



**30º Curso de Melhoramento  
de Gado de Corte  
Embrapa - Geneplus**  
17 a 20 de julho de 2018

# **Genética molecular aplicada ao melhoramento de gado de corte**

**Fabiane Siqueira**



# Melhoramento Genético



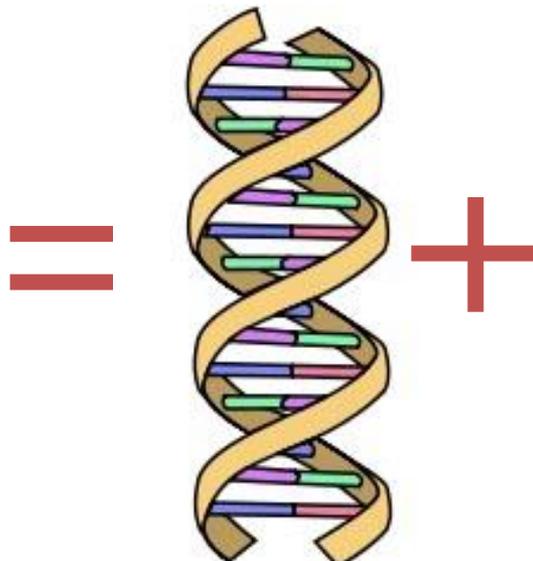
- ❖ Instrumento de grande importância para a pecuária
- ❖ Aumentar a eficiência de produção e rentabilidade da pecuária pelo uso de animais mais eficientes, adaptados ao ambiente e com melhor qualidade do produto.

**Aumento da frequência  
dos genes desejáveis na  
população**





**FENÓTIPO**



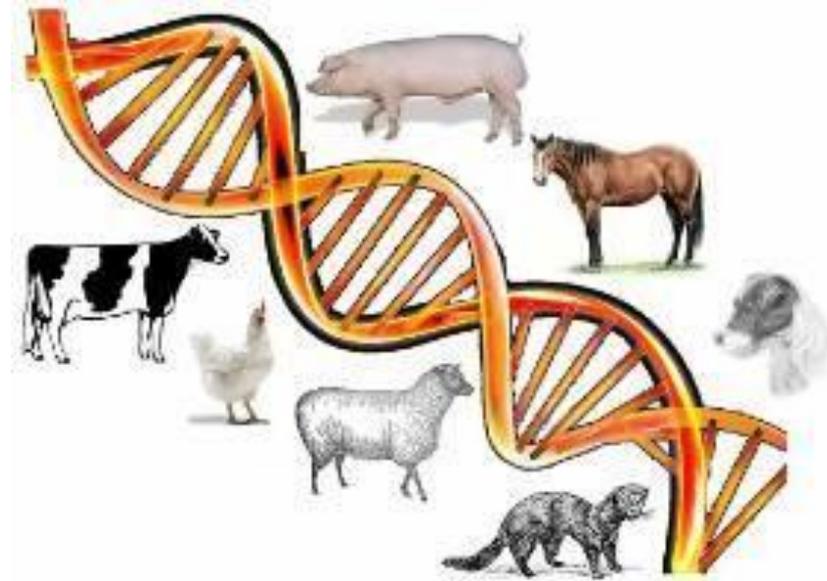
**GENÓTIPO**



**AMBIENTE**

# RESUMO

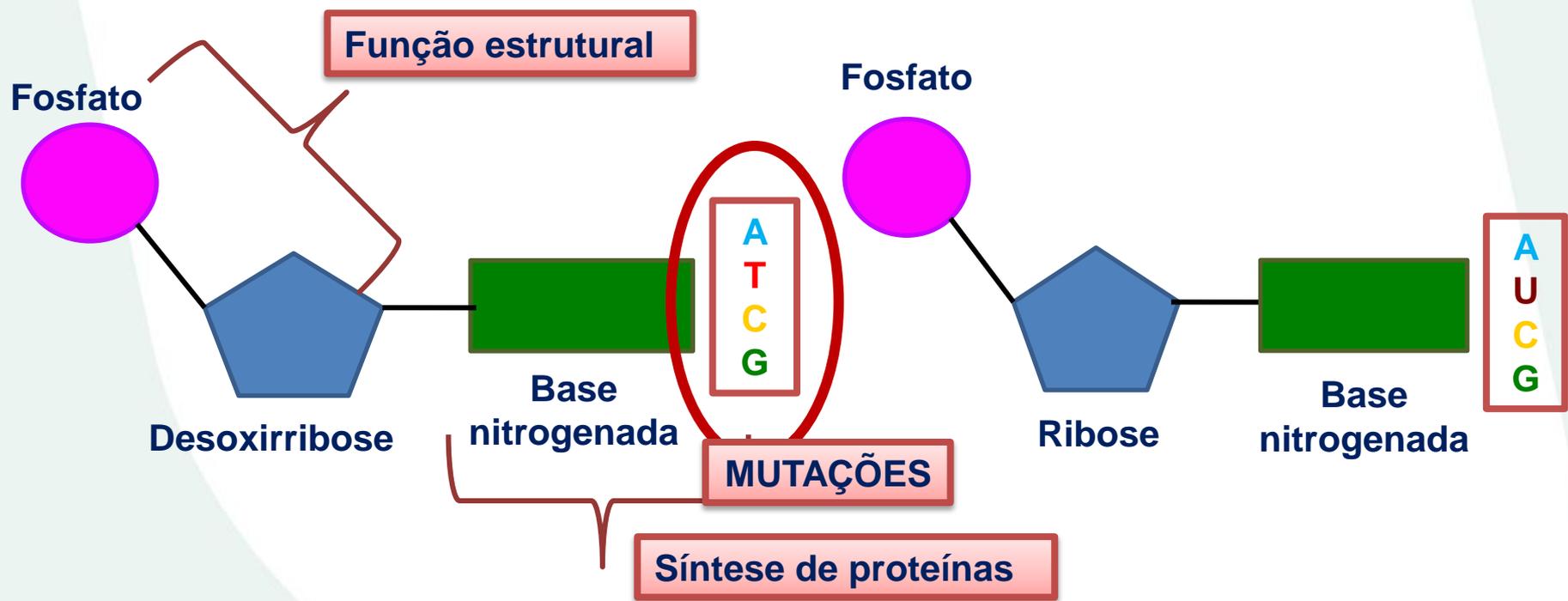
- **Conceitos básicos**
- **Marcadores genéticos**
- **Seleção assistida por marcadores**
- **Genes de efeito maior**
- **Exemplo da musculatura dupla no Senepol**
- **Uso da Genômica no Melhoramento**
- **Desafios para adoção**
- **Perspectivas**
- **Considerações finais**

