



Panorama da **AQUICULTURA**



AQUAPONIA

UMA ALTERNATIVA DE DIVERSIFICAÇÃO NA AQUICULTURA



Split Pond: uso eficiente de grandes viveiros na produção de peixes e camarões • Desafios do melhoramento genético de organismos aquáticos • Uso do Aquate Fish™ para a formação de juvenis de tilápia • Entrevista com o ministro Helder Barbalho • MeM: o grande diferencial para as fases iniciais do cultivo de camarão • Produção em escala influencia a aquicultura? • MPA cria grupo de trabalho e já estabelece prioridades

Desafios do melhoramento genético de organismos aquáticos

Por:

Prof. Dr. Alexandre W.S. Hilsdorf – wagner@umc.br

Universidade de Mogi das Cruzes

Laboratório de Genética de Organismos Aquáticos e Aquicultura

Prof. Dr. Heden Luiz Marques Moreira - heden@ufpel.edu.br

Universidade Federal de Pelotas / Departamento de Zoologia e Genética

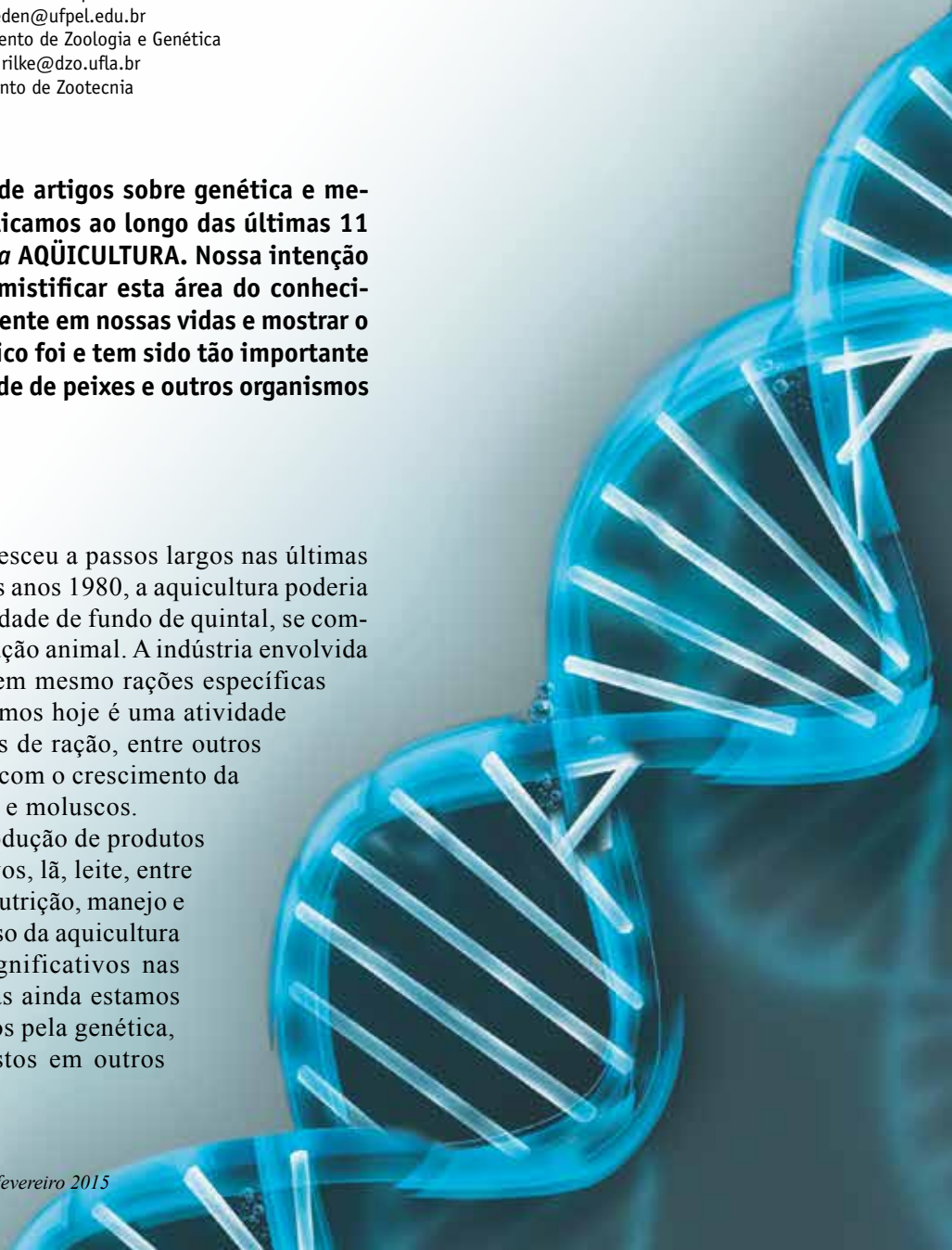
Prof. Dr. Rilke Tadeu Fonseca de Freitas - rilke@dzo.ufla.br

