

**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
FACULDADE DE AGRONOMIA ELISEU
DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA
MELHORAMENTO ANIMAL**

SELEÇÃO

1. INTRODUÇÃO

- **P = G + E**, as diferenças observadas entre populações de uma mesma espécie (raças, variedades, grupos de manejo) com respeito a uma característica particular, podem ser atribuídas às diferenças genéticas e às diferenças ambientais;
- **Diferenças genéticas:** pelas diferenças nas freqüências dos genes que controlam as características e na distribuição dos genes nos indivíduos (homo e heterozigotos);
- **Melh. Ambiental:** nutrição, sanidade, manejo, reprodução. Produz resultados imediatos e de grande impacto – **MAIS CARO**
- **Melh. Genético:** mais lento, com menor impacto, porém permanente e acumulativo ano a ano – **SEM MAIORES CUSTOS DE INVESTIMENTO.**

- **Propósito do Melhoramento Genético:**

Obter populações com um genótipo médio superior, que se ganha aumentando a frequência dos genes favoráveis ou desejáveis, redistribuindo os genes de combinações genotípicas mais produtivas.

- **Etapas da Seleção:**

- Estimação do valor genético do animal: classificar os animais com base em um ou mais critérios previamente estabelecidos;
- Decisão, com base no valor genético, se o animal deverá reproduzir ou não.

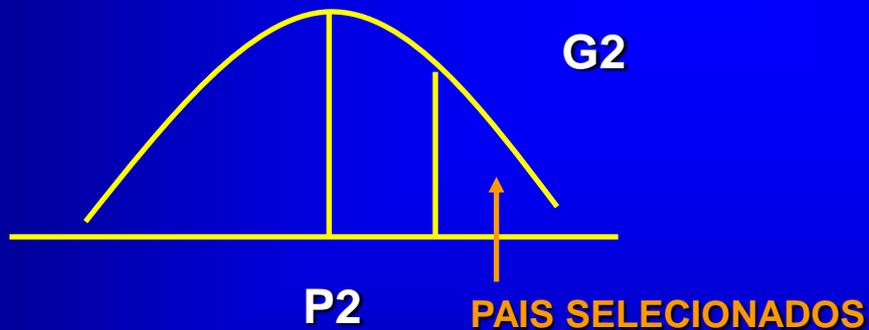
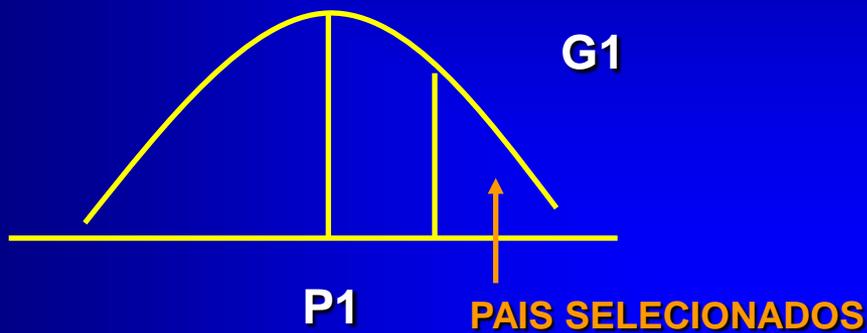
- **Conseqüências da Seleção:**

Os efeitos da seleção estão restringidos a utilização da variação já presente na população.

- Pode mudar a média genotípica da população, para a característica selecionada, através do aumento da frequência dos genes favoráveis´;

- Pode modificar a amplitude da distribuição dos genótipos, ou seja, a variância genética da população