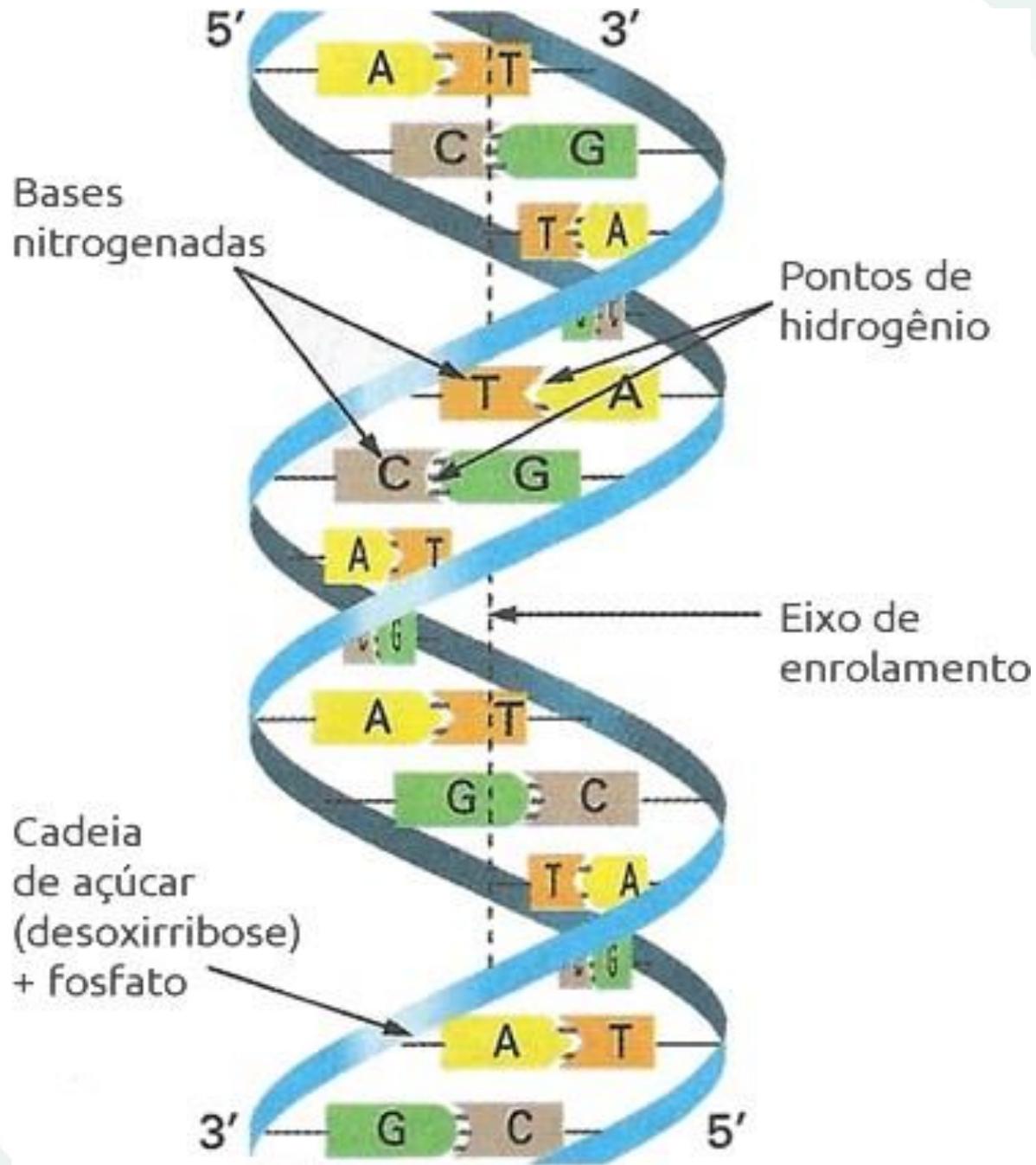


# Conceitos básicos de genética molecular

## Nucleotídeo de DNA

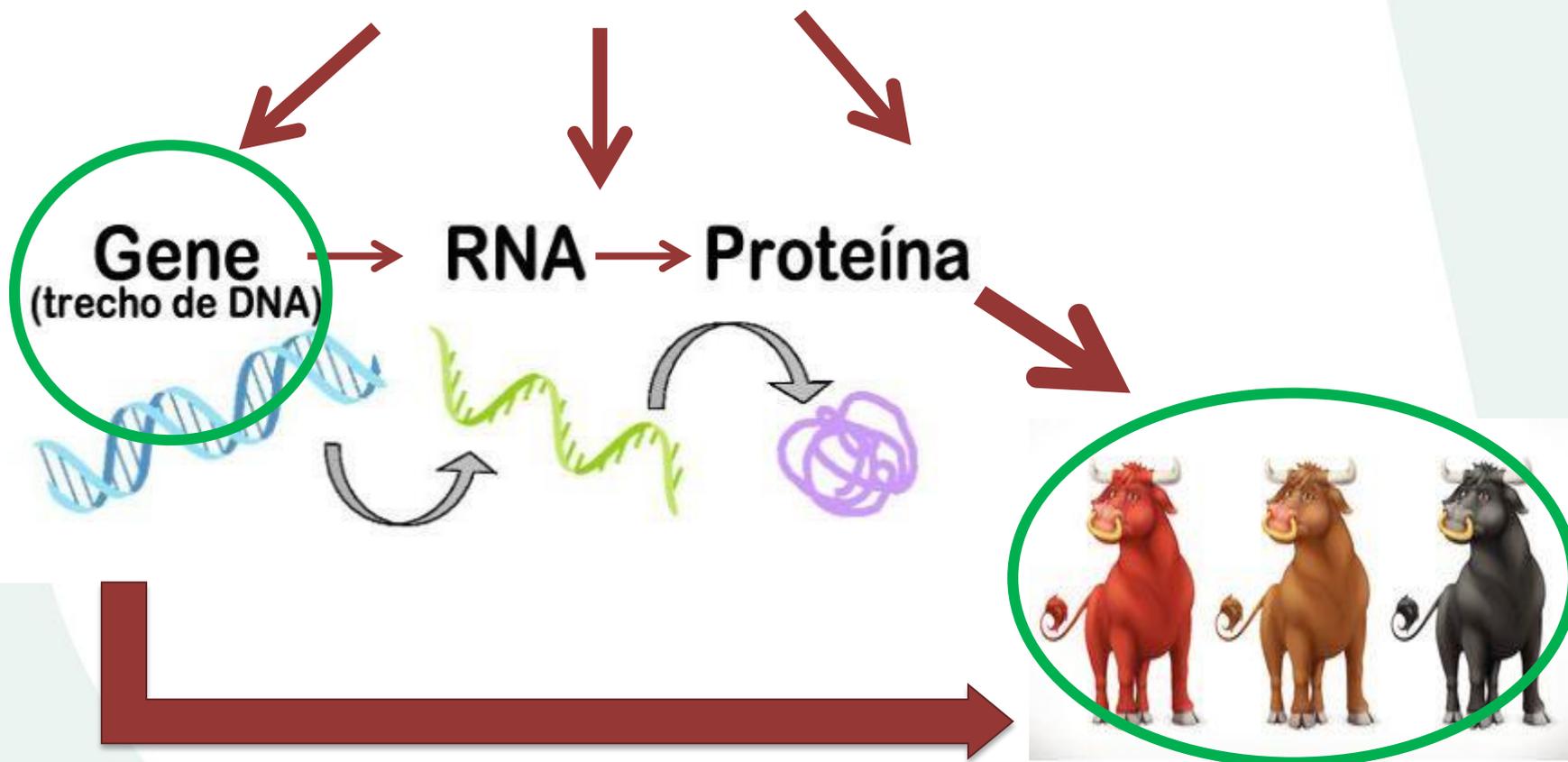
## Nucleotídeo de RNA





# Dogma Central da Biologia

**Ambiente**

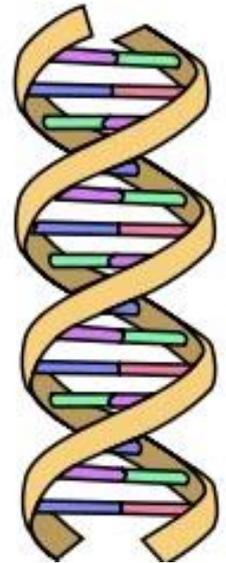




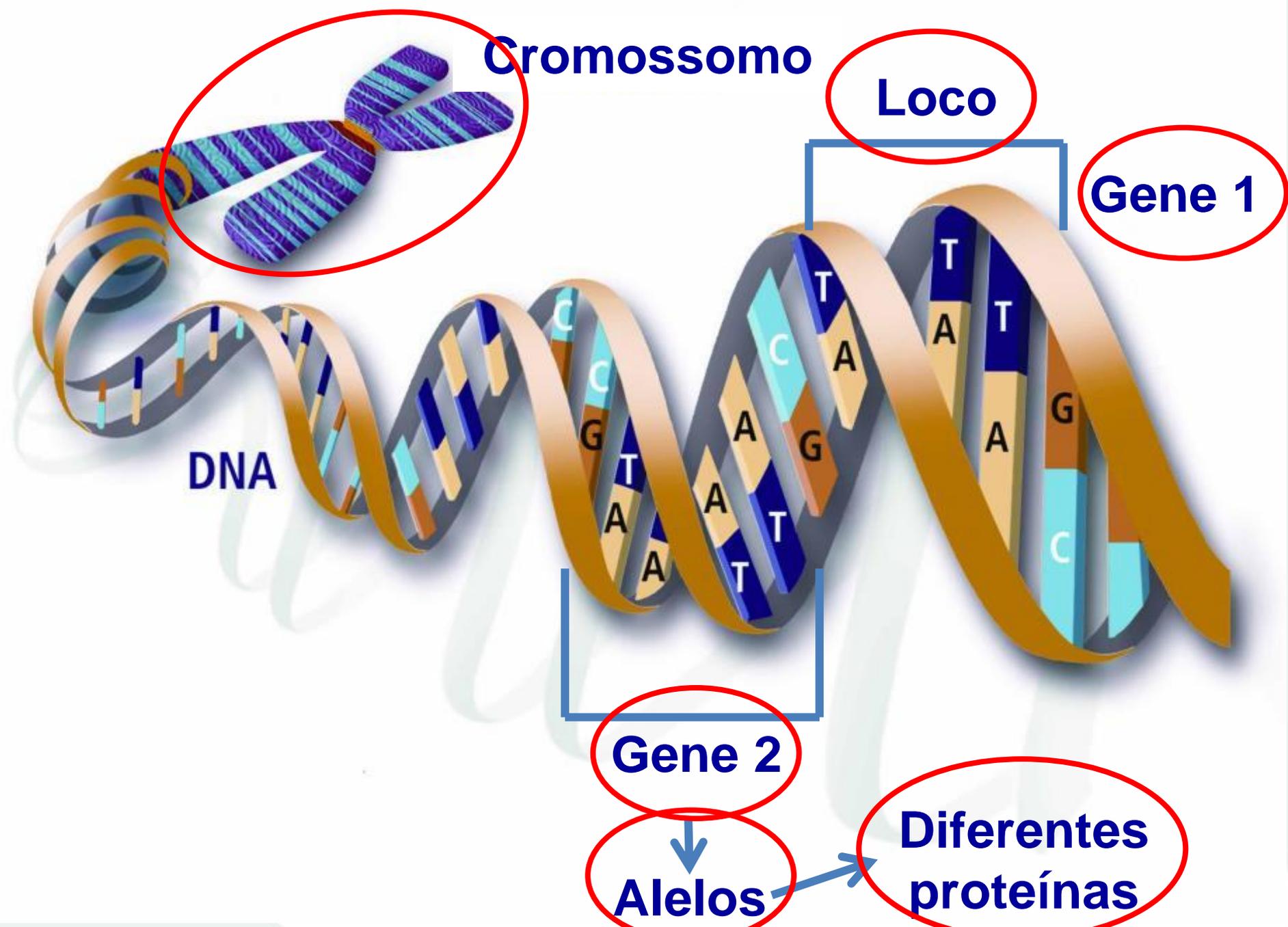
## FENÓTIPO

- Produção ou aparência de um animal.
- São as características observáveis de um indivíduo ou população.
- O fenótipo resulta da expressão dos genes do organismo, da influência de fatores ambientais e da possível interação entre os dois.

