



Baralho Genômico: desembaralhando os conceitos de Genética

Marcella Motta da Costa¹, Mariana Marzullo Pedreira¹, Raphael Severino Bonadio², Vitor Rios Valdez³,
Jorge Lobo⁴, Maria de Nazaré Klautau-Guimarães²

¹ Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal, Instituto de Ciências Biológicas, Campus Darcy Ribeiro, Universidade de Brasília, DF.

² Departamento de Genética e Morfologia, Instituto de Ciências Biológicas, Campus Darcy Ribeiro, Universidade de Brasília, DF.

³ Programa de Pós-Graduação de Ensino de Ciência, Instituto de Ciências Biológicas, Campus Darcy Ribeiro, Universidade de Brasília, DF.

⁴ Escuela de Biología de la Universidad de Costa Rica (UCR), San José, Costa Rica.

Autor para correspondência: costa.motta@gmail.com



O Baralho Genômico é um conjunto de cartas com representações das estruturas do material genético, que vão desde um nucleotídeo até um par de cromossomos homólogos. Este material didático permite trabalhar a organização de diferentes genes ao longo do cromossomo, bem como visualizar a natureza das variações alélicas. As atividades sugeridas priorizam a construção da relação entre as estruturas micro e macro do material genético de maneira interativa, buscando estimular a autonomia de estudo dos estudantes de Ensino Superior.

O Baralho Genômico é um conjunto de cartas que possibilita a visualização das estruturas macro (cromossomo) e micro (sequências de nucleotídeos) do material genético de uma forma integrada. É de fácil reprodutibilidade e tem como objetivo principal promover a correlação entre os conceitos fundamentais de Genética por meio da manipulação das cartas. Para tanto, sugerem-se atividades para abordar os temas a seguir:

1. Estrutura do gene, combinação dos alelos em genótipos homocigotos e heterocigotos, identificação dos diferentes tipos de mutação e a relação com os seus produtos, incluindo proteínas ou RNAs não codificantes, (como o gene XIST).
2. Estrutura do cromossomo, posicionamento do centrômero, organização dos genes e posicionamento dos loci e/ou alelos nos cromossomos homólogos e nas cromátides irmãs;
3. Comportamento do material genético ao longo do processo da meiose, representa-

do na forma de um par de cromossomos homólogos;

4. Processos envolvidos na variabilidade genética, como a recombinação e formação de gametas variáveis.

APRESENTANDO O BARALHO GENÔMICO

O baralho consiste de:

- ♦ **6 cartas estruturais**, que representam os quatro telômeros e os dois centrômeros de um par de cromossomos homólogos (Figura 1). Os telômeros representados possuem um arranjo com proteínas associadas, representadas em amarelo e verde, indicando a extremidade do cromossomo. A representação do centrômero possui proteínas e fibras do fuso mitótico associados. Essas estruturas estão representadas nas cores vermelha e azul para identificar a origem parental do cromossomo, materno e paterno, respectivamente.

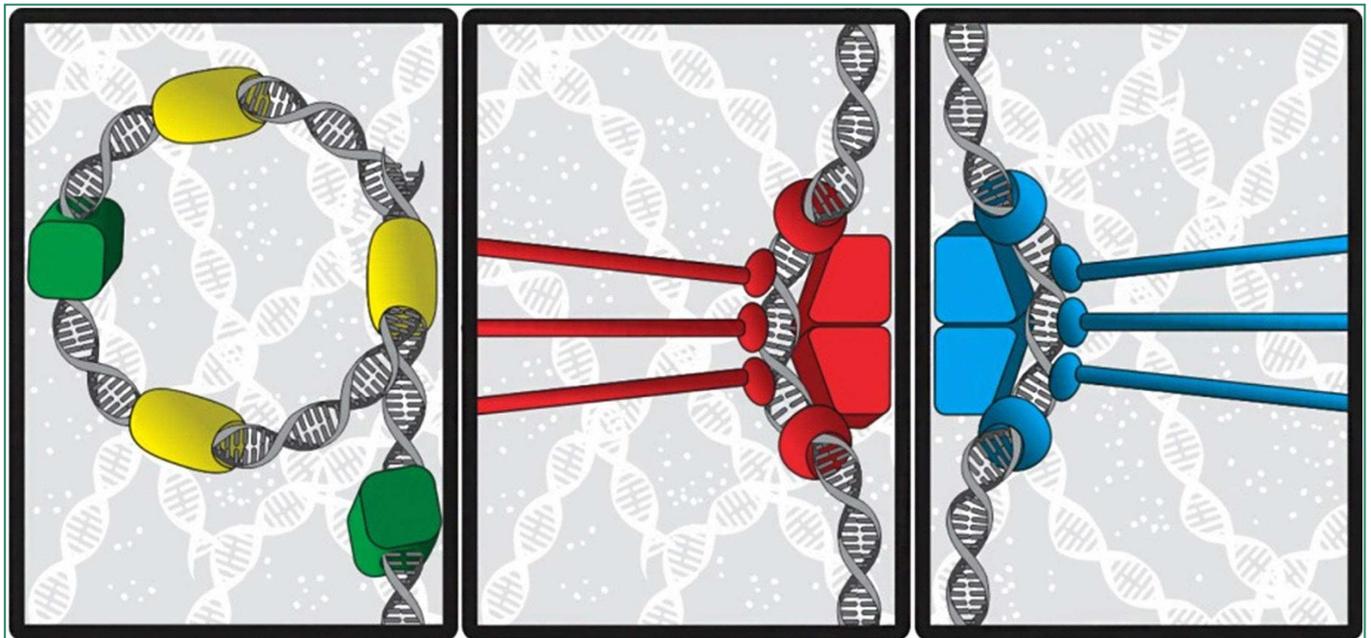


Figura 1. Cartas estruturais representativas do telômero, centrômero materno (vermelho) e centrômero paterno (azul).

- ♦ **48 cartas gênicas**, que representam seis genes hipotéticos. A carta modelo (Figura 2) identifica as estruturas utilizadas no material. A letra (A) refere-se à molécula de DNA. A letra (B) indica a estrutura de um gene, incluindo a região de início da transcrição em laranja (E), os éxons, em amarelo (C), os íntrons, em cinza (D) e, a região terminadora, em laranja (F). Na letra (G) está representado o produto hipotético do gene, que pode ser proteína ou ncRNA. Os diferentes genes estão representados pelas cores de seus produtos (Tabela 1): azul, laranja, branca, preta, verde e cinza (ncRNA). Em cada gene são apresentadas quatro variações alélicas, representadas em um éxon, que tem a estrutura ampliada para apresentar a sequência de nove nucleotídeos. Por questões didáticas e de organização do layout da carta, as variações alélicas encontram-se no mesmo éxon. Na tabela 1, estão apresentadas, de forma compara-

tiva, as sequências dos éxons, as variações alélicas e as formas dos produtos gênicos. No conjunto de variações alélicas estão representadas inserções, substituições e deleções. A representação da deleção na sequência do éxon é visualizada pela estrutura da base nitrogenada em cinza claro, como indicado pela seta laranja na carta modelo (Figura 2). Notar que o gene branco possui uma variação alélica que não codifica o produto final, sendo esta ausência representada por uma estrutura pontilhada. Em **anexo**, seguem as Figuras 3 a 6b, que apresentam todas as cartas necessárias para a impressão e o recorte de um jogo completo do Baralho Genômico. Neste anexo, as Figuras 4a, 5a e 6a apresentam os quatro alelos de cada gene, enquanto que, as Figuras 4b, 5b e 6b apresentam os mesmos alelos em versão espelhada, que serão utilizadas quando for necessário representar a duplicação dos cromossomos.

