

Melhoramento Animal II

Estudo Dirigido da Disciplina

Prof. Felipe Gomes da Silva

Zootecnia/ICA/UFMG

Profa. Lívia Vieira de Barros

Zootecnia/ICA/UFMG

Profa. Fabiana Ferreira

Zootecnia/ICA/UFMG

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Even3 Publicações, PE, Brasil)

S586m Silva, Felipe Gomes da
Melhoramento Animal II [Recurso Digital] / Felipe Gomes da Silva, Livia Vieira de Barros, Fabiana Ferreira. – Recife: Even3 Publicações, 2023.

DOI 10.29327/5323752
ISBN 978-65-5941-969-2

1. Avaliação genética. 2. Matriz de parentesco.
3. Valor genético. I. Barros, Livia Vieira de. II.
Ferreira, Fabiana. III. Título.

CDD 590

Elaborado por Amanda Rodrigues – CRB-4/1241

PREFÁCIO

Este livro foi desenvolvido com o objetivo de ajudar os discentes da disciplina Melhoramento Animal II, trazendo recursos de introdução aos assuntos, links de aulas gravadas, fórmulas úteis e exercícios de fixação.

Cada um dos quinze capítulos deste livro se refere ao conteúdo planejado para uma das semanas de aula da disciplina, em ordem equivalente.

Apesar de ter sido desenvolvido pensando nos alunos da disciplina, possui informações que podem ser úteis a outros leitores interessados.

Quem tiver interesse em acessar o livro da primeira disciplina (Melhoramento Animal I) pode fazer isso utilizando o endereço eletrônico <https://doi.org/10.29327/574829>. Além de poder baixar um livro gratuitamente você poderá utilizá-lo para revisar conceitos úteis nesta disciplina.

O endereço do canal de YouTube com a playlists para essa e outras disciplinas está disponível a seguir: <https://www.youtube.com/@melhoramento>.

Boa leitura e bons estudos!

ÍNDICE

01 – Apresentação, revisão e conceitos.....	3
02 – Catálogos e escolha de reprodutores.....	8
03 – Metodologias de coleta e edição de dados	17
04 –Cruzamentos, efeito materno e heterose	26
05 – Tipos de cruzamentos e métodos de seleção	33
06 – Índices empíricos e de valores econômicos	45
07 – Revisão e primeira avaliação do aprendizado	50
08 – Ganho desejado e correção para efeitos fixos	51
09 – Pedigree e matriz de parentesco.....	62
10 – Melhor predição linear não viesada.....	67
11 – Melhoramento genético para produzir carne	71
12 – Melhoramento genético para produzir leite	78
13 – Melhoramento genético para produzir ovos.....	85
14 – Revisão e segunda avaliação do aprendizado	90
15 – Programa de melhoramento animal	91
Lista de figuras	95
Lista de tabelas.....	97
Bibliografia	99

01 – Apresentação, revisão e conceitos

Resumo

Na disciplina de Melhoramento Animal I nós vimos sobre seleção de características qualitativas e quantitativas, favoráveis ou desfavoráveis, resposta correlacionada em uma característica quando a seleção é praticada em outra, seleção pela produção parcial, utilização de informações de parentes específicos, formas de selecionar mais de uma característica simultaneamente. Nesta disciplina, Melhoramento Animal II, iremos aprimorar nossos conhecimentos na utilização de ferramentas mais complexas, mas que permitem obter resultados mais acurados. Veremos desde a utilização de resultados de avaliações genéticas em catálogos de reprodutores para aquisição de material genético para o plantel até a avaliação genética de animais para obtenção dos valores genéticos preditos que são utilizados para incluir as DEPs nos catálogos. E ao final da disciplina, após todo o embasamento teórico e prático em análise computacional, visitaremos o programa de melhoramento genético de codornas da instituição. Mas nessa primeira aula começaremos fazendo uma revisão dos principais conhecimentos que precisamos trazer da disciplina anterior, apresentar as metodologias de avaliação e ensino dessa disciplina e introduzir os principais novos conceitos que nos acompanharão durante toda essa disciplina.

Palavras-Chave: Acurácia seletiva; classificação em decis; diferença esperada na progênie.

Material Didático

Slides da aula

<https://1drv.ms/p/s!ArApHE6-xtvkg0FskcHtnDfdn563aQ?e=conoVO>

Vídeos úteis

Parte 1: <https://youtu.be/EtYG3E-HZf0>

Parte 2: <https://youtu.be/MFqn6LRHf1M>

Parte 3: <https://youtu.be/Sviu4KNDcsc>

Atenção: Os vídeos são complementares e não substituem as aulas presenciais.

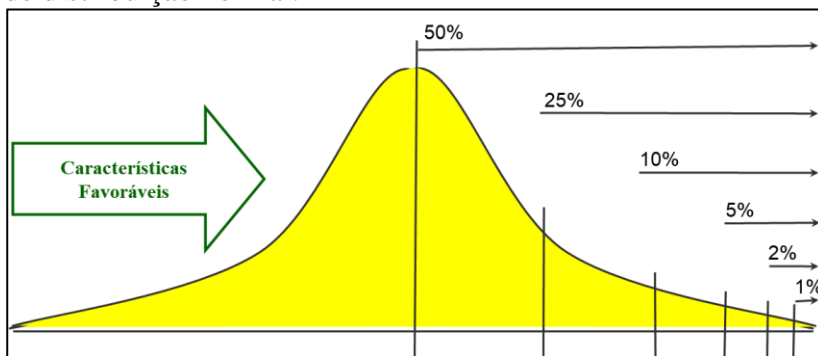
Esquemas Úteis

Quando estamos trabalhando com uma espécie ou com características novas, as quais ainda não conhecemos quais valores de DEP são bons ou ruins, podemos encontrar uma dica muito forte olhando o TOP (Figura 1.1) ou a DECA do animal.

O TOP classifica os animais em percentis, enquanto a DECA classifica os animais em decis. Encontrar um animal DECA 1 significa dizer que este está entre os 10% mais bem avaliados para a característica em questão. O TOP é mais preciso e podemos discernir por exemplo animais TOP 5%, que são superiores a animais TOP 10%.

Animais TOP 50% ou DECA 5, são animais medianos. E animais com valores maiores que estes são animais que poderão prejudicar a genética do rebanho ao serem utilizados como reprodutores.

Figura 1: Representação de TOP 50, 25, 10, 5, 2 e 1% na curva de distribuição normal.



Exercícios de Fixação

- 1) Quantos créditos e avaliações existem nessa disciplina?
- 2) Qual a nota para ser aprovado sem exame especial?
- 3) Quais as datas das três avaliações do aprendizado?
- 4) Quais dias não terão atividades por serem feriados?
- 5) Quais os fatores que alteram as frequências gênicas e genótípicas de uma população?
- 7) O que é a variância genética aditiva?
- 8) O que é herdabilidade?

9) O que é diferencial de seleção?

10) O que é o ganho genético?

11) O que é DEP?

12) O que é acurácia?

13) O que é TOP?

14) O que é DECA?

15) O que é a matriz de parentesco?

02 – Catálogos e escolha de reprodutores

Resumo

Nesta aula utilizaremos catálogos de reprodutores para comparar animais por suas diferenças esperadas nas progênes (DEP), acurácia (grau de certeza) relativa a essas DEPs. Também veremos os conceitos de TOP e DECA, que ordena os animais e os separa em percentis e decis, respectivamente. Isso nos ajudará a buscar por exemplo quais os melhores animais do catálogo para determinada característica. Começaremos a nos familiarizar com as siglas utilizadas para resumir essas características, por exemplo PN (peso ao nascimento), P120 (peso aos 120 dias de idade), IPP (idade ao primeiro parto), PE550 (perímetro escrotal aos 550 dias de idade), etc. Inclusive veremos que diversas empresas criam índices empíricos para combinar diversas características em uma só, permitindo buscar os melhores animais em termos médios de grande número de características. Também demonstraremos como utilizar estas informações para acasalamentos dirigidos, quando temos vacas também avaliadas geneticamente, ou quando possuímos ao menos índices zootécnicos da propriedade e sabemos quais características estão mais atrasadas e precisam direcionar as escolhas de material genético a ser adquirido.

Palavras-Chave: Confiabilidade; classificação em percentis; habilidade Provável de Transmissão.

Material Didático

Slides da aula

<https://1drv.ms/p/s!ArApHE6-xtvkgoFqzb6sPXsMkZpKcQ?e=bObrkX>

Vídeos úteis

Parte 1: https://youtu.be/XVrsu_bzrRo

Parte 2: https://youtu.be/OSpix_68_Qk

Parte 3: https://youtu.be/e0IyTshzV_A

Observação: Os vídeos são complementares e não substituem as aulas presenciais.

Fórmulas Úteis

Diferença Esperada na Progênie

A diferença esperada na progênie (DEP), também denominada Habilidade Provável de Transmissão (PTA), pode ser obtida dividindo-se por dois o valor genético predito para um indivíduo (Equação 2.1).

$$DEP_i = \frac{VG_i}{2} \quad (2.1)$$

, onde:

- DEP_i representa a diferença esperada em progênies do indivíduo i ;
- VG_i representa o valor genético predito para o indivíduo i .

Por consequência, se dispomos de um catálogo de reprodutores com valores de DEP para um touro, podemos inverter a equação anterior e obter seu valor genético predito (Equação 2.2).

$$VG_i = 2 * DEP_i \quad (2.2)$$

, com parâmetros previamente descritos na Equação 2.1.

Se queremos descobrir qual a vantagem em se utilizar o sêmen de um indivíduo i ao invés do sêmen de um indivíduo j , podemos subtrair as DEPs conforme Equação 2.3.

$$DEP_i - DEP_j = \frac{VG_i}{2} - \frac{VG_j}{2} = \frac{VG_i - VG_j}{2} \quad (2.3)$$

Exercícios de Fixação

1) Qual das afirmações abaixo está CORRETA sobre TOP 5% ?

- a) O indivíduo está entre os 5 melhores da população;
- b) Ser TOP 5% é melhor do que ser TOP 1%;
- c) Ser TOP 5% é pior do que ser TOP 10%;
- d) O indivíduo é o melhor dentre os 5% avaliados;
- e) Sua DEP está entre as 5% melhores para a característica avaliada.

2) Qual sentença não se refere a DEP?

- a) Diferença esperada na progênie;
- b) Metade do valor genético do indivíduo;
- c) Habilidade provável de transmissão;
- d) Diferença entre o valor genético e o ambiental;
- e) Em bovinos de leite prefere-se o termo PTA.

3) Sobre acurácia, marque a sentença correta?

- a) Medida do grau de certeza da DEP;
- b) Em bovinos de corte prefere-se o termo confiabilidade;
- c) Quanto maior seu valor, melhor é o touro;
- d) Possui valores que variam de 0 a 5;

e) Valores para tourinhos são maiores do que para touros.

4) Como AUMENTAR a acurácia de um touro para uma determinada característica?

a) Aumentando o número de filhos testados na avaliação genética;

b) Removendo as informações de touros velhos;

c) Removendo as informações de fêmeas e utilizando o modelo reprodutor;

d) Melhorando a coleta de sêmen do reprodutor;

e) Impedindo a venda de sêmen do reprodutor.

5) Com relação ao pequeno sumário fictício abaixo, responda:

Tabela 1: Parte de um sumário fictício.

FAZENDA / NOME	PESO AO SOBREANO (PS)		
	DEP	Acc	TOP
Belizário / Braúna	12,26	67%	11%
Madeira / Cerne	8,68	66%	16%
Montalv / Montanha	22,18	15%	1%
Sanfram / Cereja	18,83	29%	3%
Santabar / Solar	20,88	70%	2%
Santonio / Pontes	13,51	49%	8%
Serrania / Fumaça	20,24	80%	2%
Ventania / Ipê	8,08	91%	18%

a) Qual o valor genético da característica PS para o touro Pontes?