- É a constituição genética de uma célula, organismo ou indivíduo.
- Representa o potencial ou mérito genético de um animal, do qual seus descendentes receberão uma amostra aleatória.
- O genótipo é fixado no momento em que o animal é gerado e não se altera durante toda a sua vida.



## GENÓTIPO



**Cromossomo**

**Loco**

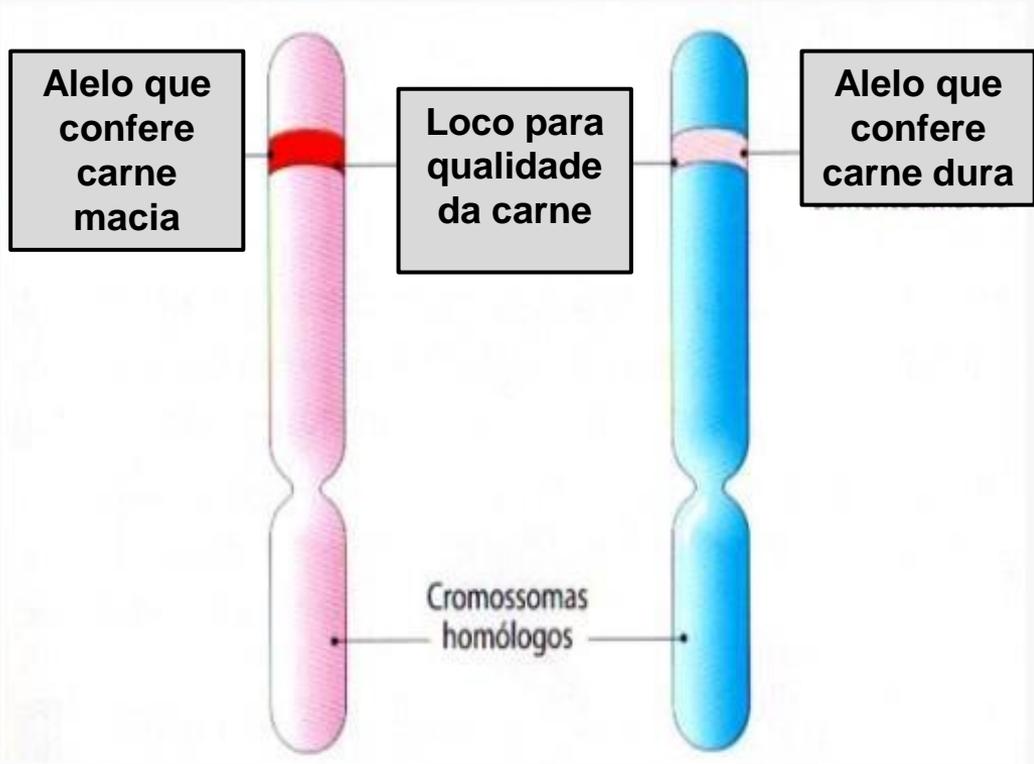
**Gene 1**

**DNA**

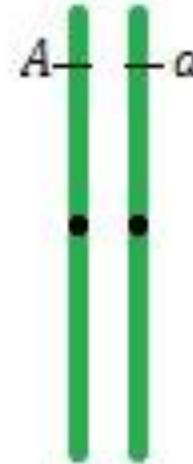
**Gene 2**

**Alelos**

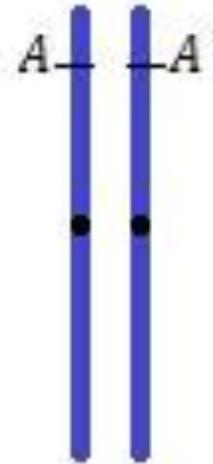
**Diferentes proteínas**



Alelos alternativos de um determinado gene e respectivo *locus* em cromossomas homólogos

