

## **GENÉTICA E MELHORAMENTO DE PLANTAS**

**2025/2026**

**APONTAMENTOS SOBRE METODOLOGIAS GERAIS  
DE MELHORAMENTO DE PLANTAS**

Elsa Gonçalves, novembro 2025

## METODOLOGIAS GERAIS DE MELHORAMENTO DE PLANTAS

Destacam-se os principais tipos de cultivares:

- **clones (CLO); policlonal**
- **linhas puras (LP), multilinhas**
- **variedades de polinização livre (VPL)**
- **variedades híbridas (HIB)**

### **Exemplos:**

**CLO:** videira, oliveira, macieira, pereira, banana, batata, batata-doce, cana de açúcar

**LP:** trigo, cevada, grão de bico, linho, lentilha, ervilhas, soja, tabaco, tomate

**VPL:** leguminosas forrageiras, gramíneas forrageiras, alfafa, milho, azevém perene, centeio, beterraba, pinheiro manso, pinheiro bravo

**HIB:** milho, couve-de-bruxelas, cebola, sorgo, girassol, tomate

**Policlonal:** videira

### **Alguns aspectos de caracterização dos 4 principais tipos varietais e da correspondência com a biologia da reprodução e com a estrutura genética das espécies às quais se aplicam**

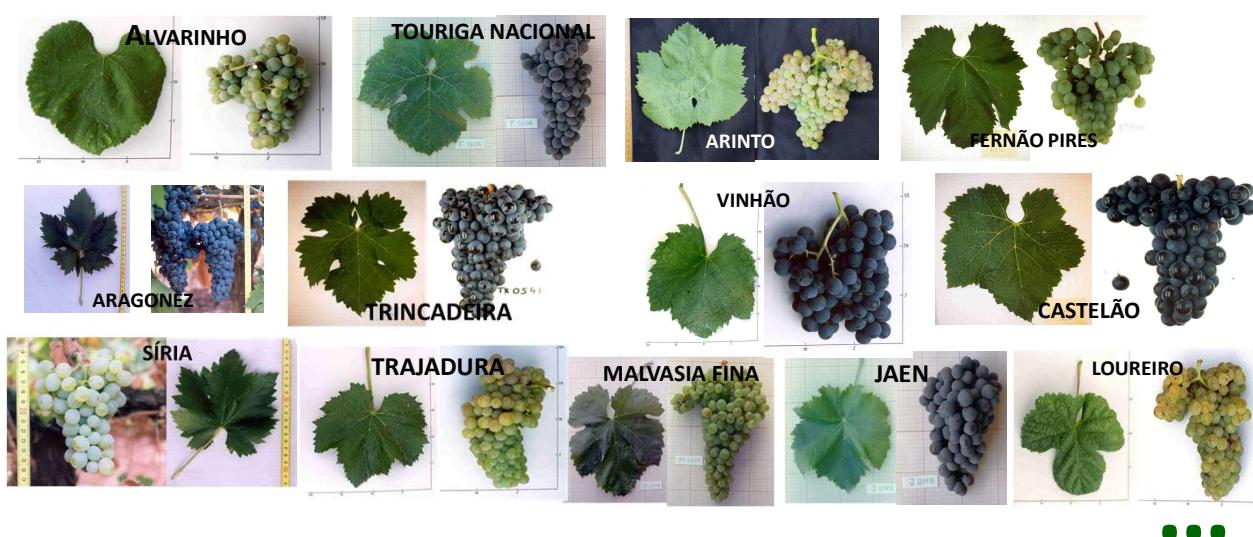
Sistema de fecundação	Ciclo, sistema reprodutivo	Tipo dominante de variedade	Algumas características da cultivar, métodos dominantes de obtenção
Autofecundação	Anuais, reprod. sexual	Linhas puras (LP)	Homozigóticas, homogéneas. Selecionadas em populações segregantes F2 a F7 depois de cruzamentos entre outras LP ou em populações heterogéneas.
Fec. cruzada	Anuais, bienais, perenes, reprod. sexual	Var. pol. livre (VPL)	Heterozigóticas, heterogéneas. Obtidas por alteração das frequências génicas via seleção ou por composição de sintéticos a partir de linhas pré-selecionadas.
	Anuais ou bienais, reprod. sexual	Híbridos (HIB)	Homogéneas, altamente heterozigóticas. Obtidas por cruzamento de linhas selecionadas com vista à produção de vigor híbrido (aptidão combinatória).
Fec. cruzada (ou autofecundação)	Perenes, propagação vegetativa	Clones (CLO) Policlonal	Clones: homogéneas, heterozigóticas. Policlonal: heterogéneas, heterozigóticas Selecionadas em populações ou em gerações segregantes de cruzamentos ou após tratamentos para criar variabilidade de interesse.

## Policlonal e Clones

### Método de obtenção:

Selecionados em populações heterogéneas  
(por exemplo, variedades antigas com variabilidade intravarietal)

### • Exemplos de variedades antigas de videira



## • Exemplos de variedades antigas de macieira

Fichas de Variedades Regionais de Macieiras

Aristides	Maçã Doce
Azeada Grande	Maçã Escura
Branca	Maçã Lixa Corada
Bravo Belo	Santiago
Camoesa Corada	Santiago Vermelho
Camoesa do Queirã	Senador
Camoesa de Forles	Três ao Prato (achatada)
Camoesa Fina	Três ao Prato (IFEC)
Camoesa Pera Velha	Maçã Pipa
Camoesa Riscada	Maçã Porqueira
Camoesa Rosa	Maçã Verde de Inverno
Canaval	Maçã Vermelha PN
Capela	Malápio 1 PF
Casca de Carvalho	Malápio Cunha
Casca Fina	Malápio da Serra
Casca	Malápio do FEC
Cid de Burro	Malápio Pequeno
Cunca	Maria Rosa
Gunha ou Riscadinha	Martim Gil
Docinha	Moleirinha
Durázio	Olho de Boi
Espelho	Padre Inácio 1
Espregia da Abrunhosa	Padre Inácio 2
Espregia	Pardo de Sovinha
Falsa Winter Banana	Pardo Lindo Ácido
Falso Bravo	Pardo Lindo Doce
Figueiro	Pé Curto
Focinho de Porco	Pé de Cera
Gigante do Douro	Pé Burro
Gronho	Pé Camões
Híbrido	Pé da Malveira
Lapa	Pé da Sertã
Leira Estreita Direita	Pé de Coura
Leiriosa	Pé Malápio Pé Torto
Lila	Pé Mello
Lixa da Casa Xavier	Pé Pam
Maçã do Limoeiro	Pé Pau
Maçã Castanha	Pé Pipo
Maçã Cravinhos	Pé Rei
Maçã da Serra	Pé Sousa
Maçã das Malhas	Pé Souza
Maçã das Velhas	Piparote
Maçã de Inverno	Pipo de Basto
	Polinizadora da Golden



Fonte: Variedades regionais de macieiras. Coleção da Estação Agrária de Viseu. Direcção Regional de Agricultura e Pescas do Centro, 2014.

## • Exemplos de variedades antigas de Pereira

Bela de Junho
Boticas
Inverno
Coradinha
Fim de século
Malheira
Marmela
Nacional
Pêra Cabaça
Pêra Joaquina
Pêra Marmelo
Pérola
Rosadinho
Rugosa
...



Fonte: Pomóideas Regionais.  
[https://www.drapc.gov.pt/base/documentos/pomoideas\\_varietais.pdf](https://www.drapc.gov.pt/base/documentos/pomoideas_varietais.pdf)

## • Exemplos de variedades antigas de Oliveira

Cobrançosa  
Cordovil  
Galega  
Madural  
Negrinha  
Cornicabra  
...



