



DA CHEGADA DO ZEBU À GENOTIPAGEM

UM SÉCULO DE
MELHORAMENTO E EVOLUÇÃO

EXP GENÉTICA

17 A 25 DE AGOSTO 2019 • UBERABA/MG • BRASIL

Entendendo as acurácias dos valores
genéticos e genômicos nas avaliações atuais

Fabio Luiz Buranelo Toral
Departamento de Zootecnia
Escola de Veterinária
Universidade Federal de Minas Gerais

Avaliações Genéticas

Consulta

POR GRUPO INDIVIDUAL



Filtros

Ocultar

Básicos

RAÇA: NELORE

SUMÁRIO: TOUROS

TIPO: TOUROS DE CENTRAL

Adicionais

CATEGORIA: PO,PA e PC

TIPO: PADRAO e MOCHC

FAZENDA: TODOS OS CRIAD

IDADE: Animais até 25 anos

DECA: 1 a 10

A listagem TOURO DE CENTRAL é dinâmica e pode ser atualizada pela inclusão ou exclusão de touros nas centrais de inseminação artificial. Descrição completa encontra-se no botão de informação ao lado.

Primeiros 500 registros

Filtro de número de animais, dependendo da velocidade de sua internet e do filtro selecionado a pesquisa pode ser demorada.

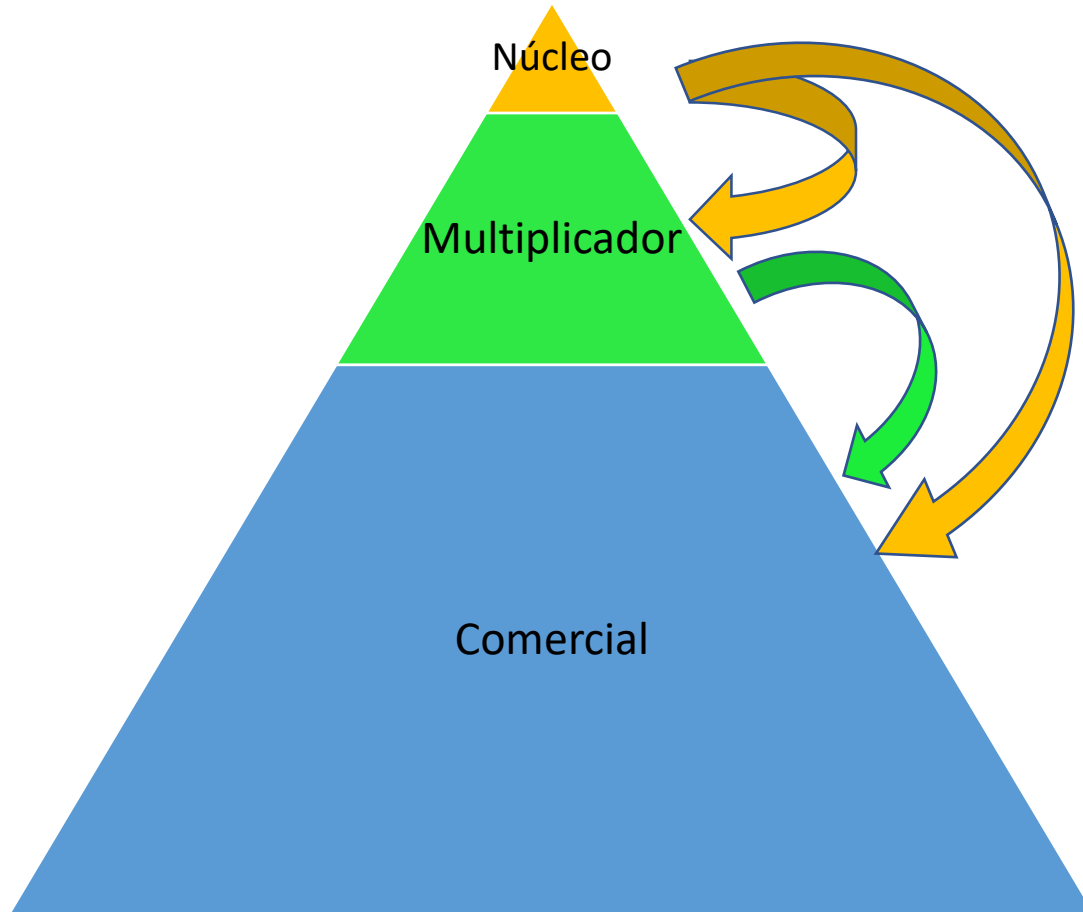
Visualiza Todos

< 1 >

Página 1 de 5 - Total 500 registros encontrados.

<input checked="" type="checkbox"/>	Nome	Registro	Dt. Nasc.	iABCZ	DECA	STAY	DECA	Nome do Pai	RG Mãe
<input type="checkbox"/>	1 - REM EL DOURADO	REMC 9094	14/08/2015	24,66	1	43,65	1	REM TORIXOREU	REMC 3913
<input type="checkbox"/>	2 - SINNU DA BEABISA	BRMB 1346	01/09/2013	30,94	1	43,32	1	C8288 DA MN	COL A 7099
<input type="checkbox"/>	3 - HIRTAN DA QUIL	QUIL 13232	02/11/2009	26,8	1	42,86	1	C2569 DA MN	QUIL 6782
<input type="checkbox"/>	4 - B8734 DA MN	MANA B 8734	18/11/1995	21,95	1	42,45	1	GOLAN	DE 9281
<input type="checkbox"/>	5 - TANGO DO IZ	IZSN 4882	05/10/1999	18,18	1	42,05	1	PACARA	EC 5430
<input type="checkbox"/>	6 - HERINGER PAGADOR	FHGN 2307	28/02/2011	15,16	1	42,02	1	C2569 DA MN	FHGL 276

Agentes envolvidos com a genética animal



- A importância da acurácia não é a mesma para todos os agentes
- A acurácia é mais importante quando há transferência de material genético
- A acurácia é menos importante quando não há transferência de material genético
- Seleccionador precisa arriscar

Qual touro você escolheria?

