



Estratégias para reduzir custo e
viabilizar a aplicação de
tecnologias genômicas (GWAS e
seleção Genômica) em
programas de melhoramento
genético de camarão



THE CENTER FOR AQUACULTURE TECHNOLOGIES

www.aquatechcenter.com





FIELDS ARRANGED BY PURITY

→ MORE PURE

SOCIOLOGY IS
JUST APPLIED
PSYCHOLOGY

PSYCHOLOGY IS
JUST APPLIED
BIOLOGY.

BIOLOGY IS
JUST APPLIED
CHEMISTRY

WHICH IS JUST
APPLIED PHYSICS.
IT'S NICE TO
BE ON TOP.

OH, HEY, I DIDN'T
SEE YOU GUYS ALL
THE WAY OVER THERE.



SOCIOLOGISTS

PSYCHOLOGISTS

BIOLOGISTS

CHEMISTS

PHYSICISTS

MATHEMATICIANS

Providing Results You Can Use



Biologia Molecular



Saúde e Nutrição de Animal



Melhoramento Animal e
Aplicações Genômicas



Diagnósticos e Genotipagem



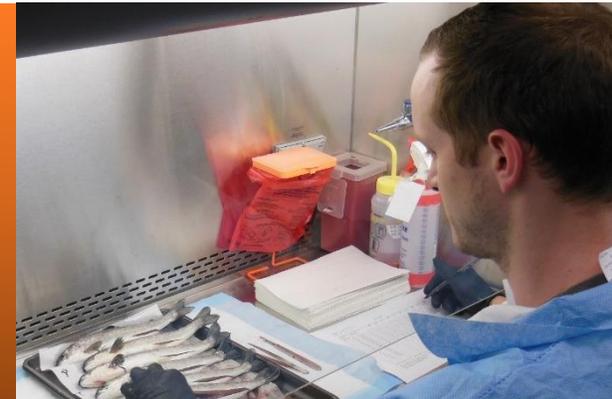
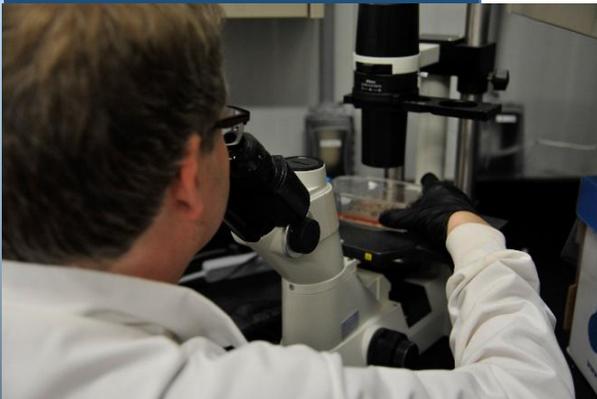
Saúde Animal



Saúde Animal

- 12 salas de bio-contenção (Nível 3 – Permite manuseamento de qualquer doença aquática)
- Capacidade de conduzir experimentos em animais vivos e *in-vitro*
- Estudos para determinação de variabilidade genética para melhoramento animal.
- Estudos de avaliação de dietas funcionais e outros produtos

Diretor de
Saúde
Animal



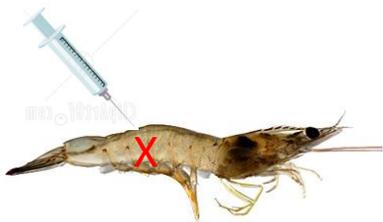
Saúde de Animais Aquáticos

Camarão

- Animais disponíveis todo ano além da possibilidade de trazer animais de qualquer região
- Vários modelos de estudo de doenças (WSSV, IHHNV, TSV)
- Diagnósticos moleculares (PCR) para Camarão
- Aplicações genômicas e de genotipagem para Camarão



WSSV Models



IM Injection

100% de mortalidade em 4 dias



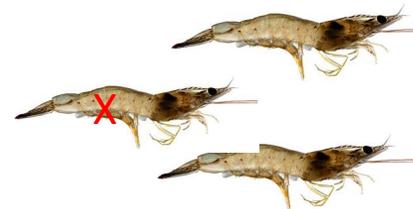
Oral [5% Peso; 3-days]

70-100% de mortalidade em 8-12 dias



Intestinal Gavage

40-50 % de mortalidade em 3-5 dias



Experimento Co-Hab:

100% de mortalidade em 6 dias

Nutrição Animal



Diretor
de Nutrição
Animal



Nutrição

- Modelos Econômicos
- Modelos Matemáticos
- Formulação de Dietas Experimentais
- Experimentos de Crescimento e Eficiência de Conversão
- Análise de Depósito de Nutrientes
- Digestibilidade
- Nutrigenomics