### • Variabilidade dentro da variedade (intra-varietal) :

Se existir variabilidade genética  
intravarietal,



**então existe matéria-prima disponível  
para realizar a seleção**

- **Variabilidade intravarietal** (a variabilidade genética dentro de cada uma das variedades antigas)

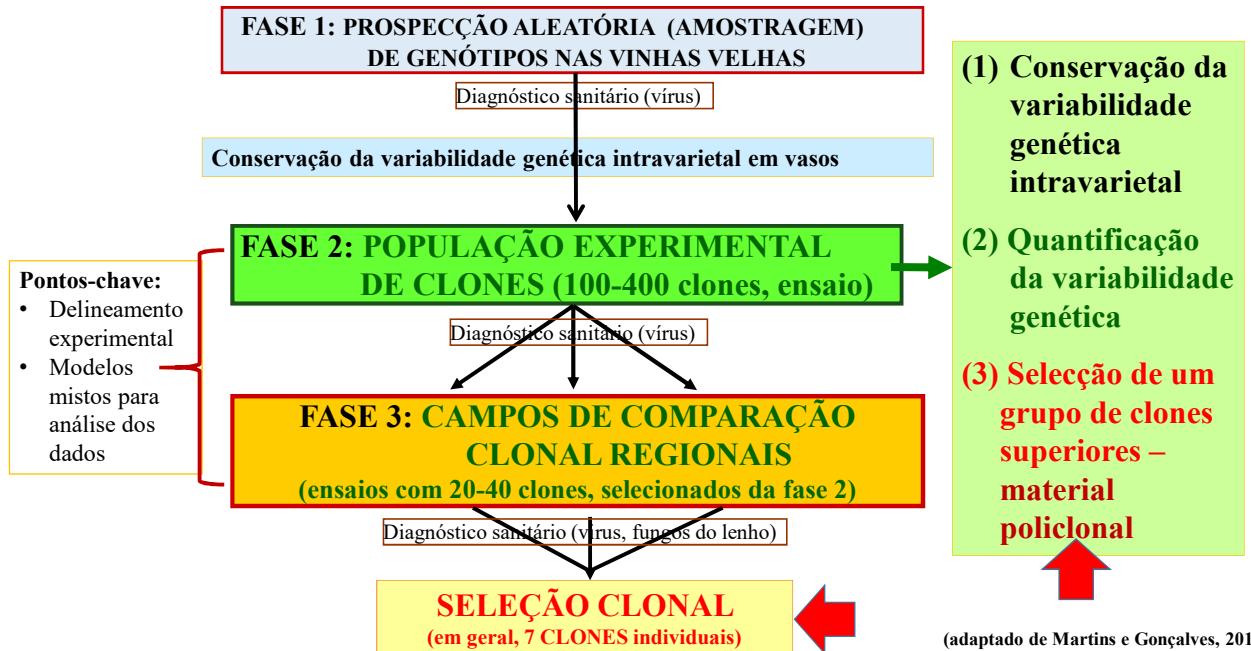
A variedade começou por ser geneticamente homogénea: um genótipo sucessivamente multiplicado por via vegetativa. Mas, à escala da produção de milhões de plantas a partir de uma planta original, durante centenas ou milhares de anos, a variedade criou no seu interior elevada diversidade intravarietal (essencialmente por micromutações de características quantitativas).

□ É por vezes mal compreendida, porque apesar de morfologicamente semelhantes, as plantas de uma mesma variedade são geneticamente diferentes relativamente às características com importância económica, isto é, as que realmente contam para a produção e para a qualidade (características quantitativas).

**Exemplo:**

**o caso tipo da metodologia de seleção da videira em Portugal**

## Esquema geral da metodologia conservação e seleção da videira desenvolvida em Portugal



## METODOLOGIA DE SELEÇÃO: diferenças substanciais face a outras de uso corrente no mundo vitivinícola

Explora toda a variabilidade intravarietal da casta

Separa a diversidade determinada geneticamente (herdável)

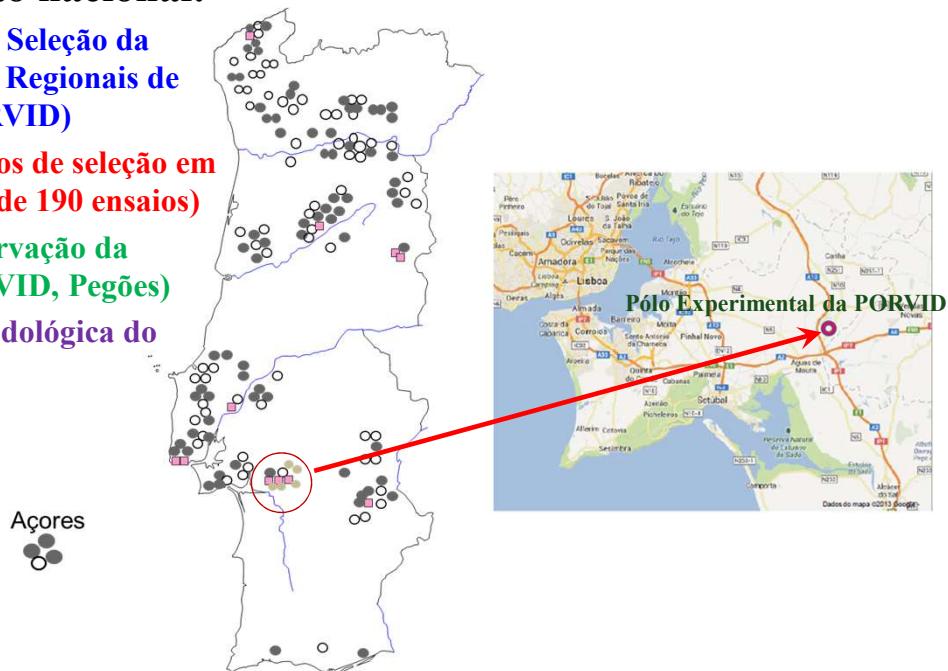
Prevê o ganho genético de seleção

Avalia a interacção genótipo×ambiente (GxE)

Termina com dois tipos de material selecionado: policlonal e clonal

## Uma colaboração nacional:

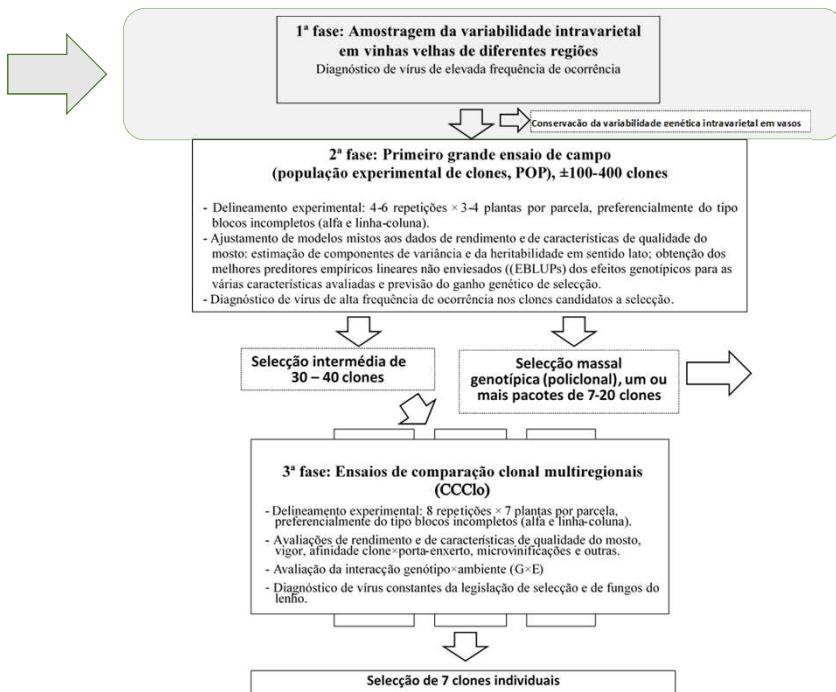
- “Rede Nacional de Seleção da Videira” (Direções Regionais de Agricultura e PORVID)
- Uma rede de ensaios de seleção em todos o país (mais de 190 ensaios)
- Um Pólo de Conservação da Diversidade (PORVID, Pegões)
- Coordenação metodológica do ISA/UL