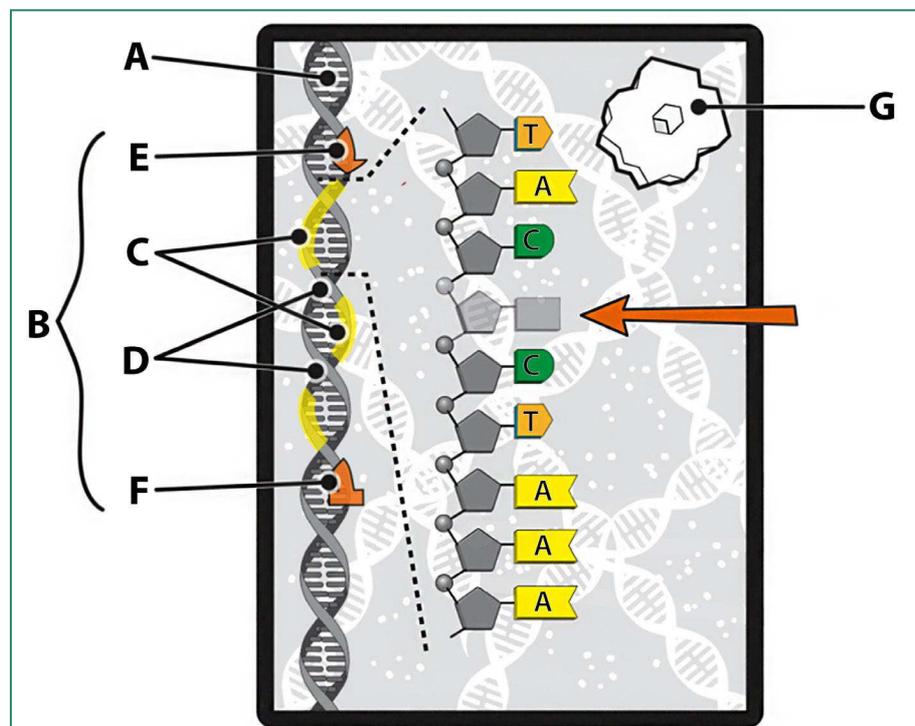


Figura 2.

Carta modelo das cartas gênicas, onde são identificados a molécula de DNA (A), estrutura de um gene (B), os éxons (C), os íntrons (D), a região de início da transcrição (E), a região terminadora (F), o produto do gene (G). A grande seta indica a deleção de um nucleotídeo.

Tabela 1.
Informações sobre as variações alélicas dos seis genes apresentados nas cartas gênicas.

GENE 1					GENE 2								
		V1	V2	V3	V4			NC1	NC2	NC3	NC4		
		TAC GAA CCA	TAC GGA CCA	TAC GAA CCT	TAC G_A CCA			TAC ATA CCA	TAC ATT ACC A	TAC CAT ACC A	TAC ACA CCA		
V 1		TAC GAA CCA	*****	SUBSTITUIÇÃO G/A	SUBSTITUIÇÃO A/T	DELEÇÃO (A)	NC 1		TAC ATA CCA	*****	INSERÇÃO (T)	INSERÇÃO (C)	SUBSTITUIÇÃO T/C
V 2		TAC GAA CCA	SUBSTITUIÇÃO G/A	*****	SUBSTITUIÇÃO G/A + A/T	DELEÇÃO (G)	NC 2		TAC ATT ACC A	DELEÇÃO (T)	*****	SUBSTITUIÇÃO AT/CA	SUBSTITUIÇÃO TT/CA
V 3		TAC GAA CCT	SUBSTITUIÇÃO T/A	SUBSTITUIÇÃO A/G + T/A	*****	DELEÇÃO (A) + SUBSTITUIÇÃO T/A	NC 3		TAC CAT ACC A	DELEÇÃO (C)	SUBSTITUIÇÃO CA/AT	*****	DELEÇÃO (A) + INSERÇÃO
V 4		TAC G_A CCA	INSERÇÃO (A)	INSERÇÃO (G)	INSERÇÃO (A) + SUBSTITUIÇÃO A/T	*****	NC 4		TAC ACA CCA	SUBSTITUIÇÃO C/T	SUBSTITUIÇÃO CA/TT	INSERÇÃO (A) + DELEÇÃO	*****
GENE 3					GENE 4								
		B1	B2	B3	B4			L1	L2	L3	L4		
		TAC TCT AAA	TGC TCT AAA	TAC TCT AAG	TAC_CT AAA			CGC ATA GGA	CGC ATA GGC	CAC ATA GGA	CGC ATT GGA		
B 1		TAC TCT AAA	*****	SUBSTITUIÇÃO A/G	SUBSTITUIÇÃO A/G	DELEÇÃO (T)	L 1		CGC ATA GGA	*****	SUBSTITUIÇÃO A/C	SUBSTITUIÇÃO G/A	SUBSTITUIÇÃO A/T
B 2		TGC TCT AAA	SUBSTITUIÇÃO G/A	*****	SUBSTITUIÇÃO G/A + A/G	SUBSTITUIÇÃO G/A + DELEÇÃO (T)	L 2		CGC ATA GGC	SUBSTITUIÇÃO C/A	*****	SUBSTITUIÇÃO G/A + C/A	SUBSTITUIÇÃO A/T + C/A
B 3		TAC TCT AAG	SUBSTITUIÇÃO G/A	SUBSTITUIÇÃO A/G + G/A	*****	DELEÇÃO (T) + SUBSTITUIÇÃO G/A	L 3		CAC ATA GGA	SUBSTITUIÇÃO A/G	SUBSTITUIÇÃO A/G + A/C	*****	SUBSTITUIÇÃO A/G + A/T
B 4		TAC_CT AAA	INSERÇÃO (T)	SUBSTITUIÇÃO A/G + INSERÇÃO (T)	INSERÇÃO (T) + SUBSTITUIÇÃO A/G	*****	L 4		CGC ATT GGA	SUBSTITUIÇÃO T/A	SUBSTITUIÇÃO T/A + A/C	SUBSTITUIÇÃO G/A + T/A	*****
GENE 6					GENE 5								
		A1	A2	A3	A4			P1	P2	P3	P4		
		TGT GTA CTT	TGT GT_CTT	TGT TTA CTT	TAT GTA CTT			TAA AGT TCT	TCA AGT TCT	TAA ATC GTT CT	AAA AGT TCT		
A 1		TGT GTA CTT	*****	DELEÇÃO (A)	SUBSTITUIÇÃO G/T	SUBSTITUIÇÃO G/A	P 1		TAA AGT TCT	*****	SUBSTITUIÇÃO A/C	INSERÇÃO (TC)	SUBSTITUIÇÃO T/A
A 2		TGT GT_CTT	INSERÇÃO (A)	*****	SUBSTITUIÇÃO G/T + DELEÇÃO (A)	SUBSTITUIÇÃO G/A + INSERÇÃO (A)	P 2		TCA AGT TCT	SUBSTITUIÇÃO C/A	*****	SUBSTITUIÇÃO C/A + INSERÇÃO (TC)	SUBSTITUIÇÃO TC/AA
A 3		TGT TTA CTT	SUBSTITUIÇÃO T/G	SUBSTITUIÇÃO T/G + INSERÇÃO (A)	*****	SUBSTITUIÇÕES G/A + T/G	P 3		TAA ATC GTT CT	DELEÇÃO (TC)	SUBSTITUIÇÃO A/C + DELEÇÃO (TC)	*****	DELEÇÃO (T) + DELEÇÃO (T) + SUBSTITUIÇÃO G/A
A 4		TAT GTA CTT	SUBSTITUIÇÃO A/G	SUBSTITUIÇÃO A/G DELEÇÃO (A)	SUBSTITUIÇÕES A/G + G/T	*****	P 4		AAA AGT TCT	SUBSTITUIÇÃO A/T	SUBSTITUIÇÃO AA/TC	INSERÇÃO (T) + INSERÇÃO (T) + SUBSTITUIÇÃO A/G	*****

