

Ciências da Natureza e suas Tecnologias - BIOLOGIA

Ensino Médio, 3ª Série

Os princípios das Leis da Genética ou Mendeliana

INTRODUÇÃO A 1ª LEI DE MENDEL

Em 1868, o cientista inglês Charles Darwin (1809-1882) defendia a teoria da pangênese, pela qual os gametas eram formados por partículas provenientes de todas as partes do corpo [\(1\)](#).

Em 1866, trabalhando em um mosteiro na cidade de Brünn, na Áustria (hoje Brno, na República Tcheca), **Gregor Mendel** publicou um trabalho sobre a hereditariedade, porém esse trabalho só teve a devida atenção em 1900, quando os cientistas: o alemão Carl Correns (1864-1933), o holandês **Hugo de Vries** (1848-1935) e o austríaco **Erich-Seyseneg**(1871-1962), trabalhando de forma independente e desconhecendo as experiências de **Gregor Mendel**, descobriam as mesmas leis da hereditariedade.

William Bateson usou pela primeira vez o termo genética em 1905.

A razão do sucesso de Mendel foi escolher, para suas pesquisas, uma planta da Espécie *Pisum sativum* (ervilha-de-cheiro) pois esta:

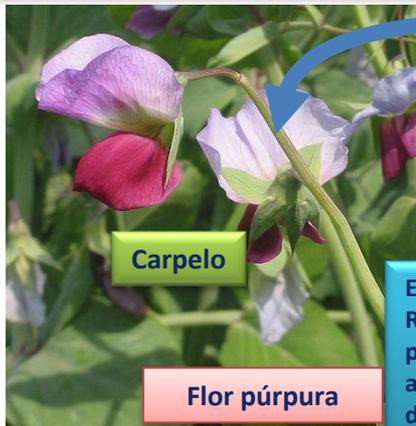
1. É de fácil cultivo;
2. produz muita semente;
3. a flor é hermafrodita e se reproduz por autofecundação;
4. pode-se conseguir fecundação cruzada.

Além dessas vantagens, a planta apresenta uma série de características simples e contrastantes:

Técnica de como Mendel realizava a fecundação cruzada em ervilhas

Mendel podia decidir se ocorreria autofecundação, que acontece naturalmente, quando os grãos de pólen produzidos nos ESTAMES caem sobre os CARPELOS da mesma flor. Mas Mendel promovia a fecundação cruzada para impedir a autofecundação, veja na animação o que ele fez :

O pólen é transferido da flor branca para a flor púrpura



Estames Removidos, para evitar a autofecundação

Flor púrpura

Após a fecundação, os óvulos desenvolvem-se e originam sementes (ervilha), e o ovário desenvolve-se e origina o fruto (vagem)

Mendel abria a flor e removia os ESTAMES.

Para realizar fecundação cruzada, ele recolhia os grãos de pólen com um pincel, passava nos ESTIGMAS de outra flor.

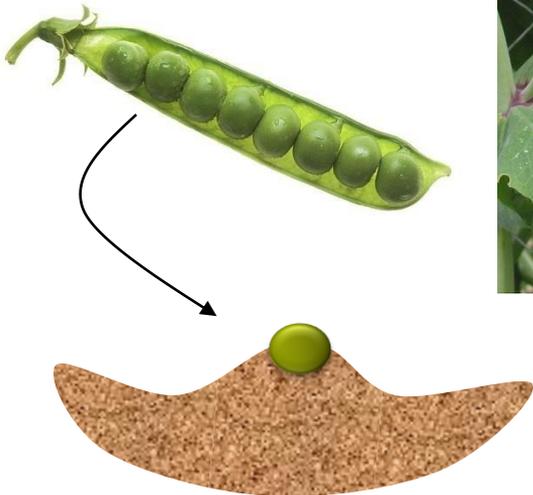


Clique aqui

Técnica de como Mendel realizava a fecundação cruzada em ervilhas

Mendel chamou de geração F_1 , observando que, todas as plantas resultantes do cruzamento, possuíam flores púrpura e nenhuma era branca. Depois, ele promoveu a autofecundação da F_1 , cultivou as sementes resultantes e chamou essa geração de F_2 . Nessa geração, havia plantas com flores púrpuras e plantas com flores brancas. (3 : 1)

As ervilhas eram plantadas,



O ovário desenvolve-se, origina o fruto (vagem)

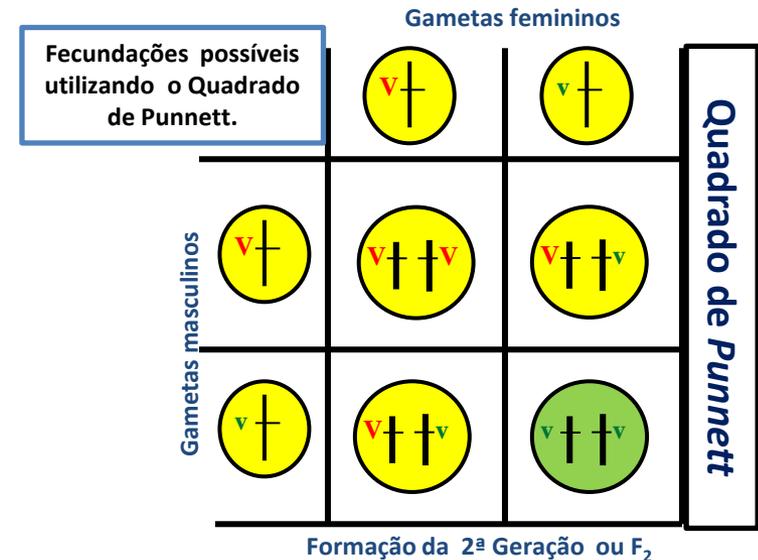
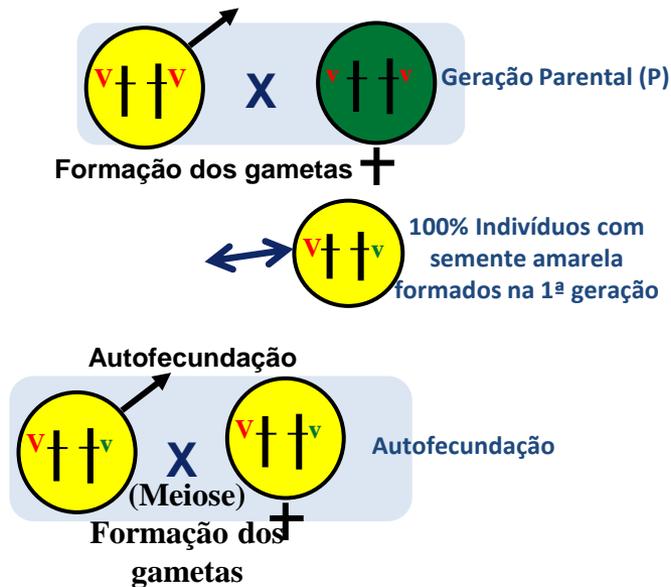
com flor **púrpura** .



Germ inavam , dando origem às novas plantas.

Mendel supôs que, se uma planta tinha semente amarela, ela deveria possuir algum “elemento” ou “fator” responsável por essa cor. O mesmo ocorria com a planta de semente verde.

Com ervilhas puras, Mendel fez um cruzamento, usando a parte masculina de uma planta de semente amarela e a feminina de uma de semente verde. Observe :



A **proporção genotípica** encontrada foi de (1:2:1), ou seja, 1/4 homocigoto dominante (**VV**), 2/4 heterocigoto (**Vv**) e 1/4 homocigoto recessivo (**vv**). A **proporção fenotípica** foi de (3:1) três amarelas para uma verde.

O aparecimento de plantas com semente verde permitiu a Mendel concluir que o fator para a cor verde não tinha sido destruído na F_1 , apenas não se manifestava na presença de outro fator para a cor amarela. Com base nisso, resolveu chamar a característica “cor amarela” de dominante e a característica “cor verde” de recessiva, aqueles em que suas características permaneciam “escondidas” em F_1 e só apareciam na geração F_2 . ([VER TABELA](#))

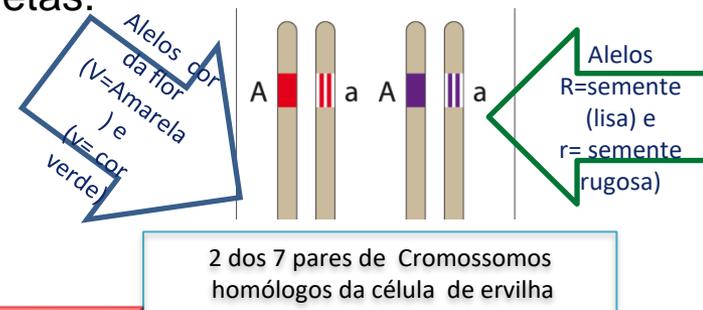
A explicação de Mendel para herança dos sete caracteres de ervilha foi confirmada por outros pesquisadores que deram origem à Primeira Lei de Mendel ou Lei de Monoibridismo .

