

MÉTODO DE SELEÇÃO DE PEIXES COM MELHOR TOLERÂNCIA A SMOLTIFICAÇÃO ATRAVÉS DE MARCADORES MIRNAS

LUANA FERREIRA VIANA DOS REIS¹; LAÍS DOS SANTOS GONÇALVES²;
MARIANA CAVALCANTI NASCIMENTO³; LUCAS PETITEMBERTE DE SOUZA⁴;
KAYLANE PIPER VASCONCELOS⁵; VINICIUS FARIAS CAMPOS⁶

¹Lab. Genômica Estrutural, CDTEC, UFPel – luanafvreis@gmail.com

²Lab. Genômica Estrutural, CDTEC, UFPel – laisdsantosg@gmail.com

³Lab. Genômica Estrutural, CDTEC, UFPel – marianacbiotec@gmail.com

⁴Lab. Genômica Estrutural, CDTEC, UFPel – lucasouza.contato@gmail.com

⁵Lab. Genômica Estrutural, CDTEC, UFPel – kaylanepvasconcelos@gmail.com

⁶Lab. Genômica Estrutural, CDTEC, UFPel – fariascampos@gmail.com

1. DESCRIÇÃO DA INOVAÇÃO

Os salmonídeos são amplamente reconhecidos como os peixes mais cultivados e consumidos no mundo. De acordo com um relatório recente da FAO (2024), a produção global alcançou 130,9 milhões de toneladas, das quais 94,4 milhões são provenientes da piscicultura. No Brasil, o consumo de salmão aumentou expressivamente nos últimos 20 anos, impulsionado pelos benefícios nutricionais da carne e seu alto valor agregado (AGÊNCIA BRASIL, 2023).

Um dos maiores desafios da aquicultura de salmonídeos é a smoltificação, um processo biológico essencial durante a transição da água doce para a salgada. Essa fase envolve mudanças fisiológicas, morfológicas e comportamentais significativas, que aumentam a demanda metabólica e podem suprimir o sistema imunológico, tornando os peixes mais vulneráveis a doenças. (BJÖRNSSON et al., 2011). Segundo o relatório do SERNAPESCA (2019), 11,20% das mortes de salmonídeos durante a smoltificação são atribuídas a problemas de osmorregulação, enquanto 23,90% são causadas por doenças infecciosas. A má adaptação dos peixes à smoltificação é a segunda maior causa de mortalidade de salmonídeos em criadouros, gerando perdas econômicas significativas na aquicultura (MORERA, 2021). Tendo em vista as perdas econômicas causadas pela alta mortalidade durante a smoltificação, a presente proposta representa uma inovação no setor de piscicultura, através do diagnóstico e seleção de salmonídeos com maior capacidade de adaptação a esse processo.

A presente invenção tem como foco o desenvolvimento de um protocolo baseado na análise de perfis de expressão de microRNAs, obtidos de fluidos extracelulares dos peixes. Na prática, o método proposto envolve a análise dos níveis de microRNAs e biomarcadores epigenéticos associados a características fenotípicas que influenciam a adaptação dos salmonídeos ao processo de smoltificação. O procedimento começa com a coleta de amostras de fluidos extracelulares dos peixes, nas quais os microRNAs de interesse são analisados utilizando a técnica de PCR em tempo real. Esse processo mede a quantidade de microRNA na amostra com base no ponto em que a fluorescência emitida pelas moléculas ultrapassa o nível basal, conhecido como Cycle Threshold (Ct).

A expressão diferencial dos microRNAs é então calculada, utilizando oligonucleotídeos sintéticos como normalizadores. Em peixes com maior tolerância à smoltificação, espera-se que os níveis determinados microRNAs estejam elevados, enquanto outros devem ter os níveis dos microRNAs reduzidos. Essas variações no perfil de expressão dos microRNAs fornecem informações essenciais para a seleção de peixes mais adaptados ao processo de smoltificação. Essa tecnologia permite identificar rapidamente quais animais têm

maior capacidade de adaptação, promovendo maior eficiência produtiva, redução de perdas e melhorias nos índices de mercado, além de contribuir para a sustentabilidade econômica da produção de salmonídeos.

2. ANÁLISE DE MERCADO

2.1. Público-alvo

A inovação proposta é direcionada a quatro segmentos distintos. O primeiro segmento abrange três subgrupos: as indústrias de aquicultura, os aquicultores e os investidores financeiros do setor. Esse público está diretamente envolvido na criação de salmonídeos, no fornecimento de insumos, tecnologias e serviços, buscando otimizar a adaptação desses animais para minimizar perdas e maximizar a produtividade. O segundo segmento inclui empresas de biotecnologia e diagnóstico, focadas no desenvolvimento de tecnologias e kits baseados em biomarcadores. Essas empresas podem explorar a transferência de tecnologia e comercializar a ferramenta no mercado.