ORIENTAÇÃO PARA AS ATIVIDADES

O Baralho Genômico poderá ser utilizado de diferentes formas, conforme as expectativas e a criatividade do grupo que for aplicá-lo. Recomenda-se que as atividades com o Baralho Genômico sejam realizadas após a revisão teórica sobre as bases citológicas da herança e estrutura/funcionamento do material genético. As atividades apresentadas neste material didático são direcionadas para o Ensino Superior.

As atividades visam o trabalho em grupo e o estímulo à autonomia de estudo, com consultas a livros-texto, discussões e trocas de ideias. O docente responsável deve estabelecer a sequência didática que melhor se adapte à realidade de ensino, contudo as atividades sugeridas neste trabalho estão dispostas em duas partes (Atividade I e Atividade II), relatadas a seguir.

Orienta-se que, antes de aplicar as atividades sugeridas, o docente faça uma breve descrição do Baralho Genômico orientando os estudantes a conhecer e a se familiarizar com o material. Para tanto, o docente deve solicitar ao grupo a manipulação das cartas no sentido de: separar as cartas estruturais das cartas gênicas; separar as cartas gênicas de acordo com a cor do produto; para cada gene, observar as variações alélicas nas sequências de nucleotídeos e, por fim, observar a relação da variação alélica com o produto. Para facilitar a realização das atividades propostas, sugere-se nomear e identificar as cartas alélicas, seguindo o padrão da Tabela 1: a primeira letra da cor do gene e numerais em sequência (1, 2, 3 e 4).

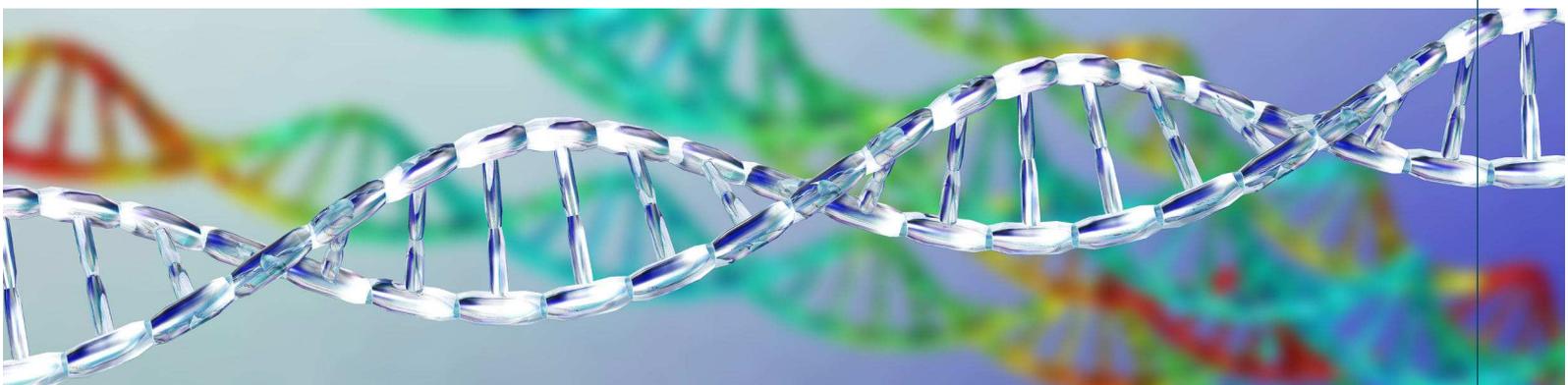
A **Folha de atividades I** apresenta uma sequência de três exercícios com o objetivo

de observar a variação gênica, identificar os diferentes tipos de mutação dentro de cada gene, relacioná-los com os respectivos produtos e organizar os conceitos trabalhados. Para esta atividade deve ser utilizado somente parte do jogo do Baralho Genômico, o que significa a impressão das cartas das Figuras 3, 4a, 5a, 6a.

Na **Folha de atividades II**, são propostas atividades em cinco exercícios que envolvem a identificação de todos os genótipos possíveis para cada gene, a organização da sequência dos genes em forma de um cromossomo, a organização do cromossomo homólogo e a replicação deste par de cromossomos homólogos. É importante observar o posicionamento correto das cartas, ou seja, das sequências dos alelos de cada gene nos cromossomos homólogos e nas cromátides irmãs. Sugere-se que nos exercícios 2A, 2B, 3A e 3B seja estimulado o registro por meio de fotos dos cromossomos montados, com auxílio dos aparelhos celulares dos estudantes. O referido material será importante na observação e discussão das atividades pelo grupo de estudantes.

A simulação da replicação do cromossomo deve ser feita com o uso das cartas gênicas nas versões espelhadas (um jogo completo). Como se pretende trabalhar com o par de cromossomos homólogos, será necessária a impressão de dois jogos completos do Baralho Genômico, ou seja, a impressão de duas cópias das Figuras 3 a 6b.