O enunciado da 1ª lei de Mendel pode ser apresentado assim: **“Cada caráter é definido por um par de fatores que se separam quando um gameta é formado, indo um fator para cada gameta, sendo então, um caráter puro”.**

INTERPRETAÇÃO ATUAL DA PRIMEIRA LEI DE MENDEL

Com base nos conhecimentos atuais sobre [meiose](#), os fatores correspondem aos alelos de um gene, esses alelos se separam na formação dos gametas.

Como a [meiose](#) produz células com apenas um cromossomo do par, cada gameta (haplóides “n”) possui apenas um alelo de cada par. Não há, portanto, “gametas híbridos”. As células do corpo da maioria dos organismos são diplóides (2n).



SAIBA MAIS SOBRE A MEIOSE

Imagem: SEE-PE

Embora as conclusões de Mendel tenham-se baseado em trabalhos com uma única espécie de planta, o princípio enunciado na primeira lei e a 2ª lei, aplica-se a todos os organismos de reprodução sexuada.



Porquinho da índia *Cavia aperea* (20 a 25 cm de comprimento).

Do Cruzamento entre porquinhos-da-índia pretos e marrons, ambos homozigotos:



Resultado do cruzamento $F_1 \times F_1 = F_2$

Proporções fenotípicas na F_2 :

3/4 ou 75% Pelo preto 1/4 ou 25% pelo marrom

Proporções genotípicas na F_2 ;

1/4 homozigoto dominante MM;

2/4 ou 1/2 heterozigotos Mm ;

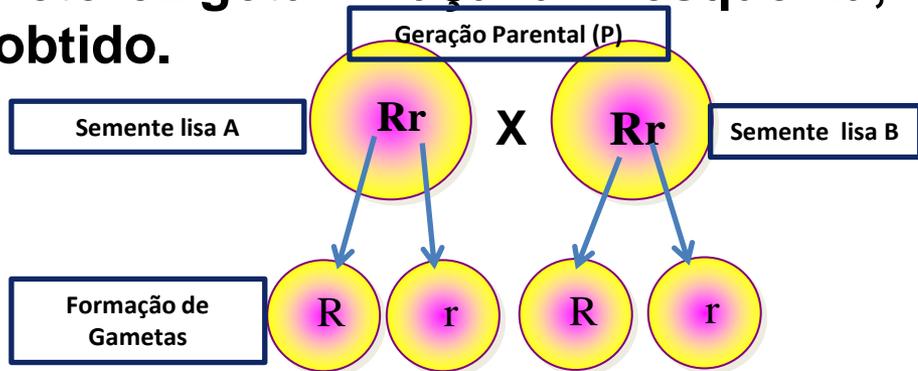
1/4 homozigoto recessivo mm ,ou seja,

1 MM : 2 Mm : 1 mm.

	B	M	m	
Gametas	A			
M	1/4MM 	1/4Mm 		Quadrado de Punnet
m	1/2Mm 	1/4mm 		

Imagens, em ordem de leitura: (a) Morce / Public Domain
 (b) Cavia Porcellus / Ashmedai82 / GNU Free Documentation License
 (c) Caviaklein / Evanherk / GNU Free Documentation License

Em ervilhas, o caráter semente lisa é condicionado por um alelo dominante R, enquanto o caráter semente rugosa é condicionado pelo alelo recessivo r. Quais são as proporções genotípica e fenotípica obtidas na autofecundação de uma ervilha heterozigota? Faça um esquema, indicando como o resultado foi obtido.



GAMETAS do INDIVÍDUO A

	R	r
GAMETAS do INDIVÍDUO B	 LISA	 LISA
	 LISA	 RUGOSA

Quadrado de Punnet

The Punnett square shows the possible genotypes and phenotypes of the offspring. The top row represents the gametes from individual A (R and r), and the left column represents the gametes from individual B (R and r). The resulting genotypes are RR (LISA), Rr (LISA), Rr (LISA), and rr (RUGOSA).

Proporções fenotípicas na F₁;

3/4 ou 75% semente lisa
para 1/4 ou 25% semente rugosa

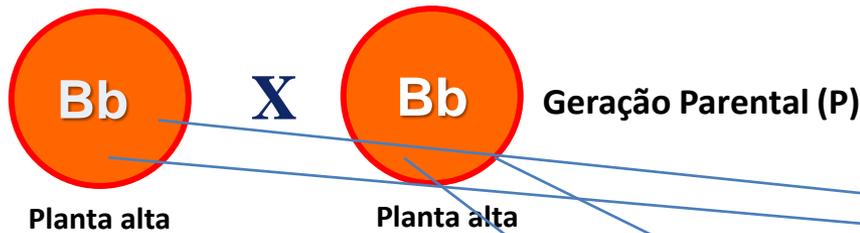
Proporções genotípicas na F₁;



Situação - problema

(PUC-RS) Em uma dada espécie vegetal, o caráter planta alta é dominante sobre o caráter planta baixa, sendo os genes alelos localizados em autossomos. Pelo cruzamento de plantas altas heterozigóticas, obtiveram-se 160 descendentes. Qual o número provável de plantas baixas entre esses descendentes ?

Situação - problema

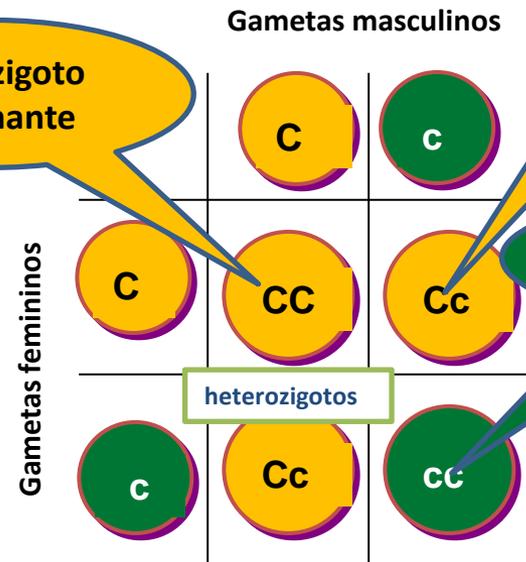
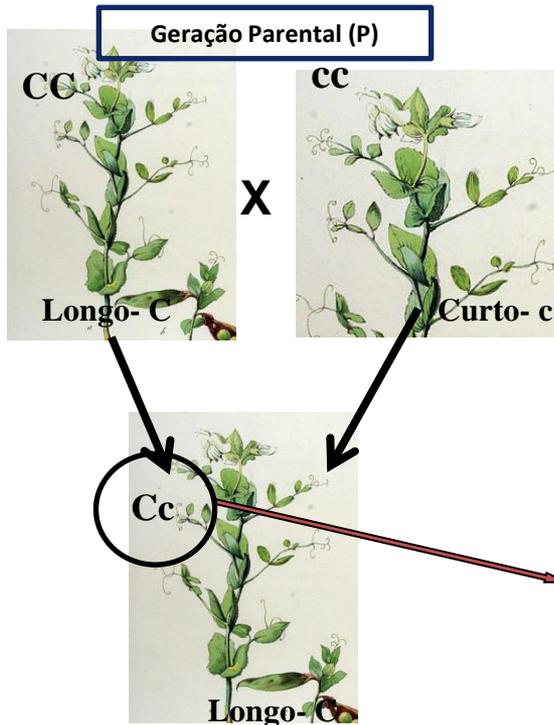


160 x = 80 Plantas baixas
 Total de descendentes

Gametas		B	b	
	B			Quadrado de Punnet
	b			

Qual o resultado do cruzamento entre plantas de ervilhas hastes longas (puras) com plantas de hastes curtas na 1ª geração (F₁)? E na 2ª geração (F₂) ?

Plantas de ervilhas hastes longas são cruzadas com plantas de hastes curtas.



Homozigoto dominante

Heterozigoto

Homozigoto recessivo



Cruzamento entre plantas de hastes longas.