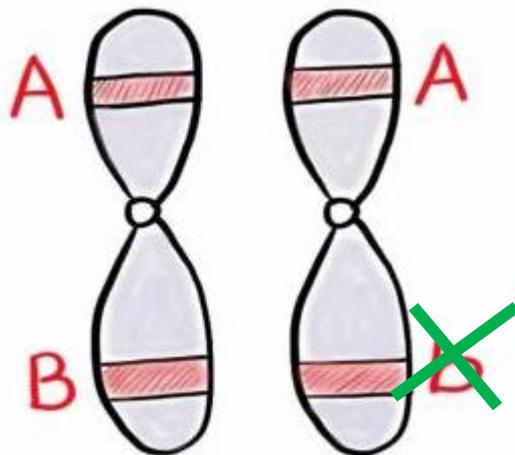


Heterozigoto



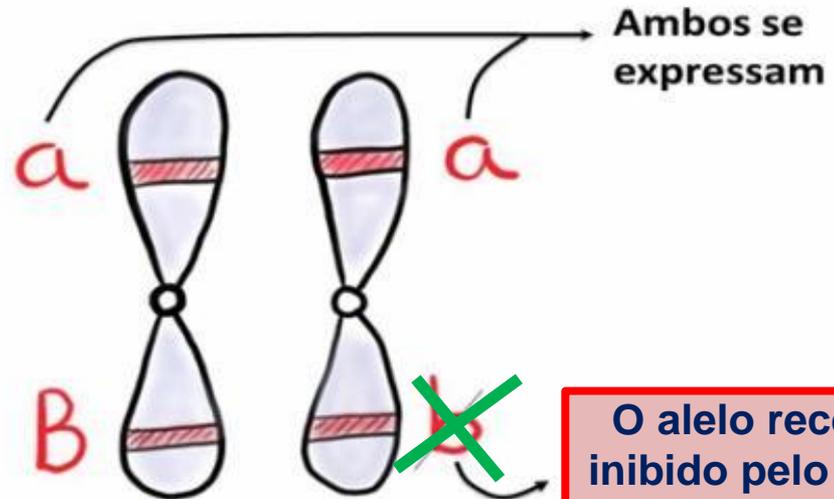
Homozigoto

## Alelos dominantes



Cromossomos Homólogos

## Alelos recessivos



O alelo recessivo é inibido pelo seu alelo dominante

- Codifica enzima funcional



- Não produz enzima;
- Não funcional;
- Enzima defeituosa

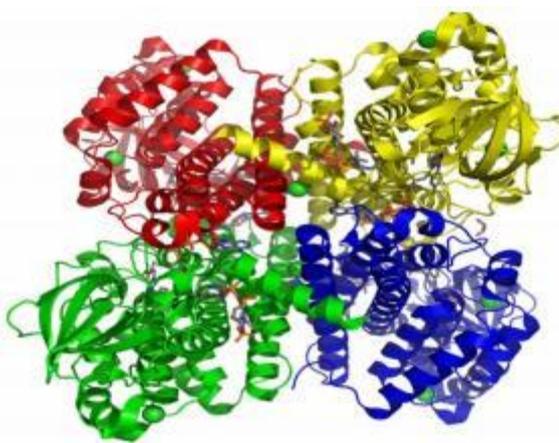
# Marcadores Genéticos

Qualquer característica morfológica ou molecular que diferencia indivíduos e que seja facilmente detectável

**Morfológicos**

**Bioquímicos**

**Moleculares**



# Marcadores Morfológicos



Fotos: Google Imagens

# Marcadores Morfológicos



- Primeiros utilizados em estudos de genética e melhoramento;
- Contribuiu significativamente para o desenvolvimento teórico da análise de ligação gênica e para a construção das primeiras versões de mapas genéticos;
- Pequeno número desses marcadores em uma mesma linhagem ou população reduz a probabilidade de se encontrar associações significativas entre os marcadores morfológicos e características de importância econômica.

# Marcadores Bioquímicos

**Isoenzimas**

**Aloenzimas**

São caracterizados por uma alteração na sequência de aminoácidos que compõem a estrutura primária de uma determinada proteína e, isso pode ocorrer devido a alterações genéticas nos seus genes codificadores.

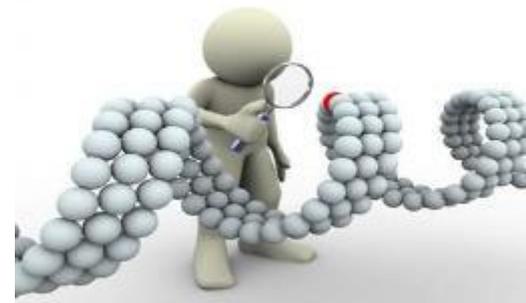
**Baixo grau de polimorfismo**

**Dependente do estágio de desenvolvimento**

**Sofrem influência ambiental**

**Não permitem cobertura completa do genoma**

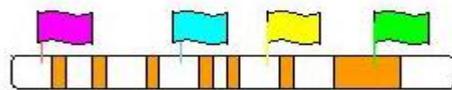
# Marcadores Moleculares



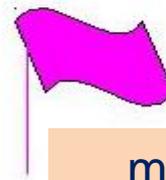
São variações observadas no DNA que podem caracterizar as diferenças fenotípicas que existem entre dois ou mais indivíduos e podem ser analisados com auxílio de diferentes metodologias de biologia molecular.



## PONTOS DE REFERÊNCIA NOS CROMOSSOMOS



cromossomo



marcadores

# Marcadores Moleculares



**Alto grau de polimorfismo**

**Não dependem do estágio de desenvolvimento**

**Não dependem do tipo de tecido analisado**

**Permitem cobertura completa do genoma**

**Permitem que o potencial genético de um animal seja determinado com maior precisão antes mesmo da expressão do seu fenótipo.**

Seleção  
Genômica

Rastreabilidade

Estrutura de  
Populações

Marcadores  
Moleculares

Estudos de  
Associação  
(GWAS)

História  
Evolutiva

Teste de  
Paternidade

Seleção  
Assistida

Construção  
de mapas  
genéticos

# Origem dos marcadores moleculares



# Marcadores Moleculares

## Baseados em hibridização

- **RFLP:** fragmentos de DNA obtidos com enzimas de restrição e sondas radioativas ou fluorescentes
- **Minissatélites:** unidades de 10 a 100 pb repetidas em sequência visualizados por meio de sondas fluorescentes

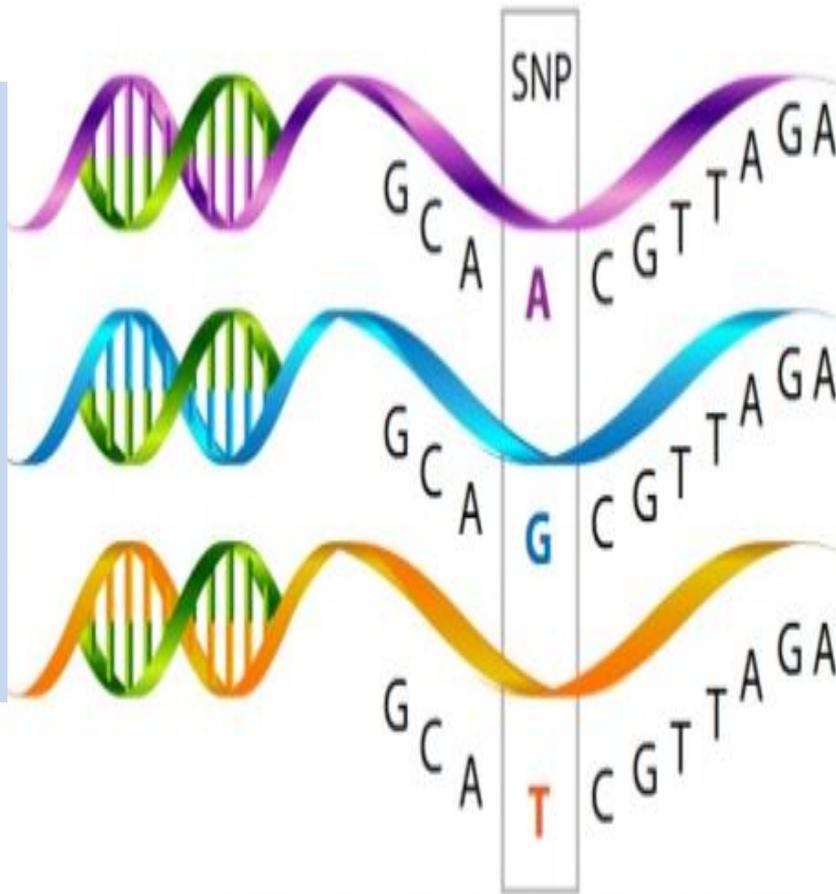
## Baseados em amplificação

- **RAPD:** fragmentos de DNA amplificado ao acaso
- **CAPS:** fragmentos de DNA amplificados e clivados com enzimas
- **SSR:** unidades curtas de 2 a 5 pb repetidas em sequência (CACACACA)
- **SSCP:** fragmentos de DNA de fita simples
- **PCR-sequencing:** fragmentos de DNA amplificados e sequenciados
- **SNP:** polimorfismo de nucleotídeo únicos

## Mistos

- **AFLP:** fragmentos de DNA obtidos com enzimas de restrição seguido de ligação de adaptadores e amplificação seletiva

# Polimorfismo de Nucleotídeo Único - SNP



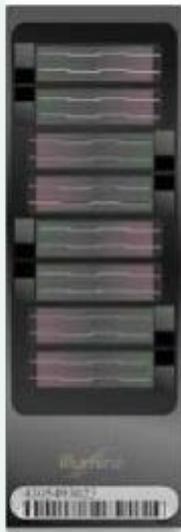
- Alteração em uma única base;
- Distribuídos por todo o genoma;
- Pode levar a substituição de um aminoácido na proteína;
- Perda da funcionalidade;
- Modificação fenotípica;
- Analisados por sistemas automatizados;