Os gabaritos dos exercícios das Folhas de atividade I e II seguem em anexo. Nas questões subjetivas, que dependem das conclusões dos grupos, sugere-se que o docente responsável oriente e direcione uma discussão final, após a realização das atividades.



FOLHA DE ATIVIDADES I

Exercício 1

Separar as cartas dos alelos de cada gene e completar as tabelas abaixo, com a sequência de nucleotídeos de cada alelo. Iniciar com a

organização e nomeação de cada um dos alelos dos diferentes genes. Dentro do conjunto de alelos, realizar uma comparação observando se há variações e **destacar** a posição onde ocorreu a mutação. Completar a tabela comparando o alelo 1, em relação aos demais, conforme o exemplo para o gene verde.

GENE VERDE				
Alelo	V1	V2	V3	V4
DNA	TAC	TAC	TAC	TAC
	GAA	<u>CGA</u>	GAA	G_A
	CCA	CCA	<u>CCT</u>	CCA

Alelo				
DNA				

Alelo				
DNA				

Alelo				
DNA				

Alelo				
DNA				

Alelo				
DNA				

Exercício 2

Escolher um gene diferente do exemplo e simular a transcrição e a tradução desse gene. Conforme o exercício 1, observar as cartas de cada alelo e preencher a tabela abaixo seguindo as instruções abaixo:

A. No campo do DNA, identificar e preencher a sequência de nucleotídeos do éxon de cada alelo;

B. No campo RNA, anotar a transcrição da sequência de nucleotídeos do éxon de cada alelo;

C. No campo PTN, anotar a tradução da sequência do RNA produzido por cada alelo;

D. No campo tipo de mutação: identificar o tipo de mutação e **destacar** a posição onde a mutação ocorreu em cada alelo, sempre comparando em relação ao alelo 1.

GENE VERDE				
Alelo	V1	V2	V3	V4
DNA	TAC	TAC	TAC	TAC
	GAA	<u>CGA</u>	GAA	G_A
	CCA	CCA	<u>CCT</u>	CCA
RNA	AUG	AUG	AUG	AUG
	CUU	<u>CCU</u>	CUU	CUG
	GGU	GGU	<u>GGA</u>	GU?
Ptn	MET	MET	MET	MET
	LEU	PRO	LEU	LEU
	GLI	GLI	GLI	VAL
Tipo de mutação	∅	Substituição A/G	Substituição T/A	Deleção (A)

Alelo				
DNA				
RNA				
Ptn				
Tipo de mutação	∅			

Exercício 3

Escolher 5 conceitos da tabela abaixo e elaborar um texto apresentando a relação entre eles.

GENE	ÉXON	PRODUTO GÊNICO	DNA
ALELO	NUCLEOTÍDEO	RNA	PROMOTOR
ÍNTRON	MUTAÇÃO	FENÓTIPO	CÓDON

Exercício 2

Organizar a estrutura de um par de cromossomos homólogos hipotéticos, utilizando as cartas estruturais e gênicas. Esse par de cromossomos deve ser composto por uma sequência linear dos 6 genes, na fase G1 do ciclo celular. Os genótipos que representarão cada gene podem ser escolhidos na tabela construída no exercício 1. Fazer uma foto.

- A.** Qual é a classificação do tipo do cromossomo, em relação a posição do centrômero? Qual a origem parental de cada alelo? Descrever a sequência alélica (nome dos alelos de cada gene) dos cromossomos. O centrômero deverá ser indicado com o símbolo #.
- B.** Duplicar esse par de cromossomos homólogos. Como deve ser a sequência alélica de cada cromátide irmã, após a duplicação do material genético? Fazer uma foto.

Exercício 3

Considerar que o par de cromossomos homólogos, construído no exercício 2, entrará em meiose.

- A.** Com o movimento das cartas, simular a separação dos cromossomos homólogos e das cromátides irmãs, para a formação dos gametas. Neste item, considerar

a **não ocorrência** de recombinação por *crossing over*. Quais as sequências alélicas dos gametas formados? Preencher a tabela abaixo, nos campos específicos, com as sequências alélicas dos gametas. Analisar e classificar os gametas como parentais ou recombinantes. Fazer uma foto dos gametas gerados.

- B.** Iniciar a atividade a partir dos cromossomos replicados do final do exercício 2. Agora, considerar a ocorrência de recombinação por *crossing over*. Simular um ou mais eventos de recombinação, sempre entre as cromátides não irmãs. Em seguida, com o movimento das cartas, simular a separação dos cromossomos homólogos e das cromátides irmãs para a formação dos gametas. Quais as sequências alélicas dos gametas formados? Preencher a tabela abaixo, nos campos específicos, com as sequências alélicas dos gametas. Analisar e classificar os gametas como parentais ou recombinantes. Fazer uma foto dos genótipos dos gametas gerados.

- C.** Observar os dados coletados na tabela e as fotos. Comparar as sequências alélicas dos produtos da meiose nas duas situações: presença e ausência de recombinação por *crossing over*. Discutir os dados com o grupo e apresentar as conclusões.

Sem <i>crossing over</i>			Com <i>crossing over</i>		
Gametas formados	Sequência dos alelos	Classificação dos gametas	Gametas formados	Sequência dos alelos	Classificação dos gametas
1			1		
2			2		
3			3		
4			4		

GABARITO DA FOLHA DE ATIVIDADE I

1. Separe as cartas dos alelos de cada gene e complete as tabelas abaixo com a sequência de nucleotídeos do éxon de cada alelo. Compare os alelos observando se há mutações e destaque a posição onde ocorreu a mutação. Comece organizando e nomeando cada um dos genes e alelos (com a primeira letra do gene, um asterisco e numerais sequenciais) e sempre compare o alelo 1 em relação aos demais, conforme o exemplo do gene verde.

GENE VERDE				
Alelo	V1	V2	V3	V4
DNA	TAC	TAC	TAC	TAC
	GAA	CGA	GAA	G_A
	CCA	CCA	CCT	CCA

GENE ncRNA				
Alelo	NC1	NC2	NC3	NC4
DNA	TAC	TAC	TAC	TAC
	ATA	ATT	CAT	ACA
	CCA	ACCA	ACCA	CCA

GENE LARANJA				
Alelo	L1	L1	L1	L1
DNA	CGC	CGC	CAG	CGC
	ATA	ATA	ATA	ATT
	GGA	GGC	GGA	GGA

GENE PRETO				
Alelo	P1	P1	P1	P1
DNA	TAA	TCA	TAA	AAA
	AGT	AGT	ATC	AGT
	TCT	TCT	GTTCT	TCT

GENE BRANCO				
Alelo	B1	B1	B1	B1
DNA	TAC	TGC	TAC	TAC
	TCT	TCT	TCT	_CT
	AAA	AAA	AAG	AAA

GENE AZUL				
Alelo	A1	A1	A1	A1
DNA	TGT	TGT	TGT	TAT
	GTA	GT_	TTA	GTA
	CTT	CTT	CTT	CTT

2. Escolha um gene diferente do exemplo e simule a transcrição e a tradução desse gene. Conforme o exercício 1, observe as cartas de cada alelo e preencha a tabela abaixo seguindo as instruções abaixo:
- No campo do DNA, identifique e preencha a sequência de nucleotídeos do éxon de cada alelo;
 - No campo RNA, realize a transcrição da sequência de nucleotídeos do éxon de cada alelo;
 - No campo PTN, traduza a sequência do RNA produzido de cada alelo com a ajuda do código genético;
 - No campo tipo de mutação: identifique o tipo de mutação e destaque a posição onde a mutação ocorreu em cada alelo, sempre comparando em relação ao alelo 1.