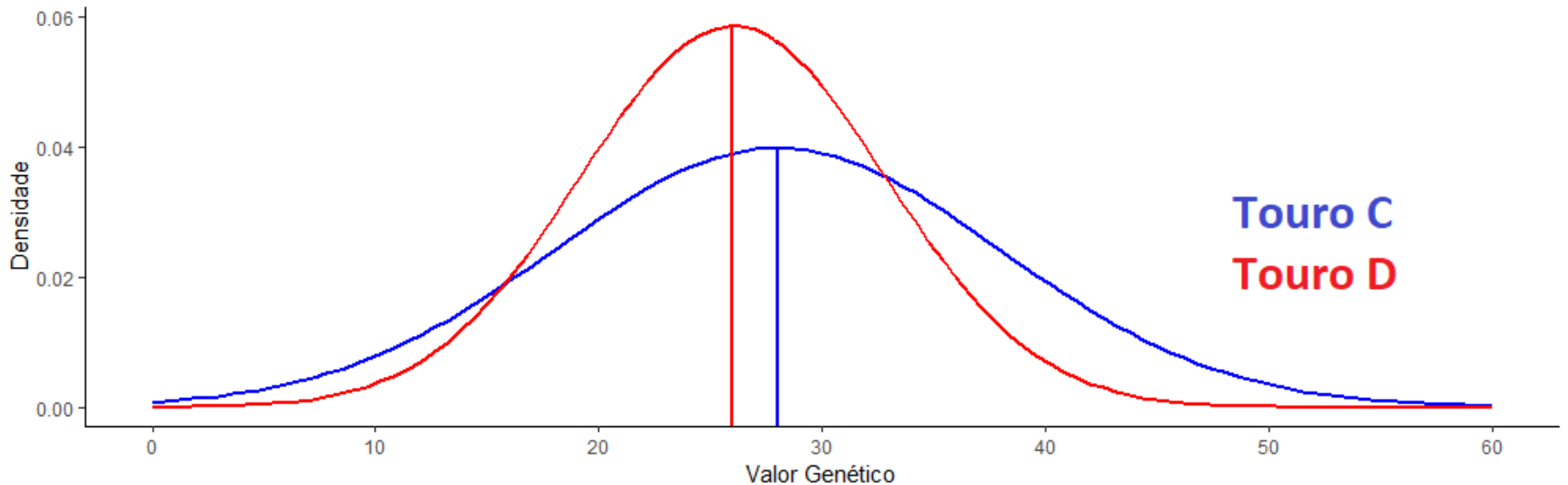
Situação 1

Touro	DEP	ACC
A	19	46
B	5	51

Situação 2

Touro	DEP	ACC
C	14	25
D	13	78

- A acurácia reflete a credibilidade de uma DEP e está relacionada com o risco de mudança dessa DEP com a incorporação de mais dados na avaliação genética.



Na avaliação genética (modelo animal), as soluções para os animais com menos informações (menor acurácia) são mais penalizadas (em direção à média) do que as soluções para os animais com mais informações.

Qual touro você escolheria?

Situação 1

Touro	DEP	ACC
A	19	46
B	5	51

Situação 2

Touro	DEP	ACC
C	14	25
D	13	78

- A acurácia reflete a credibilidade de uma DEP e está relacionada com o risco de mudança dessa DEP com a incorporação de mais dados na avaliação genética.
- A credibilidade de uma DEP é importante quando material genético é comercializado com base nessa DEP.
- Teoricamente, a resposta à seleção é proporcional à acurácia.

Os elementos que compõem a resposta à seleção

$$\Delta G = \frac{i \times h^2 \times \sigma_P}{L}$$

ΔG = ganho genético anual

i = intensidade de seleção

h^2 = herdabilidade

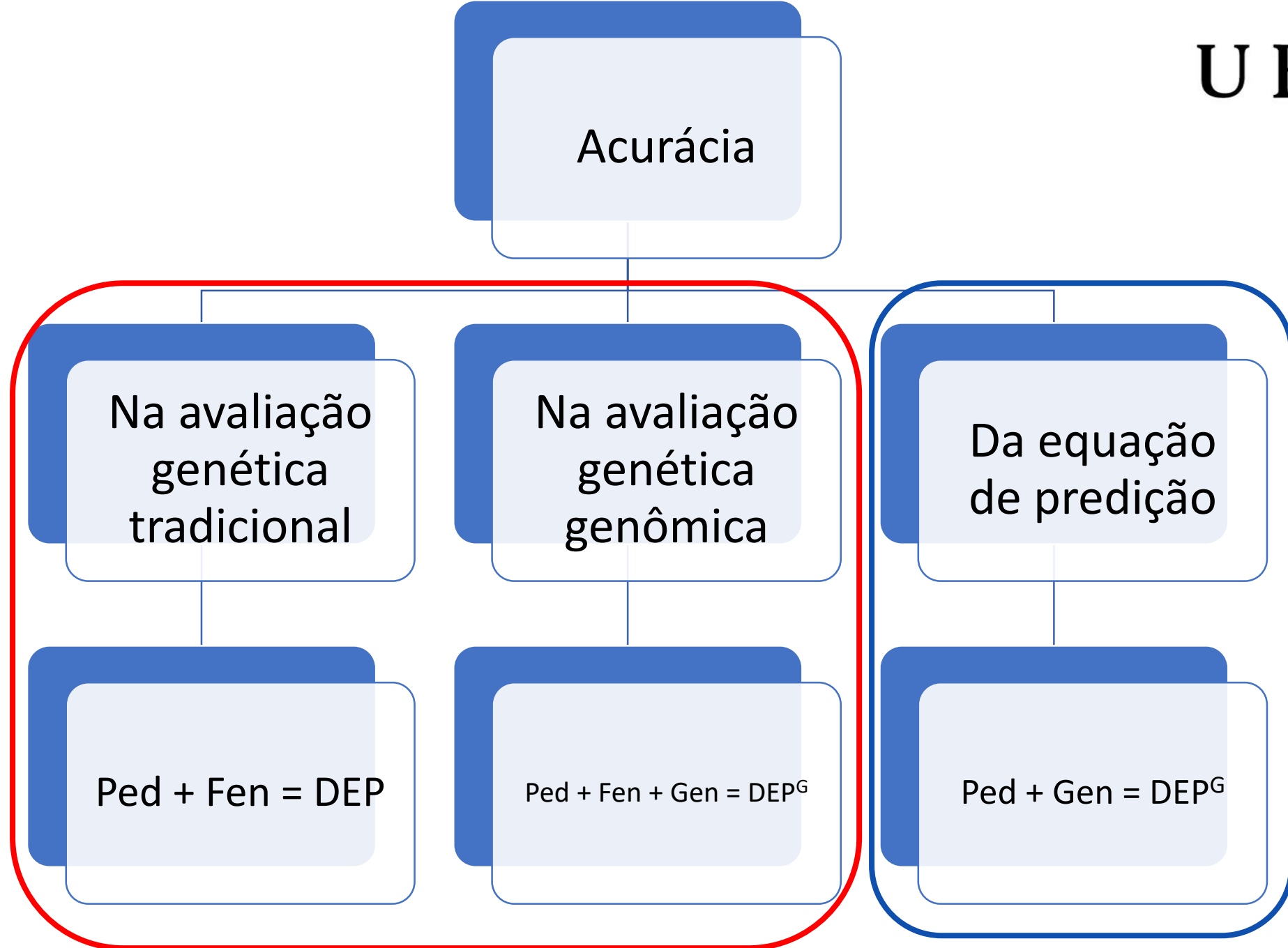
σ_P = desvio padrão fenotípico

L = intervalo de geração

$$\Delta G = \frac{i \times acc \times \sigma_A}{L}$$

acc = acurácia

σ_A = desvio padrão genético



As acurácias dos valores genéticos preditos

- A acurácia é a correlação entre o valor genético verdadeiro e o valor genético predito
- $acc = corr(VGV, VGP)$
- Confiabilidade (r^2) = acc^2
- O valor genético verdadeiro não é conhecido
- Métodos alternativos são necessários para cálculo das acurácias com dados reais
- As acurácias são aproximações, sujeitas a erros

Como a acurácia é calculada?