Na F₂ obteve 3/4 das plantas hastes longas. Desta forma, conclui-se que hastes longas são dominantes em relação às hastes curtas.

Resultado na F₁ foi de **100% hastes longas.**

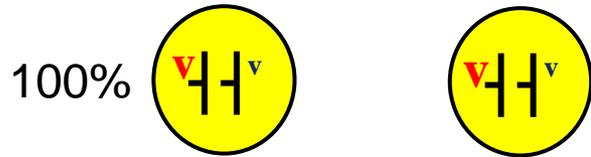
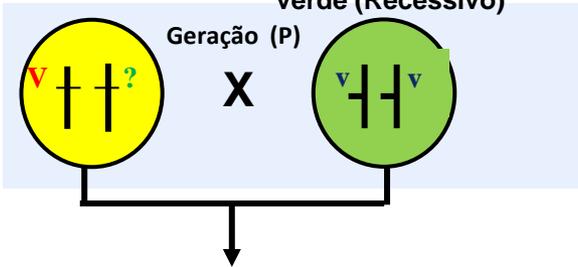
Situação - problema

Cruzamento-teste

Para descobrir se um indivíduo portador de um caráter dominante qualquer é homocigoto ou heterocigoto, basta cruzá-lo com um indivíduo recessivo para o caráter em questão.

1º caso

Planta com Semente de cor amarela; caso, seja homocigoto (VV).

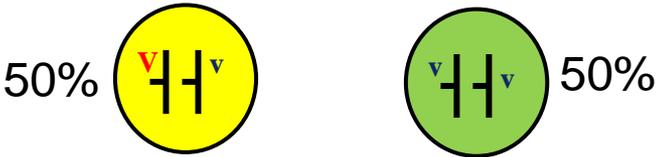
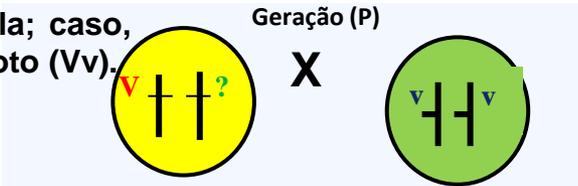


100% de plantas com sementes de cor amarelas

Se obtivermos apenas um tipo de descendente, esse indivíduo de genótipo duvidoso, é dominante puro (VV), ou seja, é HOMOZIGOTO.

2º caso

Planta com Semente de cor amarela; caso, seja heterocigoto (Vv).

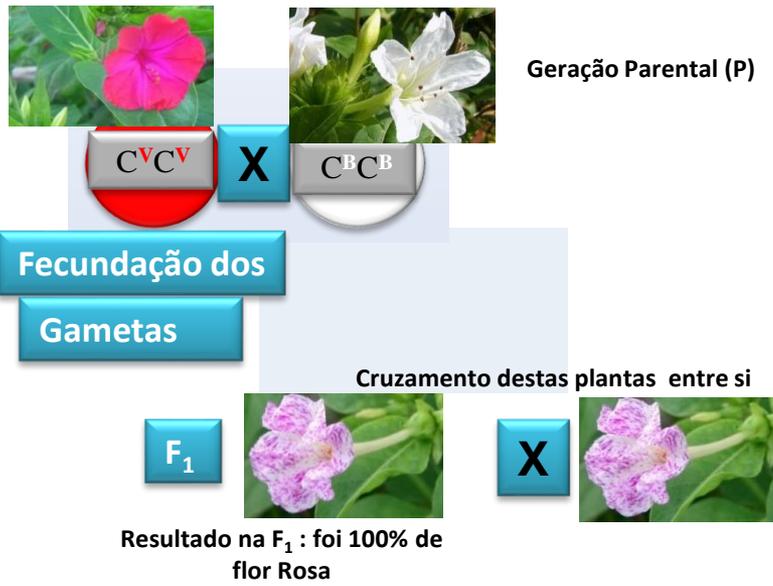


50% das plantas com sementes de cor amarelas e 50% das plantas com sementes verdes

Se obtivermos dois tipos de descendentes, esse indivíduo de genótipo duvidoso será HETEROZIGOTO (Proporção 1:1).

Dominância incompleta

Na planta maravilha (*Mirabilis jalapa*), o resultado do cruzamento de plantas com flores vermelhas e plantas com flores brancas é uma planta com cor rosa, neste caso, não há dominância completa.



Observe o esquema abaixo: Flor *Mirabilis jalapa*

Gametas		

Quadrado de Punnet



Os descendentes, na F₂, terão fenótipo na proporção de:

- 1/4 ou 25% flor de cor vermelha;
- 2/4 ou 50% flor de cor rosa ;
- 1/4 ou 25% flor de cor branca.

Proporções genótípicas na F₂ será de:

1/4 C ^V C ^V	2/4 ou 1/2 C ^V C ^B	1/4 C ^B C ^B
-----------------------------------	--	-----------------------------------

Imagens: (a) Flor vermelha / Public Domain, (b) Flor branca / Wildfeuer / GNU Free Documentation License e (c) KENPEI / GNU Free Documentation License..

Noções de Probabilidade - Introdução

Imagine um casal que tem um filho com uma certa anomalia e deseja saber se um 2º filho poderá ter essa anomalia. A partir da análise da árvore genealógica da família desse casal, podem-se descobrir os genótipos dos pais e calcular a chance do próximo filho ser normal ou ter a anomalia.

Conceituando probabilidade

A teoria da probabilidade é utilizada para estimar, matematicamente, resultados de eventos que ocorrem “ao acaso”. A previsão de resultados é feita com base em grande N° de repetições dos eventos. Podemos conceituar probabilidade (P) como sendo o resultado da divisão do número de vezes em que um determinado evento pode ocorrer (r) pelo n° total de resultados possíveis (n) :

Situação -problema : No lançamento de um dado, qual a probabilidade de obter uma face de número par no 1º lançamento?

O dado tem 6 faces, portanto, o número total

de resultado possíveis n é 6.

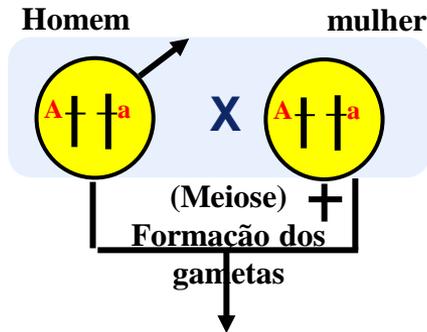
O evento desejado r é o n° par, existem 3 números pares, (2), (4) e (6), portanto, 3 números.

$$P = \frac{r}{n}$$
$$\frac{(2);(4);(6)}{(1);(2);(3);(4);(5);(6)} = 1/2 \text{ ou } 50\%$$

Regra da adição ou do “ou”: quando dois eventos simultâneos se excluem

Quando os eventos são mutuamente exclusivos, a probabilidade de que um ou outro ocorra é a soma das probabilidades de cada um isoladamente.

Situação-problema: Qual a probabilidade de um casal, heterozigoto para determinada característica, ter uma criança de genótipo AA ou aa?



Montando o cruzamento, teremos :

		Gametas femininos		Quadrado de Punnett
		A	a	
Gametas masculinos	A	AA	Aa	
	a	Aa	aa	

Fórmula :

$$P = \frac{r}{n}$$

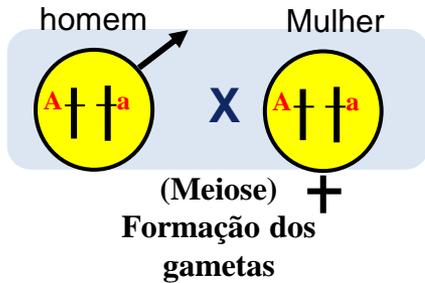
$$\begin{aligned}
 & \frac{r}{n} = \frac{AA + aa}{AA, Aa, Aa, aa} \\
 & \frac{1}{4} + \frac{1}{4} = \frac{2}{4} = \frac{1}{2} = 50\%
 \end{aligned}$$

Regra do “ou”

Regra da multiplicação ou do “E”: ocorrência simultânea de dois eventos independentes (probabilidade de ocorrer um e outro evento)

A probabilidade de um evento ocorrer não afeta a probabilidade do outro evento.

Situação-problema: Qual a probabilidade de um casal, heterozigoto para uma determinada característica, ter uma criança de genótipo AA e Aa?



