13.28	18.47
5	0.55	1.61	4.35	9.24	11.07	15.09	20.52

$\chi^2$  values that lie in the yellow-shaded region of this table allow you to reject the null hypothesis with > 95% confidence, and for recombination experiments, to postulate linkage.

# P-value

In statistical hypothesis testing, the p-value is the probability of obtaining a test statistic at least as extreme as the one that was actually observed, assuming that the null hypothesis is true.[1] One often "rejects the null hypothesis" when the p-value is less than the significance level  $\alpha$  (Greek alpha), which is often 0.05 or 0.01. When the null hypothesis is rejected, the result is said to be statistically significant.

Although there is often confusion, the p-value is not the probability of the null hypothesis being true.

# Resumo de ligação e recombinação

- Genes localizados no mesmo cromossomo perto um do outro são ligados e não segregam independentemente.
- Genes ligados levam a produção de um número maior da classe parental do que o esperado em um duplo heterozigoto
- O mecanismo de recombinação é o crossing over.
- Quanto mais distantes os genes maior a chance da recombinação ocorrer
- Frequência de recombinação reflete o mapa físico da distância entre os genes
- Frequências de recombinação entre dois genes variam de 0% a 50%