Animal	Pai	Mãe	Grupo	Fenótipo
1	-	-	1	14
2	-	-	1	12
3	1	-	2	15
4	1	-	2	16
5	2	-	2	13
6	2	-	3	12
7	2	-	3	17

- Modelo animal
 - Fatores genéticos e os não genéticos que influenciam a característica
 - Parentesco (esperado ou realizado) entre os animais
 - $y = Xb + Za + e$
- Sistema de equações de modelos mistos
 - Obter \hat{b} (BLUE) e \hat{a} (BLUP)

O sistema de equações de modelos mistos

$$\begin{bmatrix} X'X & X'Z \\ Z'X & Z'Z + A^{-1}\alpha \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} \hat{b} \\ \hat{a} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X'y \\ Z'y \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} \hat{b} \\ \hat{a} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X'X & X'Z \\ Z'X & Z'Z + A^{-1}\alpha \end{bmatrix}^{-1} \times \begin{bmatrix} X'y \\ Z'y \end{bmatrix}$$

- A acurácia depende:
 - da **herdabilidade**
 - da **quantidade** de dados (do indivíduo e de parentes) disponível para predição de \hat{a}
 - da **distribuição** dos dados nos grupos

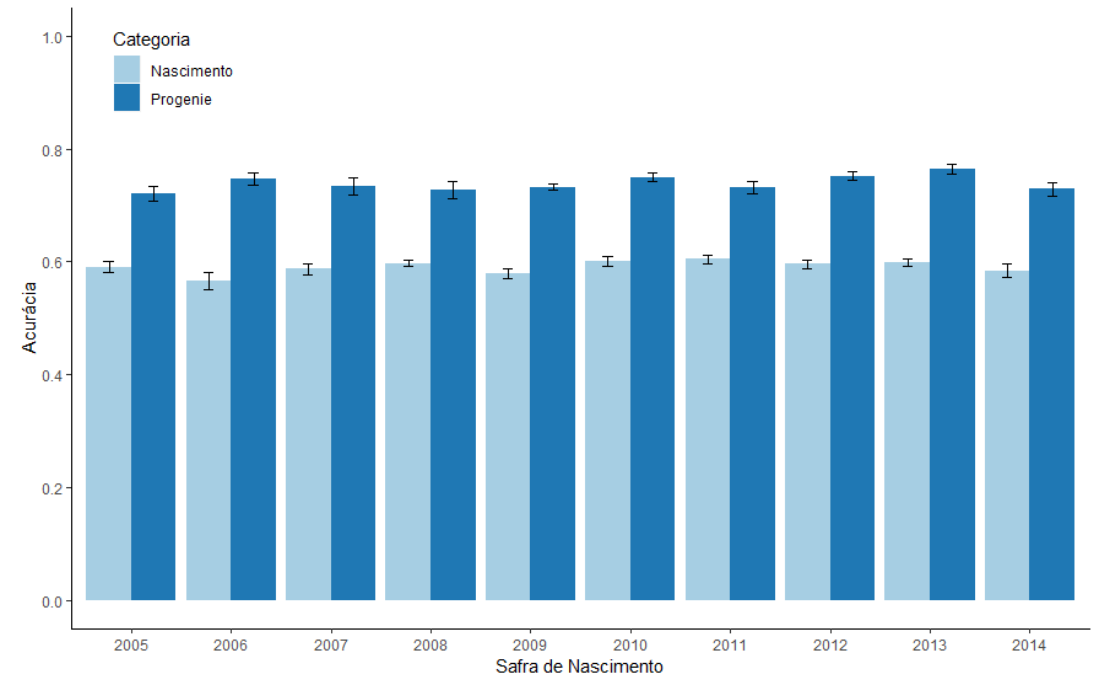
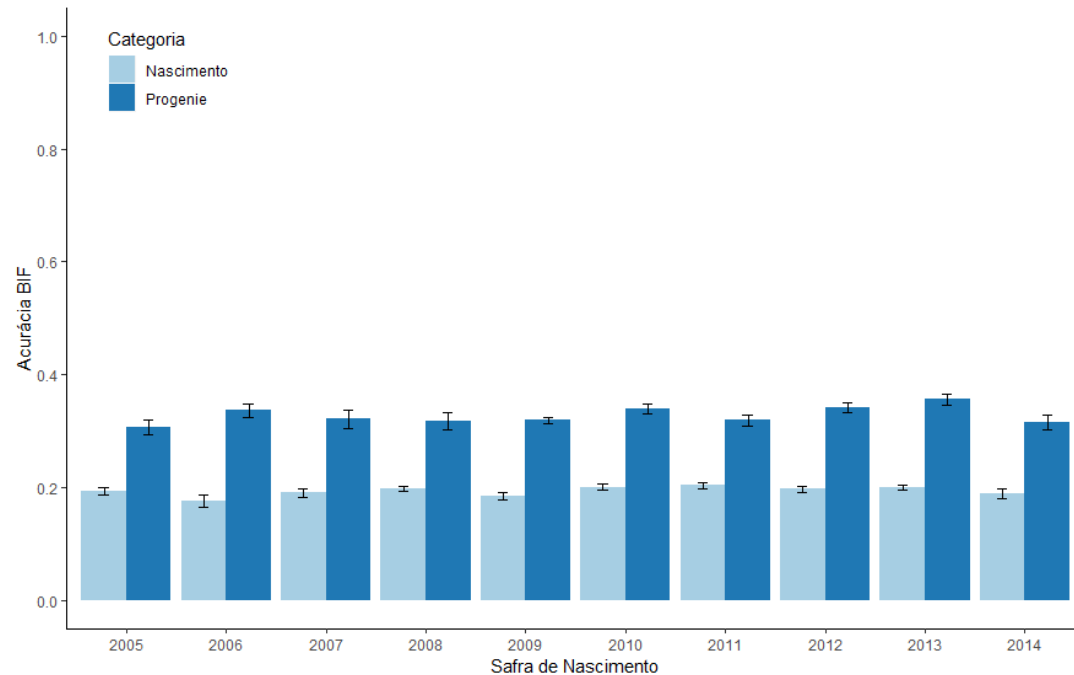
O sistema de equações de modelos mistos