Montando o cruzamento, teremos :

		Gametas femininos		Quadrado de Punnett
Gametas masculinos				

Fórmula :



Genótipo da criança

r AA



n AA,Aa,Aa,aa



1/4 ou 25%

Regra do “e”

X

Genótipo da criança

r Aa,Aa



n AA,Aa,Aa,aa



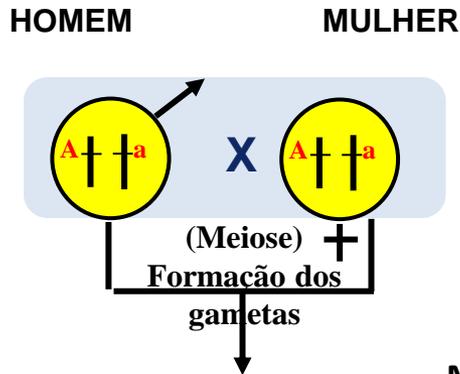
2/4 ou 50%

n (eventos possíveis)

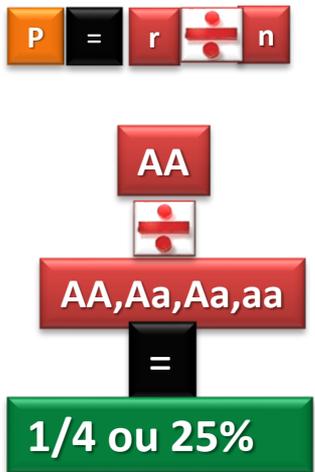


2/16 ou 1/8 ou 12,5%

a) Um casal de heterozigoto para uma determinada característica deseja saber qual a probabilidade de ter uma criança com genótipo homozigoto dominante?



Fórmula :



Montando o cruzamento, teremos :

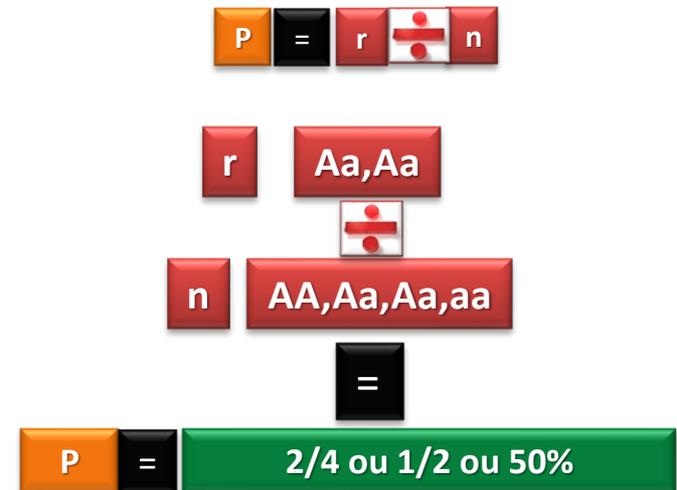
Gametas femininos

			Quadrado de Punnett
Gametas masculinos			

b) Um casal de heterozigoto para uma determinada característica deseja saber qual a probabilidade de ter uma criança com genótipo heterozigoto dominante (Aa)?

Observe o quadrado de Punnett abaixo:

Fórmula :



Situação -problema

Casos de probabilidade condicional

A probabilidade de obter um resultado que depende de outro conhecido é chamada de **PROBABILIDADE CONDICIONAL**.

Situação-problema: Qual a probabilidade de uma semente amarela na geração F_2 de Mendel ser heterozigota?

As proporções genótípicas na F_2 esperada entre indivíduos heterozigotos da F_1 são:

1/4 homozigoto dominante (**AA**);

2/4 ou 1/2 heterozigotos (**Aa**);

1/4 homozigoto recessivo (**aa**), portanto, a resposta é 1/2 .

Se perguntássemos qual a probabilidade de uma semente amarela **ser heterozigota**, a resposta não seria 1/2.

Observe no quadrado de Punnett abaixo que há 2 resultados em 3 que levam à formação de uma semente amarela heterozigota; porque já temos a informação de que a semente não é verde. **Clique e veja na animação.**

1/3 homozigoto dominante (**AA**). ←

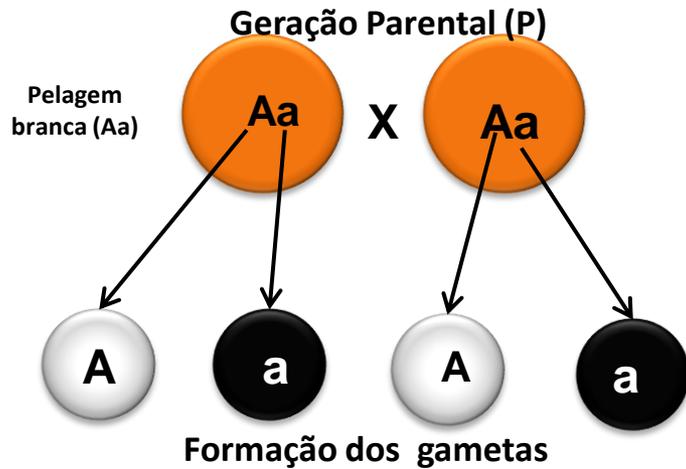
2/3 heterozigoto (**Aa**). ←

Eliminando essa possibilidade, chegamos ao resultado de 2/3.

		Gametas masculinos		Quadrado de Punnett
		A	a	
Gametas femininos	A	AA	Aa	ELIMINANDO A COR VERDE.
	a	Aa	aa	

GENES LETAIS A manifestação fenotípica de alguns alelos é a morte do indivíduo, seja durante o desenvolvimento embrionário ou no período pós-natal, tais alelos são denominados de letais.

Situação-problema - Em determinado tipo de camundongo, a pelagem cinza é condicionada pela presença do gene (A) que é letal em Homozigose. Seu alelo recessivo (a) condiciona pelagem marrom. Para os filhotes vivos de um cruzamento de um casal heterozigoto, esperam-se as seguintes proporções de camundongos de pelagem marrom com genótipo heterozigoto é de :



Resultado:



Indivíduo em homozigoto dominante (determina a sua morte). Não deve ser contado.