(Dica: A DEP equivale à metade do valor genético).

b) O valor genético encontrado na questão anterior é bom?

(Dica: Verificar o TOP).

c) Qual expectativa de PS nos filhos do touro Cereja em relação à média da população?

(Dica: Efeitos aleatórios possuem média igual a zero).

d) Qual a expectativa dos filhos do touro Braúna em relação aos filhos do touro Cerne?

(Dica: Verifique as diferenças entre as DEPs e qual é melhor).

e) Quanto maior o PS, melhores serão os resultados esperados para o meu sistema produtivo! Então por que prefiro os touros Fumaça e Montanha do que o touro Montanha, mesmo o touro montanha apresentando a maior DEP.

6) Análise a Figura 2, que traz informações sobre três touros e Figura 3, que traz informações sobre uma vaca (Serafina). Depois responda nas letras **a**, **b** e **c**, porque a vaca não deve ser acasalada com nenhum dos três touros (Arnold, Bradok e Cerimônia).

Figura 2: Informações dos touros Arnold, Bradok e Cerimônia.

Informações do Arnold:				Informações do Bradok:				Informações do Cerimônia:			
Trait	PTA	Conf.	Escala	Trait	PTA	Conf.	Escala	Trait	PTA	Conf.	Escala
Leite	620	0,80	----	Leite	450	0,15	--	Leite	510	0,95	---
Pers.	-4	0,75	--	Pers.	9	0,05	---	Pers.	12	0,85	---
Gord.	-6	0,65	--	Gord.	14	0,02	---	Gord.	15	0,72	---
$R_{Arnold,Serafina} = 0,00000$				$R_{Bradok,Serafina} = 0,00005$				$R_{Cerimônia,Serafina} = 0,25000$			
Informações úteis:											
<ul style="list-style-type: none"> • PTA – Habilidade de Transmissão Provável, também conhecida como DEP – Diferença Esperada na Progenie; • Conf. – Confiabilidade ou Acurácia da Informação; • R_{12} – Parentesco entre os indivíduos 1 e 2. 											

Figura 3: Informações da vaca Serafina.

Trait	PTA	Confiabilid.	Escala
Leite	520	0,30	----
Persist.	-5	0,25	--
Gord.	-7	0,15	--

a) Por que o touro Arnold não deve ser utilizado?

b) Por que o touro Bradok não deve ser utilizado?

c) Por que o touro Cerimônia não deve ser utilizado?

03 – Metodologias de coleta e edição de dados

Resumo

O primeiro passo importante em um programa de melhoramento é a coleta de dados a serem utilizados nas avaliações genéticas dos animais. Sem informações dos fenótipos não é possível separar a parte genética herdável de outras fontes de variação. As informações necessárias para as avaliações genéticas mudam pouco de espécie para espécie, as maiores mudanças ocorrem em detrimento da aptidão alvo para a raça ou linhagem. No melhoramento genético animal, podemos separar três aptidões principais: Carne, Leite e Ovos. Aves podem ser selecionadas para corte ou de produção de ovos e ruminantes para corte ou produção de leite. Ambos os casos são antagônicos, quando aves são selecionadas para produção de ovos e ruminantes para produção de leite, a genética do grupo se afasta do tipo ideal para produção de carne. As principais características avaliadas em animais de corte são pesagens em idades padrão, em animais leiteiros é a produção de leite acumulada e para a produção de ovos, o número total de ovos postos pela ave no período de produção. Além das características de receita, outras associadas à qualidade da carne, leite ou ovos podem ser implementadas também, bem como características associadas à redução do custo de produção, como conversão alimentar e precocidade reprodutivas.

Palavras-Chave: Tipo corte, tipo leiteiro, tipo ovos.

Material Didático

Slides da aula

<https://1drv.ms/p/s!ArApHE6-xtvkgoF0leBZ8BRCmfeWTg?e=dHYf93>

Vídeos úteis

Parte 1: <https://youtu.be/iNprnJwLP-Y>

Parte 2: https://youtu.be/w-6_uMWb3lQ

Parte 3: <https://youtu.be/4V2Ubz3hOHk>

Observação: Os vídeos são complementares e não substituem as aulas presenciais.

Fórmulas Úteis

Peso ajustado

É impossível conseguir o nascimento de todos os ruminantes de um lote no mesmo dia. Bem como apartar animais em seus aniversários de 120, 360 ou 550 dias de idade. Dessa forma lotes inteiros são pesados quando os animais estão com idades médias próximas desses valores.

Para evitar que animais mais velhos sejam mais bem avaliados que animais mais novos, podemos realizar um ajuste no peso para a idade padrão (Ex. 120 dias). Na Equação 3.1 veremos um ajuste linear, que é útil e válido para lotes de animais com idades muito próximas da idade a ser ajustada.

$$PDA_i = \frac{(PD_i - PN_i) * 120}{ID_i} + PN_i \quad (3.1)$$

, onde:

- PDA_i é o peso ao desmame, em quilogramas, ajustado para o indivíduo i , na idade padrão de coleta;
- PD_i é o peso ao desmame, em quilogramas, observado para o indivíduo i durante a coleta;
- PN_i é o peso ao nascimento, em quilogramas, observado para o indivíduo i durante a coleta;
- ID_i é a idade, em número de dias, em que o peso ao desmame foi coletado no indivíduo i ;

Produção de leite acumulada

Nem todas as propriedades dispõem de recursos para realizar o controle leiteiro (registro de produção de leite individual de todos os animais em lactação) todos os dias.

É comum encontrar fazendas que realizem controles mensais, quinzenais ou semanais, conforme equipamento e pessoal disponível. Isso não quer dizer que a produção de toda a lactação não possa ser estimada.

$$\begin{aligned}
 PLA_i = & \frac{PL_{i,1} * (D_{i,1} - D_{i,parto})}{2} & (3.2) \\
 & + \frac{PL_{i,J} * (D_{i,315} - D_{i,J})}{2} \\
 & + \sum_{j=2}^J \frac{(PL_{i,j} + PL_{i,j-1}) * (D_{i,j} - D_{i,j-1})}{2}
 \end{aligned}$$

, onde:

- PLA_i é a produção de leite acumulada a ser estimada para o animal (búfala, cabra, ovelha ou vaca) i ;
- $PL_{i,j}$ é a produção de leite mensurada para o animal i , no j -ésimo controle leiteiro desta lactação deste animal;
- $D_{i,1}$ é a data do j -ésimo controle leiteiro do animal i , na lactação analisada;
- $\sum_{j=2}^J$ é o somatório do segundo ao último controle leiteiro do animal i , na lactação analisada.

Talvez a equação 3.2 possa ser melhor compreendida se a discutirmos separada em três partes, a primeira parte após o sinal de igual (primeira linha), diz respeito ao seguimento da curva de lactação que vai do parto até o primeiro controle leiteiro do animal.

Essa parte corresponde às diferenças em número de dias do parto ao primeiro controle, multiplicada por metade da produção no primeiro controle, o que equivaleria a média entre o primeiro controle e a produção no parto, considerada zero.

A segunda parte (segunda linha) corresponde ao último seguimento da curva de lactação, sendo realizada a multiplicação da metade da produção do último controle pela distância em dias da data máxima da duração da lactação (Ex.: 315 dias) pela data do último controle.

A terceira parte (terceira linha) corresponde a maior parte da produção de leite que será estimada e realiza o somatório de intervalos de produção de leite multiplicados pelas médias entre os valores de produção com os controles leiteiros anteriores.

Exercícios de Fixação

Coleta de fenótipos em animais de postura

Figura 4: Ficha de produção de ovos do mês de janeiro de 2018.

Ano: 2018		Mês: Janeiro						Cidade: Senador					Granja: São Manuel						Galpão: 102				Box: 01			Grupo Genético: 01							
Ave	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	Total	
...
2338	X		X	X	X		X	X	X	X	X	X		X	X		X		X	X		X		X	X	X			X	X	X	22	
2341	X	X		X				X	X	X	X			X	X		X	X	X	X	X	X			X	X		X	X			?	
2352		X		X		X		X		X	X			X	X		X	X		X		X	X	X		X		X	X	X	18		
...	

1) Considerando a ficha de produção de ovos do mês de janeiro de 2018 (Figura 4), informe qual foi a produção da ave 2341?

Figura 5: Ficha de soma de produção de ovos dos meses de 2018 e janeiro de 2019.

Ano: 2018		Cidade: Senador			Granja: São Manuel			Galpão: 102		Box: 01		Grupo Genético: 01		
Ave\Mês	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maió	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	jan/19	Total
...
2338	22	30	29	27	25	24	23	21	19	17	16	15	14	282
2341	?	26	25	23	22	21	20	18	16	15	14	13	12	??
2352	18	25	24	22	21	20	19	17	15	14	13	12	11	231
...

2) Considerando a ficha de soma das produções de ovos dos meses de 2018 e janeiro de 2019 (Figura 5), informe qual foi a produção de ovos acumulada no período de postura para ave 2341?

Coleta de fenótipos em animais de corte

3) Sobre peso ajustado, responda as questões **a** e **b**, utilizando a Tabela 2.

Tabela 2: Informações coletadas a campo e necessárias para calcular o peso ajustado para 550 dias de idade.

Animal	Nascimento	Peso Nascimento	Pesagem	Peso Sobreano	Idade	Peso Ajustado
1322	02/04/2018	52		317	560	
2032	08/04/2018	50		303	558	
3183	12/04/2018	48	14/10/2019	300	550	
3714	17/04/2018	49		290	548	
5196	23/04/2018	50		288	539	
...

a) Qual o peso ajustado para 550 dias para os animais da tabela acima?

b) A classificação do melhor para o pior pelo peso ajustado seria diferente do peso coletado?

Coleta de fenótipos em animais leiteiros

4) Estime a produção acumulada da vaca em toda a lactação considerando os registros da Tabela 3.

Tabela 3: Registros de produção de leite da vaca na lactação.

Data	DEL	Intervalo	Produção
07/02/1996	15	15	33,8
22/02/1996	30	15	36,2
09/03/1996	38	16	32,4
24/03/1996	53	15	28,4
05/04/1996	65	12	25,4
20/04/1996	80	15	25,1
05/05/1996	95	15	23,2
21/05/1996	111	16	19,4
05/06/1996	126	15	17,8
20/06/1996	141	15	14,2
07/07/1996	158	17	15,8
22/07/1996	173	15	13,2
06/08/1996	188	15	10,7
21/08/1996	203	15	9,3
05/09/1996	218	15	7,5
21/09/1996	234	16	7,5
06/10/1996	249	15	5,5
21/10/1996	264	15	3,4
05/11/1996	279	15	3,3
21/11/1996	295	16	2,4
01/12/1996	305	10	---

04 - Cruzamentos, efeito materno e heterose

Resumo

Cruzamentos significam acasalamentos entre indivíduos de raças ou linhagens distintas, o produto de alguns cruzamentos pode trazer uma ou mais vantagens, como: heterose, complementariedade e exogamia. Efeito materno é a influência indireta de uma mãe sobre o efeito do fenótipo de seu filho, geralmente encontrado para a característica peso ao desmame. O efeito materno pode ser genético, mas não diz respeito à genética que a mãe passou para o bezerro que lhe ajudou a crescer até o desmame, mas sim à genética que lhe permitiu produzir mais leite e cuidados para melhorar o ambiente de seu filhote até o desmame. Já o efeito ambiental materno se refere a como o ambiente afetou essa vaca na geração desse ambiente melhor ou pior para seu filhote até o desmame. Quanto à heterose, consiste na superioridade média de indivíduos cruzados em relação aos seus pais, puros. O resultado de seu cálculo é muito importante no planejamento de cruzamentos, podendo indicar a viabilidade ou não de diversas estratégias. Pode ser aliado com o cálculo da composição genética, popularmente chamado de grau de sangue. Em algumas espécies também é possível aproveitar a heterose materna, em que animais filhos de fêmeas cruzadas podem ser desmamados melhor por efeitos do ambiente proporcionados por suas mães.