Universidade Federal de Lavras / Departamento de Zootecnia

Este é o último de uma série de artigos sobre genética e melhoramento genético que publicamos ao longo das últimas 11 edições da revista *Panorama da AQUICULTURA*. Nossa intenção ao escrever os artigos foi desmistificar esta área do conhecimento que tem estado tão presente em nossas vidas e mostrar o quanto o melhoramento genético foi e tem sido tão importante para o aumento da produtividade de peixes e outros organismos usados na aquicultura.

Aquicultura no Brasil cresceu a passos largos nas últimas décadas. Até meados dos anos 1980, a aquicultura poderia ser classificada como uma atividade de fundo de quintal, se comparada a outros setores da produção animal. A indústria envolvida na atividade era incipiente e nem mesmo rações específicas para peixes existiam. O que vemos hoje é uma atividade pungente, com várias indústrias de ração, entre outros insumos, que se estabeleceram com o crescimento da produção de peixes, crustáceos e moluscos.

Na área zootécnica, a produção de produtos de origem animal seja carne, ovos, lã, leite, entre outros, está alicerçada no tripé nutrição, manejo e genética. Como sabemos, no caso da aquicultura no Brasil tivemos avanços significativos nas áreas de nutrição e manejo, mas ainda estamos longe dos avanços representados pela genética, que podem ser claramente vistos em outros



animais de criação como bovinos, aves, suínos e caprinos. Neste ponto temos que reconhecer que os primeiros programas de melhoramento genético de organismos aquáticos devidamente registrados na literatura científica e de aplicabilidade pelo setor produtivo, remontam do final da década de 1960 e início da década de 1970 com os trabalhos com salmões e trutas nos EUA e Noruega. Dois pioneiros nesta área foram os professores Harald Skjervold e Trygve Gjedrem do *Institute for Domestic Animal Breeding* (Gjedrem, T., 2010. The first family-based breeding program in aquaculture. *Reviews in Aquaculture* 2: 2-15). Em 1974, o *Akvaforsk Genetics Center* da Noruega iniciou o primeiro programa baseado em seleção por família com salmão do Atlântico, que teve um impacto substancial na indústria do salmão. O aumento da produção teve um efeito na redução dos custos de produção e permitiu a expansão do consumo do salmão, inclusive em países que não o produzem como o Brasil. No caso da tilápia, o primeiro programa documentado de melhoramento genético foi o projeto GIFT - *Genetic Improvement of Farmed Tilapia*, coordenado pela *WorldFish Center* em meados de 1989 na Ásia.

Os ganhos desejados

Para traçarmos um panorama do melhoramento genético, conversamos com o Dr. José Bento Sterman Ferraz, professor da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo, uma autoridade em avaliação genética de reprodutores bovinos e ovinos para programas de seleção. O professor José Bento lembra que na década de 1970, os frangos de corte eram abatidos com cerca de 60 dias, com peso ao redor de 1.800 g e comiam de 4,5 a 5,0kg de ração para chegar a esse peso. Passados cerca de 40 anos, a carne de frangos vêm de aves abatidas ao redor dos 35 dias, e consomem a mesma quantidade de ração, mas agora o peso de sua carcaça é de 2,5 kg e o tempo de abate quase a metade. Da mesma forma, as galinhas

"O Brasil é considerado como a futura potência da aquicultura mundial e, consequentemente, grandes investidores do agronegócio, a exemplo do banco holandês Rabobank, identificam nosso país como protagonista, em um futuro próximo, na produção de alimentos, em especial de pescado".