GENE VERDE				
Alelo	V1	V2	V3	V4
DNA	TAC	TAC	TAC	TAC
	GAA	CGA	GAA	G_A
	CCA	CCA	CCT	CCA
RNA	AUG	AUG	AUG	AUG
	CUU	CCU	CUU	CUG
	GGU	GGU	GGA	GU?
Ptn	MET	MET	MET	MET
	LEU	PRO	LEU	LEU
	GLI	GLI	GLI	VAL
Tipo de mutação	∅	Substituição A/G	Substituição T/A	Deleção (A)

GENE ncRNA				
Alelo	NC1	NC2	NC3	NC4
DNA	TAC	TAC	TAC	TAC
	ATA	ATT	CAT	ACA
	CCA	ACCA	ACCA	CCA
RNA	AUG	AUG	AUG	AUG
	UAU	UAA	GUA	UGU
	GGU	UGG U	UGG U	GGU
Ptn				
Tipo de mutação	∅	Inserção (T)	Inserção (T)	Substituição T/C

GENE BRANCO				
Alelo	B1	B2	B3	B4
DNA	TAC	TGC	TAC	TAC
	TCT	TCT	TCT	_CT
	AAA	AAA	AAG	AAA
RNA	AUG	ACG	AUG	AUG
	AGA	AGA	AGA	GAU
	UUU	UUU	UUC	UU?
Ptn	MET	TER	MET	MET
	ARG	ARG	ARG	ASP
	FEN	FEN	FEN	FEN/LEU
Tipo de mutação	∅	Substituição A/G	Substituição A/G	Deleção (T)

GENE LARANJA				
Alelo	L1	L2	L3	L4
DNA	CGC	CGC	CAG	CGC
	ATA	ATA	ATA	ATT
	GGA	GGC	GGA	GGA
RNA	GCG	GCG	GUG	GCG
	UAU	UAU	UAU	UAA
	CCU	CCG	CCU	CCU
Ptn	ALA	ALA	VAL	ALA
	TIR	TIR	TIR	STOP
	PRO	PRO	PRO	
Tipo de mutação	∅	Substituição A/C	Substituição G/A	Substituição A/T

GENE PRETO				
Alelo	P1	P2	P3	P4
DNA	TAA	TCA	TAA	AAA
	AGT	AGT	ATC	AGT
	TCT	TCT	GTTCT	TCT
RNA	AUU	AGU	AUU	UUU
	UCA	UCA	UAG	UCA
	AGA	AGA	CAA GA	AGA
Ptn	ILE	SER	ILE	FEN
	SER	SER	STOP	SER
	ARG	ARG		ARG
Tipo de mutação	∅	Substituição A/C	Substituição A/C	Substituição T/A

GENE AZUL				
Alelo	A1	A2	A3	A4
DNA	TGT	TGT	TGT	TAT
	GTA	GT_	TTA	GTA
	CTT	CTT	CTT	CTT
RNA	ACA	ACA	ACA	AUA
	CAU	GAG	AAU	GAT
	GAA	AA?	GAA	CTT
Ptn	TER	TER	TER	ILE
	HIS	GLU	ASN	HIS
	GLU	ASN/LIS	GLU	GLU
Tipo de mutação	∅	Deleção (A)	Substituição G/T	Substituição G/A

GABARITO DA FOLHA DE ATIVIDADE II

1. Baseado na nomeação dos alelos da Folha de atividades 1, preencher a tabela abaixo com todos os possíveis genótipos para cada gene, identificando a origem parental de cada alelo. Após a identificação dos genes, classifique quanto à homocigose ou heterocigose.

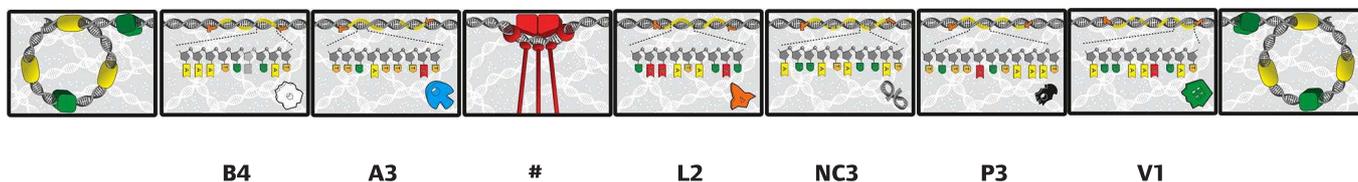
GENÓTIPOS									
A L E L O S	Verde 		Homocigose ou Heterocigose	ncRNA 		Homocigose ou Heterocigose	Branco 		Homocigose ou Heterocigose
	♀	♂		♀	♂		♀	♂	
	V1	V1	Homocigose	NC1	NC1	Homocigose	B1	B1	Homocigose
	V1	V2	Heterocigose	NC1	NC2	Heterocigose	B1	B2	Heterocigose
	V1	V3	Heterocigose	NC1	NC3	Heterocigose	B1	B3	Heterocigose
	V1	V4	Heterocigose	NC1	NC4	Heterocigose	B1	B4	Heterocigose
	V2	V1	Heterocigose	NC2	NC1	Heterocigose	B2	B1	Heterocigose
	V2	V2	Homocigose	NC2	NC2	Homocigose	B2	B2	Homocigose
	V2	V3	Heterocigose	NC2	NC3	Heterocigose	B2	B3	Heterocigose
	V2	V4	Heterocigose	NC2	NC4	Heterocigose	B2	B4	Heterocigose
	V3	V1	Heterocigose	NC3	NC1	Heterocigose	B3	B1	Heterocigose
	V3	V2	Heterocigose	NC3	NC2	Heterocigose	B3	B2	Heterocigose
	V3	V3	Homocigose	NC3	NC3	Homocigose	B3	B3	Homocigose
	V3	V4	Heterocigose	NC3	NC4	Heterocigose	B3	B4	Heterocigose
	V4	V1	Heterocigose	NC4	NC1	Heterocigose	B4	B1	Heterocigose
	V4	V2	Heterocigose	NC4	NC2	Heterocigose	B4	B2	Heterocigose
	V4	V3	Heterocigose	NC4	NC3	Heterocigose	B4	B3	Heterocigose
	V4	V4	Homocigose	NC4	NC4	Homocigose	B4	B4	Homocigose

