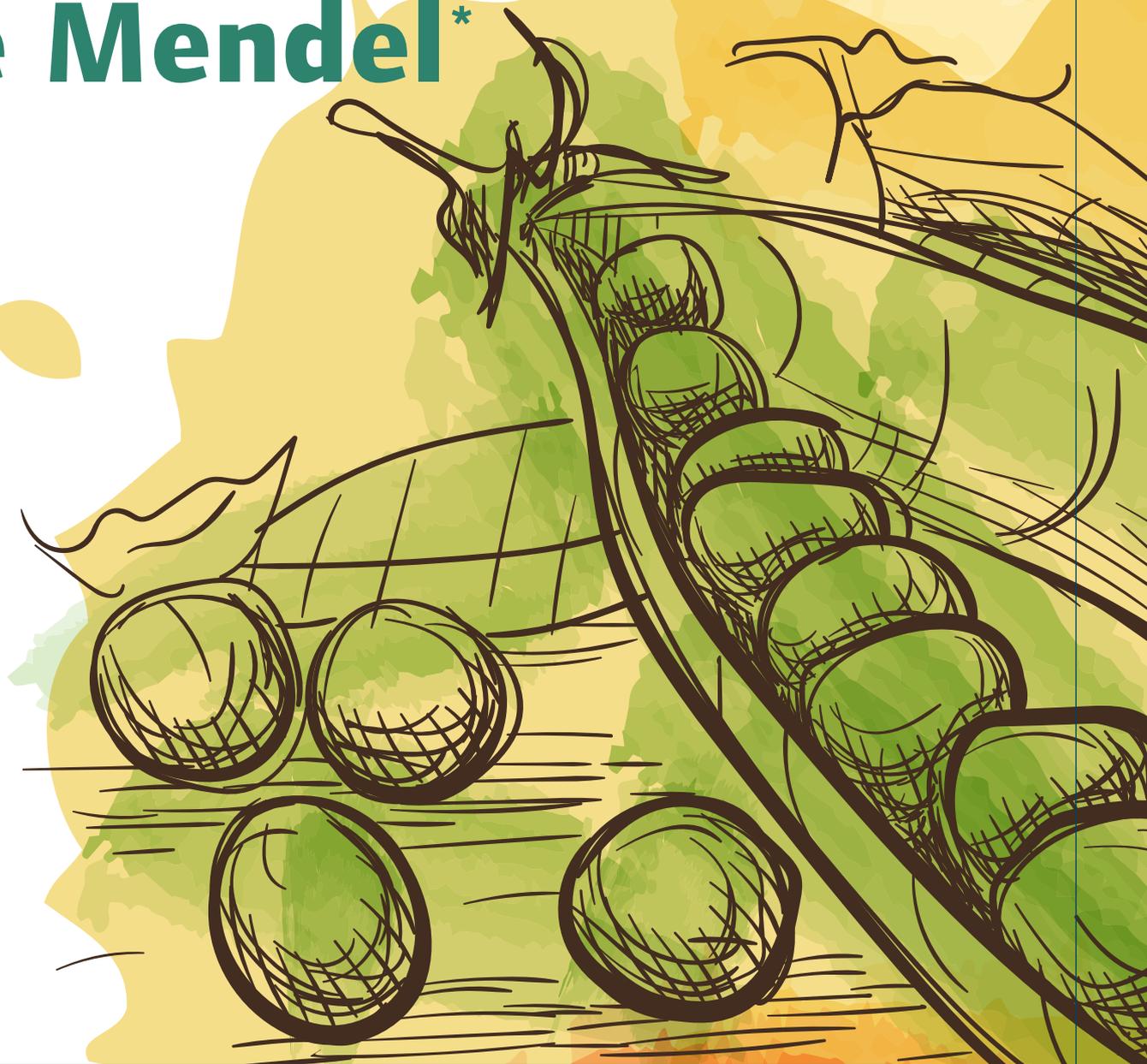


# Aprendendo com as ervilhas de Mendel\*



**Rafael Rahal Guaragna Machado<sup>1</sup>, Fernando Henrique Cornacini<sup>1</sup>, Kawan Carvalho Martins<sup>1</sup>, Marina Cristine Cano Francisquetti<sup>1</sup>, Ana Elizabete Silva<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Licenciados em Ciências Biológicas, Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas (Ibilce), Departamento de Biologia, Campus de São José do Rio Preto, São Paulo.

<sup>2</sup> Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas (Ibilce), Departamento de Biologia, Campus de São José do Rio Preto, São Paulo

Autor para correspondência - anabete@ibilce.unesp.br

**Palavras-chave:** leis de Mendel, herança monogênica, genes, genótipo, fenótipo

\*Esta atividade foi desenvolvida durante a disciplina “Práticas Pedagógicas de Genética e Evolução”, por alunos no curso de Licenciatura em Ciências Biológicas.

Por meio da simulação de alguns cruzamentos entre ervilhas com características relacionadas à cor do grão (amarela ou verde) e forma/textura (lisa ou rugosa), são revisadas as bases teóricas das Leis de Mendel.



A atividade prática tem como objetivo auxiliar os alunos do ensino médio na compreensão das leis da herança deduzidas por Mendel de forma clara e dinâmica, utilizando como modelo o cruzamento entre ervilhas a partir das características cor e forma das sementes. Ao final da atividade, os alunos deverão ter condições de responder a questões referentes às proporções genotípicas e fenotípicas da prole (F1 e F2) nos diferentes cruzamentos e de compreender os diferentes conceitos abordados na atividade.

## CONFEÇÃO DO MODELO DIDÁTICO

O modelo consiste de uma placa de metal (pode ser compensado de madeira ou outro material) que será utilizada como suporte para montagem dos cruzamentos. Os mesmos serão feitos utilizando semiesferas de isopor representativas das ervilhas de cores amarela e verde e de textura lisa e rugosa. Com este material será possível trabalhar a primeira e segunda leis de Mendel.

Para a confecção do material didático são necessários os seguintes materiais:

- ♦ Um painel de metal (dimensão 2 m de comprimento x 1 m de largura);
- ♦ 30 semiesferas de isopor de 15 cm de diâmetro;
- ♦ Um metro de ímã;
- ♦ Papel sulfite branco (2 folhas);
- ♦ Papel cartão branco (2 folhas);
- ♦ Papel EVA preto (1 folha de 48 cm x 40 cm);
- ♦ Papel crepom amarelo e verde (1 folha de cada);
- ♦ Tinta guache (cor verde e amarela);
- ♦ Cola quente ou branca;
- ♦ Caixa de papelão ou outro material (para guardar o kit).