PROGRESSO GENÉTICO OU RESPOSTA À SELEÇÃO



P2 SUPERIOR À P1



$$\Delta P = P2 - P1$$

$$\Delta P = (G2+E2) - (G1+E1)$$

$$\Delta P = \Delta G + \Delta E$$

- **FONTES DE INFORMAÇÃO UTILIZADAS NA SELEÇÃO:**



- **Fontes de Seleção:**
- **Fenótipo individual ou massal** => seleção fenotípica individual (teste de desempenho). É de muita utilidade quando o caráter é expresso fenotipicamente nos indivíduos e apresenta médio-alto para herdabilidade;
- **Fenótipo de Antepassados ou pela Ascendência** => seleção por pedigree. Utiliza-se a informação dos ascendentes de um indivíduo para julgar o que ele é geneticamente
- **Fenótipo de um grupo de irmãos ou meios irmãos = Seleção por parentes colaterais** => seleção por teste de irmãos e meios irmãos. Os indivíduos são julgados pela ponderação dos registros de produção de parentes próximos. Quanto mais distante o parentesco menor a precisão. Utilizado na avaliação preliminar para características que se expressem fenotipicamente em apenas 1 sexo ou características avaliadas no animal morto.
- **Fenótipo de descendentes** => seleção pela produção média de seus descendentes, por teste de progênie

- **Métodos de Seleção:**

- **Método de Tandem ou em Etapas:**

Realiza a seleção de um caráter por vez. Quando se atingiu um determinado nível de melhoramento para este caráter, passa-se a selecionar por outro e assim, sucessivamente.

Deve-se verificar se as características não estão correlacionadas geneticamente em sentido contrário. Método mais simples, porém pouco eficiente.



- **Níveis Independentes de Refugo ou Eliminação:**

São estabelecidos níveis mínimos de produção para cada caráter, e todos os animais que não satisfazem estes níveis são eliminados. Desta maneira a seleção é feita simultaneamente para vários caracteres. A eficiência é intermediária entre o Método Tandem e o do Índice de Seleção.

É necessário restringir a seleção a poucos caracteres, para aqueles realmente importantes;

Não se devem utilizar intensidades de seleção extremas ou muito diferentes para os distintos caracteres.

- Níveis independentes de refugo **COM RESTRIÇÕES**:

Exemplo: Seleção por peso de velo em ovinos, porém tratando de que o diâmetro das fibras de lã permaneça dentro de uma certa amplitude aceitável. A maneira seria ter um nível de refugo para o peso de velo e dois níveis de refugo para o diâmetro das fibras da lã, um SUPERIOR e um INFERIOR, selecionando somente os animais que estão no intervalo entre eles.



- **Índice de Seleção:**

Grande problema do M.A.: escolha baseada no valor fenotípico, de indivíduos que tenham os melhores valores genéticos;

$P = \mu + G + E$, onde:

μ = média da população;

G = efeito atribuído ao genótipo;

E = efeito ambiental, que mascara o valor genotípico do animal

Na prática não se conhece o valor genético dos animais, portanto, usa-se o índice “I”, também chamado de **Índice de Predição do Valor Genético Verdadeiro** ou **Índice de Seleção**, para estimar o valor genético dos animais.

- Quando a Seleção é praticada de acordo com os valores desses índices, o Ganho Genético Anual poderá ser calculado por:

$$\Delta G/t = (r_{HI} i \sigma G) / t$$

Em que: ΔG é o ganho genético por geração, $\Delta G/t$ é o ganho genético por geração por unidade de tempo (ano), r_{HI} é a correlação entre o valor genético verdadeiro H e o índice de seleção I , que representa um índice de predição do valor genético verdadeiro H , i é a intensidade de seleção, σG é o desvio genético aditivo, t é intervalo entre gerações, calculado com o tempo médio entre o nascimento dos pais e o nascimento da progênie.

- Cada caráter a ser selecionado é avaliado nos animais, e depois estes valores são somados para obter o índice final de cada animal;

- Um índice de seleção é uma equação de **Regressão Múltipla**:

$$Y = b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + \dots + b_nX_n$$

Sendo cada caráter X ponderado por um coeficiente b e depois somado para dar um valor final Y de mérito para o animal.

- O valor dos coeficientes dependem da importância **econômica** dos caracteres, das **herdabilidades** e das **correlações** genéticas entre eles.
- É o método mais eficiente para se conseguir um determinado progresso genético em um **GRUPO DE CARACTERES**;
- O Índice de Seleção pode ser utilizado em **2 situações básicas**:
 - Quando se deseja encontrar uma combinação ótima das informações do indivíduo;
 - Para combinar um índice agregado, as informações do indivíduo e/ou de seus parentes, relativos a um conjunto de variáveis.