botavam cerca de 100 ovos/ano e agora botam mais de 300, e as vacas de leite tiveram sua produção de leite nesse período aumentada em mais de 500%. Qual o segredo desses ganhos todos? A resposta é simples: seleção! Com sua experiência em avaliação de reprodutores, o Prof. José Bento afirma que os grandes avanços no melhoramento de animais terrestres estão relacionados à quantidade de informações geradas por avaliações fenotípicas e controle de genealogia. Assim, programas de melhoramento, principalmente em espécies em estado de domesticação, devem ser seguidos de extenso registro das variações fenotípicas encontradas tanto nas populações selvagens, como nas que já se encontram em cativeiro. “Esta etapa é fundamental para o sucesso de um programa de melhoramento. Antes de pensarmos em tecnologias mais avançadas como seleção baseada em marcadores como SNPs (ver artigo desta série, na Revista *Panorama da AQUICULTURA*, edição 146) a definição e o registro dos fenótipos de interesse e o quanto estes variam, são as bases para definição de programas de melhoramento que obterão sucesso na produção de variedades genéticas de peixes mais produtivas”, completou.

A iniciativa governamental de criar o Ministério da Pesca e Aquicultura (MPA) e a Embrapa Pesca e Aquicultura, inaugurada em 2009 em Palmas (TO), atesta a importância estratégica da aquicultura nacional para a produção de alimentos. Segundo o atual chefe da unidade da Embrapa, o engenheiro agrônomo Carlos Magno Campos da Rocha, assim como a Embrapa se destacou pela contribuição na produção de variedades genéticas de plantas e raças de animais domésticos adaptados às diversas condições de ambiente no Brasil, fato que tem contribuído para o aumento da produtividade e exportação de *commodities* agrícolas, também poderá contribuir com a expansão da aquicultura nacional. O Brasil é considerado como a futura potência da aquicultura mundial e, consequentemente, grandes investidores do agronegócio, a exemplo do banco holandês Rabobank, identificam nosso país como protagonista, em um futuro próximo, na produção de alimentos, em especial de pescado. No

entanto, para que essas perspectivas se concretizem ainda há muito a ser feito no desenvolvimento de inovações tecnológicas para produção de espécies nativas. Carlos Magno afirma ainda "que os sistemas de produção na aquicultura apresentam muito espaço para evolução tecnológica, uma vez que existem problemas de manejo, gestão inadequada de recursos e falta de qualificação de mão de obra". Entre as prioridades que a Embrapa aponta para esse setor aquícola, se destaca a conservação e qualificação de recursos genéticos para dar suporte aos programas de melhoramento. De acordo com Carlos Magno, "a genética surge como uma das áreas de grande importância no cenário atual e futuro, por possibilitar o aumento da produção nacional de pescado com sustentabilidade. A aplicação dos conhecimentos de genética no desenvolvimento da piscicultura pode contribuir para a solução dos principais problemas na produção de pescado, em especial na produção de alevinos, na sanidade, na conservação e uso de recursos genéticos, e no emprego da biotecnologia. O uso da genômica na produção se dará com a prospecção, identificação, mapeamento e aplicação de genes que promovam aumento da produção pela tolerância a estresses bióticos ou abióticos ou pela seleção precoce de genótipos de alto desempenho zootécnico. Certamente, o futuro da pesquisa na aquicultura será mediado por estudos de associação do genoma dos indivíduos com características produtivas. Além disso, os programas de melhoramento genético de espécies aquícolas nativas empregarão ferramentas de seleção genômica para indicar animais superiores antes mesmo do aparecimento das características fenotípicas desejadas".

Melhoramento genético e mercado

A variedade GIFT é atualmente a variedade genética de tilápia mais difundida e utilizada no Brasil, suplantando a variedade Chitralada introduzida no ano de 1996 a partir de

"O futuro da pesquisa na aquicultura será mediado por estudos de associação do genoma dos indivíduos com características produtivas. Além disso, os programas de melhoramento genético de espécies aquícolas nativas empregarão ferramentas de seleção genômica para indicar animais superiores antes mesmo do aparecimento das características fenotípicas desejadas".

alevinos doados pelo *Asian Institute of Technology* (AIT) (ver artigo na Revista *Panorama da AQUICULTURA*, edição 60). No ano de 2005, as primeiras 30 famílias de GIFT foram trazidas para Estação Experimental em Piscicultura da Universidade Estadual de Maringá (UEM-CODAPAR), como resultado de uma parceria com o *Wordfish Center* e a antiga Secretaria Especial de Aquicultura e Pesca (SEAP), sob a coordenação do professor da UEM, Ricardo Pereira Ribeiro. Segundo o professor, por conta da grande variedade de sistemas de produção em que são cultivados os peixes no Brasil, se faz necessário a realização de estudos que permitam a orientação de seleção de genótipos superiores para condições ambientais específicas.