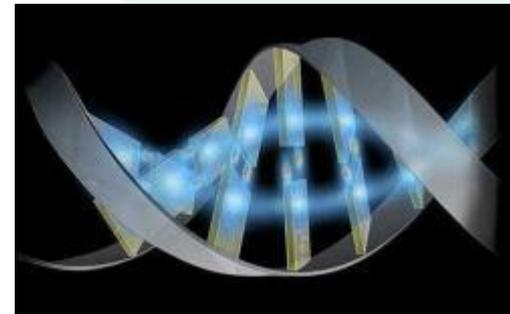
# Genotipagem de SNPs com Chips de DNA



**Custo ainda é uma desvantagem para a sua utilização em larga escala**



# Seleção Assistida por Marcadores (SAM)



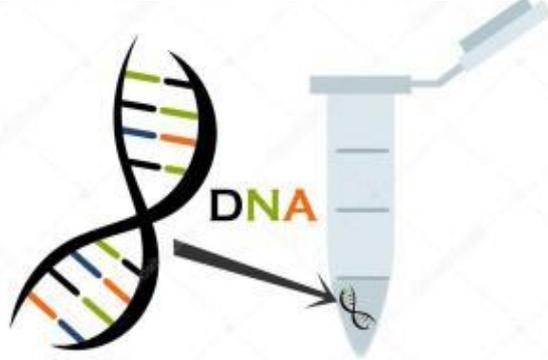
**Descoberta da sequência de DNA + conhecimento da função fisiológica dos genes = surgiram os primeiros trabalhos associando diferenças na sequência de DNA com uma característica fenotípica.**

**Integrar a genética molecular com a seleção fenotípica, através da procura de alelos desejáveis indiretamente por meio do uso de marcadores ligados aos genes de interesse.**

**Quanto mais próximo o marcador encontrar-se do gene, mais eficiente será o processo.**

**Possibilidade de predição do potencial genético de um animal para determinadas características.**

# Seleção Assistida por Marcadores (SAM)



**Esta estratégia poderia trazer um impacto enorme ao setor produtivo, pois seria possível identificar e selecionar os melhores animais precocemente.**





# Características quantitativas X qualitativas

QUANTITATIVAS	QUALITATIVAS
Controladas por muito genes	Controladas por um ou poucos genes
Herança complexa	Herança simples
Efeito individual do gene sobre a característica é pequeno	Efeito individual do gene sobre a característica é grande
Sofrem grande influência do ambiente	Sofrem pouca ou nenhuma influência do ambiente
Distribuição fenotípica contínua	Classes fenotípicas distintas
Produção de carne na carcaça, ganho de peso, produção de leite, deposição de gordura, etc.	Presença de chifres, cor da pelagem, hipertrofia muscular, albinismo, etc.

# Genes de efeito maior, genes principais ou genes candidatos

Gene cuja função foi deduzida por meio de técnicas de genética molecular e que controla uma determinada característica fenotípica, seja ela de herança simples ou complexa.

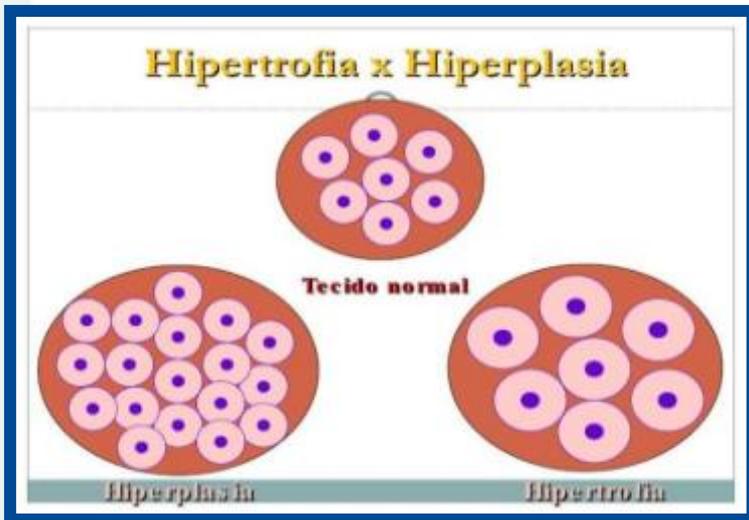
Podem ser candidatos por estarem em uma região de QTL ou por serem genes conhecidos biologicamente por estarem envolvidos no desenvolvimento ou fisiologia de uma determinada característica.

Esses genes podem ser sequenciados e seus polimorfismos detectados e associados com as características de interesse.

- ▶ Principal limitação da aplicação dessa estratégia é que somente uma pequena proporção dos genes que controlam características quantitativas é conhecida.
- ▶ A identificação da variante causal para um gene de efeito maior pode não ser facilmente determinada.

<b>Gene</b>	<b>Codifica</b>	<b>Principais características</b>	<b>Referências</b>
<i>RYR</i> (Halotano)	Receptor de rianodina	Susceptibilidade ao estresse	De Vries et al., 1998
<i>ESR</i>	Receptor de estrogênio	Aumento da produção de leitões	Short et al., 1995
<i>FecB</i> (Booroola)	Receptor BMP-1B	Prolificidade em ovinos	Wilson et al., 2001
<i>CD18</i> (BLAD)	Proteína CD18	Múltiplos defeitos na função leucocitária	Shuster et al., 1992
<i>MBLG</i>	$\beta$ -lactoglobulina	Alelo A – maior produção de proteína Alelo B - maior porcentagem de gordura	Bovenhuis et al., 1992
<i>CSN3</i>	Kappa-caseína	Alelo B - maior concentração de proteína	Bovenhuis et al., 1992
<i>OPN</i>	Osteopontina	Produção de leite	Leonard et al., 2005
<i>DGAT1</i>	Diacylglicerol O-acyltransferase	Porcentagem de gordura no leite e marmoreio	Kuhn et al., 2004 Thaller et al., 2003
<i>LEP</i>	Leptina	Deposição de gordura	Buchanan et al., (2002)
<i>TG</i>	Tireoglobulina	Marmoreio	Barendse, 1999
<i>CAST</i>	Calpastatina	Maciez da carne	Barendse, 2002
<i>CAPN1</i>	Calpaína	Maciez da carne	Page et al., 2002
<i>Slick Hair</i>	Microssatélite entre os genes <i>PRLR</i> e <i>SRD5A2</i>	Morfologia do pelo (curto, liso e brilhante)	Olson et al., 2003
<i>GDF-8</i>	Miostatina	Musculatura dupla	Grobet et al., 1997

# Síndrome da musculatura dupla



Animal com MD

- Descrita em 1807
- Controlada pelo ***GDF-8*** (*Growth Differentiation Factor-8*)
- Gene **parcialmente recessivo**
- **Miostatina**: regulação negativa do crescimento muscular
- Aumento do diâmetro das fibras
  - Aumento do número de fibras musculares



**Neonate**

**7 Months**





**Belgian Blue**



**Piemontês**



*Alger Meekma*



Fotos: Google Imagens



Asturiana de los Valles



Blonde d'Aquitaine



Charolês



Maine Anjou



Parthenaise



Limousin

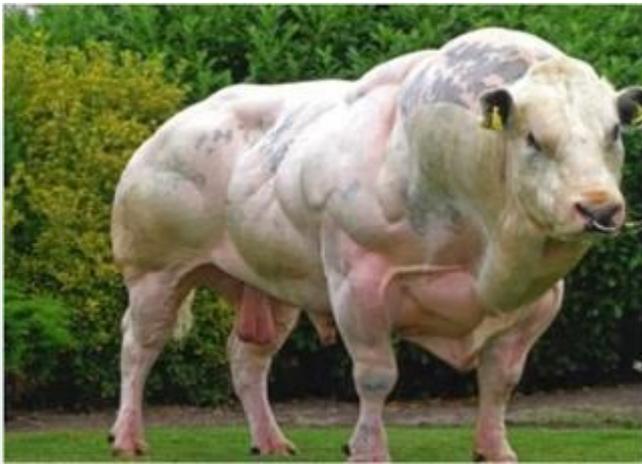


Rubea Gallega

O tipo de mutação causativa varia entre as diferentes raças

# Mutações no gene *GDF-8* em diferentes raças bovinas

Mutação	Raça afetada
nt821 (del11)	Belgian Blue, South Devon, Blonde d'Aquitaine, Limousin, Parthenaise, Asturiana de los Valles e outras
nt419 (del7-ins10)	Maine Anjou
Q204X	Charolês e Limousin
E226X	Maine Anjou e Parthenaise
E291X	Marchigiana
C313Y	Piemontês e Gascogne
F94L	Limousin
S105C	Parthenaise
D182N	Maine Anjou