A L E L O S	Laranja 		Homocigose ou Heterocigose	Preto 		Homocigose ou Heterocigose	Azul 		Homocigose ou Heterocigose
	♀	♂		♀	♂		♀	♂	
	L1	L1	Homocigose	P1	P1	Homocigose	A1	A1	Homocigose
	L1	L2	Heterocigose	P1	P2	Heterocigose	A1	A2	Heterocigose
	L1	L3	Heterocigose	P1	P3	Heterocigose	A1	A3	Heterocigose
	L1	L4	Heterocigose	P1	P4	Heterocigose	A1	A4	Heterocigose
	L2	L1	Heterocigose	P2	P1	Heterocigose	A2	A1	Heterocigose
	L2	L2	Homocigose	P2	P2	Homocigose	A2	A2	Homocigose
	L2	L3	Heterocigose	P2	P3	Heterocigose	A2	A3	Heterocigose
	L2	L4	Heterocigose	P2	P4	Heterocigose	A2	A4	Heterocigose
	L3	L1	Heterocigose	P3	P1	Heterocigose	A3	A1	Heterocigose
	L3	L2	Heterocigose	P3	P2	Heterocigose	A3	A2	Heterocigose
	L3	L3	Homocigose	P3	P3	Homocigose	A3	A3	Homocigose
	L3	L4	Heterocigose	P3	P4	Heterocigose	A3	A4	Heterocigose
	L4	L1	Heterocigose	P4	P1	Heterocigose	A4	A1	Heterocigose
	L4	L2	Heterocigose	P4	P2	Heterocigose	A4	A2	Heterocigose
	L4	L3	Heterocigose	P4	P3	Heterocigose	A4	A3	Heterocigose
	L4	L4	Homocigose	P4	P4	Homocigose	A4	A4	Homocigose

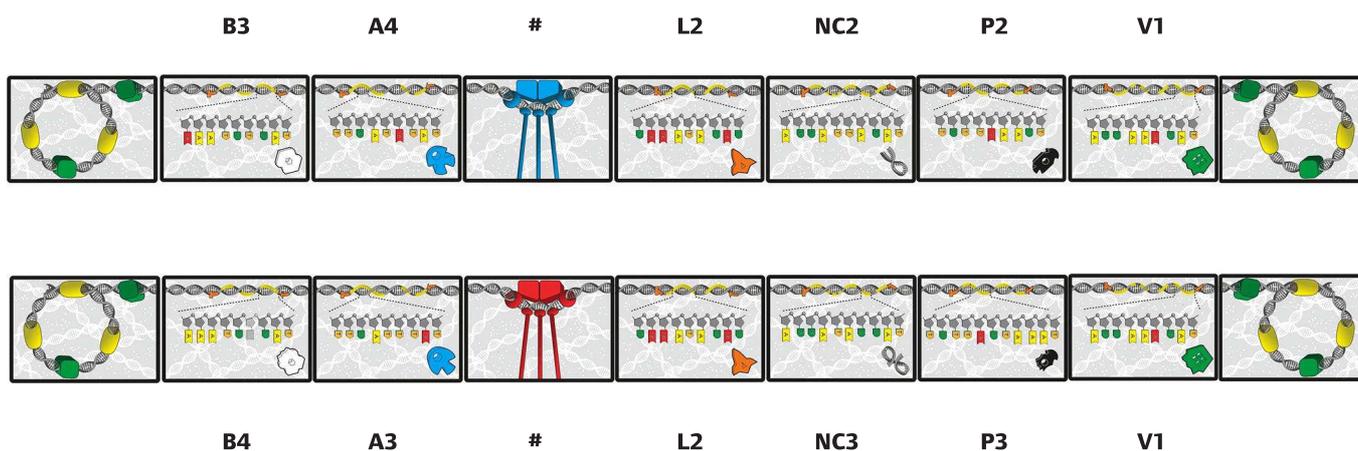
MATERIAIS DIDÁTICOS

2. Construir a estrutura de um par de cromossomos homólogos hipotéticos, utilizando as cartas estruturais e gênicas, que seja composto por uma sequência linear dos 6 genes, na fase G1 do ciclo celular. Os genótipos que representação os cromossomos podem ser escolhidos de acordo com a tabela construída no exercício 1.

Um exemplo em cromossomo submetacêntrico:

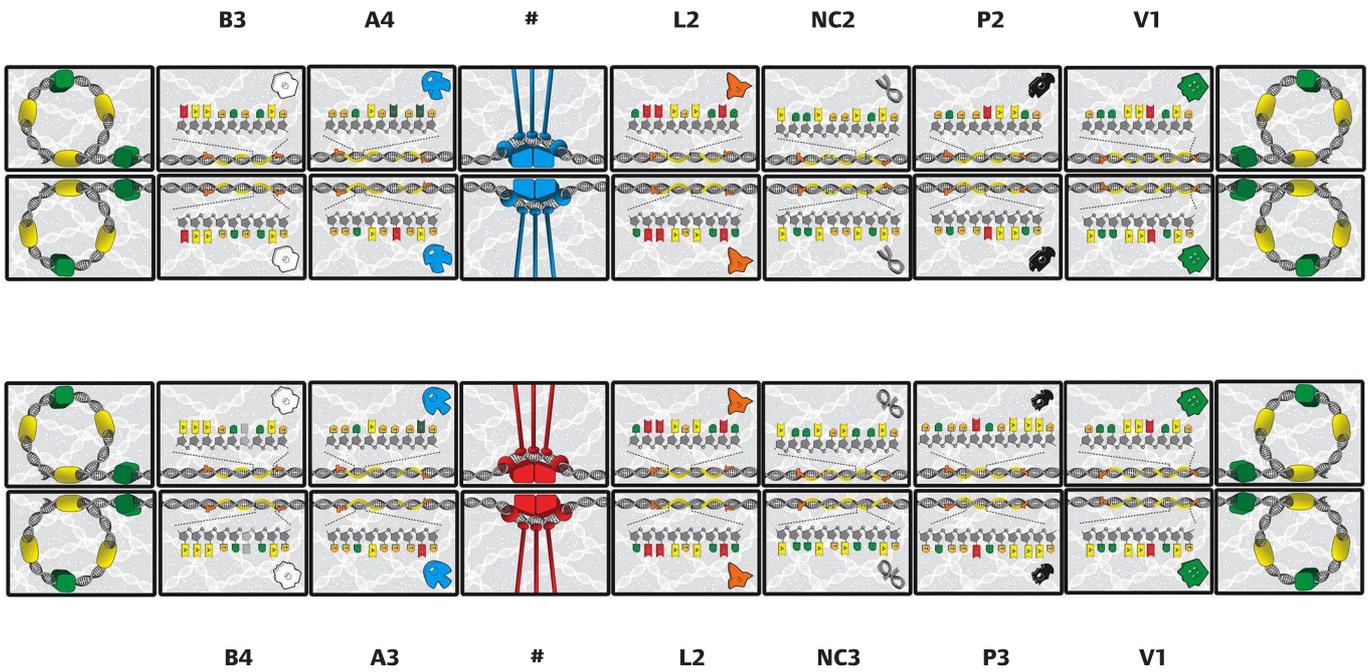


A. Qual é a classificação do tipo do cromossomo em relação a posição do centrômero? Qual a origem parental de cada alelo? Descreve a sequência alélica de cada cromossomo construído.



