

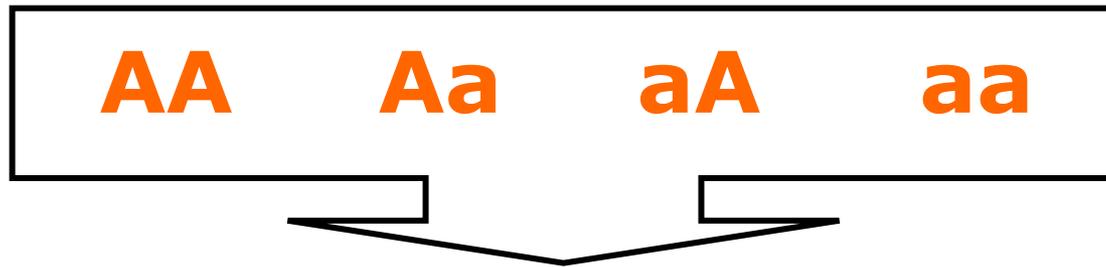
**Universidade Federal de Pelotas**  
**FAEM - DZ**  
**Curso de Zootecnia**  
**Genética Aplicada à Produção Animal**

**Genética clássica: mono, di e polihibridismo, alelismo múltiplo.**

# **A PRIMEIRA LEI DE MENDEL OU PRINCÍPIO DA SEGREGAÇÃO SIMPLES (LEI DA SEGREGAÇÃO)**

**Graças ao modelo matemático proposto por um companheiro de mosteiro, Mendel pode compreender que cada um dos dois aspectos diferenciados de um mesmo caráter era determinado por um fator, que teria que ser combinado aos pares para poder produzir uma descendência, na segunda geração, com uma proporção de 3:1.**

**Deste modo, se o primeiro tipo era determinado por um fator designado pela letra A e o outro tipo era designado pela letra a, seriam possíveis as combinações:**