$$\begin{bmatrix} \hat{b}_1 \\ \widehat{b_2 - b_1} \\ \widehat{b_3 - b_1} \\ \hat{a}_1 \\ \hat{a}_2 \\ \hat{a}_3 \\ \hat{a}_4 \\ \hat{a}_5 \\ \hat{a}_6 \\ \hat{a}_7 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,750 & -0,625 & -0,625 & -0,250 & -0,250 & -0,125 & -0,125 & -0,125 & -0,125 & -0,125 \\ -0,625 & 1,025 & 0,549 & 0,099 & 0,150 & -0,073 & -0,073 & -0,054 & 0,075 & 0,075 \\ -0,625 & 0,549 & 1,288 & 0,202 & 0,047 & 0,094 & 0,094 & 0,037 & -0,163 & -0,163 \\ -0,250 & 0,099 & 0,202 & 0,404 & 0,095 & 0,188 & 0,188 & 0,075 & 0,047 & 0,047 \\ -0,250 & 0,150 & 0,047 & 0,095 & 0,404 & 0,061 & 0,061 & 0,174 & 0,202 & 0,202 \\ -0,125 & -0,073 & 0,094 & 0,188 & 0,061 & 0,395 & 0,122 & 0,076 & 0,030 & 0,030 \\ -0,125 & -0,073 & 0,094 & 0,188 & 0,061 & 0,122 & 0,395 & 0,076 & 0,030 & 0,030 \\ -0,125 & 0,543 & 0,037 & 0,075 & 0,174 & 0,076 & 0,076 & 0,384 & 0,087 & 0,087 \\ -0,125 & 0,075 & -0,163 & 0,047 & 0,202 & 0,030 & 0,030 & 0,087 & 0,424 & 0,152 \\ -0,125 & 0,075 & -0,163 & 0,047 & 0,202 & 0,030 & 0,030 & 0,087 & 0,152 & 0,424 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 99 \\ 44 \\ 29 \\ 14 \\ 12 \\ 15 \\ 16 \\ 13 \\ 12 \\ 17 \end{bmatrix}$$

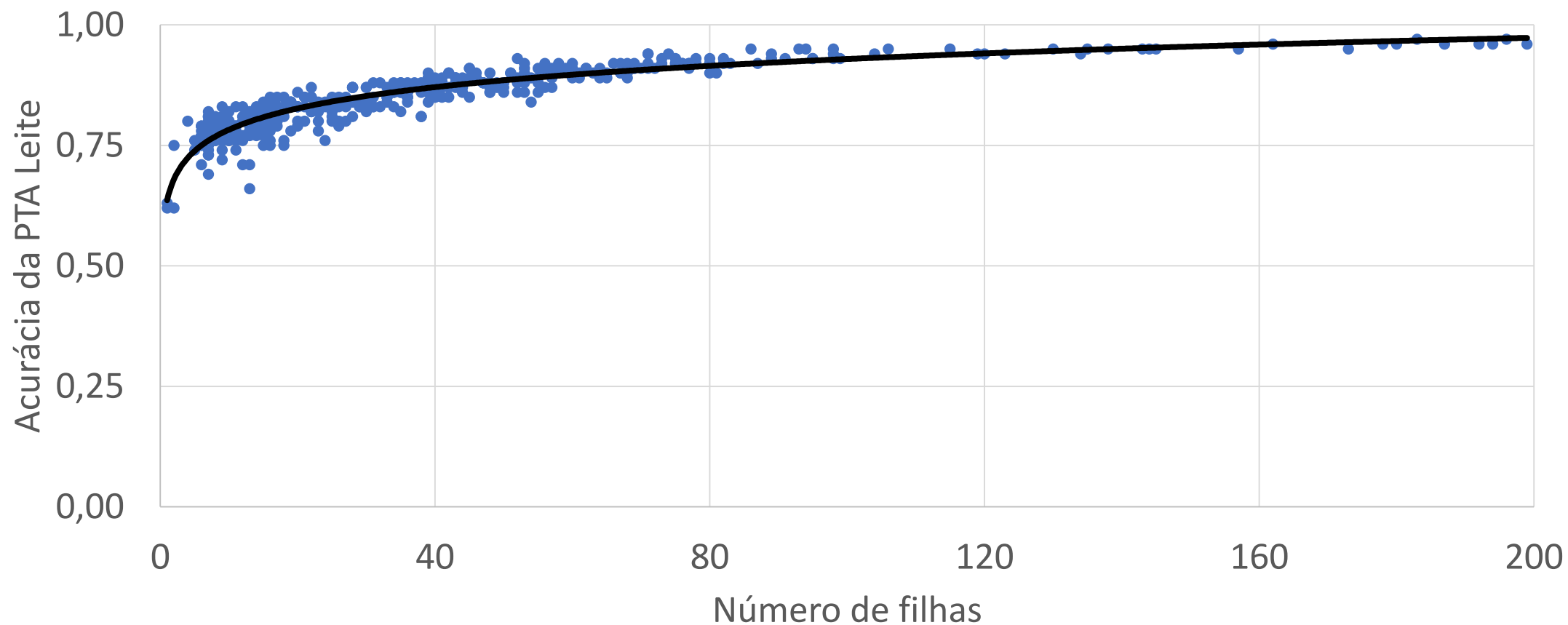
O cálculo da acurácia

	C_{ii}^{-22}	$PEV_i = C_{ii}^{-22} \times \hat{\sigma}_e^2$	$acc_i = \sqrt{1 - \frac{PEV_i}{\hat{\sigma}_a^2}}$	$acc_i^{BIF} = 1 - \sqrt{1 - acc_i^2}$
\hat{a}_1	0,404	2,223	0,437	0,100
\hat{a}_2	0,404	2,223	0,437	0,100
\hat{a}_3	0,395	2,173	0,457	0,111
\hat{a}_4	0,395	2,173	0,457	0,111
\hat{a}_5	0,384	2,117	0,479	0,122
\hat{a}_6	0,424	2,337	0,387	0,078
\hat{a}_7	0,424	2,337	0,387	0,078

A inclusão dos dados das progênes na avaliação genética tem efeito sobre as médias das acurácias dos valores genéticos preditos