Palavras-Chave: Ambiente materno; complementariedade entre raças; exogamia.

Material Didático

Slides da aula

https://1drv.ms/p/s!ArApHE6-xtvkgoF5AQ8_5NN-7olp9Q?e=dv9pbe

Vídeos úteis

Parte 1: <https://youtu.be/633C1KjTWHM>

Parte 2: <https://youtu.be/Jh-OKo89wao>

Parte 3: <https://youtu.be/Zr8SzO6Av20>

Observação: Os vídeos são complementares e não substituem as aulas presenciais.

Fórmulas Úteis

Heterose

A superioridade média dos filhos cruzados em relação à média dos pais puros para determinada característica pode ser calculada conforme Equação 4.1.

$$H(\%) = \frac{\bar{X}_{filhos} - \bar{X}_{pais}}{\bar{X}_{pais}} * 100 \quad (4.1)$$

, onde:

- $H(\%)$ representa a heterose em porcentagem.
- \bar{X}_{filhos} representa a média fenotípica dos filhos cruzados;
- \bar{X}_{pais} representa a média fenotípica dos pais puros.

É comum encontrar críticas quanto a Equação 4.1, isso porque o ambiente de criação dos pais não é o mesmo dos filhos, podendo ocorrer diferenças ambientais de uma geração para outra.

Em ruminantes criados a pasto o regime de chuvas pode variar e influenciar na disponibilidade e qualidade das forrageiras. A utilização de suplementos também pode mudar de um ano para outro, bem como cursos de manejo racional podem

trazer melhorias com a redução de estresse provocado aos animais. Também poderíamos ter influências de melhorias na adubação das pastagens e até mesmo o impacto do processo seletivo de animais, dentre outras alterações ambientais.

Uma forma de corrigir esse problema seria realizar também acasalamentos entre animais puros e comparar as médias de produção dos animais cruzados com os puros criados em uma mesma época e sistema de manejo. Modificando a Equação 4.1 para a Equação 4.2, apresentada a seguir.

$$H(\%) = \frac{\bar{X}_{fc} - \bar{X}_{fp}}{\bar{X}_{fp}} * 100 \quad (4.2)$$

, onde:

- $H(\%)$ representa a heterose em porcentagem.
- \bar{X}_{fc} representa a média fenotípica dos filhos cruzados;
- \bar{X}_{fp} representa a média fenotípica dos filhos puros.

Essa alternativa é mais cara de se testar, pois para obter o mesmo número de animais no teste é preciso dobrar o número de filhos produzidos em relação à técnica anterior, por não aproveitar as informações dos pais. A vantagem está em poder criar na mesma época e sistema de manejo animais de raças puras e animais cruzados. Removendo dúvidas de possíveis interferentes ambientais no cálculo.

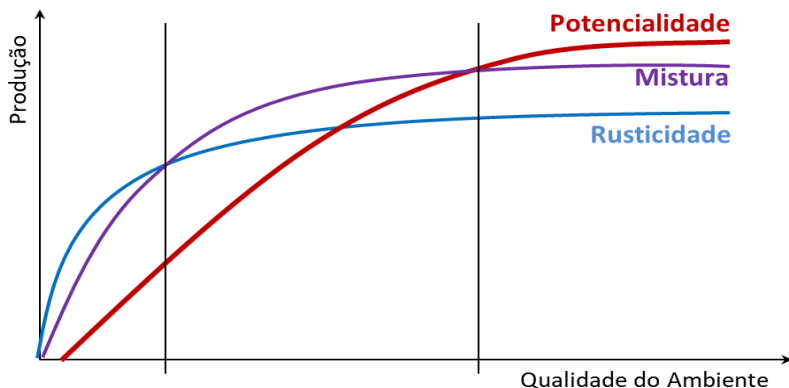
Complementariedade entre raças

Alguns cruzamentos podem não apresentar heterose e mesmo assim serem úteis pois permitem combinar e selecionar as combinações dos cruzamentos.

Essa complementariedade é muito evidente, no Brasil, quando são utilizados animais com composição genética de raças taurinas (melhoradas e de grande potencial) e raças Zebú (rústicas e adaptadas ao clima tropical).

Como a heterose é máxima nos cruzamentos simples entre raças mais distantes, sabemos que ela não é a mesma em um animal $\frac{1}{2}TZ$, filho de pais também $\frac{1}{2}TZ$. Dessa forma, quando composições genéticas de $\frac{5}{8}$ são recomendadas para formação de indivíduos puros sintéticos (também filhos de pais $\frac{5}{8}TZ$), estamos buscando a vantagem da complementariedade entre raças e não a da heterose.

Figura 6: Produção em função da qualidade do ambiente em raças de maior Potencialidade, Rusticidade e Mistura (Composições genéticas distintas entre as duas raças).



Composição genética

A composição genética dos animais oriundos de cruzamento pode ser calculada através da decomposição do valor entre as raças dos animais envolvidos no cruzamento e aplicação da média nestes valores decompostos, conforme Equação 4.3.

$$Filho_{AB} = \frac{(Pai_A + Mãe_A)}{2} + \frac{(Pai_B + Mãe_B)}{2} \quad (4.3)$$

Exemplo, suponha o cruzamento de um macho 3/4 AB com uma fêmea 5/8 BA. Com a decomposição percebemos que o macho é 3/4 da raça A, com complemento de 1/4 da raça B, enquanto a fêmea é 5/8 da raça B, com complemento de 3/8 da raça A.

Colocando os valores na equação 4.3, seguidos da utilização de conhecimentos básicos de denominador comum, podemos encontrar a composição genética do filho.

$$\begin{aligned} Filho_{AB} &= \frac{\left(\frac{3}{4}A + \frac{1}{4}B\right)}{2} + \frac{\left(\frac{3}{8}A + \frac{5}{8}B\right)}{2} \\ &= \frac{\left(\frac{6}{8}A + \frac{2}{8}B\right)}{2} + \frac{\left(\frac{3}{8}A + \frac{5}{8}B\right)}{2} = \frac{9}{8}A + \frac{7}{8}B = \frac{9}{16}A + \frac{7}{16}B = \frac{9}{16}AB \end{aligned}$$

Exercícios de Fixação

1) Calcule o grau de sangue nos seguintes cruzamentos:

a) $\frac{1}{2}$ AB x $\frac{1}{2}$ AB

b) $\frac{1}{2}$ AB x $\frac{5}{8}$ BA

c) $\frac{7}{8}$ AB x B

d) $\frac{1}{2}$ AB x $\frac{3}{4}$ BA

2) Qual a heterose do cruzamento representado na Tabela 4?

Tabela 4: Média de desempenho de indivíduos cruzados e puros das raças Gir e Holandês.

Macho \ Fêmea	Gir	Holandês
Gir	5400	6000
Holandês	6100	5900

05 – Tipos de cruzamentos e métodos de seleção

Resumo

Na aula passada nos estudamos sobre as vantagens dos cruzamentos entre raças ou linhagens distintas, aprendemos a calcular a heterose e a composição genética oriunda de um cruzamento. Nesta aula nós veremos que existem alguns tipos de cruzamentos que recebem nomes específicos devido ao seu uso comum, além de possuírem vantagens e desvantagens serem conhecidas. O cruzamento simples aproveita a heterose individual máxima entre as raças utilizadas, mas exige a contínua obtenção ou manutenção das raças utilizadas. O cruzamento triplo, apesar de mais complicado, permite aproveitar também a heterose materna ao utilizar fêmeas cruzadas com machos de uma terceira raça. O cruzamento duplo entre quatro raças gera bastante variabilidade e é interessante para iniciar um programa de melhoramento. O cruzamento rotativo ou alternado permite combinar geração após geração, composições genéticas intermediárias entre duas raças. Já o cruzamento contínuo ou absorvente, permite alcançar animais puros por cruzar de uma raça de interesse. Finalizado o assunto de cruzamentos, faremos uma rápida recapitulação de métodos de seleção, vistos na primeira disciplina para estudar com mais detalhes índices de seleção, correção para efeitos fixos e avaliações genéticas nas próximas aulas.

Palavras-chave: contínuo; rotativo; triplo.

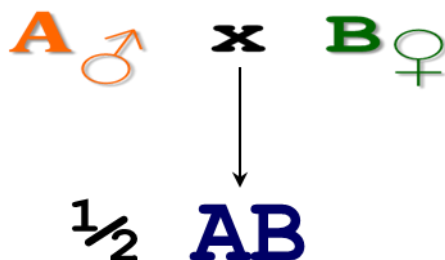
Esquemas Úteis

Cruzamento simples ou industrial

O cruzamento simples ou industrial é o que aproveita a heterose individual máxima entre duas raças. Possui outra vantagem em relação a outros cruzamentos ao ser o mais simples de organizar e realizar.

Uma das desvantagens está relacionado a necessidade contínua de obter animais puros das raças utilizadas no cruzamento. Seja pela manutenção de planteis ou pela compra de animais vivos ou sêmen.

Figura 7: Cruzamento industrial ou cruzamento simples entre duas raças, identificadas como A e B.



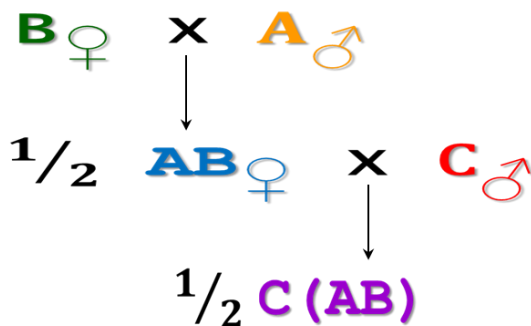
Cruzamento triplo ou tricross

O cruzamento triplo ou tricross consiste em cruzar duas raças puras inicialmente, como se fosse um cruzamento industrial. E pegar as fêmeas resultantes para cruzar com machos de uma terceira raça.

A grande vantagem deste tipo de cruzamento é aproveitar não só heterose individual nos dois cruzamentos realizados, mas também a heterose materna, resultante do primeiro cruzamento com impacto nas crias produtos do segundo cruzamento.

É mais difícil de ser executado do que o cruzamento industrial e exige a disposição contínua de três raças distintas. Seja por manutenção de plantel ou aquisição. Também não aproveita no segundo cruzamentos os machos nascidos no primeiro, e caso seja um produto ruim para terminação deve ser considerado esse fato na decisão de realizar ou não esse tipo de cruzamento.

Figura 8: Cruzamento triplo ou tricross, envolvendo três raças, identificadas como A, B e C..

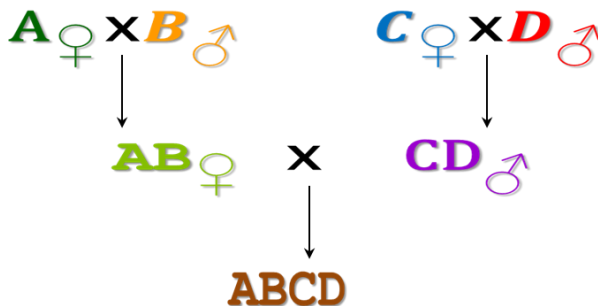


Cruzamento duplo entre quatro raças

O cruzamento duplo entre quatro raças consiste em realizar dois cruzamentos simultâneos, a primeira raça com a segunda e a terceira com a quarta. E posteriormente realizar um terceiro cruzamento entre estes produtos.