O índice de seleção pode ser usado em várias situações, com a finalidade única de **ORDENAR OS CANDIDATOS PARA A SELEÇÃO**, por meio de condensação das informações disponíveis (de vários parentes ou de várias características) num índice que estima o valor genético dos animais.

2. GANHO GENÉTICO POR GERAÇÃO

Na seleção fenotípica individual, a previsão do ganho genético por geração é:

$$\Delta G_g = h^2 \times S$$

h^2 é a herdabilidade da característica selecionada

S é o diferencial de seleção

Alta herdabilidade = seleção individual

Baixa herdabilidade = seleção de família

- **ΔG** é realizado através da seleção;
- **Seleção** é a escolha de animais para reprodução, serão os genitores da próxima geração;
- **Exemplo:** Um rebanho ovino com 1000 fêmeas
 - 90% parição – 900 cordeiros nascidos
 - 450 ♂ e 450 ♀

Seleção:

Machos => 1 para cada 50 ovelhas, preciso 20 - 25 carneiros

$25 / 450 = 6\%$ são selecionados

Fêmeas => 20% de reposição, a cada ano, 200 ovelhas repostas, preciso selecionar 200.

$200 / 450 = 45\%$ são selecionadas

DIFERENCIAL DE SELEÇÃO (S)

- **Diferencial de Seleção (S):** é a diferença entre a média fenotípica dos animais selecionados (X_S) e a média da população (todos os indivíduos);

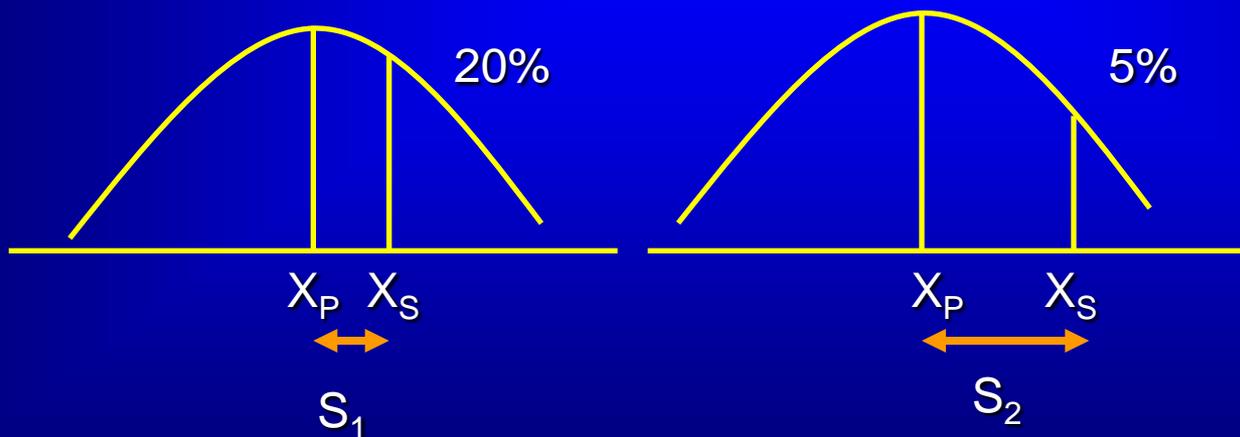
$$S = X_S - X_P$$

- Expressa as mesmas unidades que as características selecionadas, como: Selecionando para peso à desmama em bovinos de corte, a média dos selecionados é de 200 kg, e de todos os machos, inclusive os selecionados é de 180 kg. $S = 20$ kg;
- Na maioria das espécies, o número de machos na população é menor, sendo menor o número de machos selecionados e maior o seu diferencial de seleção;

- No cálculo do ganho genético deve-se usar o diferencial de seleção médio dos machos e das fêmeas, pois ambos constituem a próxima geração;

$$S = \frac{S_m + S_f}{2}$$

- A magnitude do diferencial de seleção depende da proporção selecionada (p) e do desvio padrão fenotípico (σ), ou seja, a variação fenotípica da população:



- O valor de S_2 é maior que S_1 , pois menor % de animais selecionados;