A relação entre a acurácia e o número de filhas não é linear

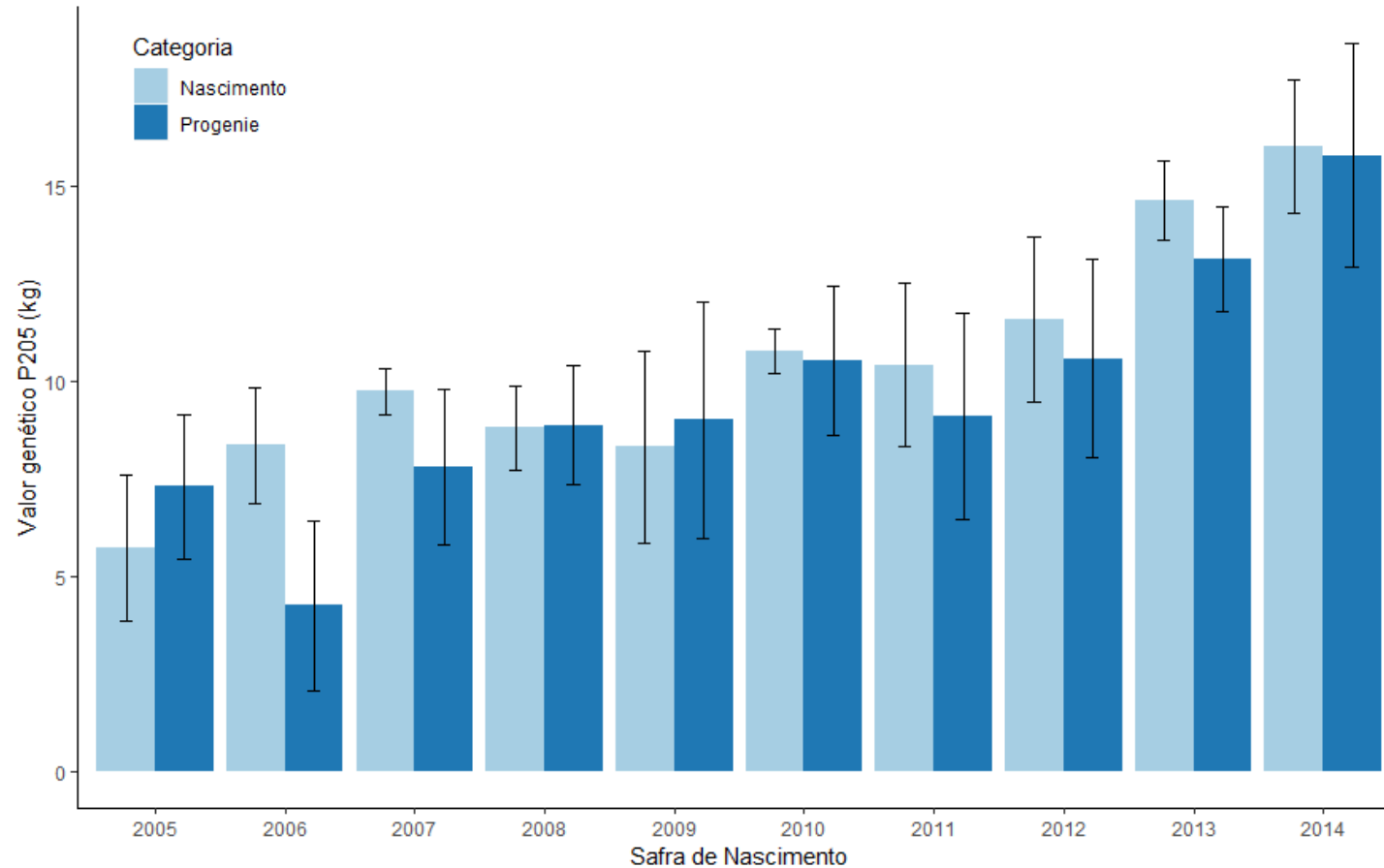


Fonte: Panetto et al. (2019)

A inclusão dos dados das progênie na avaliação genética pode ter efeito sobre os valores genéticos preditos de alguns touros



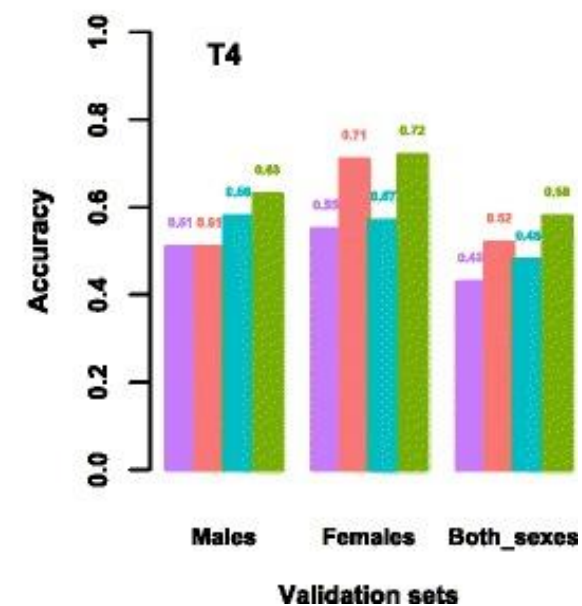
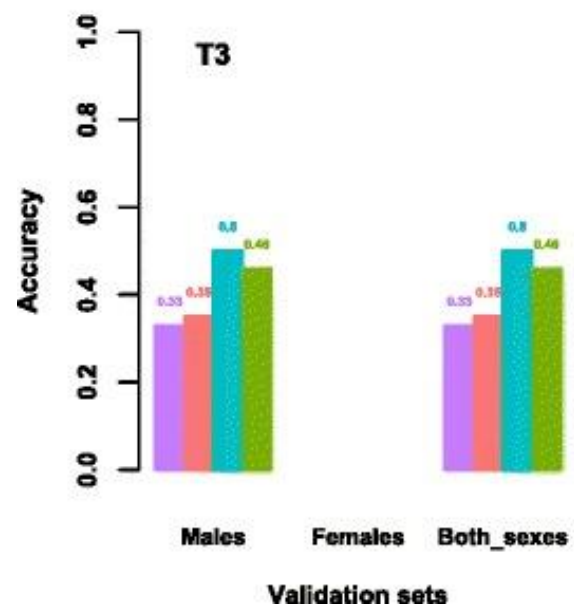
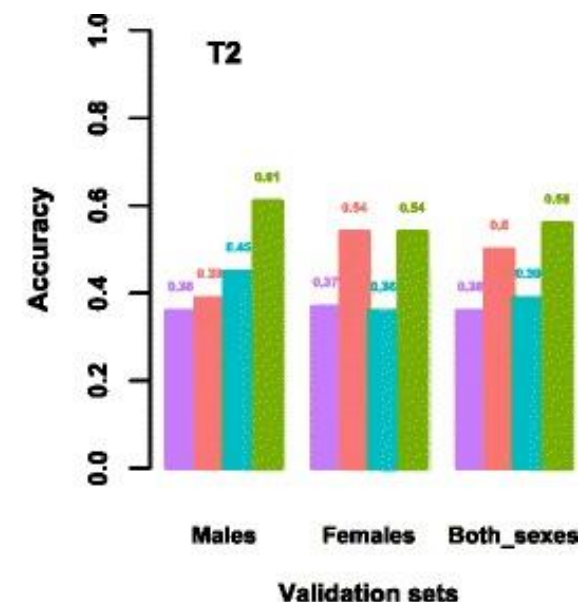
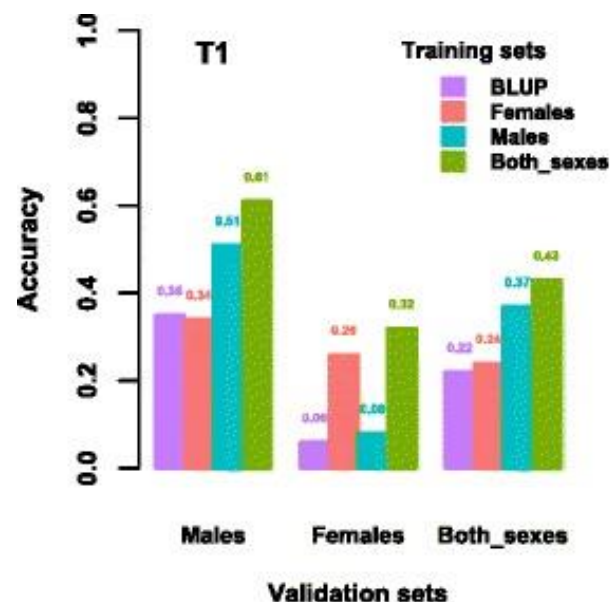
A inclusão dos dados das progênes na avaliação genética não tem efeito sobre as médias dos valores genéticos dos grupos de touros