## Vantagens

- Todos os músculos do corpo aumentados
- Animais são mais pesados ao desmame
- Maior área de olho de lombo
- Maior peso de carcaça quente
- Ossos mais finos e redução no peso dos órgãos
- Melhor eficiência alimentar
- Maior proporção de cortes nobres de carne
- Menor porcentagem de gordura

# Desvantagens

- Período de gestação é mais longo para bezerros MD
- Maior peso dos bezerros MD ao nascer
- Condição frequentemente fatal para as vacas
- Alta incidência de distocia
- Alta taxa de mortalidade vaca e bezerro
- Baixa viabilidade dos bezerros: parto e desempenho materno
- Vacas MD produzem entre 15% a 30% menos leite
- Maior incidência de deformidades: macroglossia e necrose
- Redução de fertilidade: atraso na puberdade e genitália externa infantilizada

# Desvantagens

- Testículos menores e menor volume de sêmen
- Aumento da sensibilidade ao estresse
- Produção anormal ou maior de calor durante estresse calórico
- Baixa capacidade de dissipar calor
- Diminuição da capacidade respiratória
- Suscetibilidade a doenças respiratórias
- Volume de sangue e contagem de glóbulos vermelhos reduzida, resultando em deficiência no transporte de  $O_2$

**Expressão  
extremamente variável**

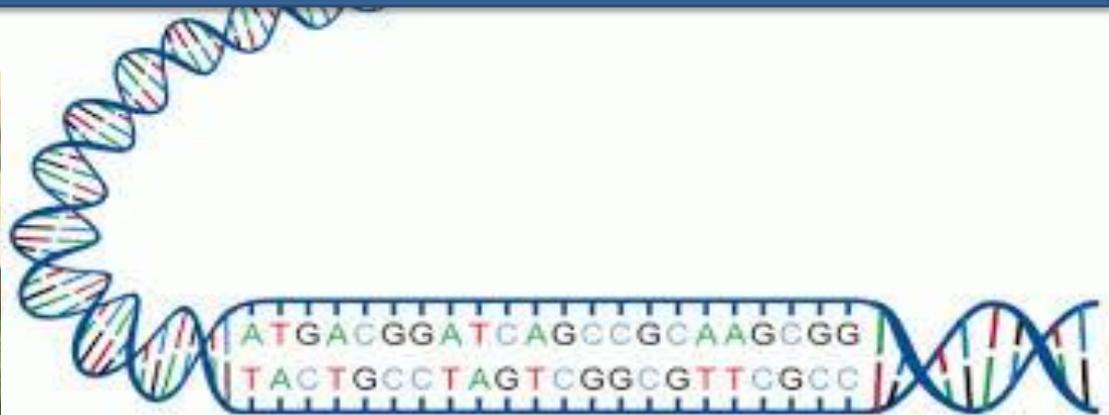
**Expressão diferente  
para diferentes raças**





Até 2014: não haviam dados informativos na literatura sobre a ocorrência de MD

Sequenciamento do gene em animais Senepol com MD:  
11 polimorfismos



<b>Polimorfismo</b>	<b>Tipo de mutação</b>	<b>Localização</b>	<b>Nomenclatura na literatura</b>	<b>Código no dbSNP</b>
C/T	Sinônima	Éxon II	nt414	rs137528458
Del11	Sem sentido	Éxon III	nt821	rs110072181
A/C	Sinônima	UTR3'	-	rs209589990
C/G	Sinônima	UTR3'	-	rs109647071
C/T	Sinônima	UTR3'	-	rs109402075
A/G	Sinônima	UTR3'	-	rs110819806
A/G	Sinônima	UTR3'	-	rs109092705
A/G	Sinônima	UTR3'	-	rs385065278
A/G	Sinônima	UTR3'	-	rs109690210
A/G	Sinônima	UTR3'	-	rs109079350
C/T	Sinônima	UTR3'	-	rs109534103

# Estudo de associação da mutação nt821 com características de produção



[www.facebook.com/PADSSENEPOL/photos/](http://www.facebook.com/PADSSENEPOL/photos/)

346 machos  
participantes das PADS:  
2011-2015

Núcleo de Melhoramento  
da Raça Senepol sob  
supervisão técnica do  
Geneplus

# Características fenotípicas avaliadas

- Peso final 550
- Ganho médio diário
- Espessura de gordura subcutânea (EGS550)
- Espessura de gordura na picanha (EGP550)
- Área de olho de lombo (AOL550)
- Marmoreio (MARM550)
- Perímetro escrotal (PE550)



**Análise de frequência e  
distribuição do alelo mutado  
(nt821)**



**376 touros jovens genotipados**

**70 animais  
(20,23%)  
+/del**

**276 animais  
(79,77%)  
+/+**

Característica	Homozigoto	Heterozigoto	P-Value
<b>AOL550</b>	50,17 ± 0,63	54,22 ± 1,25	0,0026
<b>MARM550</b>	1,50 ± 0,05	1,49 ± 0,09	0,9157
<b>EGS550</b>	2,28 ± 0,07	2,01 ± 0,15	0,0791
<b>EGP550</b>	2,17 ± 0,24	2,08 ± 0,27	0,5775
<b>PESO330</b>	276,10 ± 2,51	272,24 ± 5,01	0,4682
<b>PESO550</b>	430,22 ± 3,27	419,28 ± 6,52	0,1154
<b>GMD</b>	0,73 ± 0,01	0,70 ± 0,02	0,2863
<b>PE550</b>	34,37 ± 0,26	33,18 ± 0,52	0,0314

AOL = área de olho de lombo; MARM = marmoreio; EGS550 = espessura da gordura subcutânea ajustada para 550 dias; EGP = espessura da gordura na picanha ajustada para 550 dias; PESO330 = peso ajustado para 330 dias; PESO550 = peso ajustado para 550 dias; GMD = Ganho médio diário; PE550 = perímetro escrotal ajustado para 550 dias.

Característica	Homozigoto	Heterozigoto	P-Value
AOL550	50,17 ± 0,63	54,22 ± 1,25	0,0026
MARM550	1,50 ± 0,05	1,49 ± 0,09	0,9157
EGS550	2,28 ± 0,07	2,01 ± 0,15	0,0791
EGP550	2,17 ± 0,24	2,08 ± 0,27	0,5775
PESO330	276,10 ± 2,51	272,24 ± 5,01	0,4682
PESO550	430,22 ± 3,27	419,28 ± 6,52	0,1154
GMD	0,73 ± 0,01	0,70 ± 0,02	0,2863
PE550	34,37 ± 0,26	33,18 ± 0,52	0,0314

AOL = área de olho de lombo; MARM = marmoreio; EGS550 = espessura da gordura subcutânea ajustada para 550 dias; EGP = espessura da gordura na picanha ajustada para 550 dias; PESO330 = peso ajustado para 330 dias; PESO550 = peso ajustado para 550 dias; GMD = Ganho médio diário; PE550 = perímetro escrotal ajustado para 550 dias.

Característica	Homozigoto	Heterozigoto	P-Value
AOL550	50,17 ± 0,63	54,22 ± 1,25	0,0026
MARM550	1,50 ± 0,05	1,49 ± 0,09	0,9157
<b>EGS550</b>	<b>2,28 ± 0,07</b>	<b>2,01 ± 0,15</b>	<b>0,0791</b>
EGP550	2,17 ± 0,24	2,08 ± 0,27	0,5775
PESO330	276,10 ± 2,51	272,24 ± 5,01	0,4682
PESO550	430,22 ± 3,27	419,28 ± 6,52	0,1154
GMD	0,73 ± 0,01	0,70 ± 0,02	0,2863
PE550	34,37 ± 0,26	33,18 ± 0,52	0,0314

AOL = área de olho de lombo; MARM = marmoreio; EGS550 = espessura da gordura subcutânea ajustada para 550 dias; EGP = espessura da gordura na picanha ajustada para 550 dias; PESO330 = peso ajustado para 330 dias; PESO550 = peso ajustado para 550 dias; GMD = Ganho médio diário; PE550 = perímetro escrotal ajustado para 550 dias.