## MONTAGEM DO MODELO

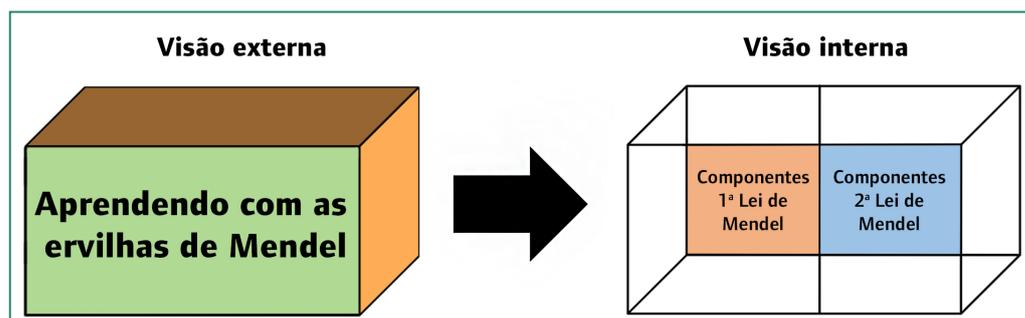
É interessante que os estudantes participem ativamente da confecção do modelo didático,

que se envolvam na pesquisa do tema e assim se sintam mais responsáveis pelo material. Esta etapa também pode ser feita interdisciplinarmente com a disciplina de Artes. Todos os recursos utilizados para a confecção do modelo são de baixo custo, resistentes e duráveis.

Para a construção do modelo didático são sugeridas as seguintes etapas:

- ♦ Obter todo o material necessário para a confecção do modelo;
- ♦ Pintar 20 semiesferas de isopor com tinta guache amarela (elas representam as ervilhas com fenótipo amarelo liso);
- ♦ Pintar 5 semiesferas de isopor com tinta guache verde (elas representam as ervilhas com fenótipo verde liso);
- ♦ Colar papel crepom de cor verde na superfície externa de duas semiesferas de isopor (elas representam as ervilhas de fenótipo verde rugoso);
- ♦ Colar papel crepom de cor amarela na superfície de três semiesferas de isopor (elas representam as ervilhas de fenótipo amarelo rugoso);
- ♦ Recortar em EVA os símbolos “P”, “F1”, “F2” correspondendo, respectivamente, à geração parental, à primeira e à segunda gerações); Imprimir em papel sulfite as letras “V”, “v”, “R” e “r” correspondendo, respectivamente, ao alelo dominante do fenótipo amarelo, o alelo recessivo do fenótipo verde, o alelo dominante do fenótipo liso e o alelo recessivo do fenótipo rugoso;
- ♦ Imprimir em papel sulfite (recomenda-se fonte Arial, tamanho 32) os números 1, 2, 3 e 9, correspondentes às frequências dos descendentes na geração 2. O número 1 deverá ser impresso três vezes e, o número 3, duas vezes.
- ♦ Recortar as letras e os números e colar sobre o papel cartão para aumentar a resistência e facilitar o manuseio. Colar com cola quente ou cola branca um pedaço de ímã (cerca de 2 cm x 2 cm), atrás de cada semiesfera, do papel impresso e dos símbolos recortados em EVA;

- ♦ Recortar sete tiras de EVA de cor preta (30 cm de comprimento x 3cm de largura) para representar as ligações entre os cruzamentos; colar pedaços de ímã por sua extensão (cerca de cinco pedaços de 2cm x 2cm);
- ♦ Se julgar necessário, encapar a tampa de uma caixa de papelão na qual serão guardadas todas as peças, com o título da atividade, conforme modelo da Figura 1. Dentro da caixa, o material pode ser dividido em 1ª e 2ª Lei de Mendel para que não haja confusão durante o desenvolvimento da atividade.
- ♦ Imprimir e recortar os textos introdutórios para as atividades referentes às leis de Mendel (Anexo I).



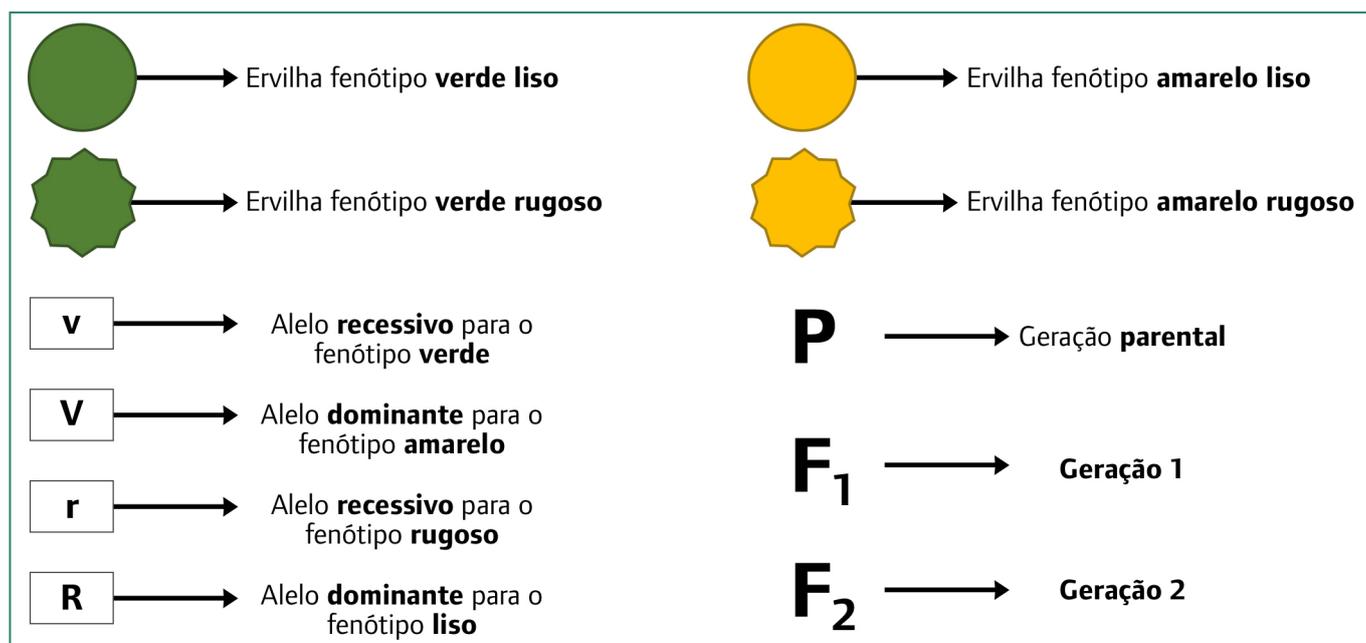
**Figura 1.**

Esquema de como o material didático pode ser armazenado (visão externa e interna do recipiente de armazenamento), aumentando a durabilidade e mantendo a organização do mesmo.