O desafio: aumentar a acurácia sem
aumentar o interval de gerações



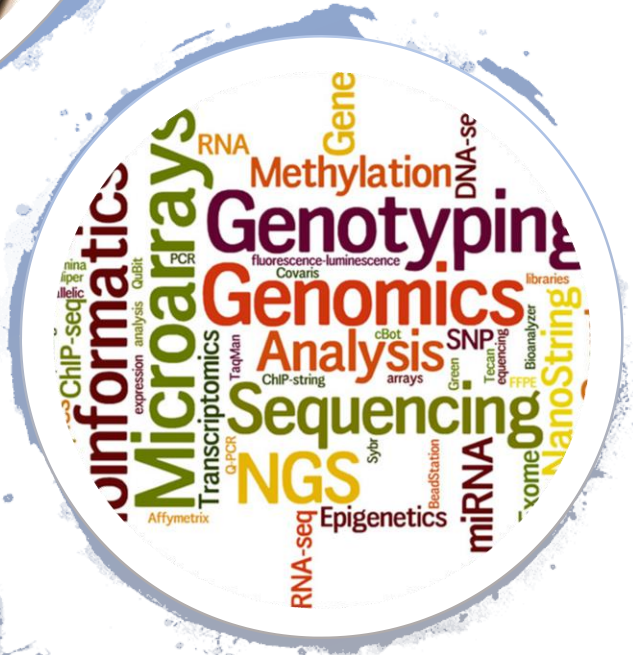
A incorporação dos genótipos no processo de avaliação genética contribui para aumentar a acurácia



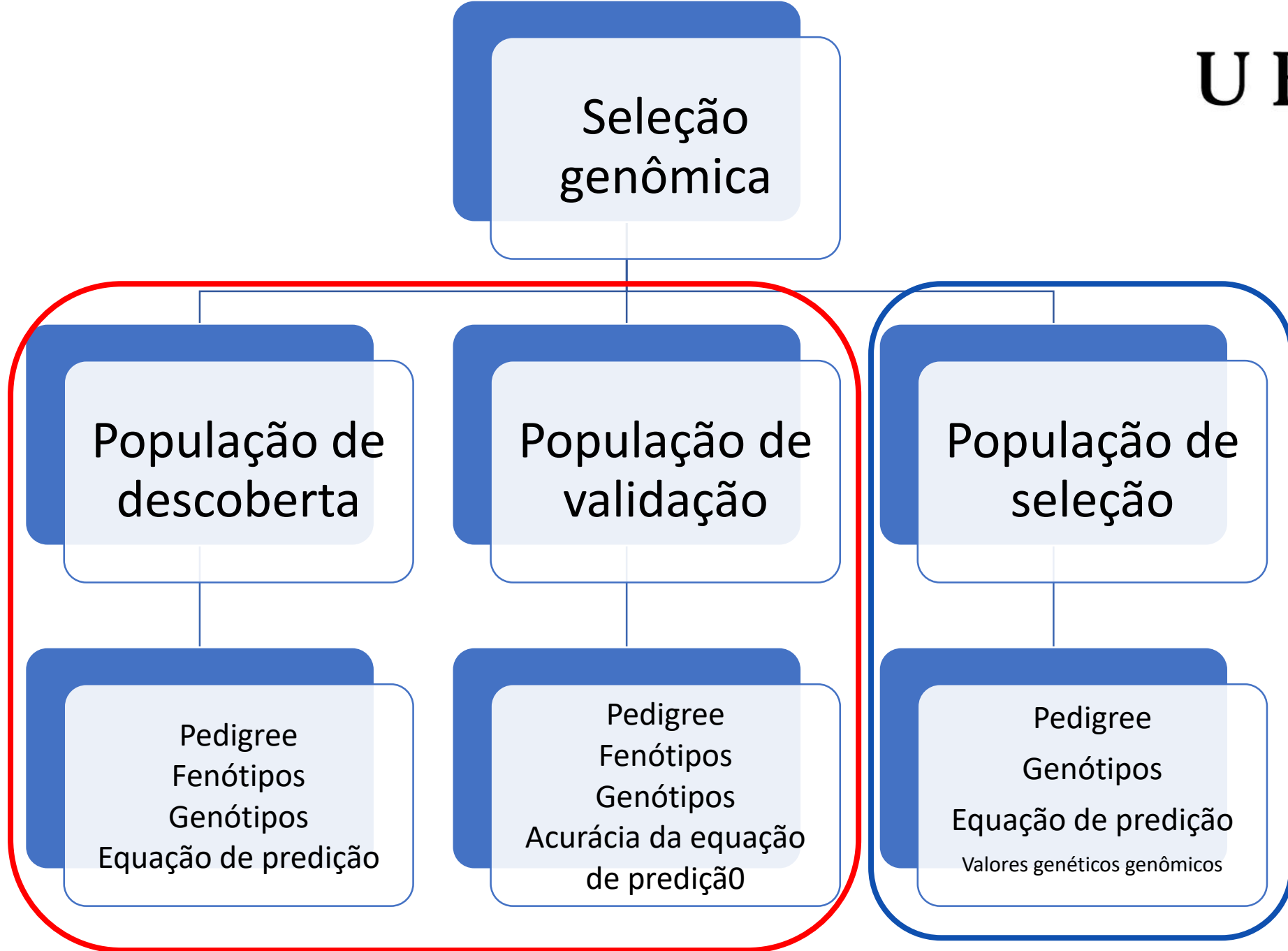
Acurácia da equação de predição



- Aplicação da seleção genômica.
 - Carac. de difícil mensuração
 - Consumo alimentar residual
 - Qualidade da carne
 - Carac. mensuradas tardiamente
 - Stayability
 - Produção e qualidade de leite
 - Carac. que não podem ser medidas no candidato à seleção
 - Produção e qualidade de leite
 - Rendimento de carcaça
 - Stayability