A metodologia seleção e conservação  
da videira desenvolvida em Portugal,

passo a passo

(adaptado de Martins e Gonçalves, 2015)



## FASE 1: PROSPEÇÃO ALEATÓRIA (AMOSTRAGEM) DE GENÓTIPOS NAS VINHAS

**Objectivo:** obter uma amostra representativa da variabilidade intravarietal da casta

- A prospecção deverá ser realizada em todas as regiões onde a casta é cultivada desde há muito, segundo algumas regras.
- Metodologia de prospecção uniforme a nível nacional

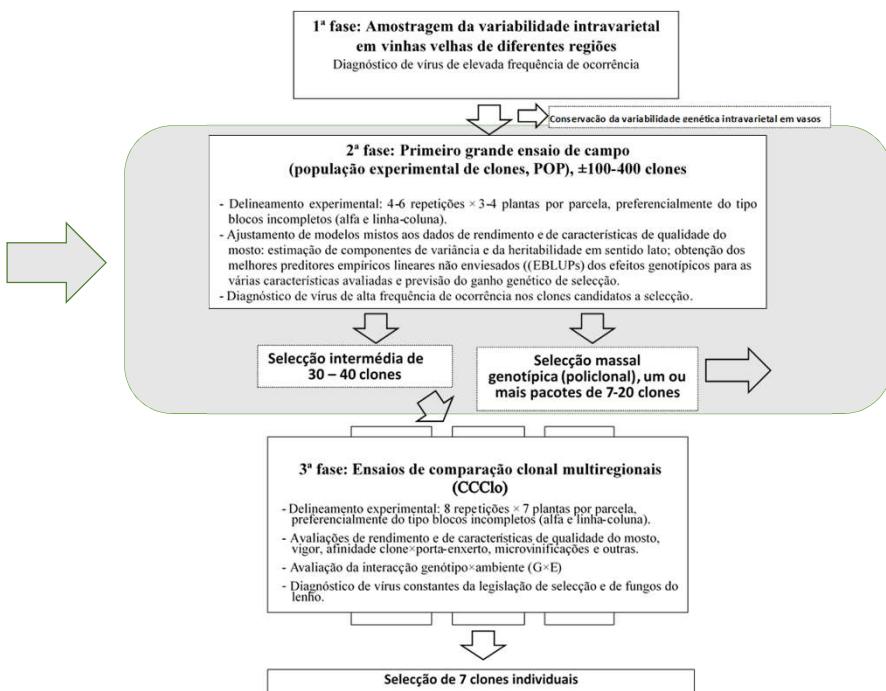


## □ Prospecção (amostragem) da variabilidade genética intravarietal das castas autóctones em todas as regiões

### □ Algumas regras:



- vinhas >40 anos
- muitas vinhas (min. 20/região)
- poucas plantas de cada casta por vinha, afastadas
- vinhas não relacionadas (pela geografia, pela propriedade, pelo fornecedor de garfos...)
- são eliminadas as plantas com sintomas de vírus e de fungos do lenho; nas plantas marcadas são colhidas amostras para diagnóstico do vírus do enrolamento tipo 3 (vírus com maior frequência de ocorrência em Portugal)
- dimensão da amostra: pelo menos 70 genótipos por região de cultura antiga.



## **FASE 2: POPULAÇÃO EXPERIMENTAL DE CLONES (POP) (100-400)**

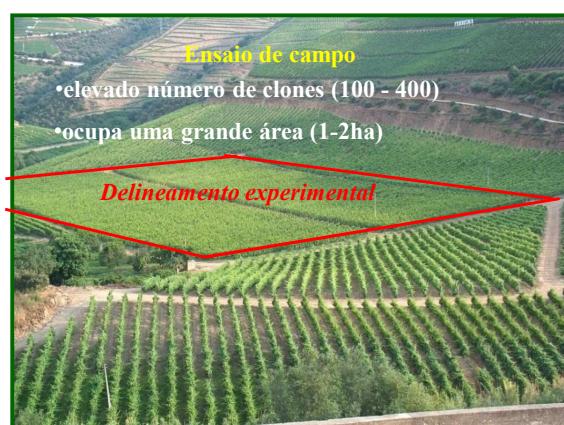
### **□ OBJECTIVOS**

- (1) Conservação/guarda da variabilidade genética intravarietal no campo**
- (2) Quantificação da variabilidade genética intravarietal**
- (3) SELECÇÃO COM GANHOS ELEVADOS E PREVISÍVEIS:  
SELECÇÃO MASSAL GENOTÍPICA (seleção policlonal)**

## **FASE 2: POPULAÇÃO EXPERIMENTAL DE CLONES (POP)**

**□** É o primeiro ensaio de seleção, onde se encontra representada a variabilidade genética da casta. Por isso, trata-se de um ensaio:

- com elevado número de clones (100 - 400)
- que ocupa uma grande área (1-2ha)
- que necessita de um delineamento experimental adequado ao controlo da heterogeneidade espacial (preferencialmente delineamentos pertencentes à classe dos delineamentos em blocos incompletos: delineamentos alfa, delineamentos linha-coluna)



**FASE 2: POPULAÇÃO EXPERIMENTAL DE CLONES (POP)**

□ **Que avaliações?** agronómica e enologicamente importantes, mas suficientemente expeditas, ainda que rigorosas, para poderem realizar-se em ensaios de muito grande dimensão.

**O que é habitual:** rendimento, peso do bago, características de qualidade do mosto (grau brix, acidez total, pH, antocianas, fenóis totais), mas outras poderão ser consideradas (tolerância aos stressses abióticos e bióticos).

□ **Após a obtenção dos dados**

Os modelos de análise (modelos mistos): obtenção das estimativas das componentes de variância, heritabilidade em sentido lato, dos melhores preditores empíricos lineares não enviesados dos efeitos genotípicos e previsão do ganho genético.

**FASE 2:  
POPULAÇÃO  
EXPERIMENTAL  
DE CLONES (POP)**

**Quantificação da  
variabilidade  
genética  
intravarietal**

**Ex.: rendimento**

Casta	CV <sub>G</sub>	Casta	CV <sub>G</sub>	Casta	CV <sub>G</sub>
Seara Nova	6.9	Cercial do Douro	20.1	Negra Mole	38.9
Jaen	7.2	Espadeiro	20.5	Rabo de Ovelha	40.2
Avesso	9.6	Antão Vaz	20.8	Sercial	42.9
Bical	12.6	Alvarinho	22.2		
Fonte Cal	13	Moscatele Galego	22.2		
Encruzado	13.3	Bastardo	22.4		
Touriga Franca	13.8	Moscatele de Setúbal	23.7		
Alfrocheiro	14	Touriga Nacional	24.4		
Ratinho	14.9	Malvasia de Colares	24.5		
Castelão	15	Amaral	24.6		
Cercial	15	Viosinho	25.5		
Tinto Cão	15.3	Fernão Pires	26.5		
Azal Branco	15.5	Baga	28.2		
Trajadura	15.8	Loureiro	29.5		
Vinhão	16.4	Tinta Caiada	29.8		
Borraçal	16.7	Tinta Miuda	29.9		
Dona Maria	16.8	Rabigato	30.7		
Ramisco	16.8	Rufete	30.8		
Trincadeira Preta	17	Vital	30.9		
Camarate	17.6	Síria	32.2		
Tinta Barroca	17.6	Arinto	32.9		
Aragonez	17.9	Tinta Francisca	33.2		
Alvarelhão	18.4	Malvasia Fina	34.4		
Jampal	19.4	Molar	37.8		