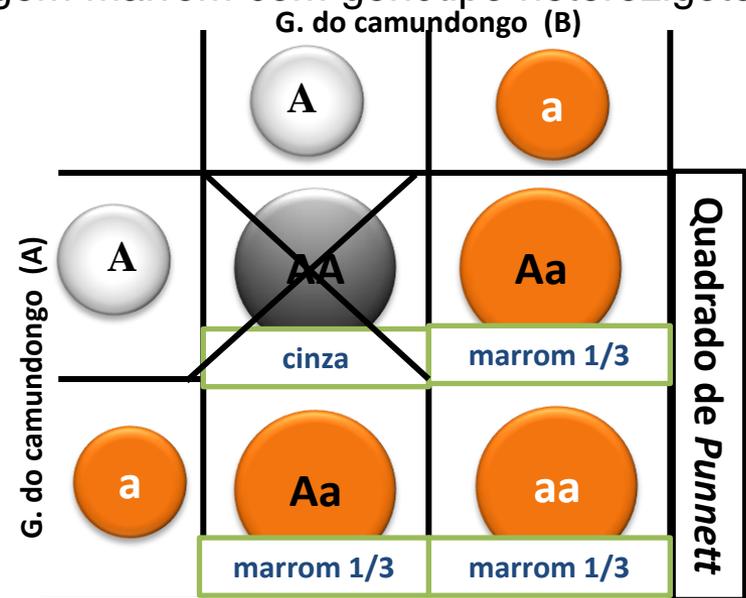


2/3 pelagem branca e genótipo heterozigoto



1/3 pelagem preta e genótipo homozigoto recessivo

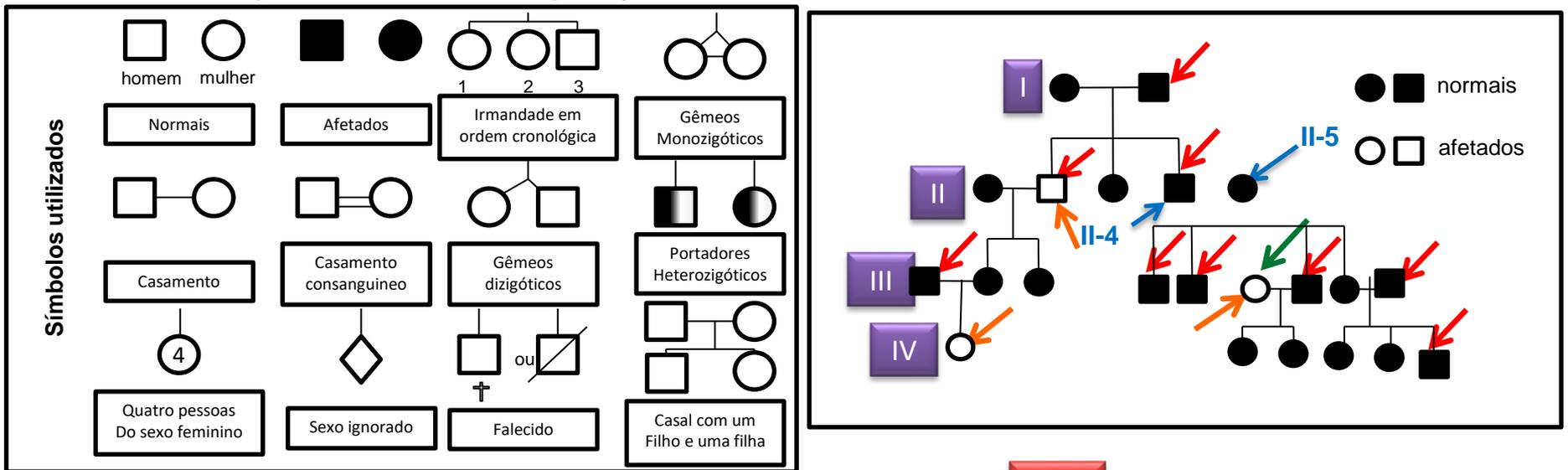
De 2/3 de heterozigoto.



Genes letais, no ser humano, causadores da fibrose cística, doença de Huntington e doença de Tay-Sachs([web-site](#)).

Heredograma ou pedigree são representações gráficas de indivíduos dentro de uma família. Também denominados de árvores genealógicas, através deles é possível descobrir se uma determinada característica é ou não hereditária.

1. No heredograma abaixo, as gerações I, II, III e IV são :



a) Quantos homens estão representados nessa genealogia? **09**

b) Quantas mulheres estão representadas? **13**

c) Quantos indivíduos estão representados? **09 + 13 = 22**

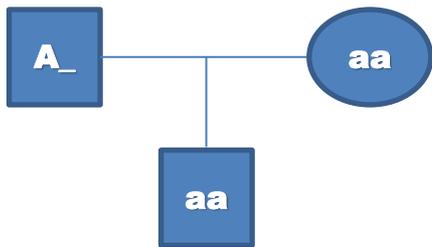
d) Quantos indivíduos normais? **03**

II - 4 e II - 5;

e) Indique (pelos respectivos números) qual casal possui o maior número de descendentes.

f) Qual a fêmea normal a partir do casal II - 4 e II - 5 ? **III - 6**

Um homem normal, filho de pais heterozigotos, casa-se com uma mulher albina. Qual a probabilidade de nascer um filho albino? Observe o esquema a abaixo:



Pelo esquema, vemos que o homem pode ser homozigoto ou heterozigoto.

Se for homozigoto (AA), não terá filhos albinos.

Há uma condição imposta no problema: para ter filho albino, **ele tem que ser HETEROZIGOTO “hibrido” (Aa)**.

Eliminando a probabilidade de ser aa, ficando apenas 1/3 para normal puro (AA) e **2/3 para normal híbrido (Aa)**.

Resolução :

Se for heterozigoto (Aa), a chance de nascer um filho albino no casamento com uma mulher albina é de :

Aa x aa: 1/2 (Aa) X 1/2 (aa): Filho albino é de 1/2 .

Como há dois eventos que precisam ocorrer simultaneamente - **Ser HETEROZIGOTO e ter filho ALBINO .**

P = r ÷ n

Ser híbrido
 r = 2 possibilidades
 n = 3 possibilidades
 = 2/3

Ser albino, filho de um casal (Aa) com (aa)
 r = 1 possibilidade (eventos desejados)
 n = 2 possibilidades (eventos possíveis)
 = 1/2

“e”
 = 2/3 x 1/2 = 2/6 OU 1/3 ou 33%

		Gametas masculinos		Quadrado de Punnett
		A	a	
Gametas femininos	A	AA 1/3	Aa 1/3	
	a	Aa 1/3	aa ELIMINADO indivíduo albino	

a) A probabilidade de um casal heterozigoto para um gene recessivo que causa o albismo (falta de síntese de melanina no indivíduo) ter dois filhos (não importando o sexo) normais é de:



3/4 de descendentes
Normais (AA ,Aa e Aa)

Aa X Aa = 9/16 ou 56,25 % normais
 3/4 X 3/4

b) Qual a probabilidade deste casal mencionado na questão anterior ter :

- 1 - Quatro crianças albinas?
- 2 - Uma criança albina e do sexo feminino?
- 3 - Uma criança normal heterozigota e do sexo masculino?

Resposta 1.

aa aa aa aa = 1/256 normais ou 0,39%
 1/4 X 1/4 X 1/4 X 1/4

Resposta 2 (Leia a pergunta da questão letra b).

Albino (aa) menina
 1/4 X 1/2 =
1/8 normais ou 12,5%

Resposta 3 (leia a pergunta da questão letra b)

Normal (Aa) menino
 3/4 X 1/2 =
3/8 normais ou 37,5%

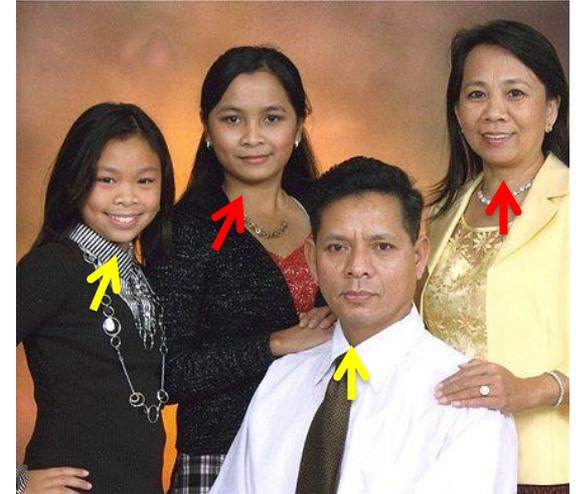
Situação -problema

Segunda lei de Mendel ou diíbridíssimo

O queixo da mãe e o nariz do pai

Carlos Drummond de Andrade (1902-1987), grande poeta brasileiro, diz em um trecho do poema 'Resíduos' (<http://www.algumapoesia.com.br/drummond/drummond39.htm>):

**“Pois de tudo fica um pouco
Fica um pouco de teu queixo
no queixo de tua filha”**



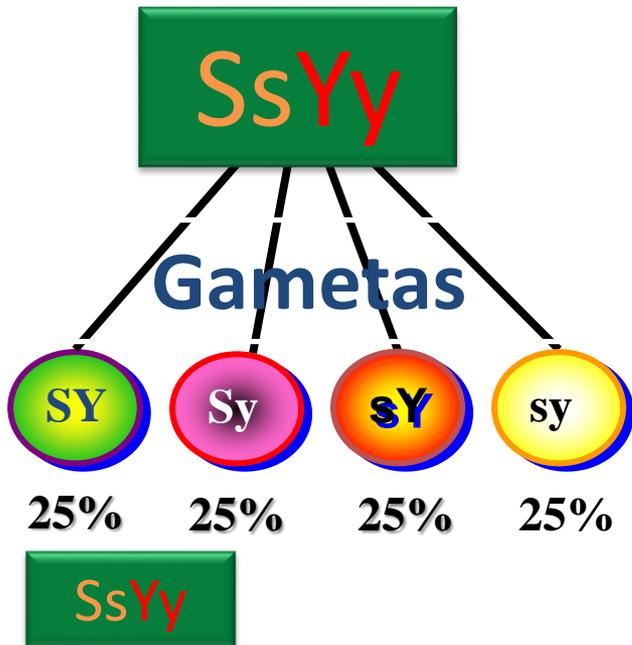
Mendel passou a estudar dois pares de caracteres de cada vez. Para realizar essas experiências, Mendel usou ervilhas de linhagens puras com sementes amarelas e lisas e ervilhas também puras com sementes verdes e rugosas .

Essa **segunda lei de Mendel**, também chamada de lei da recombinação, pode ser assim enunciada: **“Em um cruzamento em que estejam envolvidos dois ou mais caracteres, os fatores que determinam cada um se separam (se segregam) de forma independente durante a formação dos gametas, se recombinam ao acaso e formam todas as combinações possíveis”**.