Laboratory Services



VP Serviços Laboratoriais



Diretor de Aplicações Genômicas



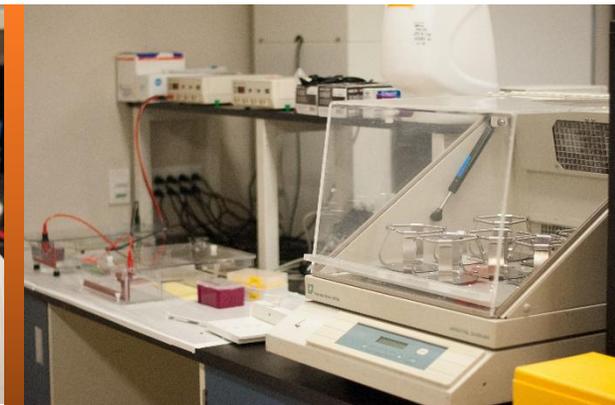
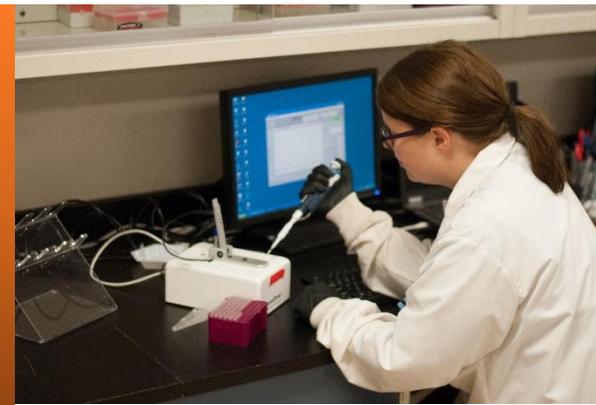
Melhoramento Animal e Aplicações Genômicas

- Design e implementação de Programas de Melhoramento Animal
- Desenvolvimento de Marcadores Genéticos
- Seleção Genômica



Diagnósticos e Genotipagem

- Diagnósticos Moleculares
- Análise de Diversidade Genética
- Reconstrução de pedigree (determinação familiar) e genotipagem de marcadores específicos
- Certificado de Bio-Contenção (Nível 2)



Variabilidade Genética: como os genes produzem características



- Parte das diferenças observadas entre animais da mesma espécie, como entre um Dálmata e um São Bernardo ou a Couve e o Brócolis, é determinada por genes (variabilidade genética). Essa proporção de uma dada características de um animal (exemplo taxa de crescimento) pode ser manipulada usando seleção artificial (melhoramento animal)

Benefícios de um Programa Genético de Melhoramento Animal

- Programas de Melhoramento Animal foram responsáveis por um imenso avanço no crescimento de animais comerciais como porcos (↑ 250%) e frangos (↑ 350%)
- Programas de melhoramento genético em Aquicultura são mais recentes mas também já geraram avanços consideráveis
- ✓ **Tilapia:** taxa de crescimento ↑ 350% desde 1985
- ✓ **Salmão:** taxa de crescimento ↑ 270% desde 1975
- ✓ **Camarão:** taxa de crescimento ↑ **240% desde 1990**