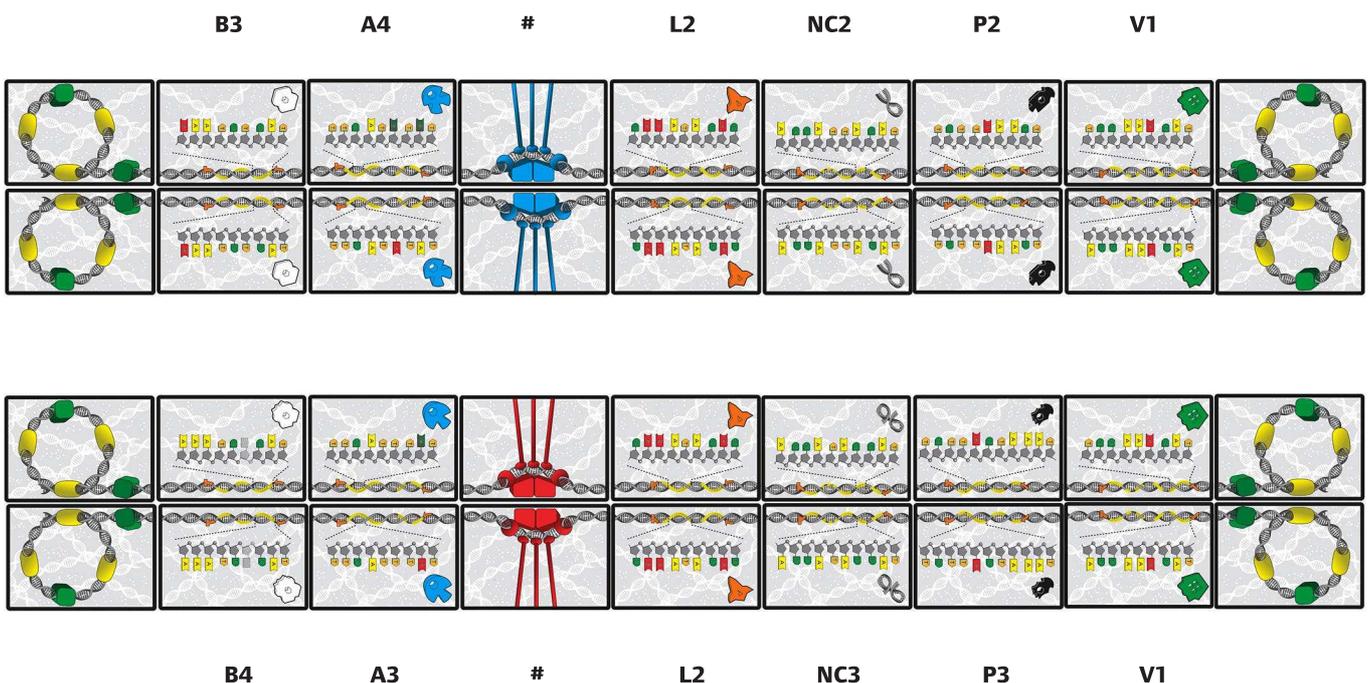
*É importante o estudante entender a diferenciação entre a sequência alélica de cada cromátide e os genótipos de cada gene.

B. Duplica esse par de cromossomo homólogo. Como deve ser a sequência alélica de cada cromátide irmã após a duplicação do material genético?

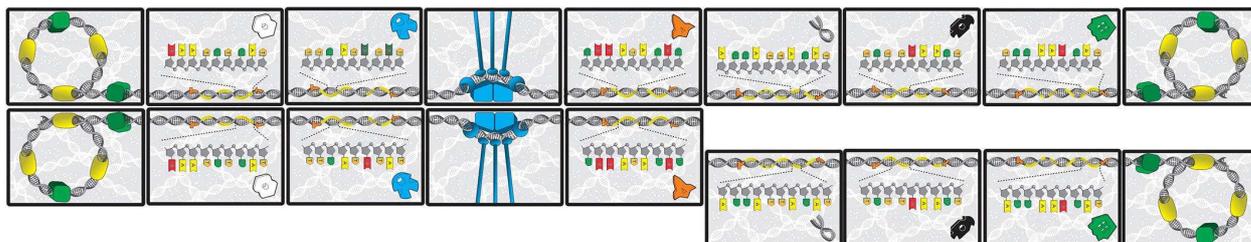


3. Considere que o par de homólogos construído no exercício 2 entrará em meiose.

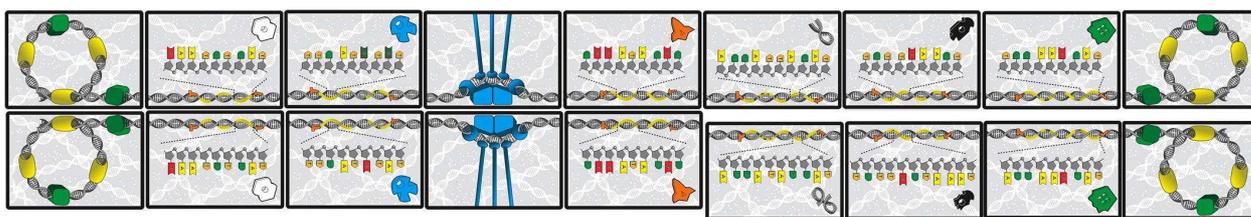
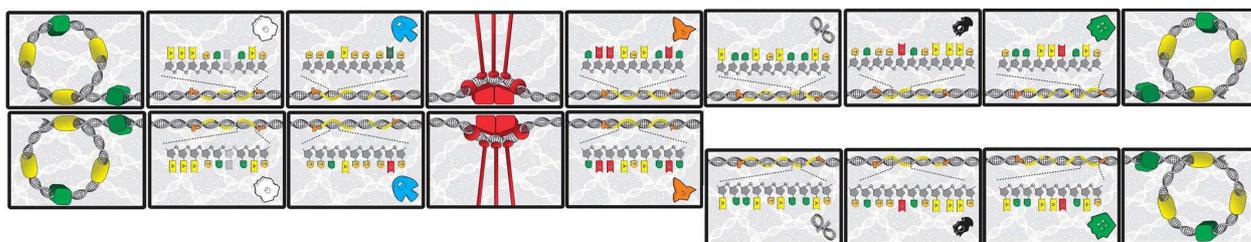
A. Simule, movendo as cartas, a separação dos cromossomos homólogos e das cromátides irmãs para a formação dos gametas como ocorre na meiose. Não considere a ocorrência de recombinação por *crossing over*. Quais as sequências alélicas dos gametas formados? Preencha a tabela abaixo, nos campos específicos, com as sequências alélicas dos gametas e a classificação de gametas com material igual aos parentais ou recombinantes.