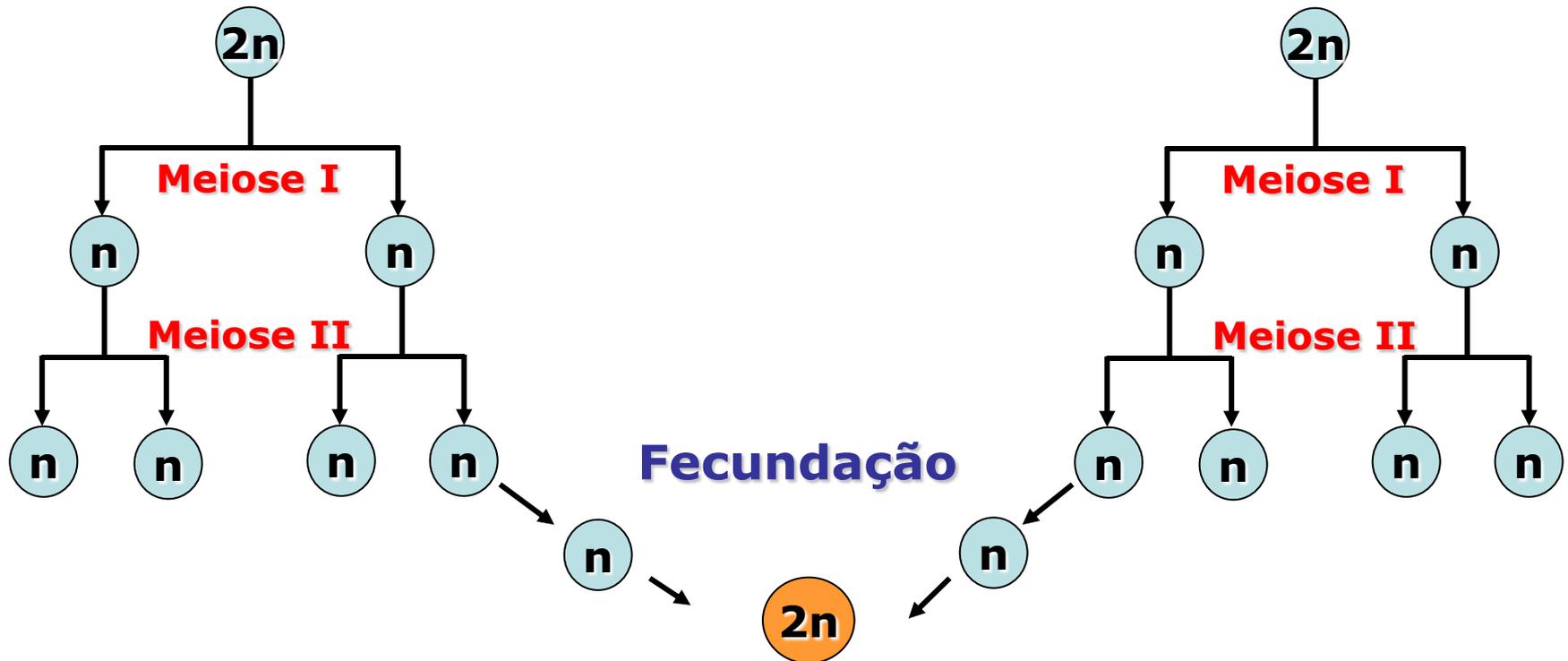


**Em iguais proporções**

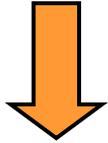
Tal conclusão levou a outra, segundo a qual "A" sendo do tipo dominante e "a" sendo do tipo recessivo, todas as combinações com A pertenceriam ao mesmo tipo (**dominante**) e seriam encontradas numa frequência de **75%**, enquanto o tipo recessivo só estaria representado pela combinação **aa** e se apresentaria numa frequência de **25%**.

	<b>A</b>	<b>a</b>	
<b>A</b>	<b>AA</b>	<b>Aa</b>	
<b>a</b>	<b>Aa</b>	<b>aa</b>	

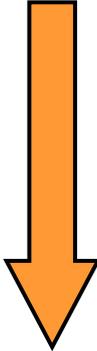
No enunciado do seu primeiro princípio, Mendel fez referência à pureza dos gametas, ou seja, que cada gameta só conteria **um fator determinante da herança** e que ao participar da fecundação, permitiria o seu pareamento com o fator proveniente do outro gameta.



Partindo de tal raciocínio, cada gameta  
teria a:

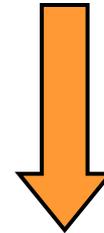


**Metade do número  
de fatores genéticos**



**Carga  
haplóide**

**Demais células deste  
teria o dobro dos  
fatores existentes em  
um dos seus gametas**



**Carga  
diplóide**

**A versão final do princípio enunciado dizia que: “cada caráter é condicionado por um par de fatores que se segrega de uma forma simples ou pura durante a formação dos gametas”.**

# **MONOHIBRIDISMO E DOMINÂNCIA COMPLETA**



## **Herança monofatorial**

**Considerando-se a visão mendeliana, monohibridismo, por conceito, corresponde a mistura de dois fatores genéticos na determinação de um mesmo caráter biológico, sem considerar se tais fatores pareados são semelhantes ou diferentes. No caso de serem semelhantes se diz que o indivíduo é homozigoto, enquanto que sendo diferentes caracterizam o indivíduo heterozigoto.**

# Monohibridismo

Dois  
fatores

```
graph TD; A[Monohibridismo] --> B[Dois fatores]; B --> C[Fator A]; B --> D[Fator a]; C --> E[Um caráter biológico]; D --> E;
```