Este tipo de cruzamento permite combinar variabilidade genética de quatro raças e pode ser útil na formação de uma linhagem robusta. Se a seleção nas primeiras gerações não for muito intensa, existe a possibilidade de recombinações não só cromossômicas, mas por crossing-overs, gerando grande variabilidade genética a ser selecionada.

Figura 9: Cruzamento duplo entre quatro raças, identificadas como A, B, C e D.



Cruzamento contínuo ou absorvente

Em alguns casos a obtenção de animais de uma raça pode ser muito cara, ou proibitiva por barreiras sanitárias ou escassez de animais em uma raça próximo da extinção. Para contornar esse problema o cruzamento contínuo ou absorvente pode ser utilizado, adquirindo apenas machos ou sêmen da raça de interesse e introduzindo em uma raça a ser substituída.

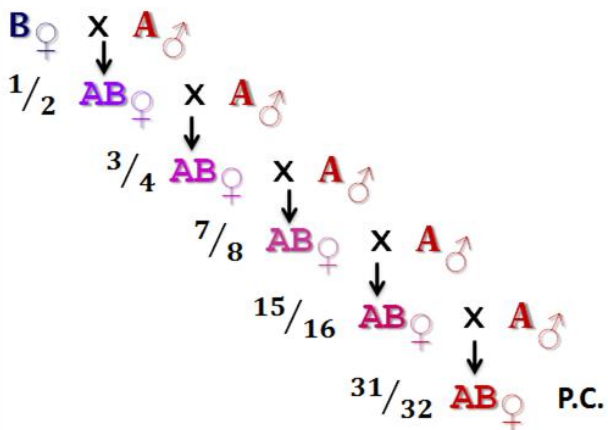
Dessa forma, se queremos trabalhar com a raça A e dispomos de fêmeas baratas da raça B, podemos cruzar essas com machos da raça A, obtendo animais $1/2$ AB. Os machos podem ser utilizados na produção e as fêmeas em novo cruzamento com machos ou sêmen da raça A, gerando indivíduos $3/4$ AB. Ao repetir esse processo teremos nas próximas gerações $7/8$ AB, $15/16$ AB, $31/32$ AB, dentre outros (Tabela 5).

Tabela 5: Sucessivos cruzamentos absorventes, composição genética (frações) de seus produtos e % da composição genética da raça A.

Cruzamento	1°	2°	3°	4°	5°	6°
Produto	$1/2$ AB	$3/4$ AB	$7/8$ AB	$15/16$ AB	$31/32$ AB	$63/69$ AB
% de A	50,00	75,00	87,50	93,75	96,875	98,44
% de B	50,00	25,00	12,50	06,50	03,125	01,56

Se satisfeitos com a composição genética 31/32 ou 63/64 AB, podemos passar a utilizar os machos dessa composição como puros por cruza também, finalizando o processo de absorção (Figura 10).

Figura 10: Cruzamento contínuo ou absorvente, caminhando no sentido da raça identificada como A e reduzindo a composição genética da raça identificada como B.



Cruzamento rotativo ou alternado

O cruzamento rotativo ou alternado consiste em realizar em todas as gerações cruzamento das fêmeas da geração anterior com machos puros de uma das duas ou três raças utilizadas.

É mais comum serem utilizadas apenas duas raças, conforme Figura 4.5. Geralmente se cruza uma raça de maior potencial produtivo ou maior valor comercial, com por exemplo a raça Angus, com outra de maior adaptabilidade às condições de produção em clima tropical, com por exemplo o Nelore (Brasil) ou o Brahman (América hispânica).

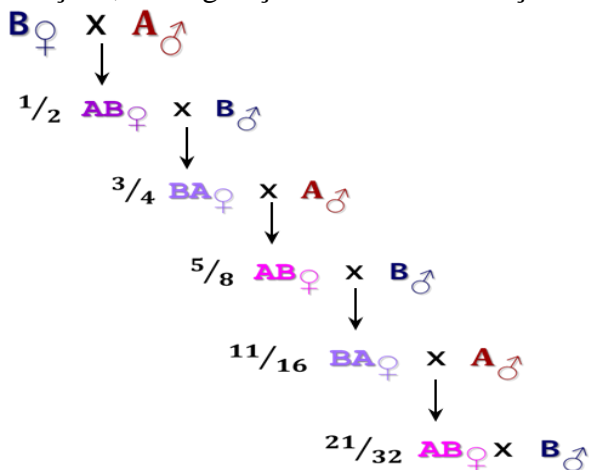
Uma característica interessante desse tipo de cruzamento é que as proporções das duas raças vão se intercalando geração após geração e se aproximando dos valores de $2/3$ e $1/3$ (Tabela 6). Dessa forma, sempre teremos animais com genética de potencial e rusticidade combinados, não serão absorvidos totalmente nenhuma das genéticas, nem a de potencial nem a de adaptabilidade.

O esquema desse cruzamento até animais $21/32$ pode ser visualizado na Figura 11, e poderiam continuar estes cruzamentos se repetindo chegando a denominadores muito altos, mas com razão cada vez mais próximas de $2/3$ para a raça de maior composição na geração e $1/3$ para a de menor composição, sempre alterando de uma geração para outra qual possui o maior valor.

Tabela 6: Sucessivos cruzamentos rotativos, composição genética (frações) de seus produtos e % da composição genética das raças A e B.

Cruzamento	1°	2°	3°	4°	5°	6°
Produto	1/2 AB	3/4 BA	5/8 AB	11/16 BA	21/32 AB	43/64 BA
% de A	50,00	75,00	37,50	68,75	34,375	67,19
% de B	50,00	25,00	62,50	31,25	65,625	32,81

Figura 11: Cruzamento rotativo ou alternado, entre as raças identificadas como A e B. Caminhando em uma geração no sentido da raça A, outra geração no sentido da raça B.



Exercícios de Fixação

1) Fêmeas Landrace foram cruzadas com machos Large White e as fêmeas geradas foram cruzadas com machos Pietrain. Qual o tipo de cruzamento descrito?

- a) Industrial, também chamado de cruzamento simples;
- b) Duplo, também chamado de cruzamento entre quatro raças;
- c) Triplo, também chamado de cruzamento tricross;
- d) Rotacionado, também chamado de cruzamento alternado;
- e) Absorvente, também chamado de cruzamento contínuo.

2) Ronaldo decidiu aumentar o grau de sangue holandês em seu rebanho de bovinos leiteiro, inseminando as fêmeas, originalmente meio sangue, com sêmen de touros provados da raça Holandesa, realizando o mesmo procedimento por sucessivas gerações. Qual o tipo de cruzamento descrito?

- a) Industrial, também chamado de cruzamento simples;
- b) Duplo, também chamado de cruzamento entre quatro raças;
- c) Triplo, também chamado de cruzamento tricross;
- d) Rotacionado, também chamado de cruzamento alternado;
- e) Absorvente, também chamado de cruzamento contínuo.

3) Juca realiza cruzamentos entre quatro raças distintas, qual o tipo de cruzamento ele realiza?

- a) Industrial, também chamado de cruzamento simples;
- b) Duplo, também chamado de cruzamento entre quatro raças;
- c) Triplo, também chamado de cruzamento tricross;
- d) Rotacionado, também chamado de cruzamento alternado;
- e) Absorvente, também chamado de cruzamento contínuo.

4) João tem interesse em produzir animais com altos índices zootécnicos, adaptados e com alta qualidade de carne. Ele tem produzido animais com essas características cruzando as fêmeas do rebanho hora com nelore, hora com Angus. Qual o tipo de cruzamento descrito?

- a) Industrial, também chamado de cruzamento simples;
- b) Duplo, também chamado de cruzamento entre quatro raças;
- c) Triplo, também chamado de cruzamento tricross;
- d) Rotacionado, também chamado de cruzamento alternado;
- e) Absorvente, também chamado de cruzamento contínuo.

5) Qual o nome do cruzamento entre duas raças puras que aproveita a máxima heterose individual.

- a) Industrial, também chamado de cruzamento simples;
- b) Duplo, também chamado de cruzamento entre quatro raças;
- c) Triplo, também chamado de cruzamento tricross;
- d) Rotacionado, também chamado de cruzamento alternado;
- e) Absorvente, também chamado de cruzamento contínuo.

6) Abaixo estão listados motivos para REALIZAR e NÃO realizar cruzamentos, marque a opção correspondente.

a) Aproveitar a heterose proveniente do cruzamento:

Realizar; Não realizar.

b) Preservação de material genético:

Realizar; Não realizar.

c) Salto genético com utilização de sêmen de raça melhorada:

Realizar; Não realizar.

d) Aproveitar a complementaridade entre raças:

Realizar; Não realizar.

e) Quando a endogamia está alta na população:

Realizar; Não realizar.

f) Quando não há heterose favorável:

Realizar; Não realizar.

g) Quando os animais puros possuem maior valor econômico:

Realizar; Não realizar.

h) Quando as raças não se complementam:

Realizar; Não realizar.

i) Quando se tem interesse em criar uma raça:

Realizar; Não realizar.

j) Quando é caro adquirir fêmeas da raça de interesse:

Realizar; Não realizar.

06 – Índices empíricos e de valores econômicos

Resumo

Na disciplina anterior, abordamos métodos de seleção para múltiplas características e a importância de não selecionar para apenas uma característica. A partir de agora veremos com mais detalhes os índices de seleção, começando por índices empíricos. É normal considerarmos a herdabilidade na definição dos pesos dos índices, pois quanto maior a herdabilidade mais funcional será a seleção da característica. De forma análoga, quando maior a relação da característica com valores econômicos, seja por geração de receita ou redução do custo, maior deverá ser seu peso. Já para a correlação genética, ocorre o oposto, pois características com correlações de alta magnitude se amparam no processo seletivo, sendo necessário pesos maiores para outras características que possuem variação desconexa. É comum neste tipo de índice reduzir o peso de características difíceis ou pouco mensuradas, pois a falta de observações reduz a acurácia no processo seletivo. Podemos ir além de índices empíricos se possuímos estimativas de valores econômicos e parâmetros genéticos de características sob seleção, utilizando o índice de Smith e Hazel que permite maximizar o ganho genético em termos monetários de uma geração para outra.

Palavras-Chave: Correlação genética; herdabilidade; valor econômico.

Material Didático

Slides da aula

<https://1drv.ms/p/s!ArApHE6-xtvkgof8qq2XAZGvneBGSA?e=VHZvXR>

Vídeos úteis

Parte 1: <https://youtu.be/4lvCB6CbKzA>

Parte 2: <https://youtu.be/4hsrt0oD8AM>

Parte 3: <https://youtu.be/iRUsuZ602HM>

Observação: Os vídeos são complementares e não substituem as aulas presenciais.

Fórmulas Úteis

Índice baseado em valores econômicos

O índice de Smith e Hazel pode ser obtido de forma matricial, multiplicando-se a inversa da matriz de (co)variâncias fenotípicas pela matriz de (co)variâncias genéticas, e multiplicando a matriz resultante pelo vetor de valores econômicos para as características consideradas. Conforme expresso na Equação 6.1.

$$\mathbf{b} = \mathbf{P}^{-1}\mathbf{G}\mathbf{a} \quad (6.1)$$

, onde:

- \mathbf{b} representa o vetor de pesos a serem atribuídos no índice;
- \mathbf{P} representa a matriz de (co)variâncias fenotípicas;
- \mathbf{G} representa a matriz de (co)variâncias genéticas.
- \mathbf{a} representa o vetor de valores econômicos das características.