Dependendo da quantidade de pares de genes envolvidos, a transmissão é denominada de: **Diíbridíssimo (2); tri - (3) ou poliíbridismo (vários pares)**.

Situação - problema

Observe que na distribuição dos alelos nos gametas de um indivíduo, ocorre a formação de 4 tipos de gametas, com genótipos diferentes. Isso ocorre porque para várias características **também ocorre segregação independente dos genes para formação dos gametas.**



$n = \text{Número de híbridos} = 2 \quad n = 2$

A - Cálculo para o n^0 de gametas :

$2^n = 2^2 = 4$ gametas diferentes

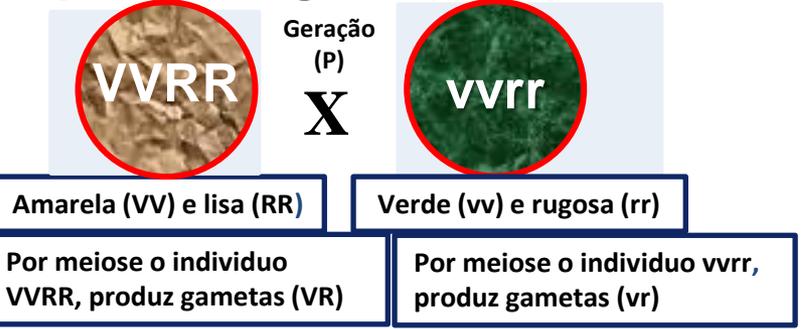
Ocorrência / fórmula (F)	(F)
Número de pares de alelos para os quais há hibridismo	n
Números de tipos de gametas formados pelos híbridos de F_2	2^n
Número de combinações possíveis entre os gametas de F_1	4^n
Números de fenótipos diferentes em F_2	2^n
Número de genótipos diferentes em F_2	3^n

B - Números de tipos de gametas formados pelos híbridos de F_2 . $4^n = 4^2 = 16$ gametas na F_2 .

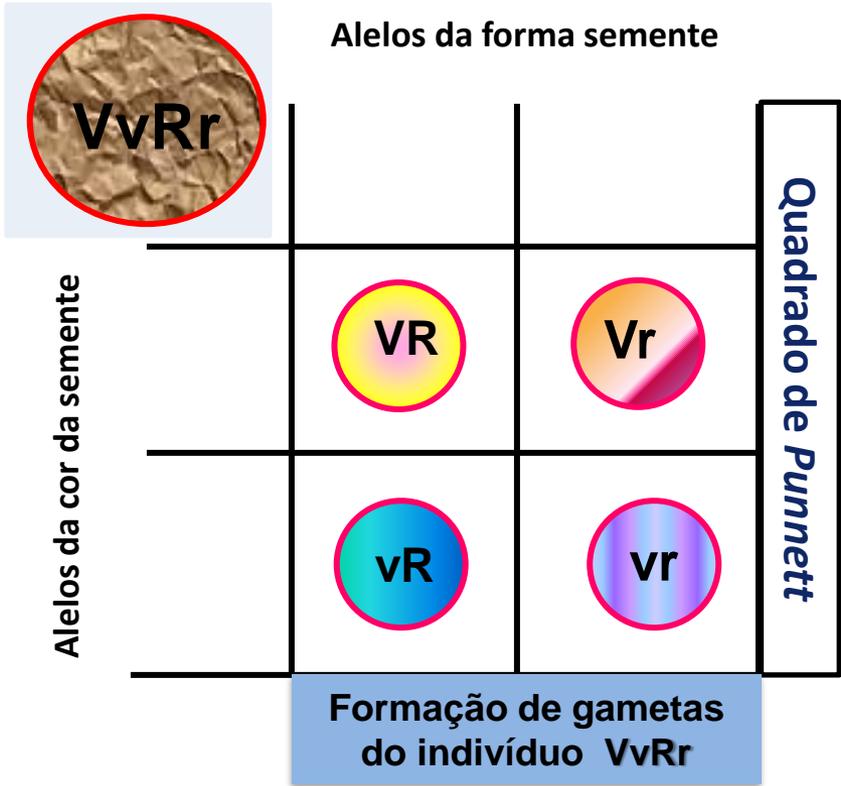
D - Número de genótipos diferentes em $F_2 = 3^n = 3^2 = 9$ genótipos diferentes na F_2 .

C - Números de fenótipos diferentes em $F_2 = 2^n = 2^2 = 4$ fenótipos diferentes na F_2 .

Gregor Mendel cruzou ervilhas puras para semente amarela e para superfície lisa de caracteres dominantes com ervilha de semente verde e superfície rugosa de caracteres recessivos.



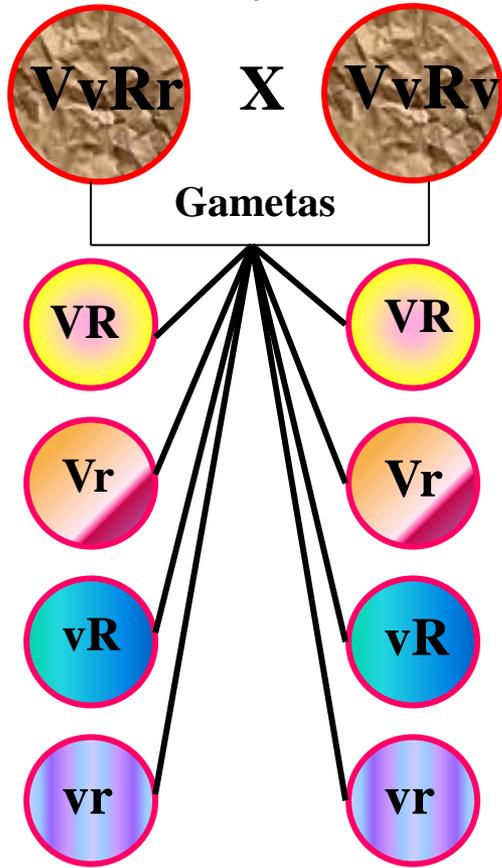
Observe a formação de gametas em um indivíduo duplamente heterozigoto:



Mendel observou, na (F_2), que ocorria a formação de 4 tipos de sementes:

Amarela e lisa (9/16), amarela e rugosa 3/16, verde e lisa 3/16, verde e rugosa 1/16, ou seja,

Uma proporção fenotípica de **9:3:3:1**



	VR	Vr	vR	vr
VR	$SSYY$	$SSYy$	$SsYY$	$SsYy$
Vr	$SSYy$	$SSyy$	$SsYy$	$Ssyy$
vR	$SsYY$	$SsYy$	$ssYY$	$ssYy$
vr	$SsYy$	$Ssyy$	$ssYy$	$ssyy$

Quadrado de Punnett

9 Fenótipos dominantes para as 2 características **S** e **Y** (amarela e lisa).

3 Fenótipos dominantes para a característica **S** (amarela e rugosa)

3 Fenótipos dominantes para a característica **Y** (verde e lisa)

1 Fenótipo recessivo para as duas características **s** e **y** (verde e rugosa).

Cálculos para determinar o nº de gametas do individuo

Situação-problema - Qual o número de gametas produzidos por um individuo com o genótipo (**AABbCcDd**) e quais são?

Quantos são : $2^n = 2^3 = 2 \times 2 \times 2 = 8$
gametas

Fórmula nº de gametas (2^n), $n = 3$
híbridos (Bb, Cc, Dd)

Resolução pelo método árvore das possibilidades

Genótipo AA Bb Cc Dd.