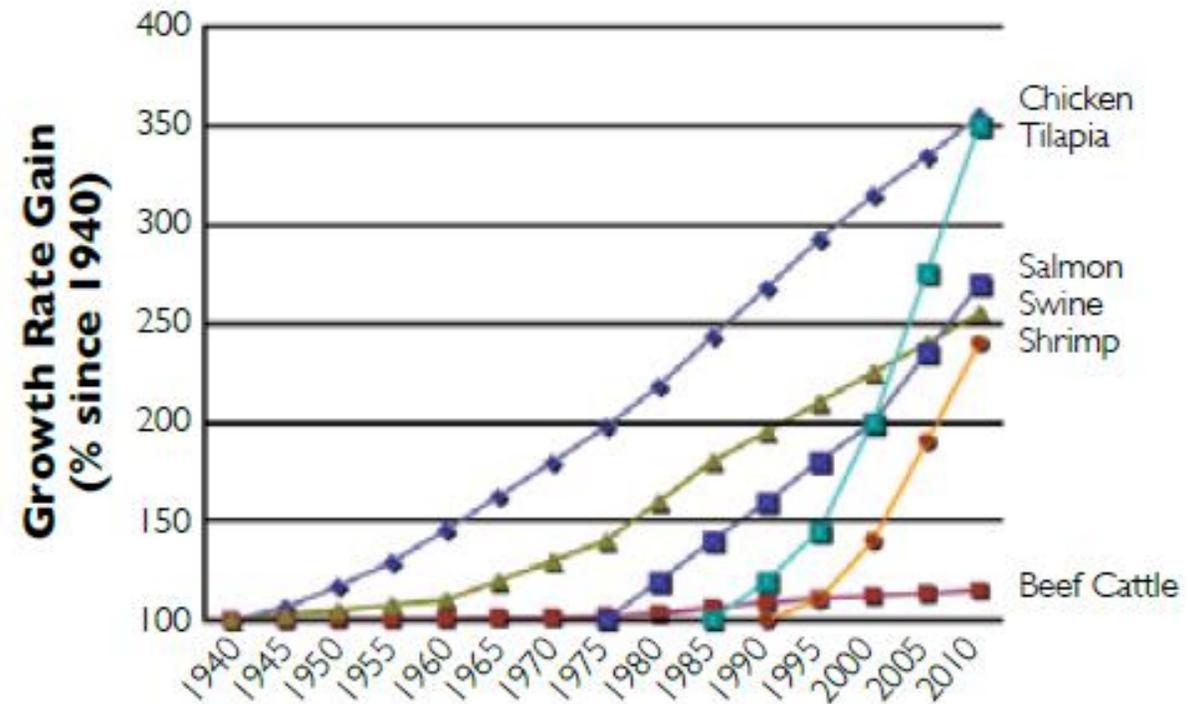
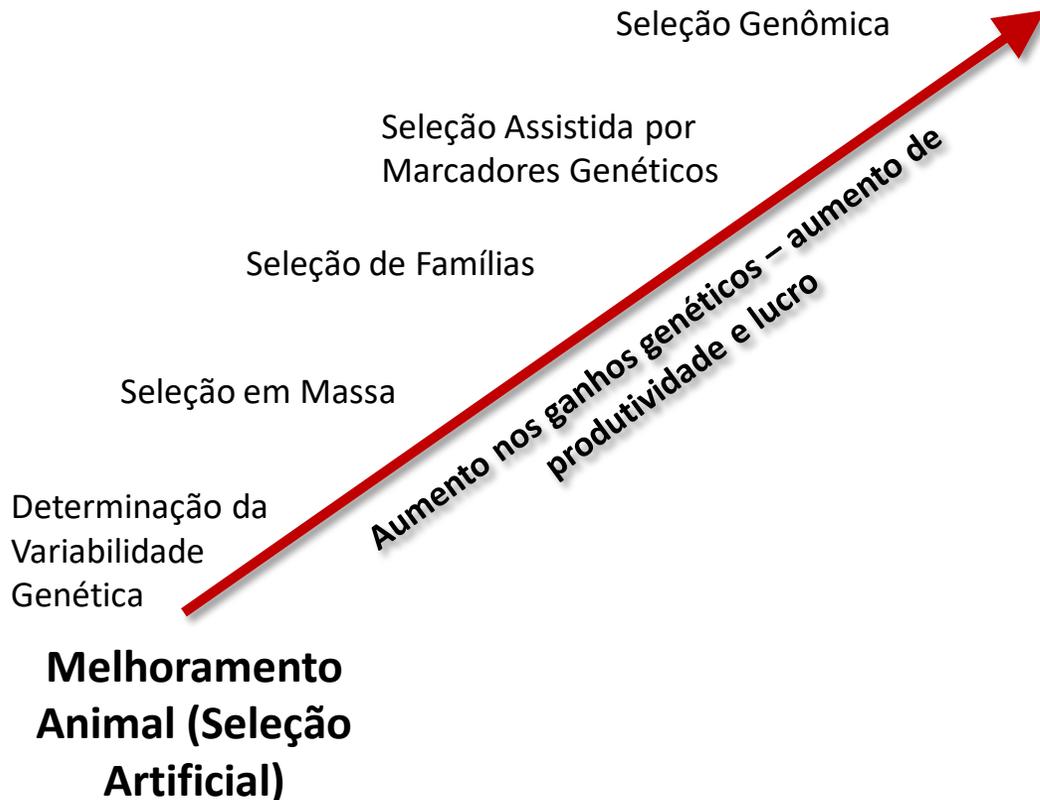


Figure 1. Relative genetic gain in growth rate as a percentage of the 1940 growth rates for terrestrial and aquaculture animals. Source: George Chamberlain, 2010.

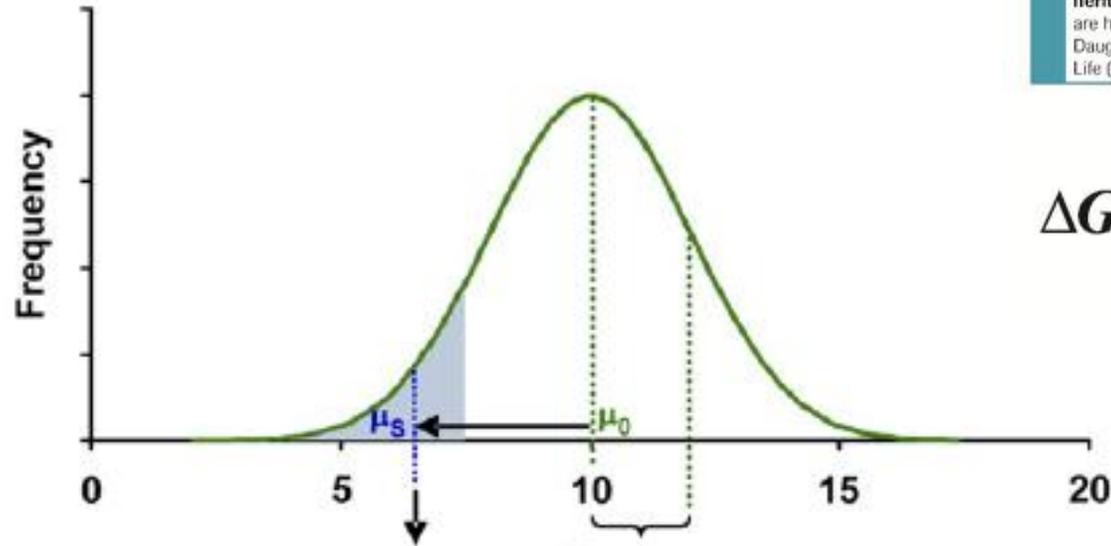
Fonte: Realizing Economic Benefits From Selective Breeding Snyder and Zeigler (2013) Global Aquaculture Advocate