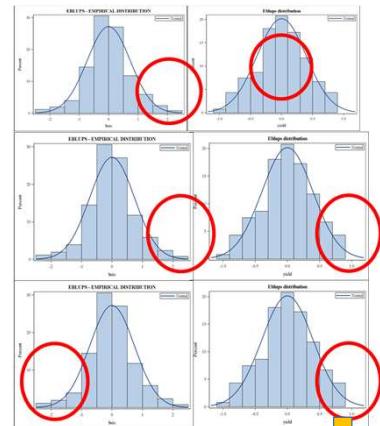
- Estudar a variabilidade genética da característica na população,

$$CV_G(\%) = \frac{\hat{\sigma}_g}{\text{média geral}} \times 100$$

## Material selecionado policlonal

(seleção massal genotípica)

- Obtenção rápida (5-6 anos após a instalação do ensaio).
- Conjunto de  $12 \pm x$  clones (mínimo 7 clones; mais comum 12 clones; geralmente máximo de 20 clones), selecionado com uma metodologia de base genética/estatística.
- Resulta do controlo rigoroso da variabilidade aleatória e da exploração da variabilidade genética intravarietal.
- Permite ganhos elevados e previsíveis no acto da seleção.
- Flexibilidade dos critérios de seleção (podem existir vários tipos de material policlonal).
- É ambientalmente estável (pouco sensível à interacção genótipo X ambiente).



**Ganho genético de seleção (R).** A parte da diferença entre a média do grupo selecionado e a média geral da população devida a causas genéticas e, por isso, transmissível à descendência

### FASE 2: POPULAÇÃO EXPERIMENTAL DE CLONES (POP)

**Exemplo:** quantificação da variabilidade genética intravarietal ( $CV_G$ ) do rendimento e previsão do ganho genético (%)  
ao selecionar um grupo de 15 clones superiores, ignorando as restantes características

Variedade	$CV_G$ (%)	$H^2$	Ganho	Intervalo de predição(95%)
Alvarinho	23.4	0.717	41.3%	]35.0%; 47.6%[
Antão Vaz	20.9	0.777	32.5%	]27.5%; 37.5%[
Aragonez	20.1	0.626	29.8%	]23.6%; 36.1%[
Arinto	25.3	0.802	40.2%	]34.5%; 45.9%[
Fernão Pires	17.5	0.525	23.0%	]16.7%; 29.3%[
Rabo de Ovelha	32.3	0.776	50.6%	]42.9%; 58.4%[
Síria	24.6	0.778	34.7%	]28.8%; 40.5%[
Tinta Caiada	27.7	0.719	41.9%	]34.4%; 49.4%[
Tinta Miúda	30.1	0.956	38.7%	]35.0%; 42.3%[
Touriga Nacional	22.3	0.831	31.0%	]26.4%; 35.7%[
Viosinho	25.6	0.816	36.5%	]31.0%; 42.1%[

## FASE 2: POPULAÇÃO EXPERIMENTAL DE CLONES (POP)

### Em resumo:

**O material policlonal resulta da exploração da variabilidade genética intravarietal**

- A variabilidade genética intravarietal é a matéria-prima disponível para realizar a seleção no sentido dos actuais e dos futuros interesses da viticultura, e com elevados ganhos genéticos (e económicos).

- Em Julho de 2019 foi aprovada Resolução da OIV sobre a metodologia de seleção policlonal

OIV PROCESS FOR THE RECOVERY AND CONSERVATION OF THE INTRAVARIETAL DIVERSITY AND THE POLYCLONAL SELECTION OF THE VINE IN GRAPE VARIETIES WITH WIDE GENETIC VARIABILITY



#### RESOLUTION OIV-VITI 564B-2019

- **Resolution OIV-VITI 564B-2019.**  
OIV Process for the recovery and conservation of the intravarietal diversity and the polyclonal selection of the vine in grape varieties with wide genetic variability.  
<http://www.oiv.int/public/mEDIAS/6939/oiv-viti-564b-2019-en.pdf>

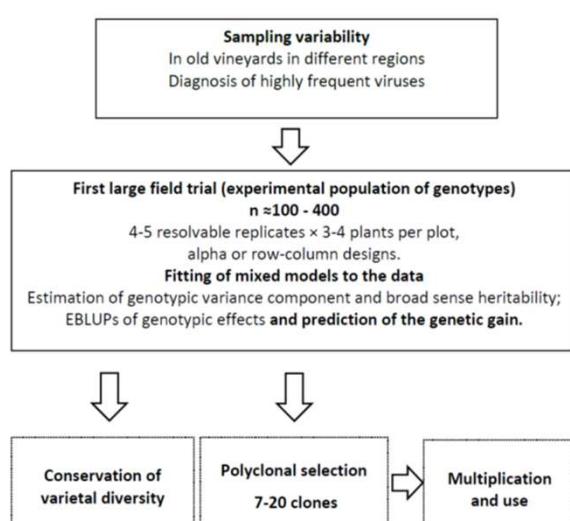
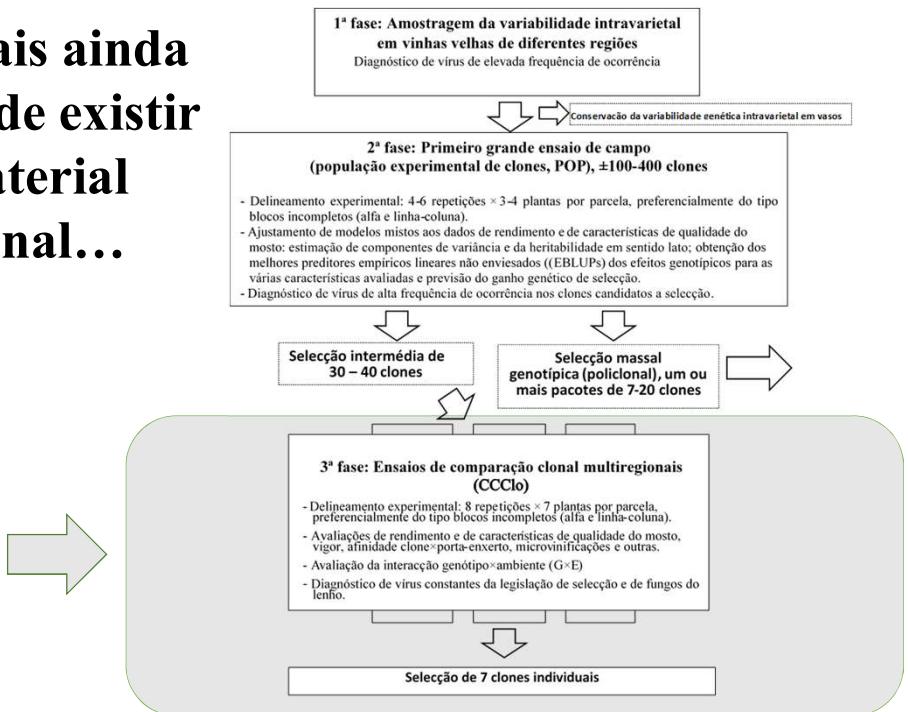


Figure 2 - Methodology of grapevine polyclonal selection and diversity conservation

# Mais ainda pode existir material clonal...



## FASE 3: CAMPOS DE COMPARAÇÃO CLONAL REGIONAIS

### • OBJECTIVO: SELEÇÃO DE CLONES INDIVIDUAIS (preferencialmente, 7 clones)

- Os campos de comparação clonal são ensaios com 20-40 clones selecionados na POP.
- Deverá ser instalado pelo menos um destes ensaios em cada uma das principais regiões de cultura da casta. O objectivo é estudar a interacção genótipoXambiente (GxE).

O estudo da estabilidade ambiental (ou da interacção genótipoxambiente) deverá basear-se na plantação de vários ensaios em vários ambientes representativos, mas os ensaios com plantas perenes são de realização difícil e cara, pelo que na maioria dos casos são instalados 2-4 ensaios regionais. Esta fragilidade é compensada com a realização de avaliações repetidas, pelo menos, em 3-5 anos e com análises abrangendo também os dados dos mesmos 20-40 clones na grande população experimental do ciclo anterior.