3. GANHO GENÉTICO ANUAL (ΔG_a)

- É o ganho genético por geração, dividido pelo intervalo entre gerações, em anos;

$$\Delta G_a = \frac{\Delta G_g}{I}$$

I = Intervalo entre gerações (anos)

É a idade média dos progenitores (σ e ρ) quando nasce a progênie.

$$I = \frac{I_{\sigma} + I_{\rho}}{2}$$

- Na seleção fenotípica individual:

$$\Delta G_a = \frac{h^2 \times S}{I}$$

Exemplos de Intervalo entre gerações:

1. **Fêmeas:** dois rebanhos ovinos (1 e 2)

$$\text{Rebanho 1} \quad I_{\text{♀}} = \frac{2(0) + 3(30) + 4(25) + 5(25) + 6(20)}{100}$$

$$I_{\text{♀}} = 4,35 \text{ anos}$$

$$\text{Rebanho 2} \quad I_{\text{♀}} = \frac{2(20) + 3(30) + 4(25) + 5(25) + 6(0)}{100}$$

$$I_{\text{♀}} = 3,55 \text{ anos}$$

% do total de cordeiros

Idade ao parto das ovelhas	Rebanho 1	Rebanho 2
2	0	20
3	30	30
4	25	25
5	25	25
6	20	0

2. Machos: No rebanho são utilizados 4 carneiros da seguinte idade, no momento do nascimento da progênie:

Carneiro 1: 2 anos

Carneiro 2: 3 anos

Carneiro 3: 4 anos

Carneiro 4: 4 anos

$$I_{\text{♂}} = \frac{2(1) + 3(1) + 4(2)}{4} = 3,25 \text{ anos}$$

ou

$$I_{\text{♂}} = \frac{2(25) + 3(25) + 4(50)}{100} = 3,25 \text{ anos}$$

Intervalos entre gerações nos 2 rebanhos:

$$\text{Rebanho 1} \quad I = \frac{4,35 (\text{♀}) + 3,25 (\text{♂})}{2} = 3,80 \text{ anos}$$

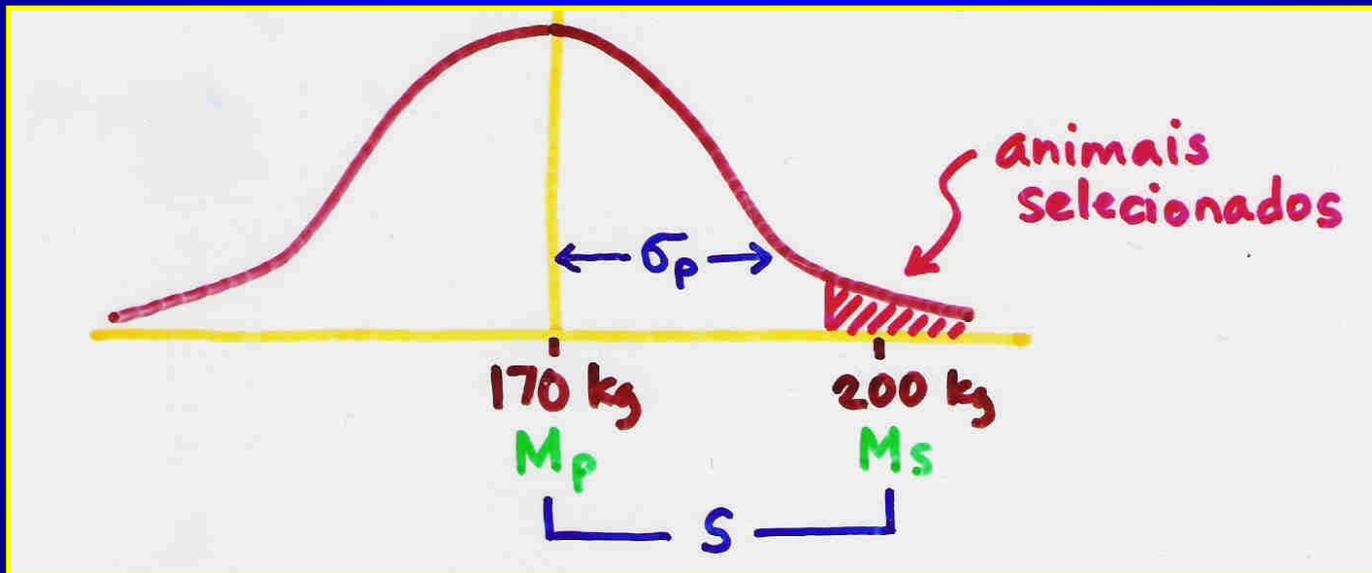
$$\text{Rebanho 2} \quad I = \frac{3,55 (\text{♀}) + 3,25 (\text{♂})}{2} = 3,40 \text{ anos}$$