Programas de melhoramento animal para aumentar a produtividade de *L. vannamei*



- O **Center for Aquaculture Technology (CAT)** têm um time capaz de projetar e implementar programas de melhoramento animal. Especificamente temos a capacidade de introduzir seleção genômica em programas que estão sendo projetados e programas existentes.
- Nós **trabalhamos com nossos clientes de várias formas** dependendo da estrutura presente, indo desde o projeto de um novo programa ao refinamento de programa já estabelecido
- CAT também oferece modelos econômicos para estimar a relação custo-benefício da implementação de um programa de melhoramento animal.

O quê determina o sucesso do programa de melhoramento animal?



h^2 First, consider that all **traits are not equally heritable** (h^2). Traits like production and stature are highly heritable (>30%) while traits like Daughter Pregnancy Rate (DPR) and Productive Life (PL) are lowly heritable (<10%).

i The second part of the equation is **selection intensity** (i).

σ_p The next part of the equation (phenotypic standard deviation, σ_p) accounts for **environment**, which encompasses **management**, and **other variations**.

gi Lastly, generation interval (gi) is **how quickly new generations are added to the breeding population**. Generation interval can be influenced from both the maternal and paternal side.

$$\Delta G = \frac{h^2 \times i \times \sigma_p}{gi}$$

Genetic Gain = $\Delta G = h^2 \sigma_p i / L$ → length of cycle interval (usually 1 generation)

heritability

Selection Intensity
proportion of population selected to produce the next generation

phenotypic variability in population

$$\sigma^2_{Genotype} - \sigma^2_{Dominance} - \sigma^2_{Epistasis} = \sigma^2_{Additive}$$

$$\sigma^2_{Genotype} + \sigma^2_{Environment} + \sigma^2_{G \times E} + \sigma^2_{error} = \sigma^2_P$$

Moose and Mumm, 2008

PROBLEM:

THE BOAT ONLY HOLDS TWO, BUT YOU CAN'T LEAVE THE GOAT WITH THE CABBAGE OR THE WOLF WITH THE GOAT.



SOLUTION:

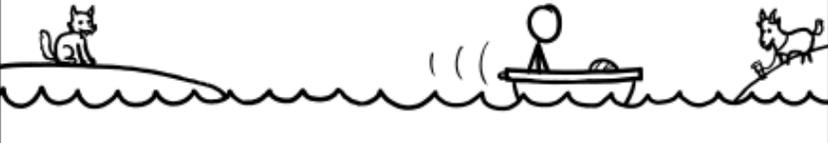
1. TAKE THE GOAT ACROSS.



2. RETURN ALONE.



3. TAKE THE CABBAGE ACROSS.



4. LEAVE THE WOLF.

WHY DID YOU HAVE A WOLF?



O problema: o barco só pode levar dois itens, mas o bode não pode ficar com o repolho e, por razões óbvias, o lobo não pode ficar com o bode. Como você atravessa o rio?