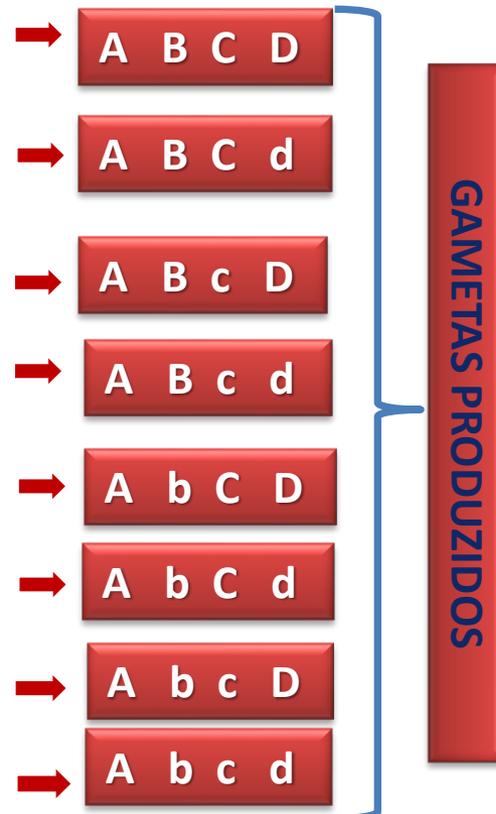


Gametas do individuo

1 ALELO

2 ALELOS

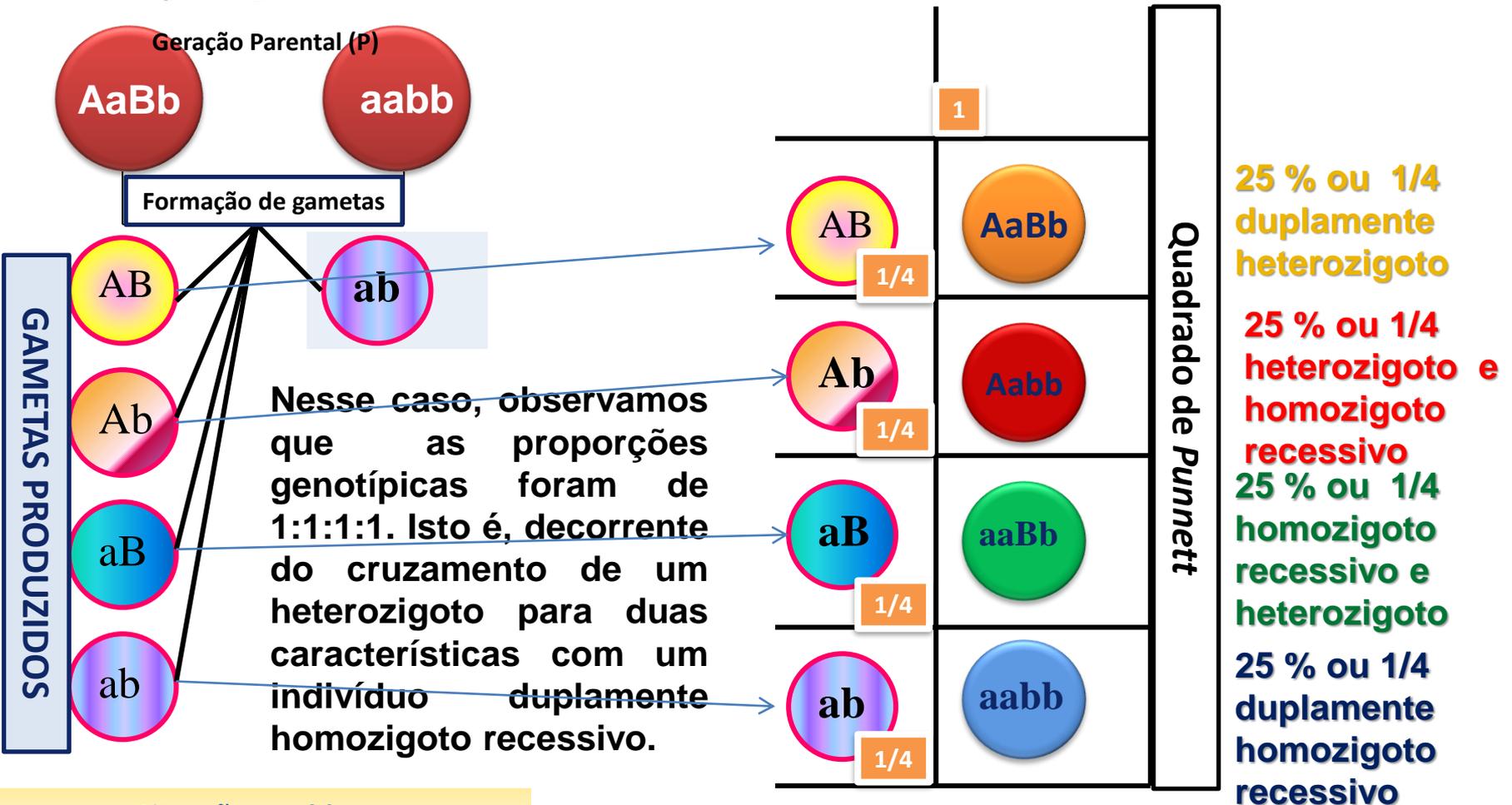
Quais são os produzidos?



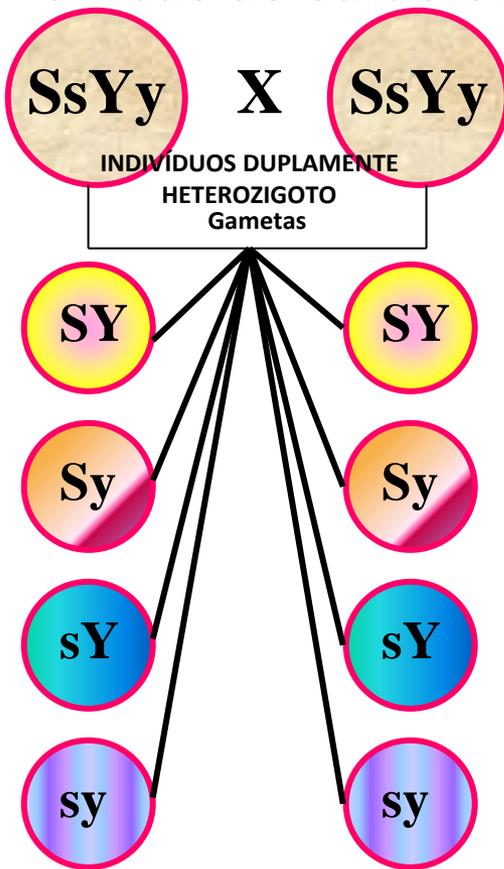
CLIQUE PARA INICIAR AS
POSSIBILIDADES

Próximo slide

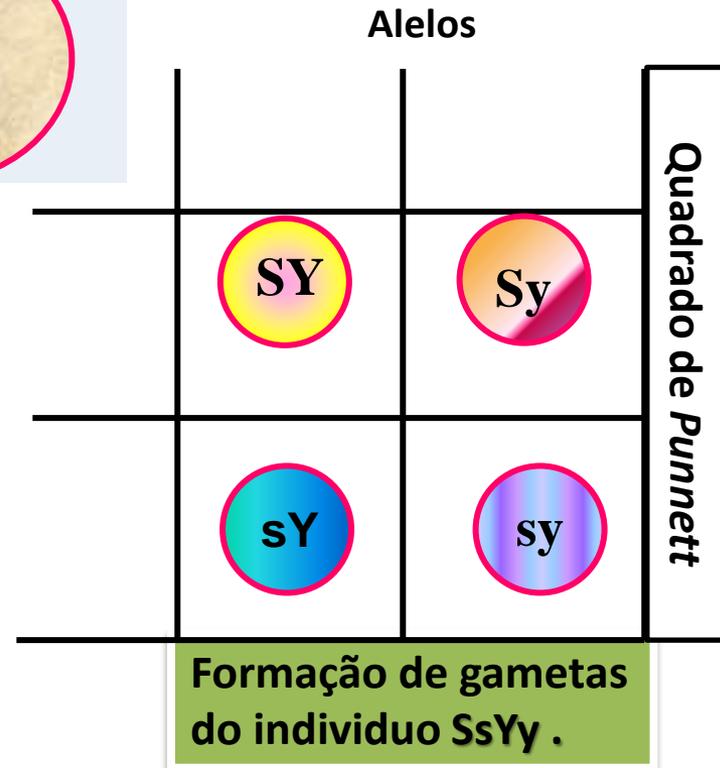
Um indivíduo que apresenta genótipo duplamente heterozigoto é cruzado com outro duplamente homozigoto recessivo, qual a proporção genotípica esperada desse cruzamento?



Considerando o cruzamento entre dois diíbridos, qual a fração dos descendentes que apresentam genótipos heterozigóticos para ambas as características?



Nº de gametas (2^n), portanto, $2^2 = 4$ gametas diferentes, a partir do genótipo SsYy.