Fator **A**

Fator **a**

**Um caráter biológico**

**AA**



**aa**



**Homozigotos**

**Aa**



**Heterozigotos**

**Por outro lado, a dominância completa decorre da ação de um fator genético sobre outro, alternativo, que só consegue se manifestar na ausência do primeiro. Assim sendo, os homozigotos podem ser classificados como dominantes ou recessivos, enquanto os heterozigotos, também designados de portadores, são de um único tipo, onde os fatores pareados (hoje conhecidos como alelos) são diferentes entre si.**

**AA**



**Dominantes**

**aa**



**Recessivos**

## Seis tipos de cruzamentos

**Cruzamentos**

**Proporções previstas para F1**

**Genótipos**

**Fenótipos**

**AA x AA**

**1 AA**

**Preto**

**aa x aa**

**1 aa**

**Azul**

**AA x aa**

**1 Aa**

**Preto**

**Aa x AA**

**$\frac{1}{2}$  AA e  $\frac{1}{2}$  Aa**

**Preto**

**Aa x aa**

**$\frac{1}{2}$  Aa e  $\frac{1}{2}$  aa**

**$\frac{1}{2}$  Pretos e  $\frac{1}{2}$   
Azuis**

**Aa x Aa**

**$\frac{1}{4}$  AA,  $\frac{1}{2}$  Aa e  $\frac{1}{4}$  aa**

**$\frac{3}{4}$  Pretos e  $\frac{1}{4}$   
Azuis**

# **MONOHIBRIDISMOS COM PROPORÇÕES ALTERADAS**

**Dominância incompleta ou  
ausência de dominância**

**Co-dominância ou herança  
intermediária**

# **Dominância incompleta ou ausência de dominância**

**Apesar de Mendel só ter conhecido a dominância completa, outros estudiosos conseguiram demonstrar a existência de outros mecanismos de herança no monohibridismo. Um destes mecanismos foi o de **dominância incompleta ou ausência de dominância**, no qual um dos alelos envolvidos na determinação do caráter deixa de se expressar, ou não expressa efeito algum.**

# Na dominância incompleta

Três fenótipos



Três genótipos  $\neq$  s

Nela fica caracterizada a herança intermediária, segundo a qual, o heterozigoto apresenta um produto gênico quantitativamente intermediário às classes extremas dos homozigotos; não admite o uso dos termos dominante e recessivo para qualquer dos homozigotos e é recomendado usar uma notação diferente representada por expoentes numéricos para distinguir os alelos do mesmo gene.

# Exemplo da distribuição dos pêlos no caule dos tomateiros

	$h^1$	$h^2$
$h^1$	$h^1 h^1$ (ausência de pêlos)	$h^1 h^2$ (pêlos esparsos)
$h^2$	$h^2 h^1$ (pêlos esparsos)	$h^2 h^2$ (pêlos abundantes)

## **CO-DOMINÂNCIA ou HERANÇA INTERMEDIÁRIA**

**Outro mecanismo de herança pós mendeliano é o da co-dominância, o qual, a exemplo da ausência de dominância, também proporciona o surgimento de três fenótipos diferentes entre os descendentes de heterozigotos.**

É diferenciado do mecanismo de herança visto anteriormente pelo fato dos fenótipos apresentarem **variação qualitativa** com relação aos produtos de expressão gênica.

A herança dos grupos sanguíneos do Sistema MN constitui um exemplo onde pode ser identificada a presença de dois produtos gênicos diferentes nos heterozigotos.

# A herança dos grupos sanguíneos do Sistema MN

	$L^M$	$L^N$
$L^M$	$L^M L^M$ (grupo M)	$L^M L^N$ (grupo MN)
$L^N$	$L^M L^N$ (grupo MN)	$L^N L^N$ (grupo N)

**Em ambos os casos exemplificados anteriormente, ocorre uma proporção fenotípica igual a proporção genotípica, ou seja, de**

**1 : 2 : 1**

**O que corresponde, em termos percentuais, a 25% para um dos homozigotos, 50% para os heterozigotos e 25% para o outro homozigoto.**