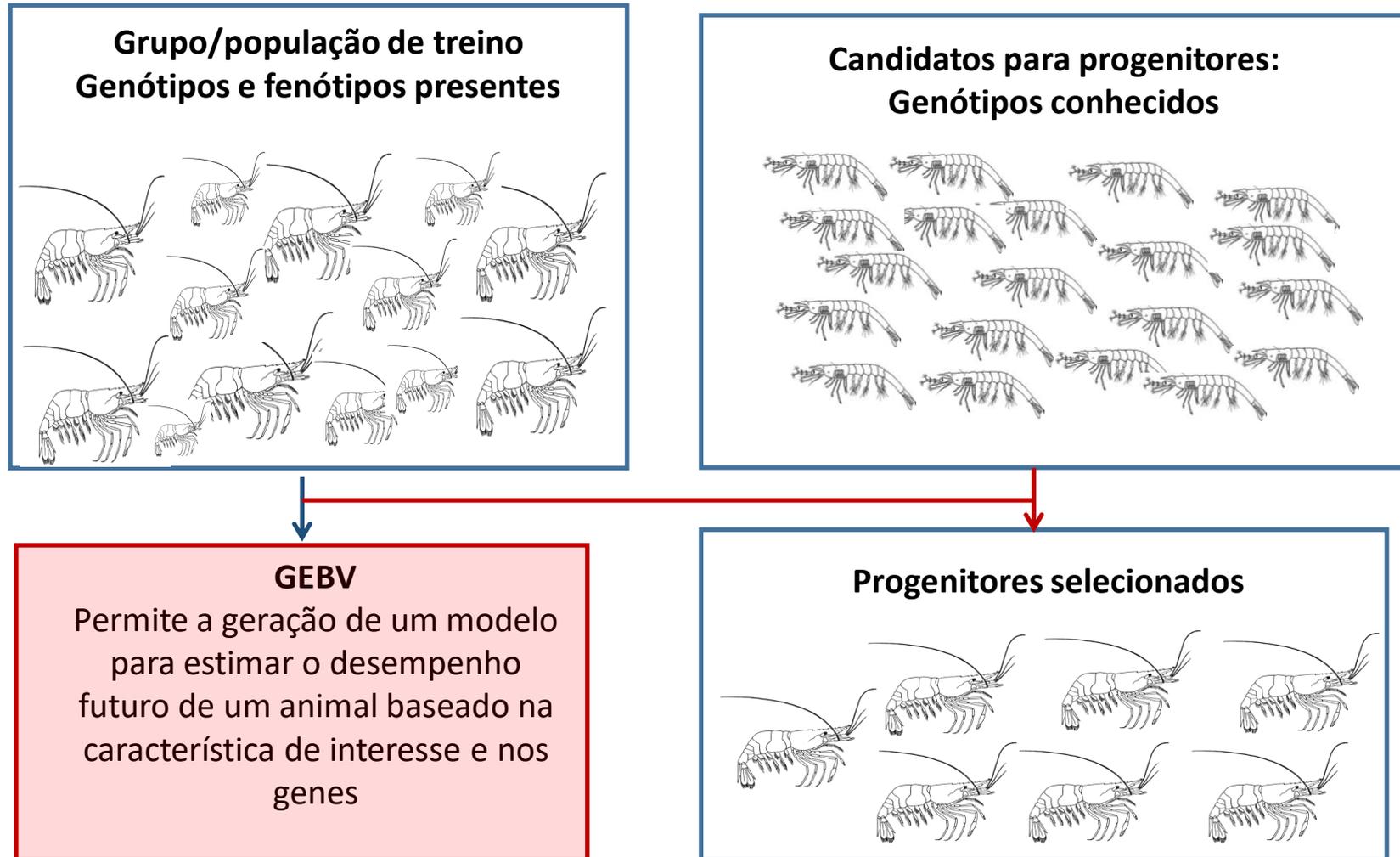
A solução: deixe o lobo pra trás!
Por que você estava carregando um lobo em primeiro lugar?

Vantagens do uso da Seleção Genômica

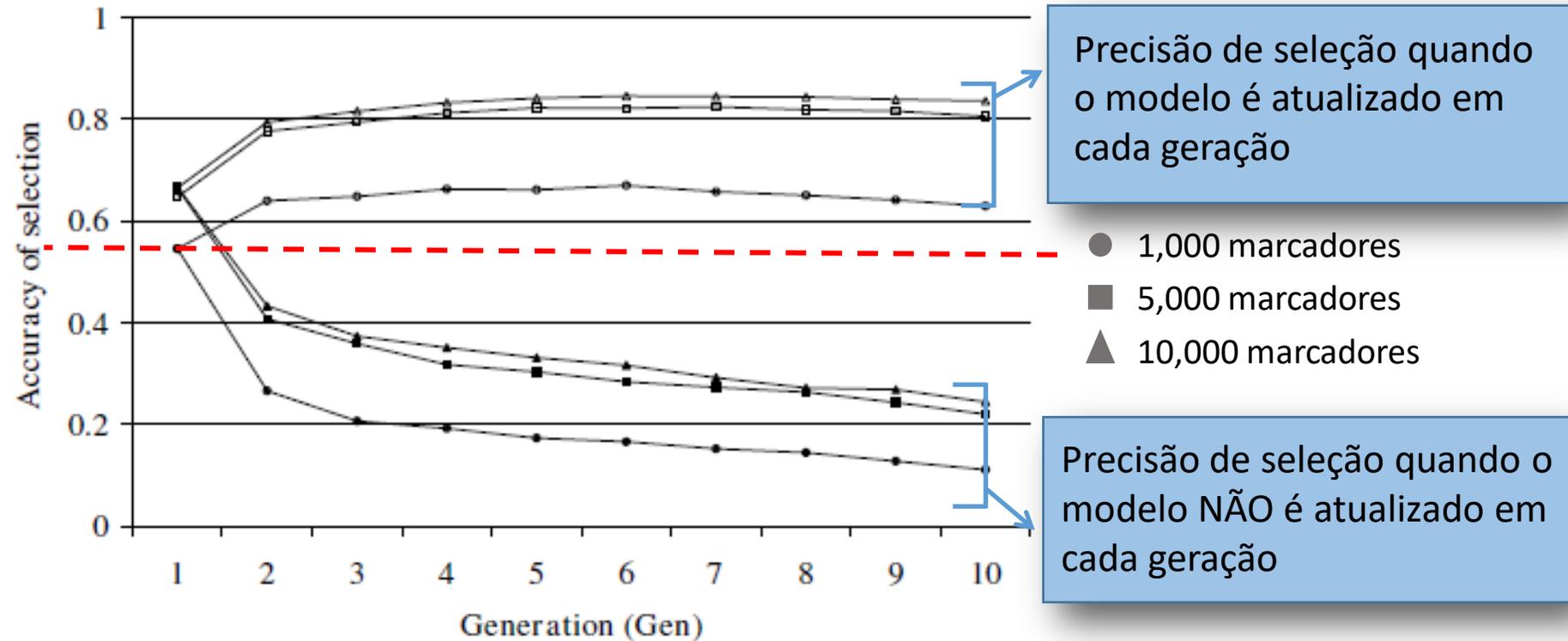
- ***Grande Potencial para animais aquáticos e especificamente para camarões em sistema SPF***
 - ***Permite a utilização de dados vindos do campo para selecionar animais dentro do programa SPF sem a necessidade de trazer animais potencialmente expostos a doença para o programa (em outras palavras, deixa o lobo na outra margem).***
 - ***Maior precisão na seleção de progenitores, aumento do ganho genético por geração.***