A existência de produtores de peixes em todo o país e, consequentemente, em diferentes situações que variam do clima equatorial e subequatorial na Região Norte ao subtropical na Região Sul, passando pelo semiárido, tropical e tropical de altitude, aponta para a necessidade de pesquisa e possivelmente para o desenvolvimento de variedades específicas para essas diferentes regiões. Somado a isso, cada região possui também diferentes sistemas de produção, com potencial para a exploração aquícola em tanque-rede ou tanque escavado, o que aumenta a complexidade de demandas por grupos genéticos específicos.

As demandas específicas de mercado e as diferentes condições de produção poderão conduzir ao desenvolvimento de variedades melhoradas de peixes as quais a velocidade de ganho em peso esteja associada com características de interesse zootécnico, tais como: rendimento de cortes, qualidade da carne, baixa mortalidade, resistência às doenças, tolerância às condições adversas de cultivo, ciclo curto de produção, precocidade sexual e facilidade de reprodução em cativeiro. Para o professor Ricardo Ribeiro, estas ações poderão conduzir ao surgimento de diversos programas de melhoramento genético de peixes espalhados pelo Brasil, produzindo genótipos superiores para cada condição. Para tanto, será necessária a criação de

estruturas eficientes de produção, coleta e tratamento estatístico dos dados, o que demanda investimento em recursos humanos, equipamentos e instalações.

Os investimentos no melhoramento genético em peixes poderão apresentar resultados no curto prazo, gerando informações técnico-científicas que auxiliarão o sistema produtivo na tomada de decisões. Ainda segundo Ricardo Ribeiro, a produção de alevinos é o elo de maior relevância da cadeia aquícola. Sem alevinos de boa qualidade, toda a cadeia fica comprometida, as taxas de conversão caem, não há padronização, a qualidade da carne é inferior e os custos de produção sobem. Para evitar esses problemas é importante que o melhoramento genético de peixes siga o exemplo do melhoramento genético de outras espécies animais e vegetais, ou seja, que se torne uma atividade profissional institucionalizada no país, com a participação de empresas públicas e privadas, cada qual com sua função, e que não se estabeleçam programas de seleção dentro das próprias pisciculturas ou nos produtores de alevinos, sem que exista o mínimo conhecimento genético, de manuseio e de interpretação de dados que a atividade exige para ser bem sucedida em longo prazo.

Pirataria de material genético

Não somente a área acadêmica tem se dedicado ao desenvolvimento de programas de melhoramento genético. O geneticista Dr. João Luís Rocha, com larga experiência no melhoramento genético de camarões em empresas privadas, destacou que programas de seleção por famílias e preservação de dados de pedigree, alicerçados na realização de múltiplos testes em viveiros comerciais com rigoroso controle sanitário e aplicação de análises estatísticas sofisticadas, levam tempo para serem realizados e exige das empresas investimentos elevados. João Luiz Rocha chama a atenção para a preocupação do setor produtivo quanto ao retorno dos investimentos em melhoramento genético, principalmente no que se refere aos cuidados com a proteção da pro-

"O melhoramento genético de peixes deve seguir o exemplo de outras espécies animais e vegetais, e se tornar uma atividade profissional no país, com a participação de empresas públicas e privadas, e que não se estabeleçam programas de seleção sem que exista o mínimo conhecimento genético, de manuseio e de interpretação de dados que a atividade exige".

priedade intelectual das variedades genéticas desenvolvidas no âmbito de empresas aquícolas. A utilização indevida e desleal de reprodutores em manobras de competição com a própria empresa que assumiu todos os riscos e altos investimentos do melhoramento genético é uma prática que, uma vez comprovada, deve ser seriamente penalizada pela lei. O incentivo de investimentos por parte das empresas envolvidas na produção aquícola ainda depende de um marco legal que coíba a pirataria indiscriminada de material genético produzido por investimentos privados. É importante salientar que tal marco já existe na área vegetal. Trata-se da Lei de Proteção dos Cultivares (Lei Nº 9.456, de 25 de abril de 1997) que, em seu artigo segundo dispõe que "a proteção dos direitos relativos à propriedade intelectual referente a cultivar se efetua mediante a concessão de Certificado de Proteção de Cultivar, considerado bem móvel para todos os efeitos legais e única forma de proteção de cultivares e de direito que poderá obstar a livre utilização de plantas ou de suas partes de reprodução ou de multiplicação vegetativa, no País".