### **FASE 3: CAMPOS DE COMPARAÇÃO CLONAL REGIONAIS**

▪ **Delineamento experimental padrão:** 20-40 clones (selecção na POP) X 8-9 repetições X 7 plantas (em blocos completos casualizados, em bloco incompletos: delineamentos alfa, linha-coluna,etc.)

▪ **Nº de ensaios regionais:** o mais frequente 2-4 (teoricamente, quanto mais melhor)

▪ **Hierarquização das avaliações:**

➤ iguais às da POP + avaliação da interacção GxE, **sobre todos clones do CCClo**

(A avaliação da estabilidade ambiental dos clones é um objetivo altamente sensível e ao qual se dedica especial atenção)

➤ **outras sobre clones pré-selecionados:**

- adaptação a p. enxertos,
- vigor,
- descrição morfológica (ou análise molecular),
- vinhos experimentais (microvinificações),
- diagnóstico de vírus constantes da legislação de certificação: vírus do urticado ou nó curto (GFLV), vírus do Mosaico do Arabis (ArMV), vírus do enrolamento foliar tipo 1 (GLRaV1), vírus do enrolamento foliar tipo 3 (GLRaV3),
- diagnóstico de fungos do lenho.
- vinhos experimentais (microvinificações)

### **FASE 3: CAMPOS DE COMPARAÇÃO CLONAL REGIONAIS**

## **Como lidar com a interacção?**

### **Da parte do selecionador**

➤ **Selecionar clones menos sensíveis (o que implica a existência de ensaios em vários ambientes) e descrever convenientemente as características do material selecionado.** Porém, subsiste sempre um risco elevado de que o comportamento do clone noutros ambientes seja insatisfatório. Esse risco é atenuado mediante 2 estratégias complementares:

(1) seleção de pelo menos 7 distintos clones de cada casta, autorizando os viticultores a fugirem da cultura de um só clone

(2) seleção de materiais policlonais (grupos de 7-20 clones), com um comportamento acentuadamente mais estável.

### FASE 3: CAMPOS DE COMPARAÇÃO CLONAL REGIONAIS

## EXEMPLO DA DESCRIÇÃO DOS CLONES DA CASTA ARAGONEZ

**OUTROS GANHOS GENÉTICOS PREVISTOS (em relação aos 40 clones presentes nos CCClo; média de rendimento nos CCClo=3,3 kg/planta)**

	Rendimento (em % da média da POP, média= 2,1 kg/planta)	Clone 54	Clone 55	Clone 56	Clone 57	Clone 58	Clone 59	Clone 60	Grupo dos 7 clones
Ganho genético previsto									
Grau álcool provável (em % da média nos CCClo, média=12,5)	+3,4%	+2,2%	+2,7%	+4,7%	+4,2%	+4,1%	+1,3%	+3,2%	
Acidez total (em % da média nos CCClo, média= 4,0 g/dm <sup>3</sup> de ácido tartárico)	+1,5%	-3,1%	-1,7%	-2,3%	-1,0%	-2,8%	-3,5%	-1,8%	
Peso do bago (em % da média nos CCClo, média= 1,8 g)	-2,1%	+1,6%	+2,0%	-3,7%	+0,2%	+1,0%	+0,8%	0%	
Antocianas (em % da média nos CCClo, média=710,6 mg/l)	+17,9%	+14,1%	+10,5%	+13,5%	+10,8%	+9,9%	+7,4%	+12,0%	
Índice de Folin (em % da média nos CCClo, média=34,9):	+10,4%	+11,6%	+5,2%	+6,9%	+5,8%	+8,4%	+3,0%	+7,3%	

### FASE 3: CAMPOS DE COMPARAÇÃO CLONAL REGIONAIS

#### EXEMPLO DA CASTA ARAGONEZ

##### INFORMAÇÃO SOBRE INTERACÇÃO GENÓTIPOXAMBIENTE

###### Avaliação da interacção GxE em 13 ambientes

- E1, Estremoz1998 (1.182 kg/planta)
- E2, Tabuaço1998 (1.819 kg/planta)
- E3, Tabuaço1997 (2.027 kg/planta)
- E4, Estremoz1994 (2.056 kg/planta)
- E5, Tabuaço1993 (2.277 kg/planta)
- E6, Tabuaço1994 (2.378 kg/planta)
- E7, Estremoz1991 (2.679 kg/planta)
- E8, Estremoz1993 (4.088 kg/planta)
- E9, Estremoz1995 (4.720 kg/planta)
- E10, Tabuaço1996 (4.845 kg/planta)
- E11, Estremoz1999 (5.559 kg/planta)
- E12, Estremoz1997 (5.819 kg/planta)
- E13, Estremoz1996 (6.807 kg/planta)

##### Sensibilidade à interacção GxE



### **FASE 3: CAMPOS DE COMPARAÇÃO CLONAL REGIONAIS**

## **Como lidar com a interacção?**

### **Da parte do técnico/viticultor**

➤ Ser exigente quando instala a sua vinha e ser o próprio a informar-se sobre as características do material selecionado que existe no mercado e solicitar esse mesmo material quando vai comprar as plantas a um viveirista, optando sempre por:

**(1) usar mistura de clones, 7**

**ou**

**(2) usar material policlonal**

## **Em resumo, material clonal**

Produto resultante de dois ciclos de seleção (fases 2 e 3 da metodologia de seleção)

- Clones individuais
- Obtenção após, aproximadamente, 15 anos da instalação do primeiro ensaio de seleção (mais lento na mudança dos critérios de seleção)
- Material categoria *certificado*
- É essencial ter informação sobre a sensibilidade do clone à interação genótipo X ambiente

### **FASE 3: CAMPOS DE COMPARAÇÃO CLONAL REGIONAIS**

**No final do processo de seleção policlonal e clonal é submetido um dossier de homologação à DGAV, para análise por parte da Comissão Nacional para o Exame de Variedades de Videira (CNEVV)**

DOSSIER António Vaz,  
PROPOSTA DE ADMISSÃO DE CLONES A CERTIFICAÇÃO:

CLONE: AN0123  
CLONE: AN0134  
CLONE: AN0166  
CLONE: AN0185  
CLONE: AN0245  
CLONE: AN0250  
CLONE: AN0512

REQUERENTE: ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA PARA A DIVERSIDADE DA VIDEIRA -  
PORVID

A Comissão Nacional para o Exame de Variedades de Videira (CNEVV) representa os vários sectores da fileira vitivinícola nacional, nomeadamente as organizações representativas de vinicultores, de vinicultores e de produtores de materiais vitícolas, e os serviços do Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas envolvidos, bem como os organismos competentes das Regiões Autónomas dos Açores e da Madeira.

Decreto-Lei nº 194/2006 de 27-09-2006

Trabalho realizado a nível nacional com a colaboração de numerosos organismos articulados na Rede Nacional de Seleção da Videira e Associação Portuguesa para a Diversidade da Videira (PORVID)

LISBOA, 29/12/2015



**RELATIVAMENTE AOS CLONES DA  
PORVID,  
A INFORMAÇÃO RELATIVA  
AOS GANHOS GENÉTICOS DE  
SELEÇÃO  
E À INTERAÇÃO G×E  
CONSTAM DO CATÁLOGO**

CATÁLOGO DE CLONES SELECIONADOS  
2018



O catálogo de  
clones selecionados 2018  
encontra-se disponível em  
<https://tinyurl.com/y7498ppt>

## Clones

### Método de obtenção:

Selecionados em gerações segregantes de cruzamentos

Fazem-se várias centenas de cruzamentos (aleatórios ou com progenitores escolhidos), estudam-se as descendências e selecionam-se os melhores progenitores (com base nos seus valores reprodutivos). Os indivíduos selecionados são depois propagados vegetativamente de modo a integrarem vários ensaios de fases mais avançadas de melhoramento.