## RECONHECIMENTO DO MATERIAL PELOS ESTUDANTES

Antes de iniciar a atividade, é necessário mostrar aos alunos os objetos que serão usados, explicando o significado de cada um. Por exemplo, mostrar a semiesfera

pintada de amarelo que representa a ervilha de fenótipo amarelo liso. A Figura 2 simboliza todos os componentes que serão utilizados para os cruzamentos das ervilhas. Caso o professor ache necessário, pode imprimir a Figura 2 em papel sulfite e colá-la em papel cartão para orientação dos estudantes.



**Figura 2.**

Símbolos dos componentes utilizados para os cruzamentos das ervilhas.

## DESENVOLVENDO A ATIVIDADE: ESTUDANTES EM AÇÃO

O painel de metal pode ser fixado no quadro negro ou na parede.

Para o desenvolvimento desta atividade, o professor introduzirá alguns conceitos fundamentais de genética para o desenvolvimento da prática. O painel de metal pode ser apoiado na lousa ou fixado na parede e os alunos serão convidados a formar dois grupos de cinco estudantes que realizarão os cruzamentos no painel. Os demais estudantes podem acompanhar e participar da apresentação e discussão nos seus devidos lugares. A atividade pode ser desenvolvida na seguinte sequência;

### I. Atividades referentes à primeira lei de Mendel

Leitura individual ou em grupo do texto (Texto introdutório – primeira lei de Mendel (anexo I).

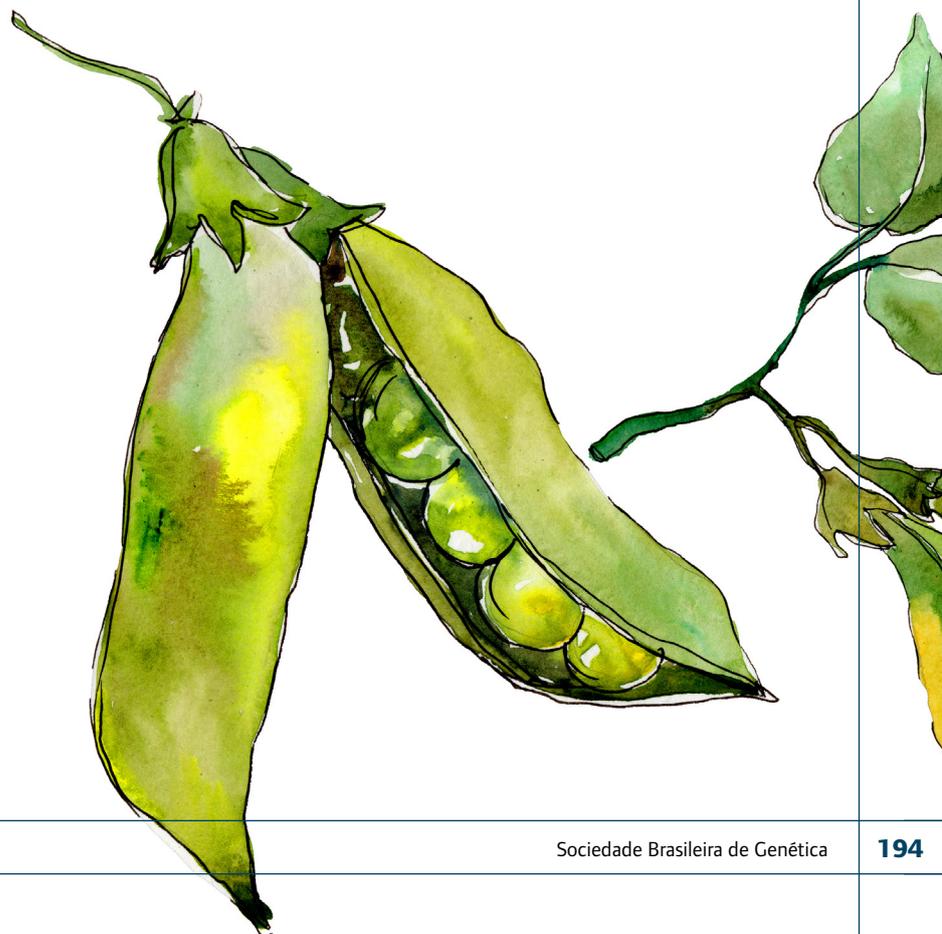
Após a leitura do texto, aconselha-se que o professor siga o seguinte roteiro:

1. O professor deve introduzir o trabalho de Mendel com as ervilhas, salientando o significado de linhagens homocigóticas (puras) e heterocigóticas (F1). Para isso pode-se utilizar o painel e os modelos de ervilhas;
2. Indicar os postulados de Mendel sobre os cruzamentos envolvendo uma característica. Ressaltar que cada característica é condicionada por dois fatores que se separaram na formação dos gametas;
3. Informar primeiramente os resultados fenotípicos dos cruzamentos relacionados à Primeira Lei de Mendel, sem mencionar os resultados genotípicos e as proporções;
4. Lançar para os alunos o seguinte desafio: Que tipo de resultado numérico levou Mendel a concluir a primeira lei?
5. Os estudantes devem, em grupos, montar os cruzamentos com os genótipos, fenótipos e proporções. Imprima e distribua para os diferentes grupos de estudantes o procedimento descrito no item Procedimento para os estudantes;

6. Após a finalização do painel pode ser desenhado um quadro na lousa para que todos os alunos possam participar da apresentação e discussão das proporções genotípicas e fenotípicas dos indivíduos da geração F<sub>2</sub>;
7. Fazer uma discussão com a classe para que os estudantes possam construir os conceitos de fatores: dominante, recessivo, homocigoto e heterocigoto. A discussão pode ser orientada pela formulação de questões que os estudantes devem inicialmente discutir em seus grupos e, posteriormente, com todos da classe. As questões, descritas no anexo II, devem ser impressas e distribuídas para os estudantes que devem discuti-las e respondê-las em grupo. As respostas estão disponíveis para os professores no item “Respostas”.