Exercícios de Fixação

1) Qual a melhor vaca dentre as cinco disponíveis na Tabela 7, considerando o índice de seleção abaixo?

$$I_i = 0,3 * P_i + 0,5 * G_i + 0,1 * L_i$$

Tabela 7: Identificação da vaca (ID), produção de leite (P), gordura no leite (G) e lactose no leite (L) para cinco vacas.

ID	P	G	L
2344	5000	321	241
2365	4850	267	287
2379	5150	279	263
2446	4950	289	235
2554	4900	298	215

2) Considerando os dados dispostos na Tabela 8, monte o índice de seleção de Smith e Hazel.

Tabela 8: Características (Caracter.) peso aos 550 dias (P550) e idade ao primeiro parto (IPP), valores econômicos na moeda real (R\$), desvio padrão fenotípico (DPF), herdabilidade no sentido restrito (h^2), correlação genética (r_G) e correlação fenotípica (r_F).

Caracter.	Valor	DPF	h^2	r_G	r_F
P550	+12 reais	60 Kg	0,4	---	---
IPP	-8 reais	4 dias	0,2	---	---
P550*IPP	---	---	---	-0,30	-0,10

07 – Revisão e primeira avaliação do aprendizado

Na sétima semana está programado uma aula de dúvidas para revisar o aprendizado, seguido da primeira avaliação do aprendizado. Farão parte desta avaliação os conteúdos que foram ensinados nas aulas 1, 2, 3, 4, 5 e 6.

Aula de revisão do período remoto emergencial:

<https://youtu.be/tc8-Uyz2i7M>

08 – Ganho desejado e correção para efeitos fixos

Resumo

Quando não conseguimos discernir os valores econômicos das características envolvidas na seleção, podemos ainda comparar a população sob seleção com uma população elite e utilizar as diferenças como ganhos desejados. Se fizermos isso, podemos solucionar outro tipo de sistema de equações para alcançar os ganhos desejados. Além de características múltiplas, índices de seleção podem ser utilizados em outro sentido, aglutinar informações de parentes na predição do valor genético de um indivíduo utilizando diferentes graus de parentesco. Na disciplina anterior vimos como selecionar com base na informação de apenas um tipo de parente por vez, com o índice de seleção podemos fazer isso com vários graus de parentesco simultaneamente. Também, por semelhança no uso de matrizes para solução de sistemas de equação, vamos ver no final da aula como corrigir para efeitos fixos classificatórios e covariáveis os valores fenotípicos dos indivíduos da população. Tal correção trás grande vantagem ao evitar que o indivíduo seja selecionado por sorte ao nascer em uma fazenda melhor ou em época de chuva.

Palavras-Chave: covariável; ganhos desejados, grupo de contemporâneos.

Material Didático

Slides da aula

<https://1drv.ms/p/s!ArApHE6-xtvkgof-FZ61ZrjAX-ucnA?e=3FI Fet>

Vídeos úteis

Parte 1: <https://youtu.be/j6rtjesVt9c>

Parte 2: <https://youtu.be/b5xVobYfN3E>

Parte 3: <https://youtu.be/N4H8HjZvzgc>

Observação: Os vídeos são complementares e não substituem as aulas presenciais.

Fórmulas Úteis

Índice baseado em valores econômicos

O índice de Pesek e BakerSmith pode ser obtido de forma matricial, multiplicando-se a inversa da matriz de (co)variâncias genéticas pelo vetor de ganhos genéticos desejados. Conforme expresso na Equação 7.1.

$$\mathbf{b} = \mathbf{G}^{-1}\mathbf{h} \quad (7.1)$$

, onde:

- \mathbf{b} representa o vetor de pesos a serem atribuídos no índice;
- \mathbf{G} representa a matriz de (co)variâncias genéticas.
- \mathbf{h} representa o vetor de ganhos genéticos desejados nas características.

Estimação de efeitos fixos

A utilização de sistemas de equações de mínimos quadrados permite obter soluções para efeitos fixos, sejam eles classificatórios ou covariáveis.

Quando só existem covariáveis a serem corrigidas, seja elas de efeito linear ou também quadrático, é possível transformar um sistema impossível em possível determinado que minimiza a soma de quadrados do resíduo (Equação 7.2).

$$\hat{\beta} = (X'X)^{-1}X'y \quad (7.2)$$

Quando existem também efeitos fixos classificatórios, transformamos um sistema impossível em um possível indeterminado por interdependência daqueles efeitos com a média.

Mas podemos utilizar inversas generalizadas (Equação 7.3), como a inversa de Morre-Penrose (Equação 7.4) ou alguma restrição nos sistemas de equação (Equação 7.5) para obter soluções válidas. E embora neste caso os valores de solução possam variar conforme a restrição utilizada. Os valores estimados \hat{y} , obtidos pelo produto $X\beta$, são invariantes.

$$\beta^0 = (X'X)^-X'y \quad (7.3)$$

$$\beta^0 = (X'X)^+X'y \quad (7.4)$$

$$\beta^r = (X^r X^r)^{-1}X^r y^r \quad (7.5)$$

Fenótipo corrigido

Quando os efeitos fixos não são corrigidos, animais que nasceram na época das águas podem ser melhor avaliados do que animais que nasceram na seca. Pesagens geralmente apresentarão valores maiores nos machos (exceto codornas). Algumas fazendas podem ter melhor sistema de manejo do que outras, mas os descendentes não recebem esses efeitos ambientais conhecidos.

De forma semelhante, animais que nasceram de vacas muito jovens, sem reservas para as fases de balanço energético deficitário, como final da gestão e início da lactação, poderão ter pior desempenho do que animais nascido de vacas mais tardias ou de múltiparas.

Para solucionar esse problema podemos utilizar os efeitos fixos estimados para obter valores fenotípicos esperados com base nestes efeitos, removendo-se dos valores observados os estimados, ficamos com outras variações. Essas outras variações não são apenas genéticas, podem ser também ambientais não conhecidas, mas esperamos maior herdabilidade após a correção, pois apesar de não aumentarmos o denominador (variância genética aditiva), reduziremos o denominador (variância fenotípica).

Para realizar essa tarefa podemos utilizar a Equação 7.6, que obtém o fenótipo corrigido para os efeitos fixos como o resíduo do sistema de equação para os efeitos fixos estimados.

$$\hat{e} = y - \hat{y} = y - X\beta \quad (7.6)$$

Diferenças Esperada na Progênie

A Diferença Esperada na Progênie (DEP) pode ser obtida utilizando diferentes metodologias, na próxima aula veremos a utilização da Melhor Predição Linear Não-Viesada (Best Linear Unbiased Prediction – BLUP), nesta aula faremos a comparação entre este valor obtido utilizando apenas o fenótipo ou corrigido para efeitos fixos.

A DEP_n (não corrigida) obtida apenas pelo fenótipo poderia ser estimada conforme equação 7.8. Entretanto, veremos na Tabela 9 que ela não altera em absolutamente nada a ordem classificatória dos animais, pois não corrige para nada da variação, apenas remove o efeito médio comum a todas as observações.

$$DEP_n = \frac{(y_i - \bar{y})h^2}{2} \quad (7.8)$$

Entretanto, se removermos efeitos fixos classificatórios e covariáveis do valor fenotípico podemos obter DEP_c (Equação 7.9) que gerem alterações nas ordens classificatórias dos animais, impedindo que animais que nasceram na melhor época do ano (chuvas) e filhos de mães tardias possam ser selecionados por esses fatores conhecidos e não genéticos.

$$DEP_c = \frac{\hat{e}_i h^2}{2} = \frac{(y_i - \hat{y})h^2}{2} = \frac{(y_i - X\beta)h^2}{2} \quad (7.9)$$

Inversão Classificatória

Quando efeitos fixos não são corrigidos (DEPn) não ocorrem inversões classificatórias em relação ao fenótipo. Quando corrigidos (DEPc) a inversão classificatória pode ocorrer (Tabela 9). Caso a correção não houvesse sido aplicada, o melhor animal (ID=219), seria apenas o oitavo, pois nasceu na seca e tinha mãe muito jovem, sendo prejudicado no fenótipo por influência destes efeitos fixos, um classificatório (estação) e outro quantitativo, corrigido como covariável linear (IVP).

Tabela 9: Ordem classificatórias dos animais pelo fenótipo, fenótipo, identificação, DEPn (DEP não corrigida), estação (efeito fixo classificatório), IVP (idade da vaca ao parto como covariável linear), DEPc (DEP corrigida para estação e IVP) e ordem classificatória dos animais pela PEPc.

Ordem	Fenótipo	ID	DEPn	Estação	IVP	DEPc	Ordem
12º	124,7	245	-0,48	seca	1027	-0,56	11º
15º	122,9	354	-1,02	seca	930	0,33	10º
2º	140,2	341	4,17	chuva	932	2,56	4º
13º	124,3	205	-0,60	chuva	881	-1,46	15º
18º	109	360	-5,19	chuva	777	-4,51	20º
11º	125,7	383	-0,18	seca	761	3,67	2º
19º	107,6	348	-5,61	seca	843	-2,97	17º
14º	123,6	247	-0,81	chuva	903	-1,99	16º
3º	138,7	300	3,72	chuva	941	1,97	7º
16º	119,1	340	-2,16	seca	1079	-3,01	18º
20º	105,5	260	-6,24	seca	900	-4,44	19º
4º	138,6	250	3,69	chuva	1032	0,60	9º
7º	129,6	363	0,99	chuva	969	-1,17	13º
8º	129,5	219	0,96	seca	824	3,88	1º
5º	137,6	356	3,39	seca	1120	1,93	8º
17º	116,5	395	-2,94	seca	890	-0,99	12º
10º	127,1	228	0,24	chuva	919	-1,18	14º
1º	144,4	254	5,43	chuva	991	2,94	3º
6º	132,3	273	1,80	chuva	794	2,23	5º
9º	128,8	282	0,75	seca	926	2,16	6º

Soluções matricial do exemplo anterior

$$\begin{array}{l}
 y^r = \begin{bmatrix} 124,7 \\ 122,9 \\ 140,2 \\ 124,3 \\ 109 \\ 125,7 \\ 107,6 \\ 123,6 \\ 138,7 \\ 119,1 \\ 105,5 \\ 138,6 \\ 129,6 \\ 129,5 \\ 137,6 \\ 116,5 \\ 127,1 \\ 144,4 \\ 132,3 \\ 128,8 \end{bmatrix} \\
 X^r = \begin{bmatrix} 1 & -1 & 1027 \\ 1 & -1 & 930 \\ 1 & 1 & 932 \\ 1 & 1 & 881 \\ 1 & 1 & 777 \\ 1 & -1 & 761 \\ 1 & -1 & 843 \\ 1 & 1 & 903 \\ 1 & 1 & 941 \\ 1 & -1 & 1079 \\ 1 & -1 & 900 \\ 1 & 1 & 1032 \\ 1 & 1 & 969 \\ 1 & -1 & 824 \\ 1 & -1 & 1120 \\ 1 & -1 & 890 \\ 1 & 1 & 919 \\ 1 & 1 & 991 \\ 1 & 1 & 794 \\ 1 & -1 & 926 \end{bmatrix} \\
 X^{r'X^r} = \begin{bmatrix} 20 & 0 & 18439 \\ 0 & 20 & -161 \\ 18439 & -161 & 17177059 \end{bmatrix} \\
 (X^{r'X^r})^{-1} = \begin{bmatrix} 4,8815 & 0 & 18439 \\ -0,0422 & 20 & -161 \\ 18439 & -161 & 17177059 \end{bmatrix} \\
 X^{r'y} = \begin{bmatrix} 2525,7 \\ 89,9 \\ 2336525 \end{bmatrix} \\
 \beta^r = (X^{r'X^r})^{-1}X^{r'y} = \begin{bmatrix} 80,7973 \\ 4,89218 \\ 0,04934 \end{bmatrix} \\
 \hat{y} = X^r\beta^r \\
 \hat{e} = y - \hat{y} \\
 DEPC_i = \frac{\hat{e}_i h^2}{2}
 \end{array}
 \begin{array}{l}
 \hat{y} = \begin{bmatrix} 126,58 \\ 121,79 \\ 131,67 \\ 129,16 \\ 124,03 \\ 113,45 \\ 117,50 \\ 130,24 \\ 132,12 \\ 129,14 \\ 120,31 \\ 136,61 \\ 133,50 \\ 116,56 \\ 131,16 \\ 119,82 \\ 131,03 \\ 134,58 \\ 124,86 \\ 121,59 \end{bmatrix} \\
 \hat{e} = \begin{bmatrix} -1,876 \\ 1,110 \\ 8,527 \\ -4,857 \\ -15,03 \\ 12,248 \\ -9,898 \\ -6,642 \\ 6,583 \\ -10,04 \\ -14,81 \\ 1,993 \\ -3,899 \\ 12,94 \\ 6,436 \\ -3,316 \\ -3,932 \\ 9,816 \\ 7,436 \\ 7,207 \end{bmatrix}
 \end{array}$$