Exemplos: batata, cana-de-açúcar

## Linhas puras (LP)

### Exemplos:

LP: trigo, cevada, grão de bico, linho, lentilha, ervilhas, soja, tabaco, tomate

- A possibilidade de se selecionarem linhas puras decorre da estrutura genética das populações que se reproduzem por autofecundação

Uma **linha pura** é obtida pela seleção de uma planta cuja descendência, se satisfizer determinados critérios de avaliação, incluído o da homozigocidade, é multiplicada e distribuída como variedade melhorada.

Os principais métodos que conduzem à obtenção de linhas puras em plantas de autofecundação são:

- **seleção de plantas individuais com teste de descendência**, que se limita ao isolamento de genótipos superiores homozigóticos em populações espontâneas ou cultivadas já fixadas.
- **seleção genealógica**, que consiste no estabelecimento de populações segregantes apropriadas, sua condução até níveis mais ou menos elevados de homozigocidade e seleção de genótipos superiores homozigóticos.

### **Seleção de plantas individuais com teste de descendência**

Aplica-se a populações geneticamente heterogéneas mas fixadas. Populações deste tipo podem ser aquelas que foram obtidas por seleção genealógica não levada ao extremo da fixação ou variedades tradicionais cultivadas ao longo de décadas e sujeitas a uma certa mistura de genes, por polinizações cruzadas com outras variedades, mistura de sementes, etc.. Com a seleção de plantas individuais consegue-se então a extração de uma linha pura de dentro duma mistura de linhas puras.

O método desenvolve-se ao longo de 3 etapas principais.

**(1) Escolha de plantas individuais.** É feito numa base visual, procurando reunir-se o maior número características desejáveis (características qualitativas). Por exemplo no trigo, porte, tipo de espiga, orientação das folhas, afilhamento.

**(2) Acompanhamento visual das descendências** e prática de testes de seleção complementares. As sementes de cada planta selecionada em (1) são dispostas em linhas. As linhas são avaliadas visualmente segundo o mesmo critério que presidiu à escolha inicial (avaliação de características qualitativas). Entretanto, outros critérios de seleção (não viáveis ao nível da planta inicial) podem ser acrescentados, como testes de resistência a doenças, com base em inoculações artificiais. Esta fase pode durar um ou mais anos e no fim são retidas várias linhas fenotipicamente superiores relativamente às características qualitativas avaliadas.

**(3) Instalação de ensaios e avaliação agronómica.** As linhas que passaram na fase anterior são sujeitas a uma avaliação comparativa, com base em métodos experimentais que permitam melhor o controlo da variabilidade ambiental e a eleição do ou dos melhores genótipos.

## Seleção genealógica

É o método de utilização mais frequente para o melhoramento do trigo e de muitas outras espécies de autofecundação.

### 1. Estabelecimento de uma população segregante

**Objectivo:** criar variabilidade para alimentar os métodos de seleção subsequentes. Frequentemente, isto consegue-se através da técnica clássica da hibridação, envolvendo dois ou mais progenitores portadores das características que interessa reunir na variedade melhorada

Através de cruzamento simples, cruzamento triplo, híbrido em cadeia, cruzamento convergente, cruzamento retrógrado (ver slide seguinte).



### 2. Autofecundação e aproximação à homozigose

Através de várias variantes: [bulk](#), [pedigree](#), [bulk/pedigree](#), etc.



### 3. Avaliação agronómica das linhas

Através de ensaios agronómicos

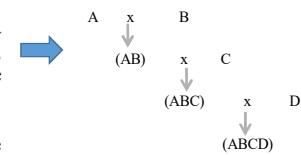
## Algumas definições

**Cruzamento simples (híbrido simples)** - consiste no cruzamento entre 2 plantas de variedades portadoras das características a reunir. As sementes obtidas são semeadas e originam plantas com notória semelhança fenotípica, pois são plantas F1. Dada a semelhança, não é possível fazer-se qualquer seleção nesta geração.

**Cruzamento triplo e híbrido em cadeia** - São sequências de cruzamentos, em que numa descendência segregante do 1º se seleciona um indivíduo que é cruzado com um 3º progenitor, e assim sucessivamente. Naturalmente, este tipo de cruzamento múltiplo é adequado quando se pretende juntar características existentes em vários progenitores.

**Cruzamento retrógrado** - cruzamento utilizado no decurso de numerosos esquemas gerais de melhoramento, com o objetivo preciso de introduzir um ou poucos genes (geralmente responsáveis por características de resistência a doenças ou a condições ambientais) numa linha ou variedade com boas características culturais mas carente naquelas resistências.

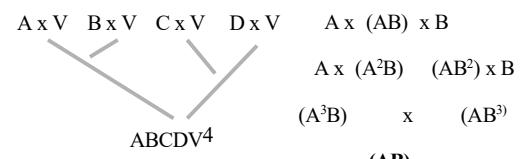
A linha dadora (R) é em geral de valor cultural precário, mas resistente, a variedade ou linha recorrente (V) será culturalmente aceitável, mas sensível. Em cada descendência (se for segregante) são selecionadas plantas tão boas quanto possível do ponto de vista cultural e também resistentes e cruzam-se com a variedade recorrente. No fim de uma sequência de 6 cruzamentos poderemos ter recuperado todas as boas características da variedade (V) e acrescentado ainda a resistência da (R).



R x V  
RV x V  
RV<sup>2</sup> x V  
RV<sup>3</sup> x V



A x B



**Cruzamento convergente** - diversas sequências de cruzamentos múltiplos e, em particular, uma espécie de duplo cruzamento retrógrado.

Fonte: Melhoramento de Plantas I. ISA.: MARTINS, A. & MARTINS, J. N. (1992)

## Seleção genealógica

### 2. Autofecundação e aproximação à homozigose

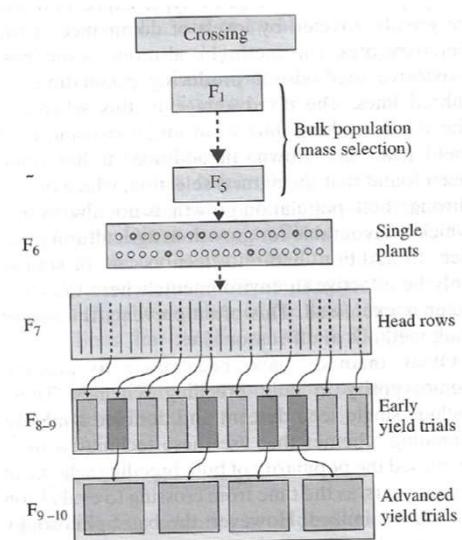
Depois de constituída a população segregante (composta por genótipos heterozigóticos), e desde que o objetivo final é a seleção de uma linha pura, duas questões se colocam:

- (1) como e quando (em que geração) iniciar a seleção, de modo a possibilitar o nível pretendido de homozigocidade do produto final;
- (2) como conduzir a população segregante até ao momento do início da seleção.

A homozigocidade total é um objetivo teórico altamente improvável de se alcançar na prática. De resto, essa homozigocidade total poderá nem ser vantajosa.

Existem várias variantes de métodos. Vamos ver os métodos *bulk*, *pedigree*, *bulk/pedigree*

### Método “Bulk”



Consiste em conduzir a população segregante ao longo de várias gerações, sob o regime de autofecundação natural, até se atingir um elevado grau de homozigocidade, e só então proceder à escolha de plantas únicas.