Como funciona a seleção Genômica – parecida com a previsão do tempo só que melhor!

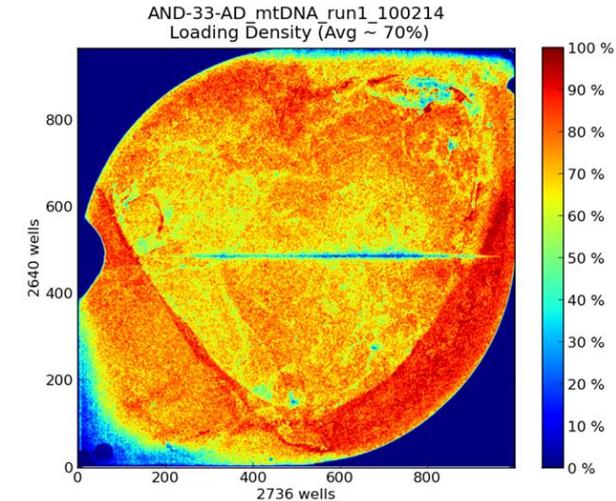
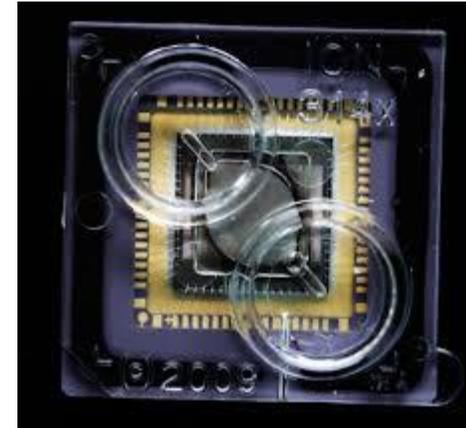


Qual é o maior impedimento para a aplicação da seleção genômica em Aquicultura? O problema é que é em Dólar!