População de referência



População de descoberta

- Pedigree
- Fenótipos
 - Eficiência alimentar
 - Rendimento de carcaça
 - Qualidade da carne
 - Idade ao primeiro parto
 - Intervalo de partos
 - Stayability
 - Produção e qualidade do leite
 - Outros...
- Genótipos



Obtenção da equação de predição

- Os dados (pedigree, fenótipos e genótipos) são utilizados para estimar os efeitos médios de substituição de cada marcador

Genótipo (M_1)	Fenótipo
AA	104
AB	102
BB	100
\hat{b}_1	2

- $\hat{a}_i^G = \sum_{j=1}^K M_{ij} \hat{b}_j$

Para características quantitativas, o efeito de cada marcador é pequeno. Por isso, muitos marcadores precisam ser conhecidos (milhares) para que o processo consiga explicar a maior parte da variabilidade observada.

População de validação

- Pedigree

- Fenótipos

- Eficiência alimentar
- Rendimento de carcaça
- Qualidade da carne
- Idade ao primeiro parto
- Intervalo de partos
- Stayability
- Produção e qualidade do leite
- Outros...

- Genótipos



Cálculo da acurácia da equação de predição

- $\hat{a}_i^G = \sum_{j=1}^K M_{ij} \hat{b}_j$

	Número de alelos em cada lócus					Diferentes “fenótipos”		
Animal	M ₁	M ₂	...	M _{35.000}	\hat{a}_i^G	\hat{a}_i	y_i	y_i^0
1	0	1	...	2	5,5	4,3	100	99,3
2	2	0	...	1	8,2	6,2	115	117,2
3	1	2	...	0	14,9	16,3	130	127,4
4	1	1	...	0	3,1	4,0	99	100,5

- $acc = \frac{corr(\hat{a}_i^G, fenótipo_i)}{f}$

$$f = 1, h, \overline{acc}$$

Fatores que influenciam as acurácias

- Base de dados (característica, estrutura genética, número de observações e de genótipos)
- Fenótipo (fenótipo, pseudo-fenótipo, valor genético, valor genético desregredido, etc.)
- Genótipos (número de marcadores, imputação, controle de qualidade)
- Método de estimação dos efeitos dos marcadores
- Método de validação utilizado
- Fórmula para cálculo da acurácia

População de seleção

- Animais jovens
- Com a genotipagem de mais animais (menos custo com obtenção de fenótipos, mais investimento na genotipagem) é possível aumentar a intensidade de seleção
 - Particularmente interessante para rebanhos leiteiros (o custo do teste de progênie é, muitas vezes, proibitivo)
- Viabilizar a seleção de características de grande impacto econômico, mas que ainda não são utilizadas como critérios de seleção



Aplicação da equação de predição

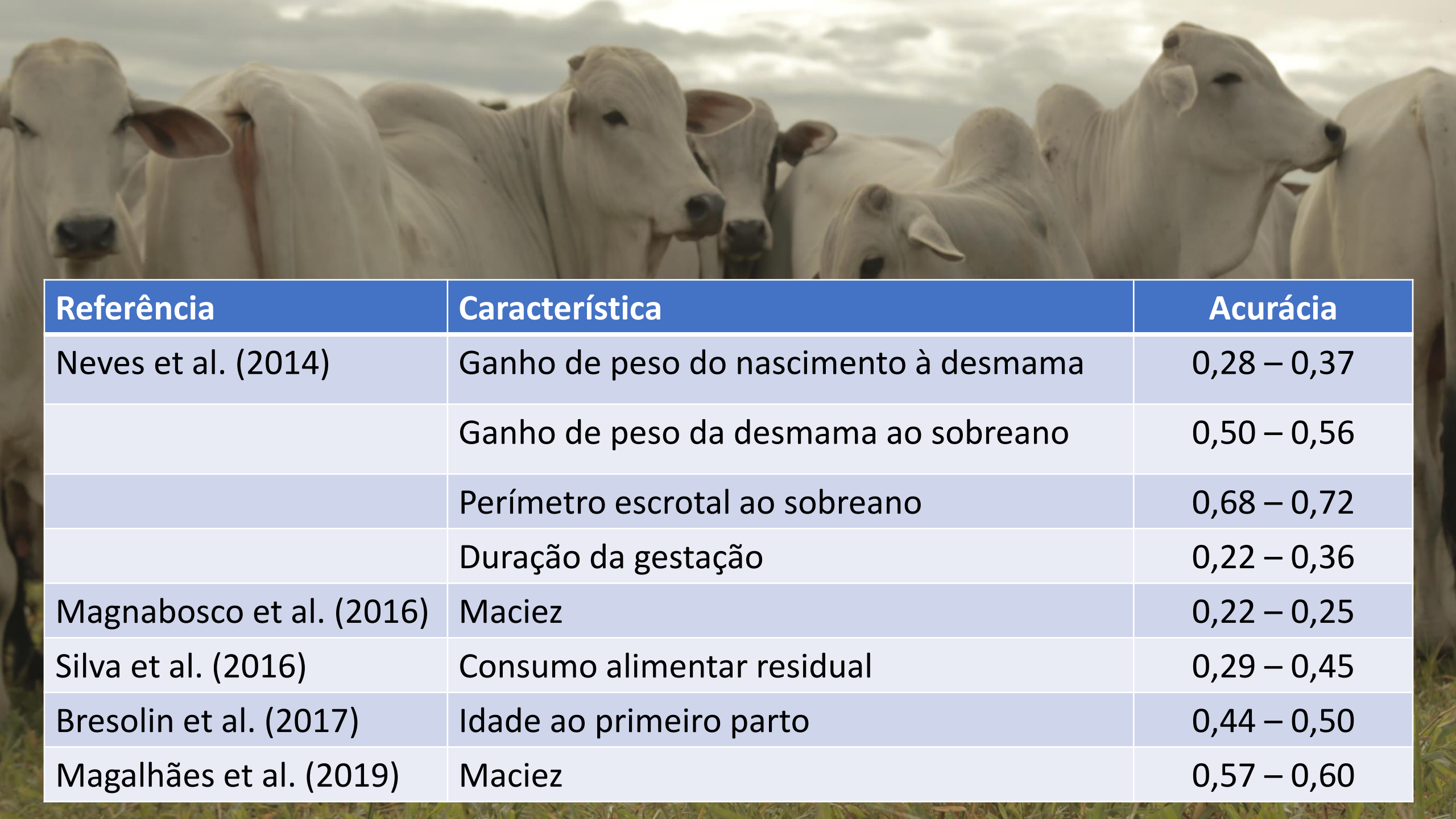
$$\hat{a}_i^G = \sum_{j=1}^{35.000} M_{ij} \hat{b}_j$$

$$\hat{a}_i^G = 0,002M_{1i} + 0,005M_{2i} + \dots + 0,1M_{35.000i}$$

	Número de alelos em cada locus				
Animal	M ₁	M ₂	...	M _{35.000}	\hat{a}_i^G
1	0	1	...	2	5,5
2	2	0	...	1	8,2
3	1	2	...	0	14,9
4	1	1	...	0	3,1