Exercícios de Fixação

1) Dispondo dos dados abaixo, monte o índice de seleção de Pesek e Baker:

Tabela 10: Características peso aos 550 dias (P550) e idade ao primeiro parto (IPP), ganhos desejados (GD), desvio padrão fenotípico (DPF), herdabilidade no sentido restrito (h^2), correlação genética (r_G) e correlação fenotípica (r_F).

Características	GD	DPF	h^2	r_G
P550	+20 Kg	60 Kg	0,4	---
IPP	-10 dias	4 dias	0,2	---
P550*IPP	---	---	---	-0,30

2) Dispondo dos dados abaixo, responda:

a) Quais os cinco melhores animais olhando apenas o valor amostral?

b) Quais os cinco melhores animais ao corrigirmos para os efeitos fixos (Estação e IVP)?

Figura 12: Dados fictícios de ganho médio diário de doze bezerros associados à duas estações e diferentes idades da vaca ao parto (da mãe do bezero).

Animal	Estação	IVP (anos)	GMD (Kg)	Animal	Estação	IVP (anos)	GMD (Kg)
1	chuva	2,3	1,45	7	chuva	2,4	1,5
2	seca	2,2	1,35	8	chuva	2,2	1,4
3	chuva	2,6	1,65	9	seca	2,0	1,25
4	seca	1,9	1,2	10	seca	1,9	1,2
5	seca	1,8	1,15	11	chuva	2,1	1,3
6	chuva	2,1	1,3	12	seca	2,0	1,25

09 – Pedigree e matriz de parentesco

Resumo

Para montar a matriz de parentesco médio entre os animais, nós não utilizamos a metodologia proposta por Wright (1922), vista na disciplina Melhoramento Animal I. Isso porque apesar de didática é uma metodologia antiga e ineficiente. Atualmente são utilizados algoritmos recursivos para realizar estes cálculos. Nesta aula veremos o método tabular proposto por Emik and Terril (1949) e falaremos sobre o algoritmo proposto por Henderson (1976) e modificado por Quass (1976), para obtenção direta da inversa da matriz dos numeradores dos coeficientes de parentesco, sem a necessidade de realizar a inversão, que é computacionalmente cara. Na prática as informações da matriz de parentesco podem ser utilizadas no planejamento de acasalamento prevenindo o surgimento de indivíduos endogâmicos. Enquanto a inversa da matriz de parentesco será utilizada para solucionar as equações de modelos mistos para obtenção de valores genéticos preditos para os animais. Essas valores genéticos divididos por dois equivalem às diferenças esperadas na progênie que vemos em catálogos de reprodutores.

Palavras-Chave: Algoritmo recursivo; genealogia; método tabular.

Material Didático

Slides da aula

<https://1drv.ms/p/s!ArApHE6-xtvkgoiKIQHOI9LY4X--AA?e=Y08tLJ>

Vídeos úteis

Parte 1: https://youtu.be/ZLiUuzz4_vY

Parte 2: <https://youtu.be/YrZLah4hJhQ>

Parte 3: https://youtu.be/UO_mELz29-U

Observação: Os vídeos são complementares e não substituem as aulas presenciais.

Fórmulas Úteis

Método tabular

A obtenção dos coeficientes de parentesco pelo método de Wright é muito intuitiva, mas desgastante para grandes pedigrees e longas distâncias entre indivíduos. A obtenção da matriz de parentesco por algoritmos computacionais é muito mais eficiente e pode ser feita convertendo o método tabular descrito no sistema de Equações 8.1 em código fonte de uma linguagem de programação de interesse.

$$\left\{ \begin{array}{l} cov(i, i) = 1 + \frac{cov(Pai_i, Mãe_i)}{2}, se i = j. \\ cov(i, j) = \frac{cov(Pai_i, j) + cov(Mãe_i, j)}{2}, se i > j. \\ cov(i, j) = cov(j, i), se i < j, pois A é simétrica. \end{array} \right. \quad (8.1)$$

, onde:

- $cov(i, j)$ é o parentesco entre os indivíduos i e j ;
- Pai_i e $Mãe_i$ representam o pai e a mãe do indivíduo i ;
- A representa a matriz de parentesco.

Exercícios de Fixação

1) O arquivo de pedigree contém 3 colunas principais com as informações de:

a) _____ ;

b) _____ ;

c) _____ .

2) Mas é comum serem utilizadas também outras duas colunas:

a) _____ ;

b) _____ .

3) Essas informações podem auxiliar na organização, correção e recodificação das informações. Já no arquivo de dados é fundamental que haja a coluna animal, as colunas dos efeitos fixos classificatórios e covariáveis e as colunas das variáveis respostas avaliadas. Em alguns casos não abordados em sala de aula, pode haver também colunas de variáveis controle, dentre outras.

f) O que é uma variável resposta?

2) De acordo com o pedigree a seguir, monte a matriz de parentesco utilizando o algoritmo recursivo:

Figura 13: Pedigree e matriz de parentesco fictícios de cinco animais.

PEDIGREE			NRM					
Animal	Pai	Mãe		1	2	3	4	5
1	0	0	1	1.0	-	-	-	-
2	0	0	2	0.0	1.0	-	-	-
3	1	2	3	0.5	0.5	1.0	-	-
4	1	3	4					-
5	4	2	5					

Fórmulas:

$$\text{Cov}(X,X) = 1 + \text{Cov}(\text{Pai}Y, \text{Mãe}Y) / 2$$

$$\text{Cov}(X,Y) = [\text{Cov}(X, \text{Pai}Y) + \text{Cov}(X, \text{Mãe}Y)] / 2$$

10 – Melhor predição linear não viesada

Resumo

Nesta aula utilizaremos primeiro um exemplo pequeno e fictício de Equações de Modelos Mistos resolvidos no Excel. Mesmo não sendo um software adequado e específico para este tipo de análise, o propósito da utilização é a percepção passo a passo das operações matriciais necessárias para solucionar o sistema, obtendo estimativas para os efeitos fixos e predição para os valores genéticos. Também será possível verificar que a ordem classificatória dos animais pelo valor genético pode ser diferente da ordem classificatória pelo fenótipo, seja pelo acréscimo das informações de parentes ou pela inclusão concomitante de correções para os efeitos fixos. Na sequência veremos um exemplo um pouco maior em um software próprio de avaliação genética. Esse software específico não é o mais utilizado atualmente, mas por ser um sistema de perguntas e respostas, e possuir versão traduzida para o português, torna-se muito didático para o primeiro contato e compreensão de efeitos fixos e aleatórios a serem incluídos no modelo de avaliação genética. Nas próximas aulas utilizaremos outro software com atualizações mais recentes, mas que faz uso de cartões de parâmetros, sendo menos didático para o aprendizado inicial, mas mais robusto para utilização em bancos de dados de programas de melhoramento real.

Palavras-Chave: Efeitos aleatórios; efeitos fixos; matriz de parentesco.

Material Didático

Análises e slides da aula

Nesta página estão compartilhados os slides desta aula dentro de uma pasta contendo também todos os arquivos das análises feitas em sala de aula.

<https://1drv.ms/u/s!ArApHE6-xtvkok8Y6w1zRL09XCml>

Vídeos úteis

Parte 1: https://youtu.be/FvZPSZjdu_Y

Parte 2: <https://youtu.be/2WwuIvaJIPk>

Parte 3: https://youtu.be/XRSb4RQn_ck

Observação: Os vídeos são complementares e não substituem as aulas presenciais.

Exercícios de Fixação

- 1) O que é uma variável resposta?
- 2) Qual exemplo abaixo NÃO é efeitos fixos classificatórios?
- a) Sexo (masculino e feminino);
 - b) Grupo de contemporâneos (sexo, estação, fazenda, etc.);
 - c) Idade ao primeiro parto (dias);
 - d) Estação do ano (chuva ou seca);
 - e) Fazenda (Três Barras, Santa Bárbara, etc.).
- 3) Qual exemplo abaixo NÃO é covariáveis?
- a) Idade da vaca ao parto (dias);
 - b) Peso ao nascimento (Kg);
 - c) Porcentagem de proteína na ração (%);
 - d) Forrageira presente no piquete (variedade);
 - e) Quantidade de suplemento na dieta (Kg).

- 4) Sobre equações de modelos mistos na figura abaixo:
- Circule a matriz de parentesco;
 - Faça um triângulo sobre o vetor de valores observados;
 - Faça um quadrado sobre o vetor de solução para os valores genéticos;
 - Faça um pentágono sobre o vetor de soluções para os efeitos fixos;
 - Faça um hexágono sobre a matriz de incidência dos efeitos fixos.

Figura 14: Equações de modelos mistos.

$$\begin{bmatrix} X' R^{-1} X & X' R^{-1} Z \\ Z' R^{-1} X & Z' R^{-1} Z + G^{-1} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} b^o \\ \hat{g} \\ \sim \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X' R^{-1} y \\ Z' R^{-1} y \\ \sim \end{bmatrix}$$

$$G = A \otimes G_0$$

$$R = I \otimes R_0$$

- 5) Utilize os softwares e arquivos para refazer os exemplos vistos em aula.

11 – Melhoramento genético para produzir carne

Resumo

Nas próximas três aulas vamos aprimorar nossos conhecimentos no melhoramento genético para as três principais aptidões de espécies de interesse zootécnico: Carne, leite e ovos. Começando com o melhoramento genético de animais para corte. Como já vimos ao longo dessa disciplina, as principais características sob seleção são as pesagens em diferentes idades e isso irá influenciar os modelos de avaliação genética utilizados. Os modelos também poderão variar conforme a idade, para peso ao desmame, além do efeito genético direto do animal é comum utilizarmos modelos que separem a variação fenotípica também em efeito genético materno e ambiental materno. Quanto aos sexos, ambos possuirão fenótipos para peso, sendo desta forma um efeito fixo classificatório utilizado nos modelos de avaliação. Quando não vemos este efeito no modelo é comum que ele esteja agrupado com efeitos de ano, estação e fazenda, nos grupos de contemporâneos. Para peso ao nascimento é comum utilizar a idade da vaca ao parto como covariável linear e quadrática, pois fêmeas muito jovens não possuem grandes reservas para a fase de balanço energético negativo do terço final da gestação e fêmeas muito velhas podem apresentar problemas de aprumo e locomoção e consequências destes problemas.