Expansão e incremento da produtividade

A produção de organismos aquáticos no Brasil, principalmente no que concerne a piscicultura, é bastante regionalizada. As diferentes espécies de peixes têm seu potencial de produção muitas vezes concentrada em uma determinada região do país. Um exemplo é a produção de tambaqui, cuja produção se concentra na Região Norte do Brasil. A aquicultura da Região Sul se concentra basicamente em carpas, sem haver, contudo, esforços no sentido de que um programa de melhoramento seja estabelecido para este grupo de peixes. Por outro lado, duas espécies de peixes nativas do Rio Grande do Sul, o jundiá e o peixe-rei, vêm sendo estudadas no sentido de se desenvolver tecnologias mais apropriadas ao seu cultivo,

bem como para o estabelecimento de programas de melhoramento genético. O jundiá é um bagre muito bem adaptado às condições de clima da Região Sul, embora ainda necessite de alguns cuidados do ponto de vista sanitário para o seu cultivo. Todas as demais condições para o estabelecimento de um programa de melhoramento genético já foram estabelecidas, entre elas, o manejo reprodutivo, estudos de exigências nutricionais e formas de arraçoamento. Contudo, a expansão e incremento da produtividade dependem de programas de seleção com a utilização da variabilidade genética presente nas populações selvagens e de cultivo. Portanto, esta espécie hoje seria a de mais fácil engajamento em um programa de melhoramento genético, necessitando apenas de um apoio governamental e da nucleação das entidades de pesquisas para a condução do programa.

No caso do peixe-rei (*Odonesthes argentinensis*), os estudos realizados na Universidade Federal de Pelotas pelo Dr. Rafael Tavares Aldrighi demonstram que o desempenho em crescimento está diretamente relacionado aos diferentes grupos genéticos de peixe-rei. Também foram avaliados marcadores moleculares do tipo microssatélites, os quais demonstraram que há um alto grau de variabilidade genética entre reprodutores e que esta variabilidade tem se mantido entre gerações. No aspecto reprodutivo há tecnologia suficiente para que casais possam ser reproduzidos isoladamente. A indução e sincronização de desovas são tecnologicamente viáveis e podem ser utilizadas para realização dos acasalamentos durante a realização de um programa de melhoramento genético. Como ponto negativo neste estágio está o lento crescimento que esta espécie apresenta em relação às demais espécies cultivadas.

Considerações finais

Apesar do crescimento da aquicultura e do consumo per capita de pescado no Brasil, a produção aquícola ainda não é suficiente para

"A implantação de programas de melhoramento genético em aquicultura só será efetiva se for atrativa para a iniciativa privada.

Na suinocultura o surgimento de empresas de melhoramento genético foi estimulado pelo aumento na demanda de reprodutores melhorados por parte do setor, como resultado do crescimento de sua cadeia produtiva".

contribuir a favor de nossa balança comercial, como é o caso da produção e exportação de frango. Contudo, o caminho tem sido pavimentado neste sentido. Da mesma forma que para as espécies terrestres, a implantação de programas de melhoramento genético em aquicultura só será efetiva se for atrativa para a iniciativa privada. Na suinocultura brasileira, por exemplo, o surgimento de empresas de melhoramento genético foi estimulado pelo aumento na demanda de reprodutores melhorados por parte do setor suinícola nacional, como resultado do crescimento, tecnificação e profissionalização de sua cadeia produtiva. Isso foi imprescindível tanto para atender às exigências dos consumidores por qualidade e preço, como para tornar a carne suína mais competitiva frente às demais fontes tradicionais de proteína animal. Analogamente, para que programas de melhoramento genético em aquicultura sejam sustentáveis, o mesmo tem que acontecer com o setor aquícola brasileiro. É importante ressaltar que as instituições de ensino e pesquisa têm e terão papel fundamental na geração de conhecimentos, tecnologias, inovações e, principalmente, na formação de recursos humanos especializados nas diversas áreas de conhecimentos aplicáveis à aquicultura, contribuindo, desta forma, para a criação de uma base sólida para a elaboração e implantação do melhoramento genético na aquicultura. Em Minas Gerais, as Universidades Federais de Minas Gerais (UFMG), de Lavras (UFLA) e dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM), iniciaram e estão dando andamento ao estabelecimento de programas próprios de melhoramento genético de tilápia, visando o domínio da técnica, a geração de parâmetros genéticos e de novas variedades e, principalmente, a formação de recursos humanos. Na última década, algumas iniciativas privadas de implantação de programas de melhoramento genético de tilápia ocorreram no Estado de Minas Gerais, mas fracassaram.