### Procedimento para os estudantes – primeira lei de Mendel

1. Montar o cruzamento entre os parentais (P): planta homocigota recessiva para a cor da semente (verde) com planta homocigota dominante para semente amarela. Representar a seguir o fenótipo da geração 1 (F<sub>1</sub>), sabendo-se que o alelo que determina a cor amarela da semente é dominante em relação ao verde. Em seguida colocar, abaixo de cada ervilha, as letras



que representam os genótipos dos parentais e da geração F1;

2. Representar o cruzamento entre duas plantas de F1, por autofecundação. Lembrar que toda a descendência F1 é heterozigota para a característica ervilha amarela. A seguir, colocar as letras que representam os genótipos dos parentais gerando a F2;
3. Indicar os genótipos e as proporções dos descendentes na geração F2.

## II. Atividades referentes à segunda lei de Mendel

Imprimir e distribuir para os estudantes o texto introdutório referente à segunda lei de Mendel (Anexo I).

Após a leitura do texto introdutório, sugere-se o seguinte roteiro:

1. Indicar os postulados de Mendel sobre os cruzamentos envolvendo duas características. Ressaltar que em indivíduos de linhagens homozigóticas para diferentes características como a cor e textura das ervilhas, por exemplo, os fatores responsáveis pela sua transmissão (genes), localizados em cromossomos diferentes, segregam independentemente durante a formação dos gametas.

2. Informar inicialmente os resultados fenotípicos dos cruzamentos relacionados à segunda lei de Mendel, sem mencionar os resultados genotípicos e as proporções.
3. Apresentar para os estudantes o seguinte desafio: Que tipo de resultado numérico levou Mendel a concluir a segunda lei?
4. Os estudantes, em grupos, elaboram os cruzamentos com os genótipos, fenótipos e proporções. Para montar os cruzamentos, seguir as do item *Procedimento para os estudantes - segunda lei de Mendel*.
5. Discutir com a classe as questões relacionadas no Anexo II. Se possível, imprimir e entregar aos alunos as questões do Anexo II.

### Procedimento para os estudantes – segunda lei de Mendel

1. Montar o cruzamento pela autofecundação das ervilhas produzidas na geração F1, originando uma geração F2. Colocar abaixo das ervilhas os genótipos dos parentais e da F2;
2. Indicar os genótipos e suas proporções dos descendentes da F2: amarelo-lisas, amarelo-rugosas, verde-lisas e verde-rugosas;
3. Após a finalização do painel, pode ser desenhado um quadro na lousa para que todos os alunos possam visualizar e relacionar a proporção genotípica e fenotípica dos descendentes da F2;

Ao término da atividade, os estudantes poderão ser desafiados para resolverem outros cruzamentos envolvendo a transmissão de características de animais, inclusive no homem, estimulando o raciocínio e a importância e também aplicação das leis de Mendel na transmissão de características humanas simples e de doenças ou ainda de características de fácil observação, como: ser destro ou canhoto, miopia ou visão normal. Em relação à miopia e à visão normal, ressaltar que são transmitidas por genes recessivos. O professor pode também sugerir cruzamentos de homozigoto com heterozigoto, por exemplo, para que os estudantes possam, a partir dos conceitos aprendidos, resolverem outras questões.



## ANEXO I - TEXTOS INTRODUTÓRIOS

### Texto introdutório – Primeira lei de Mendel

O monge Gregor Mendel (1822–1884), na horta do mosteiro de *Brno* (República Checa), realizou experimentos utilizando como modelo linhagens homocigóticas para o gene que determina a característica cor da semente de ervilhas-de-cheiro (*Pisum sativum*), espécie que produz muitas sementes, tem ciclo de vida curto, e produzem muitos descendentes férteis. Analisou a transmissão de sete características simples e de fácil identificação, uma de cada vez, como: cor da semente (verde ou amarela), forma da semente (lisa ou rugosa), cor da vagem (verde ou amarela), cor das pétalas (púrpura ou branca) dentre outras.

Nesta atividade há a simulação do cruzamento de plantas de linhagens homocigotas para a característica cor da semente: amarelas ou verdes.

### Texto introdutório – Segunda lei de Mendel

Após os experimentos nos quais Mendel analisou separadamente uma característica por vez, ele se propôs a avaliar a transmissão de duas características diferentes, simultaneamente, como a cor da semente (amarela e verde) e a textura da semente (lisa e rugosa) e verificar como essas características, supostamente transmitidas por dois pares de genes localizados em cromossomos diferentes, eram observadas nas gerações F1 e F2.

## ANEXO II - QUESTÕES PARA DISCUSSÃO

### Questões para discussão – Primeira lei de Mendel

1. Com base nos resultados da simulação de cruzamentos de ervilhas com cores de sementes diferentes, qual foi o postulado de Mendel que, posteriormente, foi denominado primeira lei?
2. Qual a unidade básica responsável pela transmissão de características como a cor

de ervilha?

3. O que são alelos? O que caracteriza um alelo dominante e um alelo recessivo? Quais os alelos responsáveis pela cor das ervilhas?
4. Como se explica o desaparecimento de ervilhas verdes na geração F1 e o reaparecimento na geração F2?

### Questões para discussão – Segunda lei de Mendel

1. Com base nos resultados da simulação dos cruzamentos entre linhagens de ervilhas com cor e textura diferentes, qual o postulado daquele que ficou conhecido como segunda lei de Mendel?
2. Qual o significado da proporção 9:3:3:1 obtida na geração F2 pela autofecundação do duplo heterocigoto VvRr?

## RESPOSTAS

### QUESTÕES SUGERIDAS PARA DISCUSSÃO

#### I. Primeira Lei de Mendel

1. A primeira lei de Mendel, também denominada lei da segregação dos fatores, postula que os caracteres são condicionados por pares de fatores que se separam aleatoriamente na formação dos gametas, assim, cada gameta contém apenas um membro de cada par. Na fertilização, os gametas se fundem aleatoriamente reconstituindo o par.
2. A denominação fator, dada por Mendel à unidade básica da hereditariedade, corresponde ao termo gene. Atualmente, sabe-se que cada fator ou gene é um segmento de DNA que contém as informações hereditárias que são transmitidas de uma geração para a seguinte.
3. Alelos são formas alternativas de um determinado gene. O alelo dominante é aquele que expressa a característica por ele determinada mesmo quando presente em apenas um dos membros do par (dose simples). O alelo recessivo só se expressa em dose dupla, ou seja, precisa estar presente nos dois membros do par para que a característica por ele condicionada se

manifeste. Assim, os alelos responsáveis pela coloração das ervilhas são o alelo dominante amarelo (V) e o alelo recessivo verde (v).