Palavras-Chave: Idade da vaca ao parto; peso ao desmame; sexo do bezerro.

Material Didático

Análises e slides da aula

Nesta página estão compartilhados os slides desta aula dentro de uma pasta contendo também todos os arquivos das análises feitas em sala de aula.

<https://1drv.ms/u/s!ArApHE6-xtvk7iBTM1FtyjnbJm2N?e=Nb3bnG>

Vídeos úteis

Parte 1: https://youtu.be/VDDD_bKSZyI

Parte 2: <https://youtu.be/k-SqlxBsEkk>

Parte 3: <https://youtu.be/zXUGTqb-xdo>

Observação: Os vídeos são complementares e não substituem as aulas presenciais.

Exercícios de Fixação

1) Escolha a espécie com aptidão para corte antes de responder as questões a seguir:

a) Bovinos de corte

b) Bubalinos de corte

c) Caprinos

d) Ovinos de corte

e) Suínos

f) Aves de corte

2) Para a espécie escolhida no exercício 1, cite exemplos de características de interesse econômico a serem avaliadas em programas de melhoramento de corte.

Espécie escolhida: _____

Características:

3) Para as características citadas no exercício 2, informe possíveis efeitos fixos classificatórios que poderiam ser considerados no modelo de avaliação genética de tais características. Espécie escolhida: _____

1ª Característica citada: _____

Efeitos fixos:

2ª Característica citada: _____

Efeitos fixos:

3ª Característica citada: _____

Efeitos fixos:

3) Para as características citadas no exercício 2, informe possíveis covariáveis que poderiam ser considerados no modelo de avaliação genética de tais características.

Espécie escolhida: _____

1ª Característica citada: _____

Covariáveis:

2ª Característica citada: _____

Covariáveis:

3ª Característica citada: _____

Covariáveis:

4) Cite exemplos de efeitos aleatórios que podem ser utilizados em modelos de avaliação genética de animais de corte, seguidos da(s) característica(s) que poderia(m) ser influenciada pelo efeito?

a) Efeito aleatório 1: _____.

Características influenciadas:

_____ ; _____ ;
_____ ; _____ .

b) Efeito aleatório 2: _____.

Características influenciadas:

_____ ; _____ ;
_____ ; _____ .

c) Efeito aleatório 3: _____.

Características influenciadas:

_____ ; _____ ;
_____ ; _____ .

d) Efeito aleatório 4: _____.

Características influenciadas:

_____ ; _____ ;
_____ ; _____ .

5) Utilize sites de busca de artigos científicos como:

- Google Scholar: <https://scholar.google.com.br/>
- Research Gate: <https://www.researchgate.net/>
- Ou qualquer outro de sua preferência.

Para encontrar artigos com estimativas de componentes de variância para os efeitos citados no exemplo anterior. Responda o valor da estimativa seguido do DOI do artigo:

a) Estimativa do 1º efeito:

DOI:

b) Estimativa do 2º efeito:

DOI:

c) Estimativa do 3º efeito:

DOI:

d) Estimativa do 4º efeito:

DOI:

12 – Melhoramento genético para produzir leite

Resumo

No melhoramento genético de ruminantes para produção de leite, independente da espécie teremos como objetivo aumentar a produção de leite nas lactações. Nessa disciplina, já vimos como calcular a produção de leite acumulada, também sabemos que a produção de leite acumulada é uma medida que se repete na vida “das vacas”. Dessa forma podemos trabalhar como modelos de repetibilidade que consideram além do efeito genético direto o efeito aleatório de ambiente permanente. Dispondo de hardwares melhores podemos também utilizar modelos multicaracterísticos que considerem cada lactação como uma característica diferente, não assumindo correlação genética igual 1,0 entre lactações distintas. Tal prática gera a vantagem de predizer valores genéticos distintos para a primeira lactação que está associada a genes de precocidade produtiva, as intermediárias mais dependentes de genes de potencial de produção e as tardias de genes de longevidade, relacionados a bons aprumos e ligamentos de úberes. Efeitos fixos de estação são importantes, mas aqui o sexo não faz mais sentido, por se manifestar apenas nas fêmeas. Características como gordura ou proteína no leite também podem ser geneticamente avaliadas e a idade da vaca ao parto continua podendo ser utilizada como covariável linear e quadrática.

Palavras-Chave: Estação do ano; ordem de parto; produção de leite acumulada.

Material Didático

Análises e slides da aula

Nesta página estão compartilhados os slides desta aula dentro de uma pasta contendo também todos os arquivos das análises feitas em sala de aula.

<https://1drv.ms/u/s!ArApHE6-xtvk7wzsgnZt3eLHZead?e=5pcOsO>

Vídeos úteis

Parte 1: https://youtu.be/_GHpe4Wi7Zo

Parte 2: <https://youtu.be/xuUH3m5sqPA>

Parte 3: <https://youtu.be/T0BTpr984h8>

Observação: Os vídeos são complementares e não substituem as aulas presenciais.

Exercícios de Fixação

1) Cite características que podem ser selecionadas em programas de melhoramento de:

a) Bovinos de leite:

b) Caprinos de leite:

c) Ovinos de leite:

d) Bubalinos de leite:

2) Cite um exemplo de efeito fixo classificatório correspondente a cada característica da questão anterior:

a) Bovinos de leite:

b) Caprinos de leite:

c) Ovinos de leite:

d) Bubalinos de leite:

3) Cite um exemplo de covariável correspondente a cada característica da primeira questão:

a) Bovinos de leite:

b) Caprinos de leite:

c) Ovinos de leite:

d) Bubalinos de leite:

4) Cite exemplos de efeitos aleatórios que podem ser utilizados em modelos de avaliação genética de animais leiteiros, seguidos da(s) característica(s) que poderia(m) ser influenciada pelo efeito?

a) Efeito aleatório 1:

Características influenciadas:

b) Efeito aleatório 2:

Características influenciadas:

c) Efeito aleatório 3:

Características influenciadas:

d) Efeito aleatório 4:

Características influenciadas:

e) Efeito aleatório 5:

Características influenciadas:

5) Utilize sites de busca de artigos científicos como:

- Google Scholar: <https://scholar.google.com.br/>
- Research Gate: <https://www.researchgate.net/>
- Ou qualquer outro de sua preferência.

Para encontrar artigos com estimativas de componentes de variância para os efeitos citados no exemplo anterior. Responda o valor da estimativa seguido do DOI do artigo:

a) Estimativa do 1º efeito:

DOI:

b) Estimativa do 2º efeito:

DOI:

c) Estimativa do 3º efeito:

DOI:

d) Estimativa do 4º efeito:

DOI:

13 – Melhoramento genético para produzir ovos

Resumo

No melhoramento genético de aves para produção de ovos a principal característica mensurada é a soma da produção de ovos durante todo o período produtivo. Entretanto, podemos também ter interesse em outras características como idade ao primeiro ovo, relacionada à precocidade, largura do ovo relacionada a prolapsos, espessura da casca, relacionada à qualidade dos ovos, etc. Diferente das pesagens em aves de corte, as características de ovos são exclusivas às fêmeas, não fazendo sentido a inclusão de efeito fixo de sexo, mas testar efeitos fixos de galpão, granja, localização, dieta, etc. Além de covariáveis como porcentagem de proteína ou algum aminoácido específico na dieta. De forma geral, os modelos de avaliação são mais simples, os ovos são separados das mães e incubados e por isso efeitos genéticos ou ambientais maternos não fazem sentido. O período de produção de ovos é longo, não fazendo sentido utilizar modelos de repetibilidade. Mesmo assim as avaliações destes animais podem ser exigentes em hardware, visto o baixo custo do animal que facilita trabalhar com grandes volumes, baixa porcentagem de selecionados e grande intensidade de seleção. Em aves de corte essa exigência pode aumentar ainda mais devido ao ciclo mais curto de produção, permitindo menores intervalos entre gerações.

Palavras-Chave: Eclosão; nível de proteína na ração; produção de ovos acumulada.

Material Didático

Análises e slides da aula

Nesta página estão compartilhados os slides desta aula dentro de uma pasta contendo também todos os arquivos das análises feitas em sala de aula.

<https://1drv.ms/u/s!ArApHE6-xtvk8B43vcVjQPsk6N-2?e=LfxPPP>

Vídeos úteis

Parte 1: <https://youtu.be/DHgyUeG97Io>

Parte 2: <https://youtu.be/KKLRNtTU398>

Parte 3: <https://youtu.be/ETC0yiiRR3Y>

Observação: Os vídeos são complementares e não substituem as aulas presenciais.

Exercícios de Fixação

1) Cite características que podem ser selecionadas em programas de melhoramento de aves de postura:

2) Cite um exemplo de efeito fixo classificatório correspondente a cada característica da questão anterior:

3) Cite um exemplo de covariável correspondente a cada característica da primeira questão:

4) Cite exemplos de efeitos aleatórios que podem ser utilizados em modelos de avaliação genética de aves de postura, seguidos da(s) característica(s) que poderia(m) ser influenciada pelo efeito?

a) Efeito aleatório 1:

Características influenciadas:

b) Efeito aleatório 2:

Características influenciadas:

c) Efeito aleatório 3:

Características influenciadas:

5) Utilize o google acadêmico para encontrar ao menos um artigo com estimativas de componentes de variância para os efeitos citados no exercício anterior. Responda os valores das estimativas seguido do DOI do artigo.

a) Estimativa do 1º efeito:

DOI:

b) Estimativa do 2º efeito:

DOI:

c) Estimativa do 3º efeito:

DOI:

14 – Revisão e segunda avaliação do aprendizado

Na décima quarta semana de aula está programado uma aula de dúvidas para revisar o aprendizado, seguido da terceira avaliação do aprendizado. Farão parte desta avaliação os conteúdos que foram ensinados nas aulas 8, 9, 10, 11, 12 e 13.

Aula de revisão do período remoto emergencial:
<https://youtu.be/ETC0yiiRR3Y>

15 – Programa de melhoramento animal

Resumo

Na visita ao programa de melhoramento de codornas de corte da instituição e veremos que animais desta espécie, principalmente de corte, são excelentes para o treinamento de melhoristas devido ao baixo custo unitário, pequeno intervalo entre gerações e baixo consumo de ração até a idade adulta, o que torna barato a manutenção de plantel suficiente. Também ocupam menos espaço em incubadoras, nascedouros e gaiolas, reduzindo o custo fixo diluído por animal. No programa de melhoramento os animais são identificados, suas pesagens são registradas, são selecionados para a reprodução, incluídos em gaiolas individuais para coleta dos ovos, os ovos são identificados quando coletados, incubados e antes de nascer, agrupados com “ovos irmãos” em gaiolas nos nascedouros. Quando nascem, as identificações da casca do ovo permitem incluir registro da mãe aos novos animais. Como cada fêmea é acasalada com um único macho, a combinação das informações do mapa de reprodução e do registro de nascimento permitem ligar os novos indivíduos também aos seu pai. Essas informações são utilizadas para compor a matriz de parentesco e realizar as avaliações genéticas dos animais, que viabilizam a seleção de forma mais acurada à medida que mais informações vão sendo acrescentadas.

Palavras-Chave: Fenótipo; ficha de coleta; identificação individual.

Exercícios de Fixação

Considerando o Programa de Melhoramento Genético Animal visitado em aula prática, responda as perguntas a seguir.

1) Como é feita a identificação individual dos animais no momento do nascimento?

- a) Anilha na canela
- b) Brinco nas orelhas
- c) Coleira no pescoço
- d) Ferro quente

2) Como é feita a associação da identificação individual com a identificação da mãe do indivíduo que nasceu?