	$I_{\text{♀}}$	$I_{\text{♂}}$
Bovinos de corte	4 – 6	3 – 6
Bovinos de leite	4 – 5	3 – 7
Ovinos	4 – 5	2 – 3
Suínos	1,5 – 2,5	1,5 – 2,5
Aves	1,0 – 1,5	1,0 – 1,5
Eqüinos	8 – 12	8 – 12

INTENSIDADE DE SELEÇÃO (i)

- É o diferencial de seleção, em unidades de desvio padrão fenotípico:

$$i = \frac{S}{\sigma_p}$$



- Média da população (M_p): 170 kg
- Média dos animais selecionados (M_s): 200 kg
- Desvio padrão fenotípico (σ_p) : 20 kg

$$S = 200 - 170 = 30 \text{ kg}$$

$$i = \frac{30}{20} = 1,5$$

- Os animais selecionados estão **1,5 σ_p** acima da média da população (M_p).
- A intensidade de seleção pode ser aumentada selecionando uma menor proporção de indivíduos na população.
- O principal fator que determina a intensidade de seleção possível é a eficiência reprodutiva.
- Através de técnicas como a **I.A, T.E, transplante de óvulos, superovulação** e outros avanços na fisiologia reprodutiva podem alterar drasticamente a taxa reprodutiva.

O limite imposto à alta intensidade de seleção é a **CONSANGUINIDADE** que se acumula em uma população com o uso de poucos pais e mães, cujas conseqüências são negativas = **DEPRESSÃO ENDOGÂMICA**.

Uso da Intensidade de seleção (i):

- Cálculo do ganho genético quando não se conhece diretamente o diferencial de seleção, e somente conhecemos a proporção selecionada (p);

$$\Delta G_g = h^2 S$$

$$i = \frac{S}{\sigma_p}$$

$$S = i \sigma_p$$

$$\Delta G_g = h^2 i \sigma_p$$

- O valor de i pode ser achado na tabela, a partir de p:

Tabela 1: Relaciona p (% selecionada) com i (intensidade de seleção)

p	i	p	i
70%	0,50	5%	2,06
50%	0,80	4%	2,15
30%	1,16	3%	2,27
20%	1,40	2,5%	2,34
15%	1,55	2%	2,42
10%	1,76	1,5%	2,52
8%	1,86	1%	2,67
7%	1,92	0,5%	2,89

- **Exemplo:** Seleção por peso de velo em ovinos

Resultados de pesquisa no Rio Grande do Sul:

$$h^2 = 0.40$$

$$\sigma_p = 0.500 \text{ kg}$$

Proporções selecionadas são determinadas pelo criador:

$$p \text{ Machos} = 3\%$$

$$p \text{ Fêmeas} = 50\%$$

TABELA:

$$i \text{ Machos} = 2,27$$

$$i \text{ Fêmeas} = 0,80$$

$$i = \frac{i_{\text{♂}} + i_{\text{♀}}}{2} = \frac{2,27 + 0,80}{2} = 1,54$$

Os animais selecionados estão **1,54 desvios padrão acima da média da população.**

- $\Delta G_g = h^2 S = \Delta G_g = h^2 i \sigma_p = (0,4) (1,54) (0,500) = 0,308 \text{ kg/geração}$
- Com um intervalo entre gerações de **4 anos**
- $\frac{\Delta G_g}{1} = \Delta G_a = \frac{0,308}{4} = 0,077 \text{ kg/ano}$

4. PARA OBTER UM MAIOR GANHO GENÉTICO ANUAL

$$\Delta G_a = \frac{h^2 S}{l}$$

- 1. Manter a **HERDABILIDADE** o mais alta possível:

$$h^2 = \text{Var. gen.} / \text{Var. gen.} + \text{Var. amb.}$$

- Reduzindo a variância ambiental, ou seja, eliminando ao máximo aqueles fatores do meio (não genéticos) que causam diferenças entre os animais, no caráter selecionado.