Característica	Homozigoto	Heterozigoto	P-Value
AOL550	50,17 ± 0,63	54,22 ± 1,25	0,0026
MARM550	1,50 ± 0,05	1,49 ± 0,09	0,9157
EGS550	2,28 ± 0,07	2,01 ± 0,15	0,0791
EGP550	2,17 ± 0,24	2,08 ± 0,27	0,5775
<b>PESO330</b>	276,10 ± 2,51	272,24 ± 5,01	0,4682
<b>PESO550</b>	430,22 ± 3,27	419,28 ± 6,52	0,1154
<b>GMD</b>	0,73 ± 0,01	0,70 ± 0,02	0,2863
PE550	34,37 ± 0,26	33,18 ± 0,52	0,0314

AOL = área de olho de lombo; MARM = marmoreio; EGS550 = espessura da gordura subcutânea ajustada para 550 dias; EGP = espessura da gordura na picanha ajustada para 550 dias; PESO330 = peso ajustado para 330 dias; PESO550 = peso ajustado para 550 dias; GMD = Ganho médio diário; PE550 = perímetro escrotal ajustado para 550 dias.

Característica	Homozigoto	Heterozigoto	P-Value
AOL550	50,17 ± 0,63	54,22 ± 1,25	0,0026
MARM550	1,50 ± 0,05	1,49 ± 0,09	0,9157
EGS550	2,28 ± 0,07	2,01 ± 0,15	0,0791
EGP550	2,17 ± 0,24	2,08 ± 0,27	0,5775
PESO330	276,10 ± 2,51	272,24 ± 5,01	0,4682
PESO550	430,22 ± 3,27	419,28 ± 6,52	0,1154
GMD	0,73 ± 0,01	0,70 ± 0,02	0,2863
<b>PE550</b>	<b>34,37 ± 0,26</b>	<b>33,18 ± 0,52</b>	<b>0,0314</b>

AOL = área de olho de lombo; MARM = marmoreio; EGS550 = espessura da gordura subcutânea ajustada para 550 dias; EGP = espessura da gordura na picanha ajustada para 550 dias; PESO330 = peso ajustado para 330 dias; PESO550 = peso ajustado para 550 dias; GMD = Ganho médio diário; PE550 = perímetro escrotal ajustado para 550 dias.

# Considerações para Senepol



- O alelo mutado afeta características relacionadas à produção de carne.
- Alguns dos efeitos podem ser considerados vantajosos do ponto de vista do produtor, como AOL enquanto que outras são desvantajosas, como PE.
- Cabe ao produtor/associação a decisão de manter ou não este alelo na população por meio dos animais heterozigotos.
- Há a necessidade de se limitar o número de animais homozigotos para a mutação para evitar os aspectos negativos mais graves associados a este genótipo.

# O que é Genômica?

- **Genômica é um ramo da genética que aplica o conhecimento de milhares de marcadores ou de sequências completas de DNA e técnicas de bioinformática para estudar a estrutura e a função de genomas.**



# Benefícios da Avaliação Genômica

- ▶ Maior acurácia de seleção
  - Correção de pedigree
  - Estimação da segregação mendeliana em animais jovens
  
- ▶ Reduzir o intervalo de gerações
  - Antecipação da seleção
  - Maior uso de animais jovens
  
- ▶ Manter ou aumentar a variabilidade genética
  - Controle de consanguinidade
  
- ▶ Adoção de características não-convencionais como critérios de seleção

# Formas de usar a genômica no melhoramento genético

- Não é mais necessário identificar genes ou regiões que controlam características quantitativas específicas através de análises de associação entre marcadores e fenótipos.
- Escolher, criteriosamente, SNPs espalhados e igualmente espaçados, por todo o genoma.
- Capturar o efeito de todos os genes responsáveis pela característica de interesse por assumir que os marcadores estejam próximos aos QTLs e em desequilíbrio de ligação.

# Avaliação genética atual



DEP's

Fenótipo

Pedigree

Metodologia Estatística

Predição de Mérito Genético

	F9902	C6740
	ZEFEC ABDALª	LUDY DE GARCª
L4810		AACC4732
QUARK COI		ESMERALDAª
	CM4163	B500
BRGC0316	BNUVA DA CO	QUABUS CO
VINGADOR DA EMBRAPA		L6894
Classe: E		GOTA DA ESP
	G703	B3145
	PRADESH-	IGUACU DA PAC
BRGC31		BR3103
RECEITA DA EMBRAPA		FAZENDEIRA
	CX4012	A3379
	GALERA GC	MUSHTAK PO DA ZEE
		CC2275
		TERÇA DA LIM

		DEPs		Percentil nos animais Ativos:		Percentil na População:	
		DEP	AC	%AT Classe		%POP Classe	
PN (kg)	0.59	38	86.0	I		96.0	I
P120-EM (kg)	0.39	1	50.0	S	I	39.0	S
TM120 (kg)	4.08	9.0	9.0	E		3.0	E
PD (kg)	15.40	26	0.5	E		0.1	E
TMD (kg)	6.40	8.0	8.0	E		3.0	E
PS (kg)	10.25	6	7.0	E		2.0	E
GPD (g/dia)	15.78	2	8.0	E		2.0	E
CFD (1-6)	0.17	4	14.0	E		6.0	E
CFS (1-6)	0.17	1	11.0	E		4.0	E
PED (cm)	0.18	2	17.0	S		6.0	E
PES (cm)	0.72	1	4.0	E		1.0	E
IPP (dias)	2.09	1	63.0	R		58.0	R
PVD (kg)	5.95	1	89.0	I		96.0	I
AOL (cm2)	0.72	1	19.0	S		9.0	E
ESG (mm)	0.78	1	8.0	E		4.0	E
MAR (0-10)	0.01	1	46.0	S		35.0	S

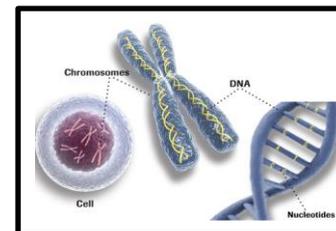
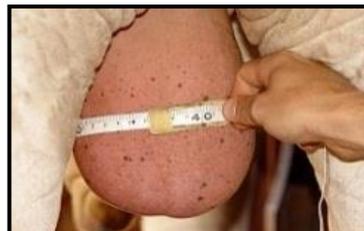
Índice de Qualificação Genética/Geneplus: 3.24 | %AT: 2.0% | E | %POP: 0.5% | E  
5%\*TM120 +20%\*PD +15%\*TMD +20%\*PS +20%\*GPD +5%\*CFS +5%\*PES +10%\*IPP

# Nova avaliação genética

- ▶ Valores genéticos preditos com base em informações genômicas já estão disponíveis;
- ▶ Melhores resultados serão obtidos com informações fenotípicas + genômicas;
- ▶ DEPs genomicamente melhoradas.

# Nova avaliação genética

F9902	C8740
ZEFEQ ABOALF	ALDOY DE BARC
L4810	AAOC4732
QUARK COI	ESMERALD*
CM4163	B560
BRG00316	QUAEUS OD
<b>VINGADOR DA EMBRAPA</b>	L8894
Classe: E	907A DA ESP
G703	B3145
PRADES-	JOAQUIM DA PAC
BR0031	BR3103
RECEITA DA EMBRAPA	FAZENDEIRA
CK4012	A3379
GALERA GC	MUSHIK PO DA ZEE
	CC2275
	TERÇA DA LIM



**Pedigree**

**Fenótipo**

**Dados genômicos**

**Metodologia estatística  
Nova e Melhorada!**

**Predição de Mérito Genético  
"DEP genômica"**

# Ferramentas genômicas para selecionar características quantitativas

► **Seleção genômica em múltiplos passos** (*multi-step genomic selection*): onde as DEPs tradicionais e os valores genéticos genômicos são computados independentemente e, em seguida, são combinados em um índice de seleção em que cada parte terá peso proporcional ao percentual de variância genética explicada.

► **Seleção genômica em único passo** (*single-step genomic selection*): as informações dos marcadores são usadas para ajustar uma matriz de parentesco genômico, em que o parentesco é definido pelos alelos compartilhados, melhorando as estimativas de parentesco obtidas usando somente genealogia.