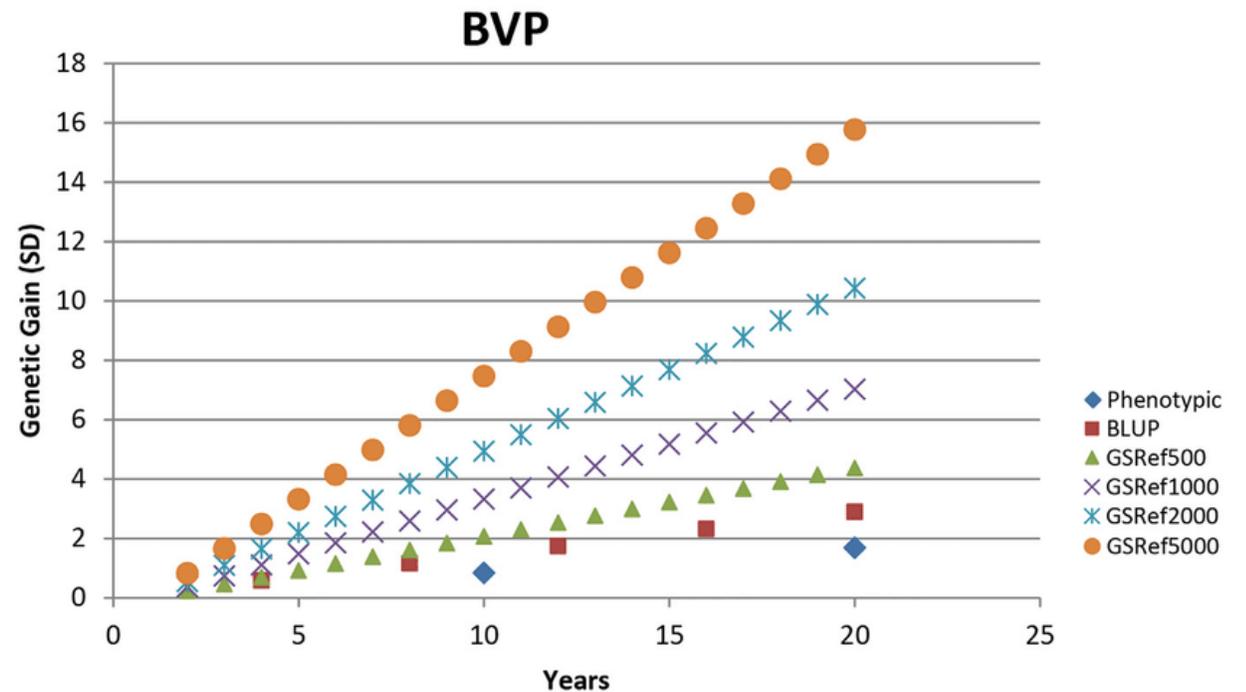
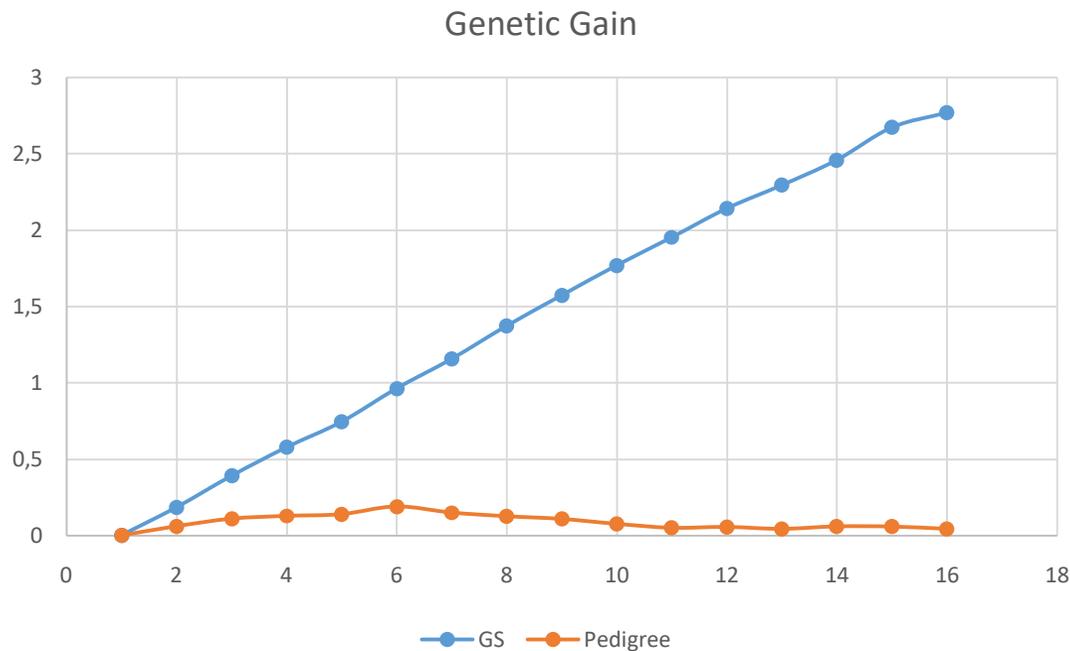
Sonesson and Meuwissen (2009). Genetics Selection Evolution. 41:37.

Como reduzir o custo para a aplicação da seleção genômica em Aquicultura? Inovação tecnológica!