- **A variação ambiental pode ser diminuída:**
 - a. **Fisicamente**, mantendo as condições do ambiente (manejo, sanidade, nível alimentar, proteção contra clima) iguais para todos os animais do grupo.

Conceito de Grupo de contemporâneos: grupo de animais que recebem oportunidades iguais para produzir, ou seja, sendo da mesma raça, sexo, nascidos no mesmo ano, estação e fazenda, com idade similar, manejados em conjunto e recebendo as mesmas condições alimentares, que podem ser comparados, em relação ao seu desempenho.
 - b. **Estatisticamente:** uso de fatores de correção

O desempenho dos animais controlados (na seleção) é corrigido por fatores multiplicativos.

- Exemplos de efeitos não genéticos que podem ser eliminados através de fatores de correção:

Sexo do animal (macho, fêmea)

Idade da mãe

Tipo de nascimento (simples, gêmeos)

- Exemplos de fatores de correção:

PROMEBO

Correção do peso à desmama de um terneiro pela idade da mãe:

Idade da Mãe (anos)	Fator de correção
2	1.15
3	1.10
4	1.05
5 – 9	1.00 (sem correção)
10	1.05
11	1.10

- Ex.: **Peso real** à desmama do terneiro nº.4532 = **160 kg**; a vaca (mãe) tem **3 anos**; peso à desmama **corrigido** pela idade da mãe = $160 \times 1.10 = 176 \text{ kg}$.

EXEMPLOS:

- **PROMEBO - Programa de Melhoramento de Bovinos de Corte**

Seleção por:

GMD – ND ganho médio diário do nascimento à desmama (205 dias de idade)

GMD – DS ganho médio diário da desmama ao sobreano (410 dias de idade)

Os grupos de contemporâneos são formados pelos terneiros do mesmo sexo, nascidos na mesma época, na mesma fazenda, no mesmo ano, com igual manejo e nas mesmas condições ambientais.

- **PROMOVI – Programa de Melhoramento Ovino**
- **PROMOVI – LÃ:** Seleção por Peso de velo e diâmetro das fibras
- **PROMOVI – CARNE:** Seleção por ganho de peso no período 60 dias pós-desmama

Os grupo de contemporâneos são formados pelos cordeiros do mesmo sexo, nascidos no mesmo ano, época, fazenda, com igual manejo e nas mesmas condições ambientais.

PROMOVI

Correção do peso ao nascer pelo tipo de nascimento:

Tipo de Nascimento	Fator de correção
Único	1.00 (sem correção)
Duplo	1.10
Triplo	1.15

Ex.: o borrego nº. 1350 teve um velo de **3.100 Kg**, nasceu gêmeo; o seu peso de velo **corrigido** pelo tipo de nascimento é = $3.100 \times 1.10 = \mathbf{3.410 \text{ kg}}$.

Existem outros tipos de **correção estatística** dos dados de desempenho dos animais controlados com fins de seleção, por efeitos contínuos, como a idade do animal.

- Exemplo: **PROMEBO**

Correção do peso à desmama real do terneiro, para ajustá-lo a uma idade padrão de 205 dias (idade padrão de desmama).