- De cada geração é tomada uma amostra de semente para constituir a geração seguinte. Isto faz-se aproximadamente até à  $F_6$ .
- As populações “Bulk” são usualmente cultivadas em condições de stress (abiótico e biótico) comuns à cultura. É, portanto, desejável que sejam cultivadas em ambientes representativos da cultura. Assume-se uma seleção natural e a evolução da população no sentido do aumento da frequência dos genótipos melhor adaptados ao ambiente local, aumentando assim também a probabilidade da seleção final desses mesmos genótipos.
- Feita a escolha das plantas individuais e confirmada, no ou nos anos seguintes, a estabilidade das linhas descendentes, estas passam à fase posterior, de avaliação em ensaios comparativos (primeiro, grandes ensaios iniciais, com centenas de linhas, depois ensaios em vários locais com um menor número de linhas, selecionadas com base nos resultados obtidos nos ensaios anteriores).

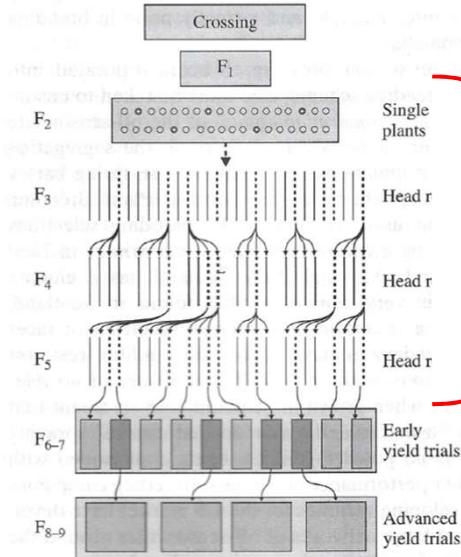
**Vantagens:** é um dos métodos mais baratos de produção de linhas puras; não é feita uma seleção “consciente” (seleção natural e amostragem de sementes).

**Desvantagens:** é um esquema longo desde os cruzamentos até à instalação dos primeiros ensaios; a seleção natural só poderá ser eficiente em ambientes onde a característica é expressa.

Figure 4.1 Outline of a bulk breeding scheme used for breeding pure-line crop species.

Fonte: Brown, J., Caligari, P., Campos, H. (2014). *Plant Breeding*. 2nd.ed.. Wiley Blackwell.

## Método Pedigree

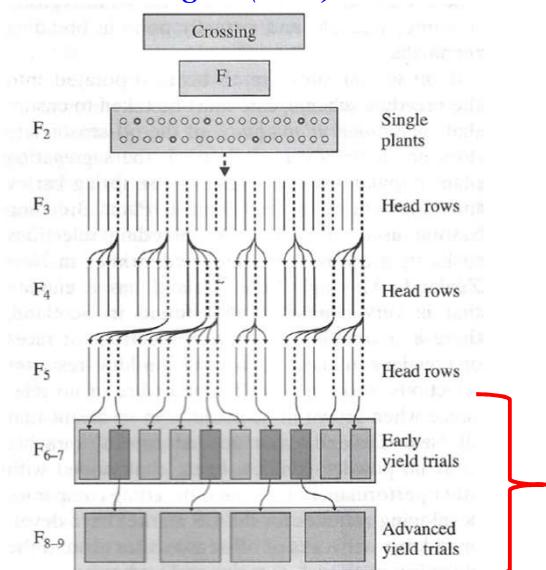


**Figure 4.2** Outline of a pedigree breeding scheme used for breeding pure-line crop species.

Fonte: Brown, J., Caligari, P., Campos, H. (2014). *Plant Breeding*. 2nd.ed.. Wiley Blackwell.

- As plantas individuais são escolhidas na população segregante numa fase precoce, por exemplo na F<sub>2</sub>, e continua até à F<sub>6</sub>.
- As plantas individuais são selecionadas na F<sub>2</sub> e as sementes são cultivadas em linha na F<sub>3</sub>. Algumas plantas mais promissoras são selecionadas das melhores linhas e as suas sementes são cultivadas em linha na F<sub>4</sub>. Este processo é repetido até as plantas estarem perto da homozigocidade (F<sub>6</sub>) e se, além disso, apresentarem características satisfatórias, então poderão ser fontes potenciais de novas variedades.
- Este processo obriga a registos meticulosos das relações e características de progenitores e descendentes ao longo de gerações, daí a designação de método de *Pedigree*.
- Neste processo de seleção de plantas individuais são tomadas em consideração características de tipo qualitativo, como aspectos morfológicos (por exemplo no trigo, porte, tipo de espiga, orientação das folhas, afilhamento...). Por vezes podem ser introduzidas também nesta fase técnicas de caracterização mais objetivas, como inoculações artificiais com fungos, quantificação de resistência à acarre, etc.. Por exemplo, se na F<sub>2</sub> as plantas forem dispostas aleatoriamente juntamente com as plantas da F<sub>1</sub>, ou das linhas parentais, pode ser calculada a heritabilidade em sentido lato no que respeita a características quantitativas.

## Método Pedigree (cont.)



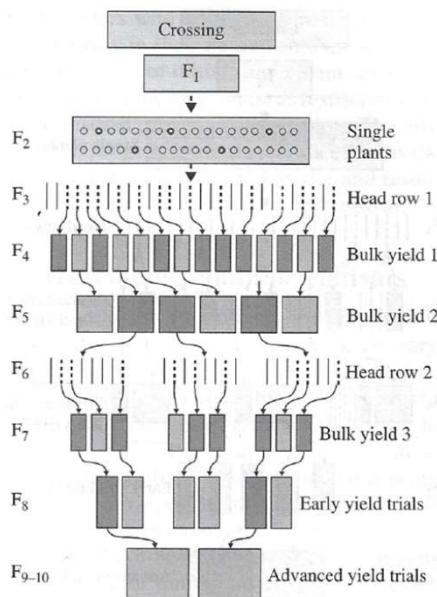
**Figure 4.2** Outline of a pedigree breeding scheme used for breeding pure-line crop species.

Fonte: Brown, J., Caligari, P., Campos, H. (2014). *Plant Breeding*. 2nd.ed.. Wiley Blackwell.

- As potenciais novas variedades entram em ensaios agronómicos, onde são avaliadas as características quantitativas (rendimento, diversos aspectos de qualidade e adaptação a factores ambientais, etc.). Primeiro, grandes ensaios iniciais, com centenas de linhas, depois ensaios em vários locais com um menor número de linhas, selecionadas com base nos resultados obtidos nos ensaios anteriores.

**Desvantagem:** exige disponibilidade de pessoal com alta sensibilidade para a caracterização visual das plantas e das linhas em segregação.

## Método Bulk/Pedigree



**Figure 4.3** Outline of a bulk/pedigree breeding scheme used for breeding pure-line crop species.

Fonte: Brown, J., Caligari, P., Campos, H. (2014). *Plant Breeding*. 2nd.ed.. Wiley Blackwell.