4. A não ocorrência de ervilhas verdes na F1 e seu reaparecimento na F2 é devido à dominância do alelo amarelo (V) em relação ao verde (v). Como o cruzamento foi realizado entre linhagens puras (homozigotas) amarelas (VV) e verdes (vv), e considerando a segregação igual dos alelos V e v, todos os descendentes eram heterozigotos (Vv). Como o alelo amarelo é dominante, todas as ervilhas apresentavam a cor amarela. Houve na geração F2 a formação de ervilhas monozigóticas para o alelo verde e a característica reapareceu em decorrência da autofecundação dos indivíduos F1 heterozigóticos (Vv x Vv).

## II. Segunda lei de Mendel

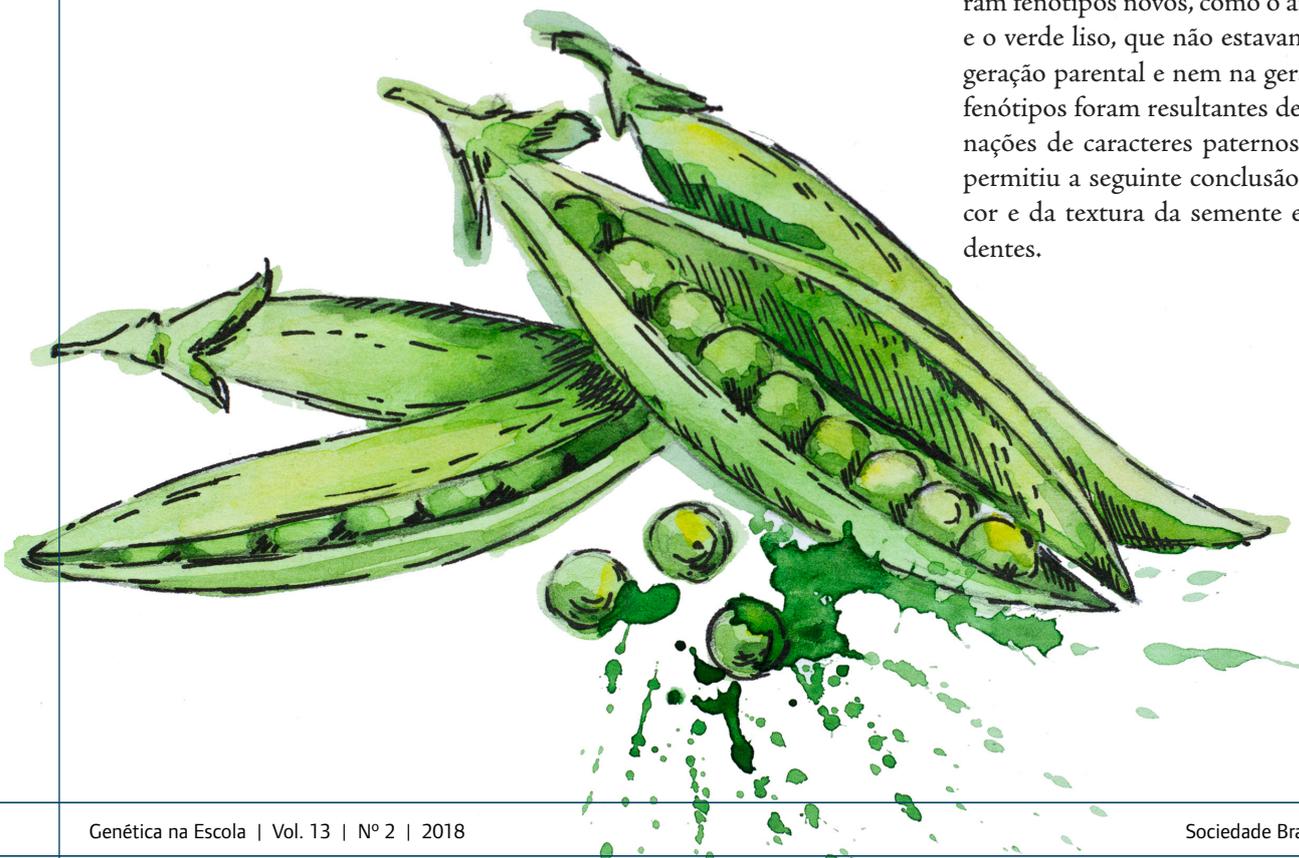
1. Mendel postulou o princípio da segunda lei da herança ou lei da segregação independente, com base nos resultados de cruzamentos envolvendo linhagens puras para as duas características diferentes (cor de sementes e textura das cascas), ervilhas amarelas e lisas com ervilhas verdes e rugosas. Posteriormente este princípio foi chamado segunda lei de Mendel. Os fa-

tores para as duas ou mais características segregam-se no híbrido, distribuindo-se independentemente para os gametas, e combinam-se ao acaso.

2. O duplo heterozigoto (VvRr) produz quatro tipos diferentes de gametas: VR, Vr, vR, vr. Assim, a geração F2, obtida da autofecundação do diíbrido m(VvRr), tem 16 possibilidades de combinação entre os quatro gametas diferentes. A proporção de 9:3:3:1 resulta dessa combinação e da relação de dominância entre os alelos para cor (amarelo e verde) e para textura (liso e rugoso). Assim, na geração F2, Tem-se:

- 9/16 apresentava pelo menos um alelo dominante para cor amarela e textura lisa (V\_R\_);
- 3/16 apresentava pelo menos um alelo dominante para cor amarela (V\_rr) e nenhum para textura lisa, originando ervilhas do tipo amarelo-rugosa;
- 3/16 apresentava pelo menos um alelo dominante para textura lisa (vvR\_) e nenhum para a cor amarela, originando ervilhas do tipo verde lisas;
- 1/16 tinham os quatro alelos recessivos (vvrr), formando apenas verde-rugosas.

Mendel observou que na geração F2 surgiram fenótipos novos, como o amarelo rugoso e o verde liso, que não estavam presentes na geração parental e nem na geração F1. Esses fenótipos foram resultantes de novas combinações de caracteres paternos e maternos e permitiu a seguinte conclusão: a herança da cor e da textura da semente eram independentes.