Problema: os animais nascem durante uma estação de parição de aproximadamente 3 meses (agosto a outubro); porém, são desmamados todos no mesmo dia; assim, no dia da desmama (abril), os terneiros tem diferentes idades. Para poder comparar seus pesos à desmama é necessário ajustar os pesos a uma idade padrão de 205 dias:

$$P_{205} = (PRD - PN / idade) \times 205 + PN$$



GMD - ND

- **Peso à desmama ajustado para 205 dias: P205**
- **Peso real à desmama: PRD**
- **Peso ao nascer: PN**
- **Um terneiro pesa 155 kg na desmama, com uma idade de 190 dias. Qual é o seu peso ajustado para 205 dias de idade? Ao nascer, pesou 35 kg.**
- **$P_{205} = (155 - 35 / 190) \times 205 + 35 = 164,5 \text{ kg}$**

0.632
↓

- **2. Aumentando o DIFERENCIAL DE SELEÇÃO:**

- a. Reduzir a proporção selecionada (**p**)

- Diminuindo a relação macho / fêmea => **IA**
- Aumentando o número de descendentes de uma fêmea => **TE**
- Aumentando a eficiência reprodutiva no rebanho:

- => Taxa de concepção

- => Taxa de natalidade

- => Taxa de desmama

- **Exemplo:**

1000 vacas, 70% desmame

350 terneiros ♂ produzidos

Monta Natural: 1 touro / 40 vacas => **25 touros**

$$p = 25/350 = 7\%$$

IA: 1 touro / 200 vacas => **5 touros**

$$p = 5/350 = 1,4\%$$

**MAIOR INTENSIDADE DE SELEÇÃO
MENOR PROPORÇÃO SELECIONADA
MAIOR GANHO GENÉTICO**

5. IMPACTO DA EFICIÊNCIA REPRODUTIVA SOBRE O GANHO GENÉTICO

1000 OVELHAS DE CRIA	TAXA DE DESMAMA	
	50%	80%
♀ produzidas	250	400
♀ selecionadas	$200 / 250 = 0.8$	$200 / 400 = 0.5$
intensidade	$p = 0.8 \quad i = 0.35$	$p = 0.5 \quad i = 0.8$
♂ produzidos	250	400
♂ selecionados	$30 / 250 = 0.12$	$30 / 400 = 0.075$
intensidade	$p = 0.12 \quad i = 1.65$	$p = 0.075 \quad i = 1.89$
♀ + ♂ Intensidade de seleção	$i = (0.35 + 1.65)/2$ $i = 1.00$	$i = (0.80 + 1.89)/2$ $i = 1.35$

- **INTERPRETAÇÃO:**

Passar de uma taxa de desmama de 50 para 80 % aumenta o ganho genético em **35%**;

b. Utilizar **medidas objetivas** na seleção:

- **Medidas objetivas:** apreciação do caráter selecionado, na base de aparelhos de medição (balança, termômetro, etc), sem intervenção da opinião do selecionador.
- **Medidas subjetivas:** apreciação do caráter selecionado, na base da opinião do selecionador (experiência, “olho”, etc).

- **Exemplos:**

- **PROMEBO**, seleção pelo peso à desmama

Subjetiva: apreciação visual (tamanho)

Objetiva: pesagem com balança

- **PROMOVI**, seleção por peso de velo

Subjetiva: apreciação visual (tradicional)

Objetiva: pesagem com balança

- **3. Diminuindo o INTERVALO ENTRE GERAÇÕES:**

I = idade média dos progenitores

- ♂
 - redução da idade do primeiro serviço
 - redução da idade de descarte dos machos
 - ♀
 - redução da idade ao primeiro parto
 - redução da idade de descarte das fêmeas de cria
- **A redução da idade ao primeiro serviço / parto se consegue através de uma melhora na nutrição, sanidade e manejo reprodutivo.**

LIMITANTES AO PROGRESSO GENÉTICO

- Falta de definição clara dos objetivos de criação em termos de produto final;
- Falta de objetividade e exatidão das avaliações das características produtivas;
- Comparações entre animais criados em diferentes condições ambientais;
- Supervalorização do pedigree como indicativo do valor genético do indivíduo e da população;
- Ênfase ao animal individualmente, fora do contexto da população;

- **Ênfase aos resultados de jurados em exposições-feiras como base para o melhoramento;**
- **Importação indiscriminada de material genético (adaptabilidade);**
- **Falta de amplitude dos programas;**
- **Subutilização de dados referentes a provas de comportamento e testes de progênie;**
- **Dissociação entre os objetivos dos criadores que produzem e vendem reprodutores, com os criadores comerciais.**