**Além desses casos, também pode ocorrer alelo letal para um determinado caráter, o que pode se refletir na proporção esperada para os descendentes de heterozigotos; se o alelo for letal recessivo, a proporção fenotípica entre os descendentes de heterozigotos será de**

**3 : 0**

**pois os homozigotos recessivos serão eliminados da população;**

**Se o alelo for letal dominante, a proporção fenotípica será de**

**0 : 1**

**pois não ocorrerão as classes de homozigoto dominante e heterozigoto.**

**Convém destacar que o alelo letal pode apresentar ausência de dominância e, neste caso, a proporção fenotípica dos descendentes de heterozigotos será de**

**2 : 1**

**visto que das três classes de combinações genotípicas apenas duas poderão estar representadas entre os indivíduos da população.**



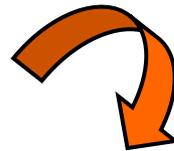
## **DIHIBRIDISMO COM DOMINÂNCIA COMPLETA (Mendeliano)**

**Após realizar experimentos que resultaram no enunciado do Princípio da Segregação Simples, Mendel resolveu combinar duas características por planta de ervilha para verificação dos descendentes e deste modo realizou aquilo que terminou ficando conhecido como **dihibridismo**.**

**Como estudou as mesmas características que havia estudado nos cruzamentos monohíbridos, o dihibridismo mendeliano se caracterizou por um mecanismo de dominância completa para os genes envolvidos.**

Um aspecto diferencial surgido foi o de que a segregação de cada par de gene envolvido era ***independente*** e por isso o princípio resultante ficou conhecido como da **Segregação Independente ou 2ª Lei de Mendel**. Para melhor ilustrar, representamos, em seguida, o cruzamento de ervilhas considerando a cor e a forma do grão .