- Essa nova matriz genômica substitui a matriz de parentesco tradicional, nas equações de modelos mistos, usadas na predição das DEPs;
- Avaliações genéticas mais acuradas com maiores ganhos genéticos ao se utilizar as DEPs genômicas.



# Formas de usar a genômica no melhoramento genético

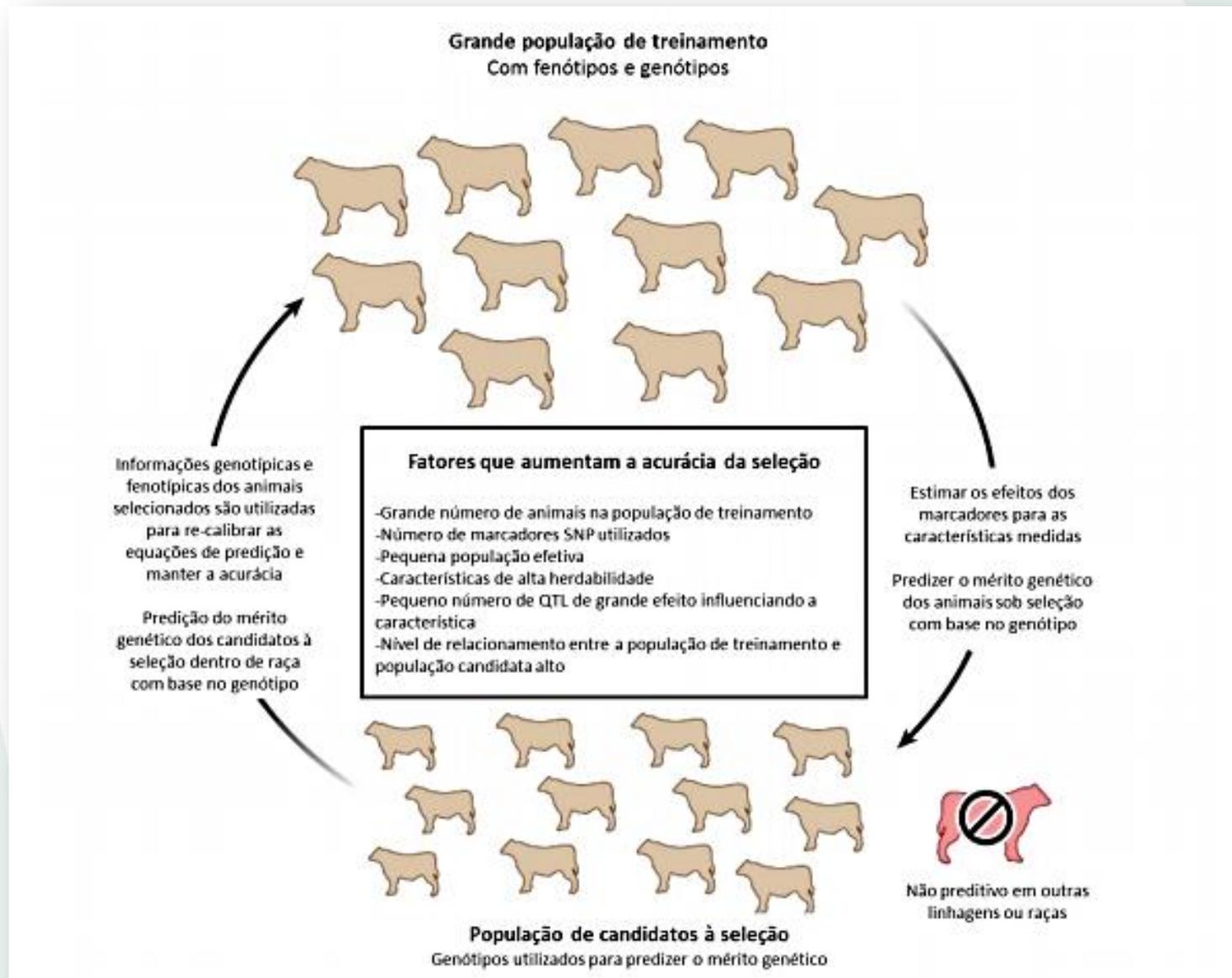
- ▶ **Determinação correta de parentesco:** erros de genealogia podem ter significativos impactos negativos sob a confiabilidade de uma avaliação genética e, conseqüentemente, comprometer os ganhos genéticos esperados;
  - **Viabilizar o uso de touros múltiplos:** paternidade pode ser determinada após o nascimento dos bezerros
  - **Corrigir discrepâncias:** uso de IA/ Repasse → datas de nascimento são inconclusivas.

# Formas de usar a genômica no melhoramento genético

- ▶ **Testes genéticos para anomalias genéticas:** identificação de animais portadores de alelos indesejáveis;
  - Auxílio na seleção, descarte ou acasalamento (Chifres, pelagem, musculatura dupla, ...);
  - Identificação e eliminação de alelos deletérios (nanismo, doenças genéticas ou letais (hidrocefalia)).



# Esquema de aplicação da SG



# Desafios para adoção da tecnologia genômica

- ▶ Tornar-se familiar e conhecida;
  - ▶ Tornar viável o custo da tecnologia em larga escala;
  - ▶ Desenvolvimento de ferramentas genômicas “multiusos”: SG, teste de paternidade, rastreabilidade, diferenciação de produto, identificação de alelos indesejáveis, ...;
- Coleta de material, extração DNA, genotipagem;
  - Custo e dificuldade da obtenção de fenótipos em quantidade e qualidade suficientes;
  - Fenótipos de qualidade devem ser coletados continuamente.
- ▶ Grande demanda computacional;
  - ▶ Carência de RH qualificados.

# Futuro promissor tecnologia genômica

- ▶ **Sanidade:** grande oportunidade para se melhorar o perfil sanitário de bovinos de corte.
  - Ter animais naturalmente mais resistentes representa menor utilização de medicamentos, significando redução nos custos de produção, menor dano ambiental e carne de melhor qualidade.

# Futuro promissor tecnologia genômica

- ▶ **Produção:** aumentar as acurácias das DEPs para características de produção, contribuindo para maior ganho genético.
  - Especialmente, para animais jovens, com nenhuma ou pouca informação própria, podendo tornar a escolha dos melhores touros jovens e das melhores novilhas significativamente mais precisa.

# Futuro promissor tecnologia genômica

- ▶ **Reprodução:** grande impacto econômico, baixa herdabilidade e expressas tardiamente na vida do animal;
  - Limitadas a um dos sexos;
  - Poucos conjuntos de dados fenotípicos;
  - Grande desafio será a necessidade de uma grande população de treinamento para se atingir resultados precisos.
  - Maior demanda de recursos financeiros e de tempo.

# Futuro promissor tecnologia genômica

- ▶ **Qualidade da carne:** característica difícil de ser trabalhada convencionalmente;
  - Agregar valor à carne;
  - Alimento saudável: demanda atual e futura;
  - Possibilidade e consequências de alteração da composição mineral e de ácidos graxos.
- ▶ **Diversidade genética e endogamia:** baseada em dados genealógicos é útil, mas pode ser melhorada
  - Genômica pode melhorar a “real” semelhança (diferença) entre os indivíduos;
  - Acasalamentos otimizados.

## Considerações finais

- ▶ Genômica tem revolucionado o melhoramento de bovinos de leite e, em um futuro muito próximo, revolucionará também o melhoramento em gado de corte;
- ▶ A SG permite o incremento do ganho genético para características de interesse econômico, além de permitir o controle dos níveis de endogamia, manutenção da composição racial e correção de erros de pedigree.

## Considerações finais

► A popularização permitirá o delineamento de novos programas de melhoramento; intensificação do uso de animais jovens que, juntamente, com tecnologias reprodutivas, proporcionará maior competitividade, aumento de produtividade e incremento na margem de lucro da cadeia de carne bovina.

**Nova forma de fazer o que os criadores já fazem, porém com resultados muito melhores e em menor espaço de tempo, devido ao aumento do ganho genético do rebanho e a redução no intervalo de gerações.**



**Obrigada!**

**[fabiane.siqueira@embrapa.br](mailto:fabiane.siqueira@embrapa.br)**