[Clique aqui e veja animação da formação dos gametas](#)

Situação -problema

Na F₂ teremos: (animação automática)

9/16 indivíduos apresentam fenótipos dominantes para ambas as características (S_ Y_); (Observe)

3/16 indivíduos apresentam fenótipos, dominantes para 1ª característica e recessivo para 2ª (S_ yy); (Observe)

3/16 indivíduos apresentam fenótipos dominantes para a 2ª característica e recessivo para 1ª (ssY_);(Observe)

1/16 indivíduo com fenótipo recessivo para ambas as características (ssyy) . (Observe)

Gametas	SY	Sy	sY	sy	
SY	SSYY 4	SSYy 6	SsYY 8	SsYy 9	Quadrado de Punnett
Sy	SSYy 3	SSyy 1	SsYy 7	Ssyy 2	
sY	SsYY 2	SsYy 5	ssYY 2	ssYy 3	
sy	SsYy 1	Ssyy 3	ssYy 1	ssyy 1	

Clique e observe a formação de cada genótipo acima.

Próximo slide

Slide anterior

Considerando o cruzamento entre dois diíbridos, qual será a fração dos descendentes que apresentam genótipos heterozigóticos para ambas as características?

São HETEROZIGOTOS os indivíduos :



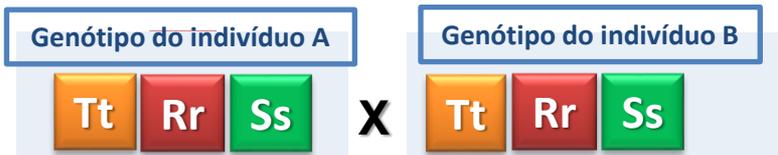
Situação-problema

	 4	 6	 8	 1
	 3	 1	 1	 2
	 2	 1	 1	 2
	 1	 3	 3	 1

Será de 4/16 ou 25 % o percentual de indivíduos que apresentaram caráter duplamente heterozigoto.

Sabe-se que no cruzamento entre dois indivíduos heterozigotos (no caso de dominância completa), sempre obteremos 1/4 de homozigoto dominante; 3/4 heterozigotos e 1/4 homozigoto recessivo e no cruzamento de um indivíduo heterozigoto com um homozigoto (dominante ou recessivo), o resultado será sempre 1/2 para heterozigoto e 1/2 para homozigoto.

a) De acordo com a Segunda Lei de Mendel, se dois indivíduos de genótipos $TtRrSs$ forem cruzados, a proporção de descendentes de genótipo $ttRrSS$ será de:



b) Neste mesmo cruzamento, $TtRrSs$, qual a proporção de descendentes com genótipo $ttRrSs$?



Descendente formado

$$\begin{matrix} \text{tt} & \times & \text{Rr} & \times & \text{SS} & = \\ \frac{1}{4} & & \frac{3}{4} & & \frac{1}{4} & \end{matrix}$$

$$\begin{matrix} \text{tt} & \text{SS} & \text{Rr} \\ \frac{3}{64} & \text{ou} & 4,68\% \end{matrix}$$

Resultado do cruzamento dos indivíduos A e B, será de $3/64$ para esse tipo genótipo.

Descendente formado

$$\begin{matrix} \text{Tt} & \times & \text{Rr} & \times & \text{Ss} & = \\ \frac{3}{4} & & \frac{3}{4} & & \frac{3}{4} & \end{matrix}$$

Resultado do cruzamento dos indivíduos A e B, será de $27/64$ ou $42,18\%$ para esse tipo de genótipo.

Alguns exemplos de herança autossômica na espécie humana.



Albinismo (falta de melanina, característica recessiva).



Lobo da orelha solto ou livre (DOMINANTE)



Lobo da orelha preso ou aderido (RECESSIVO)



Covinha no queixo (DOMINANTE)



polidactilia
Herança dominante.



Capacidade de enrolar a língua U (DOMINANTE)



acondroplasia
Herança dominante.

Uma característica é dita como autossômica dominante quando o gene está localizado em um dos cromossomos autossômicos e se expressar fenotipicamente tanto em homozigose (AA) como em heterozigose (Aa).

E autossômica recessiva quando o gene está localizado em um dos cromossomos autossômicos e se manifesta fenotipicamente somente em dose dupla (homozigose), (aa).

Imagens da esquerda para direita: (a) Muntuwandi at en.wikipedia / GNU Free Documentation License, (b) Earpiercing / Public Domain, (c) Siekierkotka / Public Domain, (d) Mckinley.jpg / Public Domain, (e) Todd Dailey from Santa Clara, CA, United States / Creative Commons Atribuição-Partilha nos Termos da Mesma Licença 2.0 Genérica, (f) Baujat G, Le Merrer M. / Orphanet Journal of Rare Diseases. 2007; 2: 27 / Creative Commons Attribution 2.0 Generic e (g) Kyle Pacek / GNU Free Documentation License.

FIM



ANEXO - Característica da Ervilha (Espécie *Pisum sativum*) **clique para ver imagens.**

Dominante

Recessivo

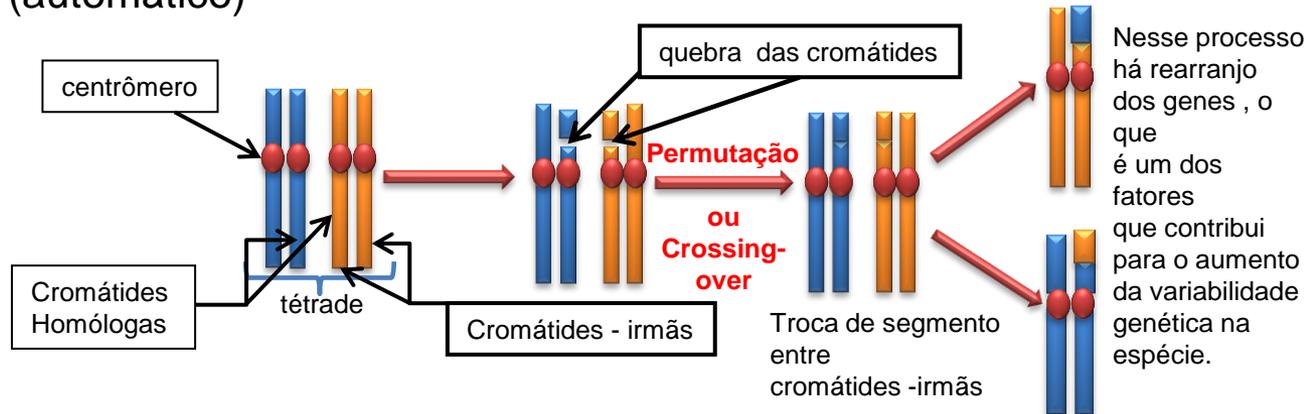
Forma da semente	lisa		rugosa	
Cor da semente	amarela		verde	
Forma da vagem	lisa		ondulada	
Cor da vagem	verde		amarela	
Cor da flor	púrpura		branca	
Posição da flor no caule	Axial (ao longo do caule)		Terminal (na ponta do caule)	
Tamanho da planta Os elementos ilustrados não estão na mesma escala.	Alta Com cerca de 1,9 a 2,2 m De comprimento		Baixa Com cerca De 0,24 a 0,46 m De comprimento)	

Voltar ao slide 1ª lei de Mendel

Próximo slide

Imagens: (a) e (d) Chrizz on sv.wikipedia / GNU Free Documentation License, (b) Ninjatacoshell / GNU Free Documentation License, (c) Apogr / GNU Free Documentation License, (e) e (g) Kurt Stueber / Public Domain, (f) Forest & Kim Starr / Creative Commons Attribution 3.0 Unported, (h) LadyofHats / Adaptação: Giac83 / Public Domain, (i) e (m) Sten Porse / GNU Free Documentation License, (j), (l), (n) e (o) Janus (Jan) Kops / Public Domain.

A **prófase I** é de longa duração e muito complexa. Os cromossomos homólogos se associam formando pares, ocorrendo permuta (crossing-over) de material genético entre eles. Veja a animação (automático)



Metáfase I, há o desaparecimento da membrana nuclear. Forma-se um fuso e os cromossomos pareados se alinham no plano equatorial da célula com seus centrômeros orientados para polos diferentes.

Na **metáfase II**, os dois cromossomos com duas cromátides estão organizados e duplicados no equador celular e prendem-se ao fuso por um único centrômero.

Na **anáfase II**, ocorre a duplicação do centrômeros; só agora as cromátides-irmãs separam-se e migram para os polos da célula.

Na **telófase II**, ocorre a cariocinese e citocinese, forma-se assim 4 células haplóides (n) com um cromossomo de cada par de homólogos (2).