**Uma característica**



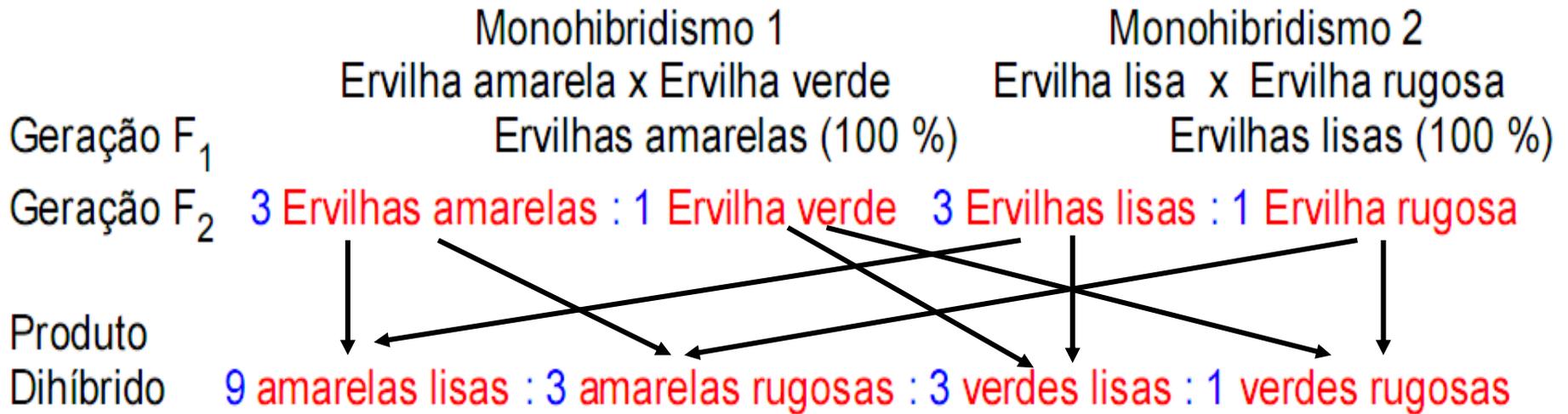
**Duas características**

Geração Parental	Ervilha amarela e lisa	X	Ervilha verde e rugosa	
	VVRR		vvrr	
Geração Filial 1 (F <sub>1</sub> )	Ervilhas amarelas e lisas		(100 %)	
	VvRr (autofecundadas)			
Geração Filial 2 (F <sub>2</sub> )	Ervilhas amarelas e lisas		(56,25 %)	
	VVRR, VvRR, VVRr, VvRr			
	(01)	(02)	(02)	(04)
	Ervilhas amarelas e rugosas		(18,75 %)	
	VVrr, Vvrr			
	(01)	(02)		
	Ervilhas verdes e lisas		(18,75 %)	
	vvRR, vvRr			
	(01)	(02)		
	Ervilhas verdes e rugosas		( 6,25 %)	
	Vvrr			
	(01)			

**Portanto, a proporção fenotípica na geração F<sub>2</sub> de um dihibridismo com dominância completa é de:**

$$9 : 3 : 3 : 1$$

**Com o desenvolvimento da estatística foi possível fazer a previsão dos descendentes de dihíbridos a partir dos produtos das probabilidades dos descendentes dos monohibridismos envolvidos, conforme pode ser visto no esquema a seguir:**



**OBSERVAÇÃO:** Segregação Independente também se aplica aos tri e polihibridismos.

# ALTERAÇÕES DAS PROPORÇÕES FENOTÍPICAS NO DIHIBRIDISMO

Proporção fenotípica na F2 de um cruzamento dihíbrido com **dominância completa**: **9 : 3 : 3 : 1**

No entanto, tal proporção pode ser alterada em função da ocorrência de outros mecanismos de herança envolvidos no dihibridismo, tais como **dominância incompleta, co-dominância, alelo letal, epistasia, etc.**

# Alterações na proporção fenotípica em relação ao dihibridismo mendeliano.

**Situação 1.** Dominância completa no 1º locus    Dominância incompleta no 2º locus

Prop.Fenot.

No Monohibridismo

3 : 1

1:2:1

Prop.Fenot.

No Dihibridismo

3 : 6 : 3 : 1 : 2 : 1

**Situação 2.** Dominância completa no 1º locus    Alelo letal recessivo no 2º locus

Prop.Fenot.

No Monohibridismo

3 : 1

3 : 0

Prop.Fenot.

No Dihibridismo

9 : 3

**Situação 3.** Dominância incompleta no 1º locus    Co-dominância no 2º locus

Prop.Fenot.

No Monohibridismo

1 : 2 : 1

1 : 2 : 1

Prop.Fenot.

No Dhibridismo

1 : 2 : 1 : 2 : 4 : 2 : 1 : 2 : 1

**Situação 4.** Dominância incompleta no 1º locus    Alelo letal recessivo no 2º locus

Prop.Fenot.

No Monohibridismo

1 : 2 : 1

3 : 0

Prop.Fenot.

No Dhibridismo

3 : 6 : 3

**Situação 5.** Epistasia dominante. Ex: Cor do fruto em abóbora

A\_ B\_ 9 + A\_ bb 3 = 12 amarelos

aa B\_ 3 alaranjados

aa bb 1 verde escuro

**Situação 6.** Epistasia recessiva Ex: Cor da flor do feijoeiro macassar (caupi)

A\_ B\_ 9 violeta escuras

A\_ bb 3 violeta claras

aa B\_ 3 + aa bb 1 = 4 brancas

**Situação 7.** Epistasia dominante recessiva Ex: Cor da plumagem das galinhas

$$\begin{array}{ccccccccccc} A\_ B\_ & 9 & + & A\_ bb & 3 & + & aa B\_ & 3 & = & 13 & \text{brancas} \\ & & & & & & aa bb & 1 & & 3 & \text{coloridas} \end{array}$$