Atualmente, novas iniciativas privadas estão surgindo e já existe uma preocupação do setor produtivo em investir em programas de melhoramento para produzir reprodutores e alevinos de alto desempenho com garantia genética. Entre estas empresas destacam-se a Aquabel (www.aquabel.com.br) que produz a variedade Tilápia Premium Aquabel®; a AquaAmérica (www.aquaamerica.com.br) que disponibiliza matrizes melhoradas de tilápia; a Cooperativa Copacol, que recentemente inaugurou a Unidade de Produção de Alevinos e está implementado um programa de melhoramento genético próprio; a Empresa Rei da Tilápia (www.reidatilapia.com.br); a Empresa Brasileira do Peixe Ltda. (www.royalfish.com.br), que em parceria com a Universidade de Mogi das Cruzes, desenvolve diferentes programas de melhoramento de tilápia vermelha com apoio do Programa de Inovação de Pequenas Empresas (PIPE) da FAPESP; a *Spring Genetics* (<http://spring-genetics.com>) baseada em Miami que recentemente abriu um quarentenário no Ceará para receber alevinos e juvenis de tilápia da variedade Spring-Tilapia®. Na carcinicultura, o destaque é a empresa Aquatec/Genearch dedicada a produzir pós-larvas do camarão *Litopenaeus vannamei* com melhor desempenho e, principalmente, livres da Necrose Infecciosa Muscular (*Speed-Line SPF*®), que tanto prejuízo causou para carcinicultura brasileira.

Apesar da imensa diversidade de espécie de peixes que as águas continentais do Brasil comportam, nem todas as espécies são potencialmente propícias para uma aquicultura industrial. O crescimento da aquicultura brasileira depende da concentração de recursos financeiros, científicos e técnicos em algumas espécies. Especificamente no caso da aplicação das metodologias de melhoramento genético, os esforços devem ser no sentido do desenvolvimento de variedades que levem em conta não somente as taxas de crescimento, mas também coloração externa do peixe, coloração do filé, aumento da área de lombo, aumento do rendimento de filé, entre outros. De certa forma, ainda esta-

"O crescimento da aquicultura brasileira depende da concentração de recursos financeiros, científicos e técnicos em algumas espécies. No caso da aplicação das metodologias de melhoramento genético, os esforços devem levar em conta não somente as taxas de crescimento, mas também coloração do peixe, do filé, aumento de lombo, aumento do rendimento de filé, entre outros".

mos em um estágio muito similar aos trabalhos iniciados em 1962, quando o Prof. Harald Skjervold começou a coleta de salmões selvagens em 41 rios diferentes na Noruega, e iniciou o primeiro programa de melhoramento de salmões.

Em resumo, é importante salientar que a efetividade de programas de melhoramento genético na aquicultura depende da implantação de uma série de medidas, entre elas:

- (I) - Definições das espécies nativas de maior potencial aquícola para definição das prioridades do uso de recursos financeiros disponíveis pelos órgãos de fomento;
- (II) - Estudos que determinem por meio de marcadores moleculares os recursos genéticos tanto selvagens como de cativeiro que possam ser usados nos programas de seleção dentro e entre famílias;
- (III) - Avaliação das variações fenotípicas para que se determinem quais as características que podem ser selecionadas com ganhos genéticos significativos;
- (IV) - Medidas legais ou técnicas de contenção de híbridos largamente produzidos no Brasil cujos escapes ameaçam os recursos genéticos de peixes no meio ambiente;
- (V) - Estudos genômicos, como determinação de SNPs e sequenciamento integral de genomas de espécies nativas, para o desenvolvimento de seleção baseados em marcadores moleculares; e,
- (VI) - Formação de recursos humanos qualificados na área de genética quantitativa que possam aplicar e analisar os programas de seleção em centros de pesquisas e empresas. ■

Nós autores desta viagem ao longo destes 11 artigos sobre diversos temas da genética e melhoramento aplicados à aquicultura esperamos que a leitura deles tenha sido tão prazerosa para vocês como foi para nós escrevê-los. Foi muito bom ter estado com vocês e esperamos encontrá-los em outros artigos em um futuro próximo. Até lá.