- a) Avaliando o padrão de plumagem
- b) Utilizando radiografias da ossatura
- c) Soltando o animal perto com as mães para se identificarem
- d) Utilizando a identificação da mãe na casca do ovo

3) Como é feita a associação da identificação individual com a identificação do pai do indivíduo que nasceu?

- a) Apenas por teste de DNA será possível saber
- b) O padrão de canto das aves é transmitido pelo pai
- c) O padrão de plumagem é transmitido pelo pai
- d) Utilizando a informação do macho que acasalou com a mãe

4) Quais as principais características (variáveis respostas) avaliadas?

- a) Área de olho de lombo, peso ao desmame, idade ao parto.
- b) Espessura toucinho, conversão alimentar, peso leitegada
- c) Peso nascimento, peso 35 dias, dimorfismo sexual 28 dias
- d) Produção de leite, gordura no leite, proteína no leite.

5) Quais efeitos fixos, classificatório e covariável, podem ser levados em consideração nas avaliações genéticas?

- a) Baía coletiva e tamanho de leitegada
- b) Estação de parição e idade da vaca ao parto
- c) Fazenda e peso ao desmame
- d) Sexo e teor de proteína na ração

6) Qual o problema de programas de melhoramento que considerem apenas uma única característica para seleção?

a) São tediosos de se trabalhar e não conseguem funcionários interessados em ficar por muito tempo

b) Podem ocorrer prejuízos nas características desconsideradas no processo de seleção

7) Indivíduos que perderam sua identificação individual não são mais aproveitados para a seleção por vários motivos, EXCETO:

a) A acurácia seletiva é influenciada pela disponibilidade de informações fenotípicas de parentes

b) A conexão com a população base é importante na estimação de componentes de variância

c) É deselegante e injusto submeter os animais à novo processo de identificação com novo registro

d) Não é possível aproveitar informações de mensurações anteriores à perda da identificação

8) Por que indivíduos já selecionados e em gaiolas individuais podem ser mantidos, mesmo quando perdem a identificação individual?

a) Porque a equipe é dedicada e fez um mapa associando a gaiola à identificação do animal que está dentro dela

b) Porque é muito trabalhoso ficar substituindo animais em gaiolas, sendo mais fácil não fazer nada

Lista de figuras

Figura 1: Representação de TOP 50, 25, 10, 5, 2 e 1% na curva de distribuição normal.....	5
Figura 2: Informações dos touros Arnold, Bradok e Cerimônia.	15
Figura 3: Informações da vaca Serafina.....	15
Figura 4: Ficha de produção de ovos do mês de janeiro de 2018.	22
Figura 5: Ficha de soma de produção de ovos dos meses de 2018 e janeiro de 2019.	23
Figura 6: Produção em função da qualidade do ambiente em raças de maior Potencialidade, Rusticidade e Mistura (Composições genéticas distintas entre as duas raças).	30
Figura 7: Cruzamento industrial ou cruzamento simples entre duas raças, identificadas como A e B.	34
Figura 8: Cruzamento triplo ou tricross, envolvendo três raças, identificadas como A, B e C..	35
Figura 9: Cruzamento duplo entre quatro raças, identificadas como A, B, C e D.....	36
Figura 10: Cruzamento contínuo ou absorvente, caminhando no sentido da raça identificada como A e reduzindo a composição genética da raça identificada como B.	38
Figura 11: Cruzamento rotativo ou alternado, entre as raças identificadas como A e B. Caminhando em uma geração no sentido da raça A, outra geração no sentido da raça B.	40

Figura 12: Dados fictícios de ganho médio diário de doze bezerros associados à duas estações e diferentes idades da vaca ao parto (da mãe do bezero).	61
Figura 13: Pedigree e matriz de parentesco fictícios de cinco animais.	66
Figura 14: Equações de modelos mistos.	70

Lista de tabelas

Tabela 1: Parte de um sumário fictício.	13
Tabela 3: Informações coletadas a campo e necessárias para calcular o peso ajustado para 550 dias de idade.....	24
Tabela 4: Registros de produção de leite da vaca na lactação. 25	
Tabela 5: Média de desempenho de indivíduos cruzados e puros das raças Gir e Holandês.	32
Tabela 6: Sucessivos cruzamentos absorventes, composição genética (frações) de seus produtos e % da composição genética da raça A.	37
Tabela 7: Sucessivos cruzamentos rotativos, composição genética (frações) de seus produtos e % da composição genética das raças A e B.	40
Tabela 8: Identificação da vaca (ID), produção de leite (P), gordura no leite (G) e lactose no leite (L) para cinco vacas. ..	48
Tabela 9: Características (Character.) peso aos 550 dias (P550) e idade ao primeiro parto (IPP), valores econômicos na moeda real (R\$), desvio padrão fenotípico (DPF), herdabilidade no sentido restrito (h^2), correlação genética (rG) e correlação fenotípica (rF)..	49
Tabela 10: Ordem classificatórias dos animais pelo fenótipo, fenótipo, identificação, DEPN (DEP não corrigida), estação (efeito fixo classificatório), IVP (idade da vaca ao parto como covariável linear), DEPC (DEP corrigida para estação e IVP) e ordem classificatória dos animais pela PEPC.	58

Tabela 11: Características peso aos 550 dias (P550) e idade ao primeiro parto (IPP), ganhos desejados (GD), desvio padrão fenotípico (DPF), herdabilidade no sentido restrito (h^2), correlação genética (rG) e correlação fenotípica (rF)..... 60

Bibliografia

Não faz sentido algum que vocês fiquem restritos apenas a este material ou a minha forma de explicar o conteúdo na disciplina. Existem muitos profissionais da área gerando conteúdo de qualidade, com visões e formas de explicar distintas.

Por isso disponibilizamos neste tópico links de livros de autores renomados, com conteúdo de qualidade disponíveis gratuitamente em PDF. Além de informações sobre livros disponíveis na biblioteca setorial da instituição.

Também indicamos alguns artigos históricos importantes que podem ajudar a conhecer a evolução do melhoramento genético animal. E outros artigos com pesquisas interessantes na área. Esperamos que sejam úteis.

Livros disponíveis gratuitamente online

LOPES, P.S. **Teoria do melhoramento animal**. Belo Horizonte: FEPMVZ-Editora, 2005. 118p.: il. – Inclui bibliografia ISBN: 85-87144-21. Acesso em 22/07/2020, disponível em:

<https://www.google.com/search?q=teoria+do+melhoramento+animal&oq=teoria+do+melhoramento+animal&aqs=chrome..69i57j69i59l3j0j69i60l3.3910j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8>

ROSA, A.N.; MARTINS. E.N.; MENEZES, G.R.O.; SILVA, L.O.C. **Melhoramento genético aplicado em gado de corte**: Programa Geneplus-Embrapa. Campo Grande – MS. 2013. 241p. ISBN: 978-85-7035-256-9. Acesso em 22/07/2020, disponível em:

<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/980414/melhoramento-genetico-aplicado-em-gado-de-corte-programa-geneplus-embrapa>

Livros disponíveis na biblioteca setorial

FALCONER, D.S.; MACKAY, T.F.C. **Introduction to Quantitative Genetics**, 4th ed. Longman Group Ltd., Essex. 1996.

PEREIRA, J.C.C. **Melhoramento genético aplicado à produção animal**. 4. ed. Belo Horizonte: FEPMVZ, c2004. iv, 609 p. ISBN 9788587144126.

KINGHRONR, B.; VAN DER WERF, J.; RYAN, M. **Melhoramento Animal - Uso de Novas Tecnologias**. FEALQ, 2006. 367 P. ISBN 8571330425.

LUSH, J.L. **Melhoramento genético dos animais domésticos**. Rio de Janeiro: USAID, 1964. 570p. 3°

QUEIROZ, S.A. **Introdução ao melhoramento genético de bovinos de corte**. Guaíba, RS: Agrolivros, 2012. 152 p. ISBN 9788598934129.

SILVA, J.C.P.M.; VELOSO, C.M. **Melhoramento genético do gado leiteiro**. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2011. 111 p. ISBN 9788562032301.

Alguns artigos científicos célebres

EMIK, L.O.; TERRIL, C.R. Systematic procedures for calculating inbreeding coefficients. **Journal of Heredity**. v. 40, n. 2, p. 51-55, 1949. DOI: <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.jhered.a105986>

HENDERSON, C.R. Best linear unbiased estimation and prediction under a selection model. **Biometrics**, v. 31, p. 423-447, 1975. DOI: <https://doi.org/10.2307/2529430>

HAZEL, L.N. The genetic basis for constructing selection indexes. **Genetics**, v. 28, n. 6, p. 476-490, 1943. DOI: <https://doi.org/10.1093/genetics/28.6.476>

HENDERSON, C.R. A simple method for computing the inverse of a numerator relationship matrix used in prediction of breeding values. **Biometrics**, v.32, n. 1, p. 69-83, 1976. DOI: <https://doi.org/10.2307/2529339>

HENDERSON, C. R.; QUAAS, R.L. Multiple trait evaluation using relative records. **Journal of Animal Science**. v. 43, n. 6, p. 1188-1197, 1976. DOI: <https://doi.org/10.2527/jas1976.4361188x>

QUAAS, R. L. Computing the diagonal elements of a large numerator relationship matrix. **Biometrics**, v. 32, n. 4, p. 949-953, 1976. DOI: <https://doi.org/10.2307/2529279>.

SMITH, H.F. A discriminant function for plant selection. **Annals of Human Genetics**. v. 7, n. 3, p. 240-250, 1936. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1469-1809.1936.tb02143.x>

Artigos científicos de pesquisas nacionais aplicadas

BONAFÉ, C.M.; TORRES, R.A.; TEIXEIRA, R.B.; SILVA, F.G.; SOUSA, M.F.; LEITE, C.D.S.; SILVA, L.P.; CAETANO, G.C. Heterogeneidade de variância residual em modelos de regressão aleatória na descrição do crescimento de codornas de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia** (Online), v. 40, p. 2129-2134, 2011.

BRITO, L.F.; SILVA, F.G.; OLIVEIRA, H.R.; SOUZA, N.; CAETANO, G.; COSTA, E.V.; MENEZES, G.R.O.; MELO, A.L.P.; RODRIGUES, M.T.; TORRES, R.A. Modelling lactation curves of dairy goats by fitting random regression models using Legendre polynomials or B-splines. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 1, p. 1, 2017.

MENEZES, G.R.O.; TORRES, R.A.; SARMENTO, J.L.R.; RODRIGUES, M.T.; MELO, A.L.P.; SILVA, F.G.; BRITO, L.F. Avaliação de medidas da persistência da lactação de cabras da raça Saanen sob modelo de regressão aleatória. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, p. 1691-1698, 2010.

SILVA, F.G.; TORRES, R.A.; BRITO, L.F.; SILVA, L.P.; MENEZES, G.R.O.; BRITO, L.C.; RODRIGUES, M.T.; EUCLYDES, R.F. Genetic evaluation of Alpine goats using different milk control intervals. **Genetics and Molecular Research**, v. 12, p. 2455-2464, 2013.

SILVA, M.R.; ARAÚJO, C.V.; PIRES, A.V.; PAULA, E.J.H.; Ferreira, E.B.; SILVA, F.G. Curva de crescimento de codornas de corte por meio de modelos de regressão não-lineares. **Archives of Veterinary Science**, v. 21, p. 26-34, 2016.

TEIXEIRA, B.B.; MOTA, R.R.; LÔBO, R.B.; SILVA, L.P.; SOUZA CARNEIRO, A.P.; SILVA, F.G.; CAETANO, G.C.; SILVA, F.F. Genetic evaluation of growth traits in Nellore cattle through multi-trait and random regression models. **Czech Journal of Animal Science**, v. 63, p. 212-221, 2018.