**Situação 8.** Epistasia duplamente dominante Ex: Forma da cápsula da semente da planta bolsa de pastor (Bursa pastoris)

$$\begin{array}{ccccccccccc} A\_ B\_ & 9 & + & A\_ bb & 3 & + & aa B\_ & 3 & = & 15 & \text{triangulares} \\ & & & & & & aa bb & 1 & & 1 & \text{ovóide} \end{array}$$

**Situação 9.** Epistasia duplamente recessiva Ex: Surdez congênita em humanos

normal

$$\begin{array}{ccccccccccc} & & & & & & A\_ B\_ & 9 & & & \text{com audição} \\ A\_ bb & 3 & + & aa B\_ & 3 & + & aa bb & 1 & = & 7 & \text{surdos} \end{array}$$

# ALELISMO MÚLTIPLO

Se caracteriza por **três ou mais alelos de um mesmo gene** na população, podendo incluir diferentes mecanismos de ação gênica tais como **dominância completa e co-dominância**.

Um exemplo típico é o que ocorre com o sistema sanguíneo **ABO**, onde cada um dos três grupos que empresta seu nome para o sistema é determinado por um alelo diferente entre três existentes na população.

Na série alélica em questão,  $I^A = I^B > i$ ,  
ou seja  $I^A$  e  $I^B$  são co-dominantes e ao  
mesmo tempo dominam  $i$ . É importante  
frisar que, em organismos superiores  
diplóides, os alelos são combinados dois  
a dois nos indivíduos, como pode ser  
visto no quadro a seguir.

Alelos	Genótipos	Fenótipos
$I^A$	$I^A I^A$ $I^A i$	Grupo A
$I^B$	$I^B I^B$ $I^B i$	Grupo B
$I^A$ e $I^B$	$I^A I^B$	Grupo AB
$i$	$ii$	Grupo O

# **Interação gênica**

**Dois ou mais pares de genes atuam sobre a mesma característica. Caracteriza-se pela relação fenotípica na F<sup>2</sup>.**

**Cristas de galinhas**

# Epistasia

**É o tipo de interação gênica na qual um gene, inibidor ou epistático, impede a manifestação de outro gene, não alelo, chamado hipostático. A dominância é um fenômeno semelhante a epistasia, porém ocorre entre genes alelos, enquanto a epistasia acontece entre genes não alelos.**

# A epistasia pode ser:



# Epistasia dominante

**Nas galinhas o gene C produz pena pigmentada e o alelo c produz pena branca. O gene I é epistático: impede a manifestação do gene C, que nesse caso é hipostático. Atuam no processo 9 genótipos condicionando 2 fenótipos.**

**Fenótipos**

**Genótipos**

**Branca**

**II<sup>CC</sup>**

**IIC<sup>c</sup>**

**Ii<sup>CC</sup>**

**IiC<sup>c</sup>**

**Ii<sup>cc</sup>**

**Ii<sup>cc</sup>**

**ii<sup>cc</sup>**

**Pigmentada**

**ii<sup>CC</sup>**

**iiC<sup>c</sup>**

# Vamos fazer o cruzamento:

**IiCc x IiCc**  
**Branca Branca**

<b>G</b>	<b>IC</b>	<b>Ic</b>	<b>iC</b>	<b>ic</b>
<b>IC</b>				

# Epistasia recessiva

**Em ratos os genes:**

**A** → Cinzenta

**a** → Preta

Entretanto esses dois genes só se manifestam na presença do gene **C**; o par **cc** apresenta efeito epistático, inibindo o gene **A** e **a** e produzindo o rato albino.

**CCaa x ccAA**  
**Preto albino**

<b>G</b>	<b>Ca</b>	<b>Ca</b>	<b>Ca</b>	<b>Ca</b>
<b>cA</b>				

**CcAa** x **CcAa**  
**Cinzento**      **Cinzento**

<b>G</b>	<b>CA</b>	<b>Ca</b>	<b>cA</b>	<b>ca</b>
<b>CA</b>				
<b>Ca</b>				
<b>cA</b>				
<b>ca</b>				