## Multilinhas

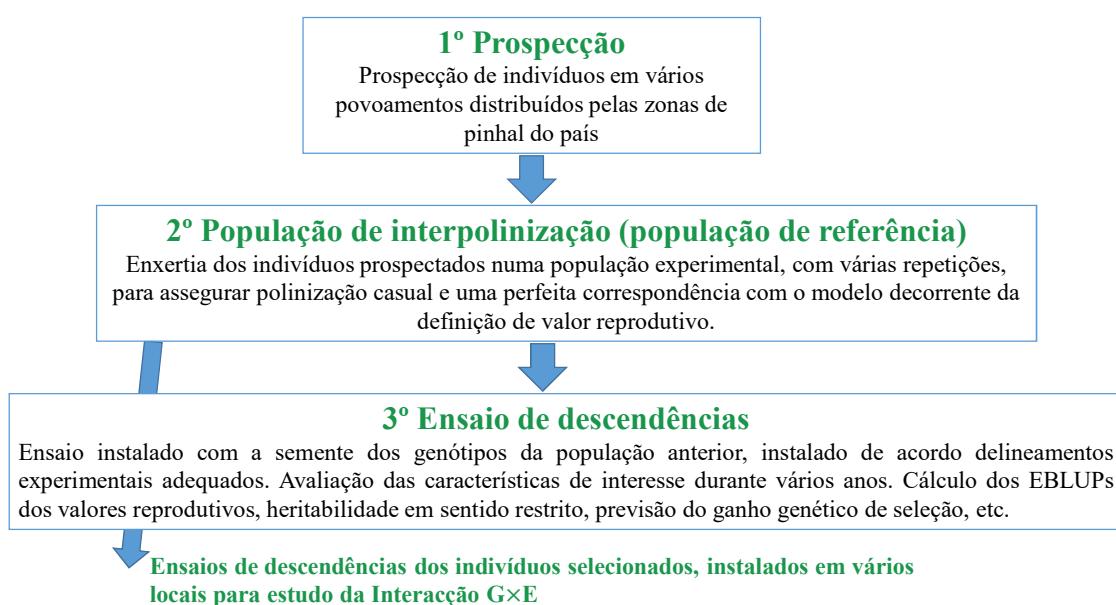
- Multilinhas são misturas de várias linhas, quase exclusivamente compostas por linhas puras.
- Um tipo importante de multilinhas que tem sido usado desde há algumas décadas em cereais de autofecundação é o das misturas de linhas em tudo geneticamente idênticas, salvo em um ou poucos genes controladores de resistências a doenças. Os diferentes genes de resistência são introduzidos através de sequências de cruzamentos retrógrados.
- A estratégia das multilinhas tem sido bastante usada pelo CYMMYT no melhoramento do trigo, mas também têm sido desenvolvidas, e muito utilizadas, multilinhas para outras culturas, como por exemplo, cevada, aveia, amendoim.
- Têm a vantagem de minimizar os efeitos da interação G×E.

## Variedades de polinização livre (VPL)

### Exemplos:

VPL: leguminosas forrageiras, gramíneas forrageiras, alfafa, milho, azevém perene, centeio, beterraba, pinheiro manso, pinheiro bravo

### Exemplo da seleção do pinheiro bravo



## Variedades híbridas (HIB)

### Exemplos:

HIB: milho, sorgo, girassol, couve-de-bruxelas, cebola, tomate

- As variedades híbridas constituem actualmente a principal direção do melhoramento das espécies de fecundação cruzada.

O enorme sucesso das variedades híbridas assenta no fenómeno do **vigôr híbrido** (neste contexto, a capacidade das linhas produzirem vigôr híbrido designa-se por **aptidão combinatória**).



Alguns genótipos homozigóticos recessivos determinarão menor adaptação. O cruzamento de linhas **geneticamente distintas** (homozigocidade diferente quanto a esses genes) **eleva o nível de heterozigocidade**.

**Vigôr híbrido (aptidão combinatória)** - É a capacidade de um genótipo ou dumha população para produzir descendências (em cruzamento com outro genótipo ou população) com elevada expressão de características.

- **aptidão combinatória geral** - capacidade de gerar vigôr em **todos** os cruzamentos em que entra.
- **aptidão combinatória específica** - capacidade de gerar vigôr em **determinado cruzamento**.

## Diferentes tipos de híbridos

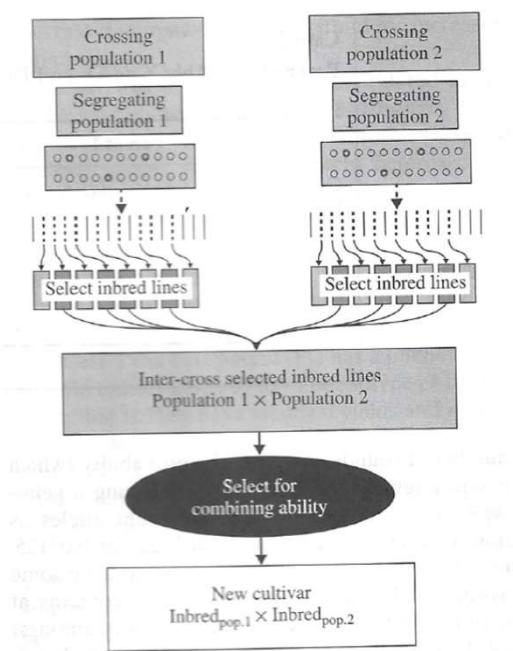
Híbrido simples: A×B

Híbridos triplos: (A×B) × C

Híbridos duplos: (A × B) × (C × D)

**H. simples** - base genética mais estreita, mais especializados, exigindo mais afinamento da tecnologia cultural e adequação do ambiente em geral. Têm o nível máximo de heterozigocidade e são mais produtivos comparativamente aos outros.

Cruzamento retrógrado (*backcross*) é muito usado para a criação de híbridos, nomeadamente para introduzir um gene desejável numa linha pura parental



**Figure 4.7** Outline of a hybrid breeding scheme.  
Fonte: Brown, J., Caligari, P., Campos, H. (2014). *Plant Breeding*. 2nd.ed.. Wiley

## Variedades híbridas

Envolve 6 passos

- Produção de duas, ou mais, populações segregantes
- Desenvolvimento de linhas puras de cada uma das duas populações
- Avaliação da performance das linhas puras. O processo para desenvolver as linhas puras parentais é similar ao usado para obter cultivares de linhas puras
- Avaliação da aptidão combinatória geral das linhas puras selecionadas (ver slide seguinte)
- Avaliar os diferentes híbridos obtidos
- Aumentar as linhas puras parentais e comercializar cultivares híbridas.

A execução das hibridações é um processo altamente controlado

### Avaliação da aptidão combinatória geral das linhas puras

A aptidão combinatória geral é avaliada com o objetivo de identificar linhas parentais que irão produzir descendência produtiva numa larga gama de cruzamentos híbridos. Normalmente não é possível cruzar todos os pares possíveis de linhas parentais, uma vez que o número de cruzamentos a serem feitos e avaliados aumenta exponencialmente com o aumento do número de linhas parentais. É mais usual cruzar cada linha parental sob avaliação com uma linha teste comum. A linha teste usada é comum a um conjunto de avaliações e, portanto, a aptidão combinatória geral é determinada por comparação da *performance* de cada descendente, assumindo que a única diferença entre as descendências pode ser atribuída às diferentes linhas parentais. As linhas teste são normalmente linhas puras altamente desenvolvidas, que provaram sucesso no passado em combinações híbridas. Uma predição melhor da aptidão combinatória geral será atingida se for usada mais do que uma linha teste. A avaliação da aptidão combinatória específica (ou a performance individual de uma dada combinação híbrida) é conduzida quando o número de linhas parentais é reduzido para um número razoável.

### Bibliografia

- Brown, J., Caligari, P., Campos, H. (2014). *Plant Breeding*. 2nd.ed.. Wiley Blackwell.
- Singh, D.P., Singh, A. K., Singh, A. (2021). *Plant Breeding and Cultivar Development*. 1st Edition, Elsevier.
- Martins, A., Gonçalves, E. 2015. *Grapevine breeding programmes in Portugal*. In Grapevine Breeding Programs for the Wine Industry: Traditional and Molecular Techniques. A. G. Reynolds ed., Woodhead Publishing Elsevier,UK, 159-182. Available from: <http://www.amazon.com/Grapevine-Breeding-Programs-Wine-Industry/dp/1782420754>
- Resolution OIV-VITI 564A-2019. *OIV Process for the clonal selection of vines*.  
<http://www.oiv.int/public/medias/5382/oiv-viti-564a-2017-en.pdf>
- Resolution OIV-VITI 564B-2019. *OIV Process for the recovery and conservation of the intravarietal diversity and the polyclonal selection of the vine in grape varieties with wide genetic variability*. <http://www.oiv.int/public/medias/6939/oiv-viti-564b-2019-en.pdf>
- Gonçalves, E., & Martins, A. (2022). Efficient Assessment and Large-Scale Conservation of Intra-Varietal Diversity of Ancient Grapevine Varieties: Case Study Portugal. *Plants*, 11(15), 1917. <https://doi.org/10.3390/plants11151917>