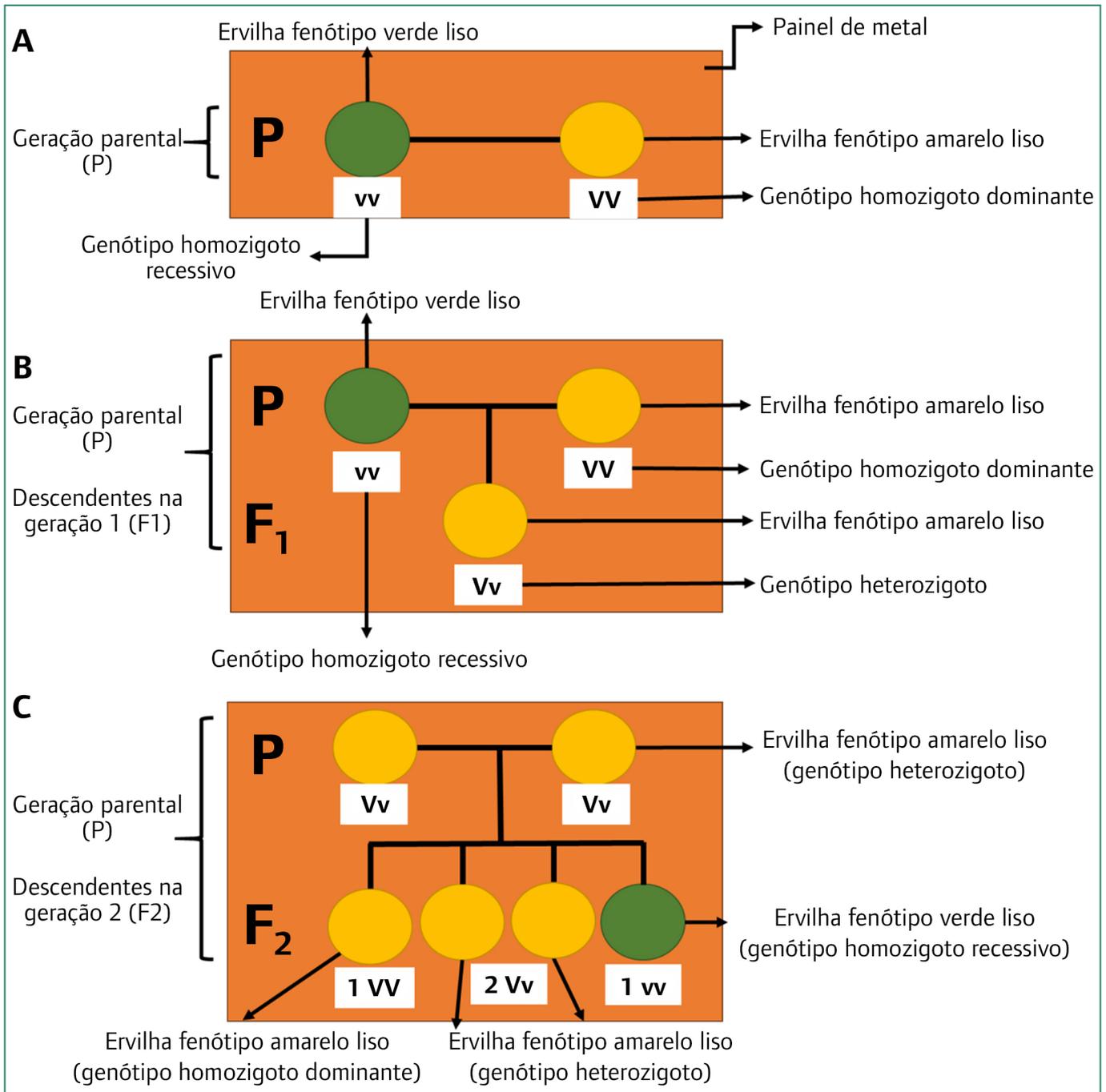


### ESQUEMA DOS CRUZAMENTOS REALIZADOS COM OS MODELOS

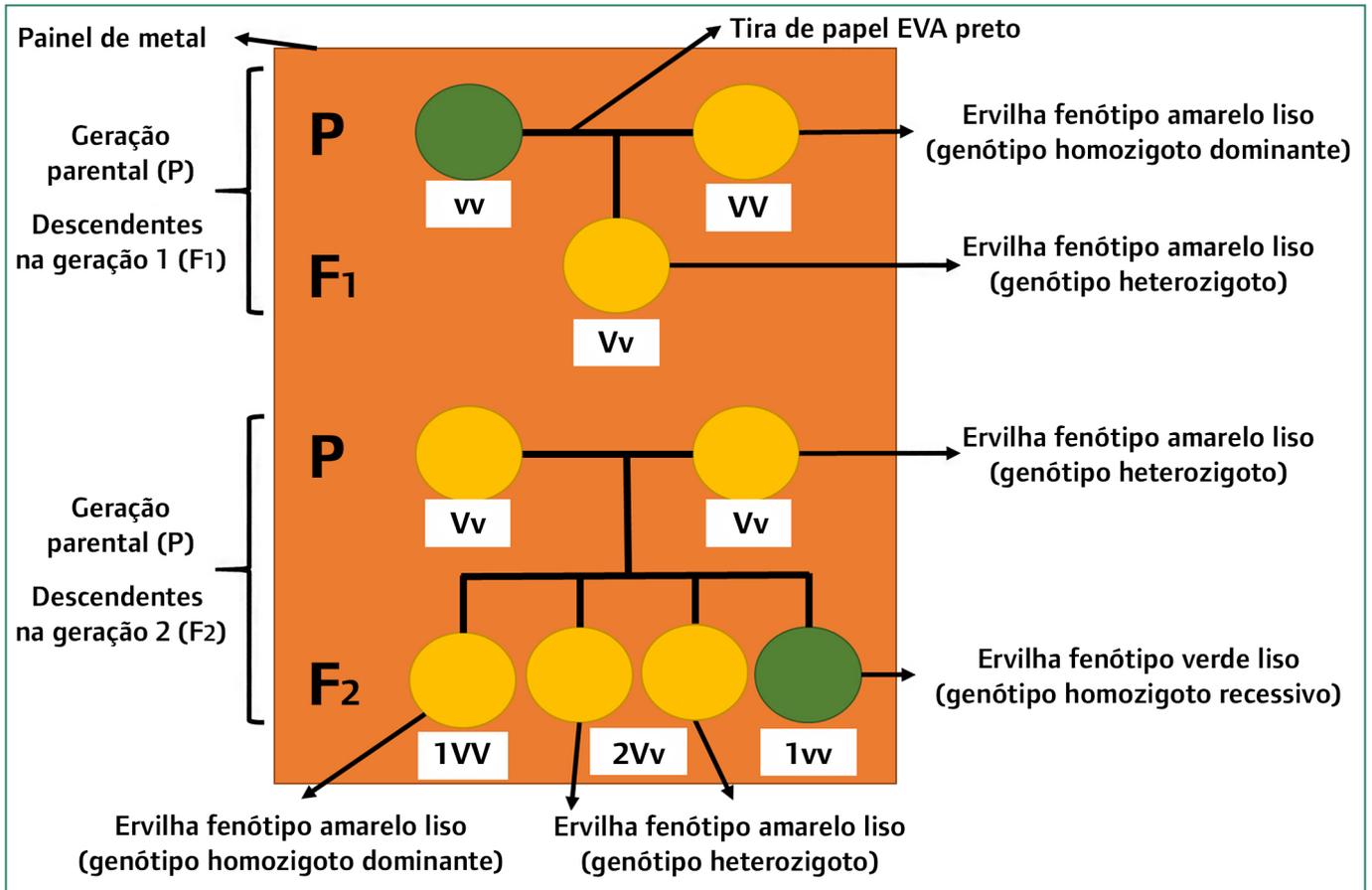
#### Primeira lei de Mendel

Esquema, em etapas, da formação do painel referente à 1ª Lei de Mendel. **A.** Representação

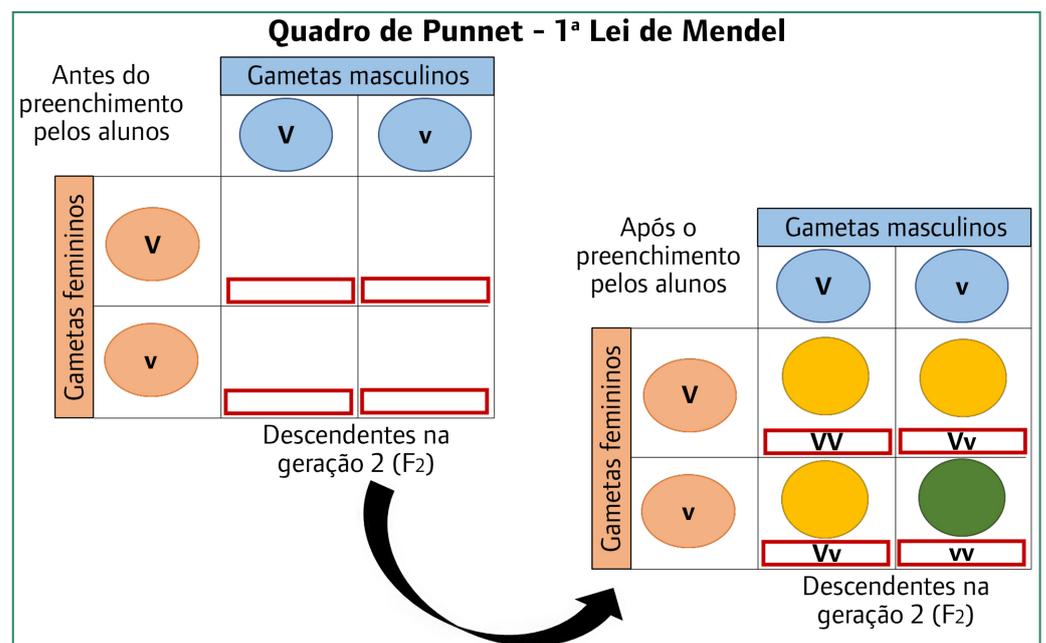
do cruzamento entre planta de ervilha homocigota recessiva verde (vv) com planta homocigota dominante amarela (VV). **B.** Geração 1 (F1) - Ervilhas amarelas heterocigota (Vv). **C.** Cruzamento entre duas plantas com ervilhas amarelas heterocigotas (Vv) e a geração 2 (F2) (1 VV; 2 Vv; 1 vv).



Representação do painel final, relacionado à 1ª Lei de Mendel, que os alunos devem montar.



Quadro de Punnet – Primeira lei de Mendel.