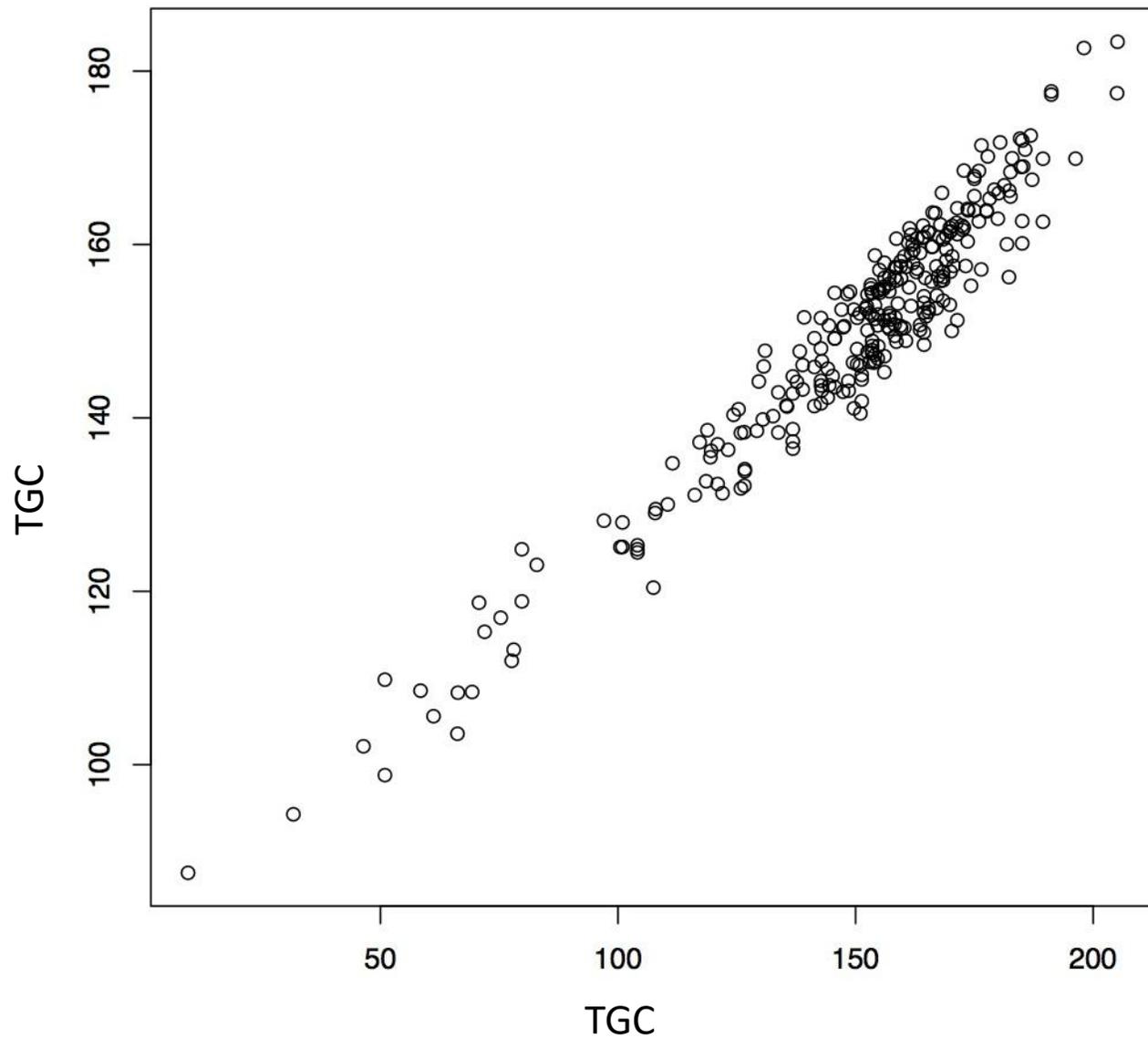


- Em colaboração com a Thermo-Fisher, o CAT ajudou a desenvolver metodologias para uso do Ion Proton para genotipar entre 1000-5000 marcadores em espécies aquáticas usando sequenciamento.
- O CAT testou diversos métodos para a imputação de genótipos para aumentar a precisão da seleção genômica

Modelo matemático simulando uma característica com heritabilidade (0.25)



Slater et al., 2016



Exemplo real da estimação de uma característica (crescimento termal) usando um modelo matemático estabelecido e baseado em 65K marcadores – Salmão do Atlântico

Valor Econômico de um Programa de Melhoramento Animal

	Non-selected	Selected	Difference	
Input Data				
# Animals stocked	10,000	10,000	-	0
Weight gain/day (g)	3.7	4.07	0.37	0.1
Ave. weight at market (g)	681	681	-	0
Survival/yield (%)	95	98	0.03	0.032
Feed-conversion ratio	1.11	1.08	(0.03)	-2.6%
Fingerling cost (US \$)	0.09	0.09	-	0
Initial weight (g)	15	15	-	0
Market value (US \$/kg)	5.50	5.50	-	0
Feed cost (US \$/kg)	0.994	0.994	-	0
Overhead/day/fish (US \$)	0.0022	0.0022	-	0
Calculations				
Days in cycle	180.0	163.64	(16.36)	-9.1%
Total weight marketed (kg)	6469.50	6,673.80	204.30	3.2%
Value at market (US \$)	35,582.25	36,705.90	1,123.65	3.2%
Cost of fingerlings (US \$)	900.00	900.00	-	0
Feed fed (kg)	7,014.39	7,048.94	34.55	0.5%
Cost of feed fed (US \$)	6,975.11	7,009.47	34.36	0.5%
Overhead cost (US \$)	3,960.00	3,600.00	(360.00)	-10.0%
Results				
Fingerling cost/kg marketed (US \$)	0.139	0.135	(0.004)	-3.1%
Feed cost/kg marketed (US \$)	1.078	1.050	(0.028)	-2.6%
Overhead cost/kg marketed (US \$)	0.612	0.539	(0.073)	-11.9%
Profit				
Income over fingerling feed & overhead costs (US \$)	23,747.14	25,196.43	1,449.29	6.1%
Other Factors/Adjustments				
Additional growth opportunity (US \$)			732.60	
Advantage From Selection			2,181.89	9.19%

- **Retorno do investimento em outras espécies animais é de 5 à 50 vezes.**
- **Exemplo vindo de uma pequena fazenda de Tilápia.**

	Non-selected	Selected	Difference	
Results				
Fingerling cost/kg marketed (US \$)	0.139	0.135	(0.004)	-3.1%
Feed cost/kg marketed (US \$)	1.078	1.050	(0.028)	-2.6%
Overhead cost/kg marketed (US \$)	0.612	0.539	(0.073)	-11.9%
Profit				
Income over fingerling feed & overhead costs (US \$)	23,747.14	25,196.43	1,449.29	6.1%
Other Factors/Adjustments				
Additional growth opportunity (US \$)			732.60	
Advantage From Selection			2,181.89	9.19%

Reproduced from: Realizing Economic Benefits From Selective Breeding
Snyder and Zeigler (2013) Global Aquaculture Advocate