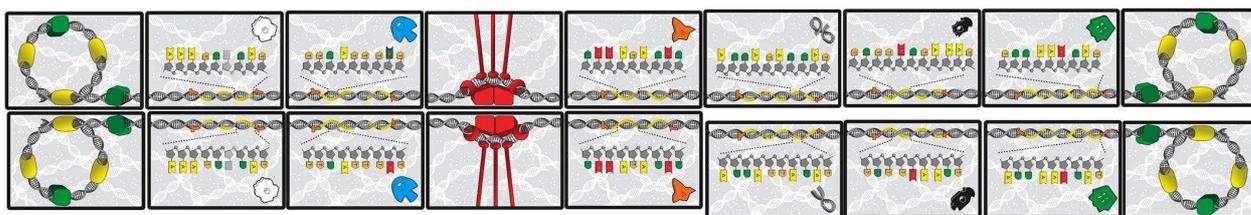
B. Construa novamente os cromossomos duplicados do final do exercício 2. Agora considere a ocorrência de recombinação por *crossing over*. É possível simular um ou mais eventos, sempre entre as cromátides não irmãs. Em seguida, simule com o movimento as cartas a separação dos cromossomos homólogos e das cromátides irmãs para a formação dos gametas, como ocorre na meiose. Quais as sequências alélicas dos gametas formados? Preencha a tabela abaixo, nos campos específicos, com as sequências alélicas dos gametas e a classificação de gametas com material igual aos parentais ou recombinantes.

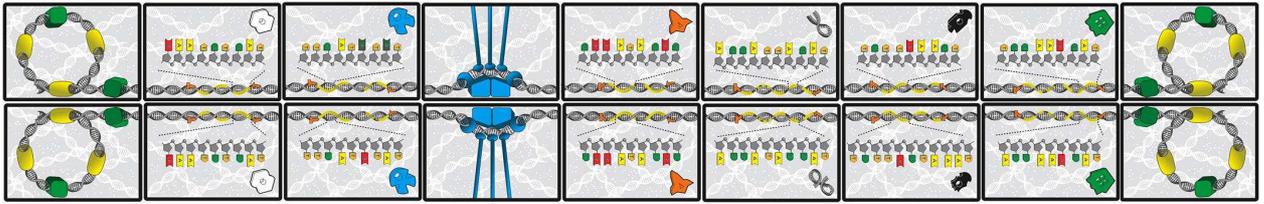


1ª. etapa

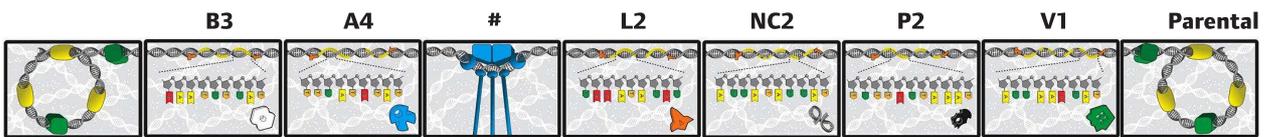
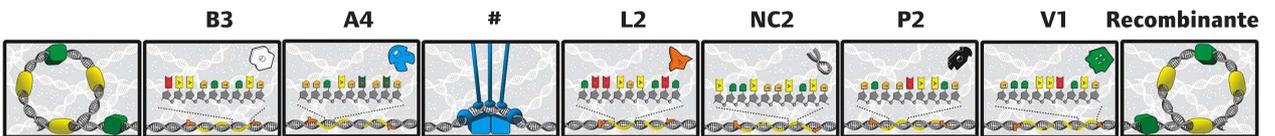
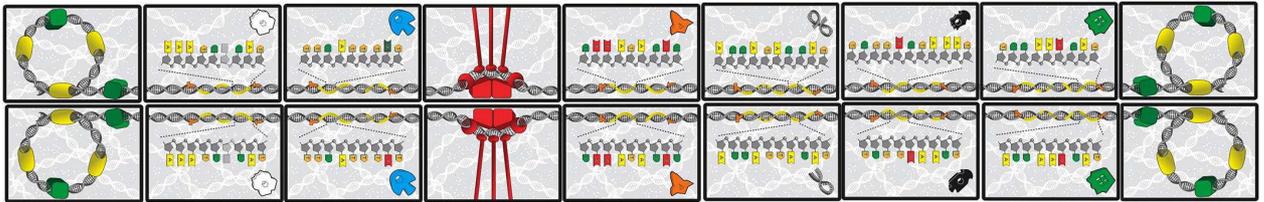


2ª. etapa

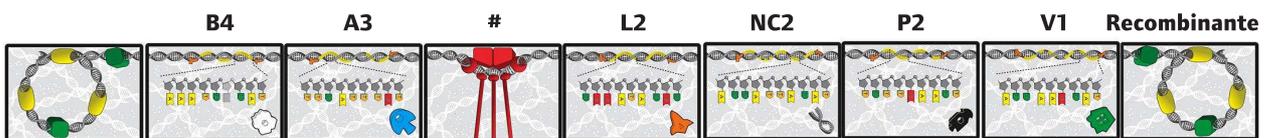
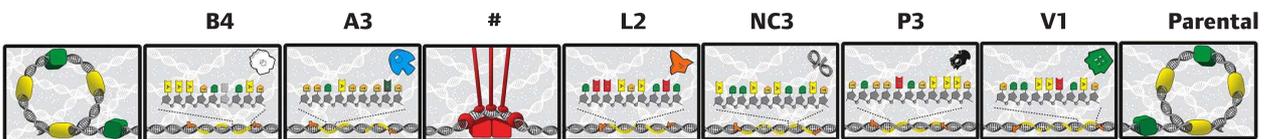




3ª. etapa



4ª. etapa



Sem crossing over			Com crossing over		
Gametas formados	Sequência dos alelos	Classificação dos gametas	Gametas formados	Sequência dos alelos	Classificação dos gametas
1	B4 A3 # L2 NC3 P3 V1	Parental	1	B4 A3 # L2 NC3 P3 V1	Parental
2	B4 A3 # L2 NC3 P3 V1	Parental	2	B4 A3 # L2 NC2 P2 V1	Recombinante
3	B4 A3 # L2 NC3 P2 V1	Parental	3	B4 A3 # L2 NC3 P2 V1	Parental
4	B4 A3 # L2 NC3 P2 V1	Parental	4	B1 A3 # L5 NC3 P3 V1	Recombinante