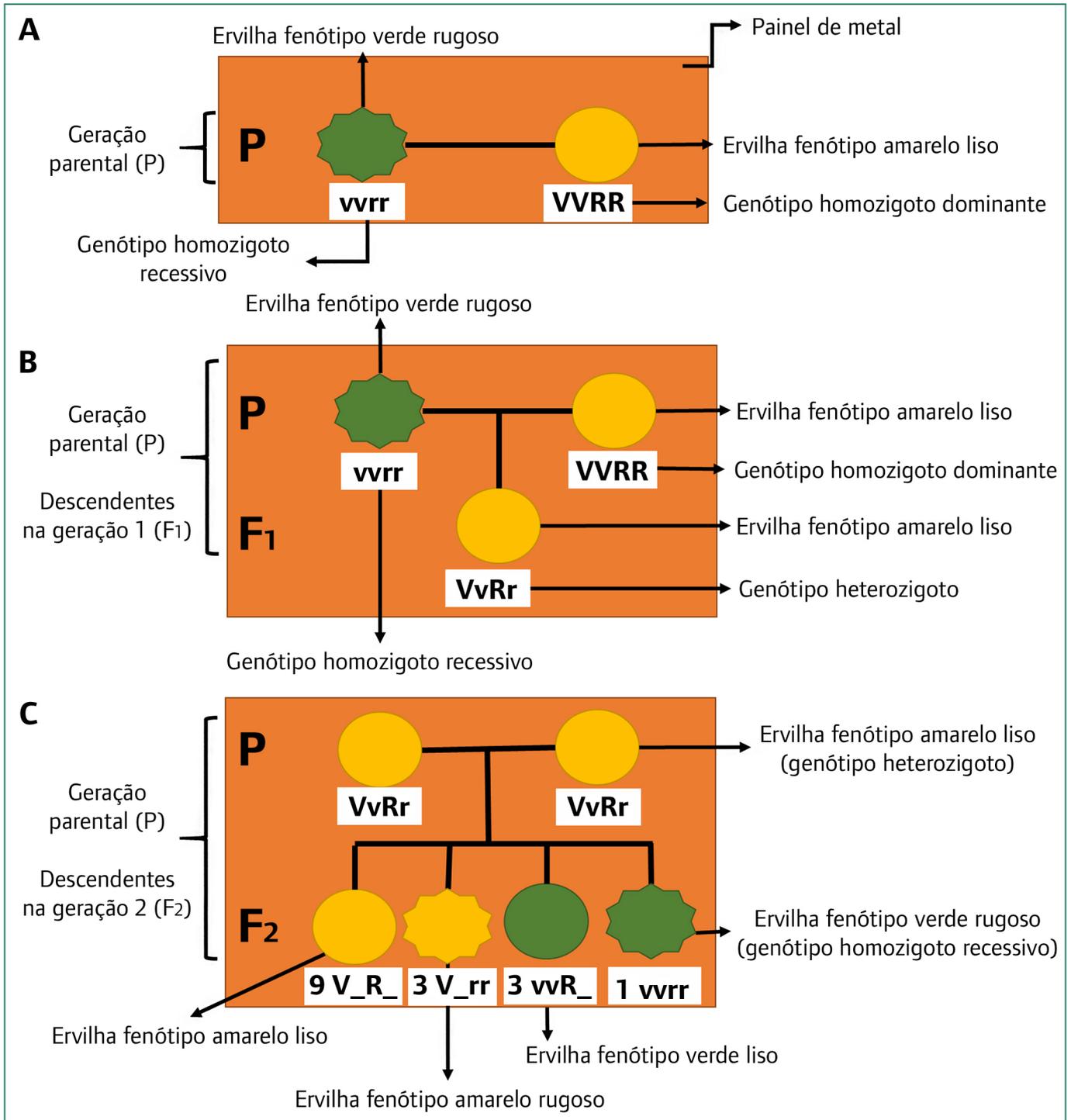


**Segunda Lei de Mendel**

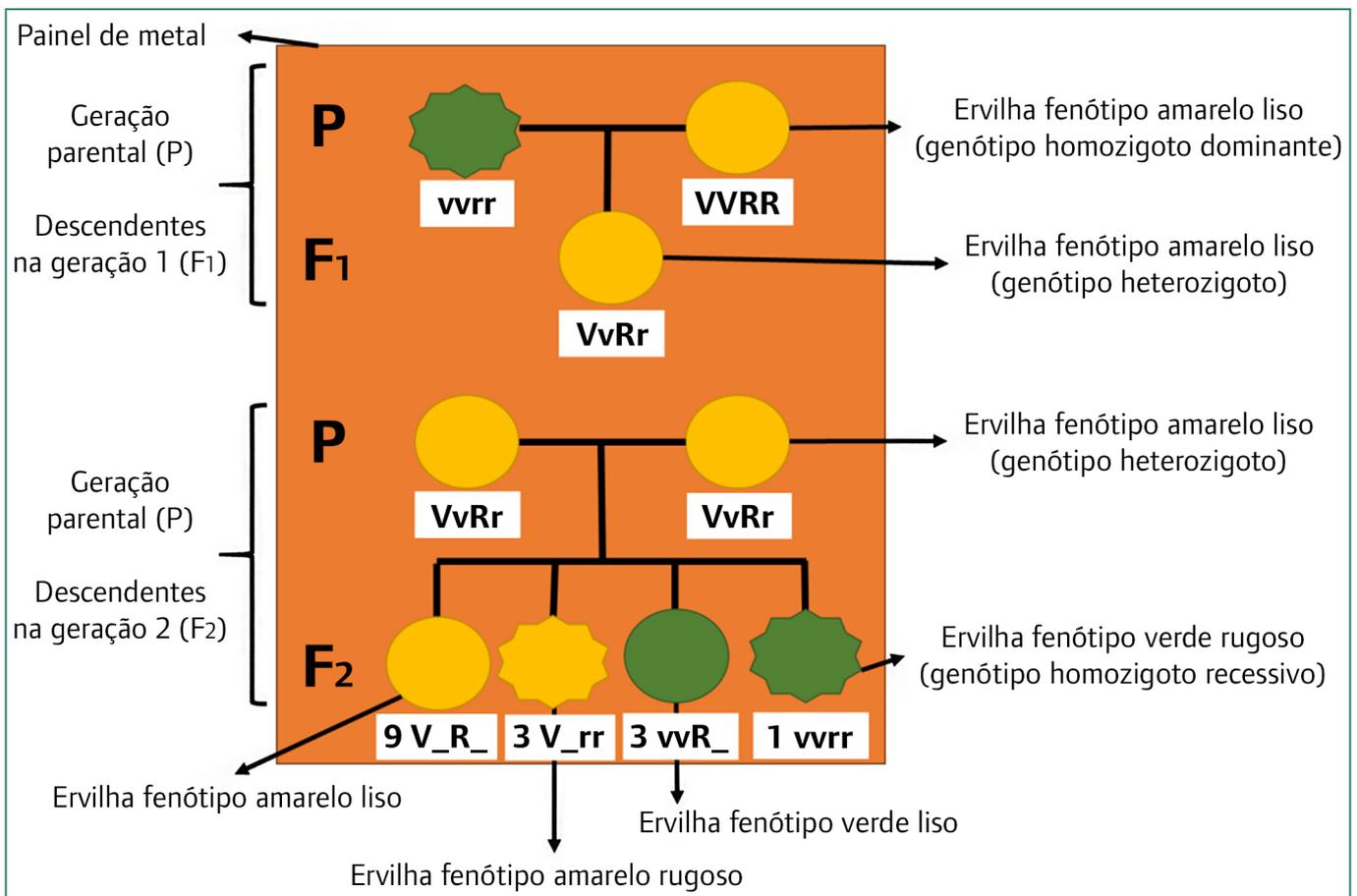
Esquema dos cruzamentos que os estudantes devem montar.

Visão, em etapas, da formação do painel referente à segunda lei de Mendel. **A.** Cruzamento entre planta de ervilha com sementes amarela lisa dominante (VVRR) e

planta com sementes verde rugosa recessiva (vvrr). **B.** Geração 1 (F1) - Ervilhas amarelas e lisas (VvRr). **C.** Geração F2 obtida pela autofecundação das ervilhas de F1, originando uma F2 composta por 9/16 amarelo-lisas (V\_R\_), 3/16 amarelo-rugosas (V\_rr), 3/16 verde-lisas (vvR\_) e 1/16 verde-rugosas (vvrr).



Visão final do painel referente à 2ª Lei de Mendel.



Quadro de Punnet - Segunda lei de Mendel.

**Quadro de Punnet - 2ª Lei de Mendel**