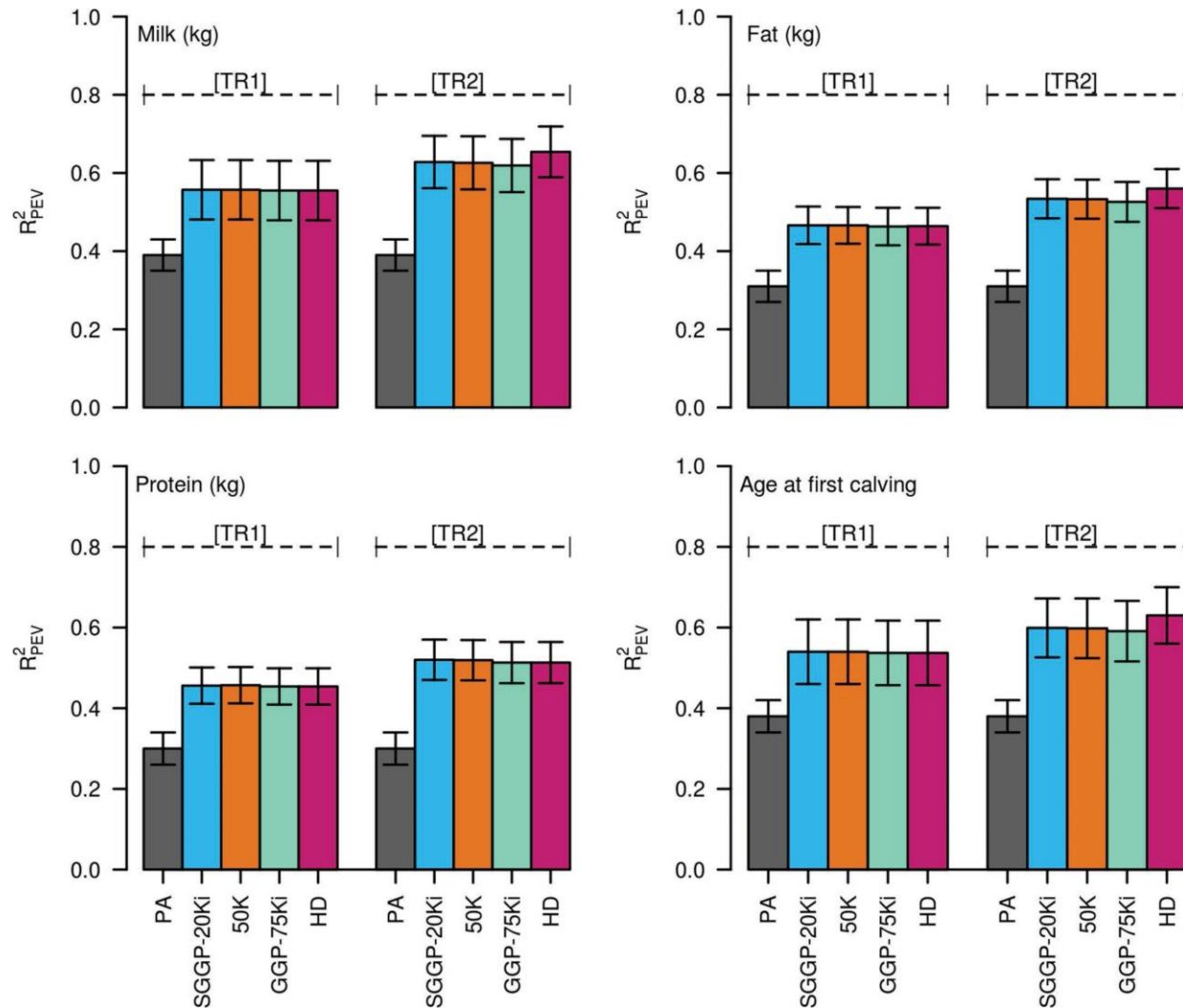
E como estão as acurácias em gado Zebu?





Referência	Característica	Acurácia
Neves et al. (2014)	Ganho de peso do nascimento à desmama	0,28 – 0,37
	Ganho de peso da desmama ao sobreano	0,50 – 0,56
	Perímetro escrotal ao sobreano	0,68 – 0,72
	Duração da gestação	0,22 – 0,36
Magnabosco et al. (2016)	Maciez	0,22 – 0,25
Silva et al. (2016)	Consumo alimentar residual	0,29 – 0,45
Bresolin et al. (2017)	Idade ao primeiro parto	0,44 – 0,50
Magalhães et al. (2019)	Maciez	0,57 – 0,60





Médias da confiabilidade da predição genômica utilizando o modelo GBLUP com touros (TR1) ou touros e vacas (TR2) na população de referência. Fonte: Boison et al. (2017).

Limites de confiabilidade para produção de leite e idade ao primeiro parto em vacas adultas e fêmeas jovens da raça Gir (fonte: Panetto et al., 2018)

Categoria	Característica	Confiabilidade
Vacas adultas	Produção de leite	0,69 – 0,92
	Idade ao primeiro parto	0,62 – 0,88
Fêmeas jovens	Produção de leite	0,66 – 0,81
	Idade ao primeiro parto	0,56 – 0,75

A possibilidade de avaliação de animais jovens, com acurácia equivalente àquela obtida com ≥ 20 progênie, traz novos desafios para o melhoramento genético de bovinos

- Redefinir o termo “touro provado” – mudança de cultura na seleção
- Incorporar novos critérios de seleção nos programas de melhoramento (e substituir alguns critérios antigos, e menos eficientes)
- Reduzir a idade à puberdade de machos (<12 meses)
- Dinamismo na “reciclagem” dos touros com sêmen disponível
- Aumento na ênfase do processo de melhoramento (e não no indivíduo)
 - Maior número de touros (vendendo sêmen por menos tempo)
 - Redução do número de doses / touro

Mensagens finais

- A acurácia é uma ferramenta de gerenciamento de risco
 - Risco de ganhar e risco de perder
 - É possível controlar o risco (grupos de touros)
- Sua importância varia, de acordo com o observador
- A seleção deve ser baseada nos valores genéticos, sempre!



Muito
obrigado!



Fabio Luiz Buranelo Toral
Departamento de Zootecnia
Universidade Federal de Minas Gerais
flbtoral@ufmg.br
www.melhoramentogenetico.com