O terceiro grupo abrange agências governamentais e reguladoras, responsáveis por regulamentar e fiscalizar as práticas de aquicultura, garantindo a conformidade com as normas de saúde e segurança. Por fim, o quarto segmento inclui centros de pesquisa e universidades, especialmente aquelas com foco em aquicultura, genômica de peixes e biotecnologia. Essas instituições têm o potencial de estabelecer parcerias estratégicas com nosso grupo de pesquisa, contribuindo para o desenvolvimento e aprimoramento contínuo de tecnologias derivadas dessa inovação.

2.2. Concorrentes

Atualmente, os principais concorrentes incluem empresas de biotecnologia e diagnóstico na área de genômica, além de instituições acadêmicas. Um exemplo notável é a Sustineri Piscis, uma startup brasileira (foodtech) focada na produção de carne de peixe a partir de células cultivadas. Outro concorrente relevante é a Frumar, uma empresa brasileira especializada em salmonídeos, que se destaca por selecionar apenas os melhores exemplares. Além disso, a Leardini é uma empresa consolidada no mercado, conhecida por importar uma ampla variedade de pescados para a Ásia, América do Norte e Europa. Esse cenário evidencia uma competição diversificada e dinâmica, marcada pela interação entre empresas de biotecnologia e instituições de pesquisa.

2.3. Potencial de Mercado

O potencial de mercado é composto por três componentes principais: TAM (Total Available Market) - Mercado Total, SAM (Serviceable Available Market) - Mercado Endereçável e SOM (Serviceable Obtainable Market) - Mercado Acessível. O TAM representa a totalidade do mercado global, abrangendo aquicultores especializados em salmonídeos, empresas multinacionais de aquicultura, biotecnologia e genética, além de instituições de pesquisa voltadas para a aquicultura. É relevante buscar colaboradores em países com forte produção de salmonídeos, como Noruega, Chile e Canadá, onde a demanda por práticas sustentáveis de aquicultura é crescente.

O SAM refere-se às empresas de aquicultura especializadas em salmonídeos, biotecnologia, organizações voltadas à pesca sustentável e certificações ambientais. Por fim, o SOM abrange produtores locais de salmonídeos, empresas ou startups da região dado que nosso grupo de pesquisa possui conhecimento consolidado no estudo de microRNAs e está situado em

uma localização geográfica favorável, o mercado apresenta-se como altamente promissor. Vale destacar que nenhuma outra empresa ou instituição atualmente oferece uma tecnologia semelhante, o que potencializa as oportunidades de crescimento e inovação neste setor.

3. ESTRATÉGIA DE DESENVOLVIMENTO E IMPLEMENTAÇÃO

A presente inovação foi depositada no Instituto Nacional de Propriedade Intelectual (INPI) sob número BR1020230123864 desde junho de 2023 e está disponível para transferência de tecnologia.

O nível de maturidade tecnológica da inovação é TRL 3, que corresponde à fase de *“estudos analíticos e/ou laboratoriais são necessários nesse nível para ver se uma tecnologia é viável e pronta para prosseguir para o processo de desenvolvimento”*. O grupo de pesquisa conta com diversos artigos validando o uso microRNAs e biomarcadores, reforçando o potencial de inovação desta tecnologia.

Ao tratar dos riscos e desafios associados à inovação, a complexidade da regulação genética dos microRNAs é um ponto crítico, já que eles podem ser influenciados por fatores ambientais. A validação de microRNAs específicos relacionados à smoltificação requer técnicas laboriosas e um alto nível de conhecimento técnico e científico.

Além disso, os microRNAs atuam em conjunto e estão associados a diferentes desfechos biológicos, o que torna essencial selecionar apenas as características de interesse sem afetar outras funções genéticas. Por isso, a execução das etapas do **TRL 3** é fundamental, permitindo validar a inovação em um ambiente laboratorial controlado e avaliar sua viabilidade comercial. A comercialização da presente invenção pode ocorrer de duas maneiras, sendo elas em forma de produto através do desenvolvimento de um kit comercial, ou através de prestação de serviço, por meio de uma startup ou facility que ofereça suporte a outras empresas no desenvolvimento de kits comerciais, proporcionando serviços especializados.

4. RESULTADOS ESPERADOS E IMPACTO

A inovação proposta permite a adaptação dos salmonídeos ao processo de smoltificação através de melhoramento genético, o que contribui diretamente para a sustentabilidade da aquicultura. Ao selecionar peixes com maior tolerância, o método reduz a mortalidade, o desperdício de recursos e a necessidade de uma intervenção com tratamentos químicos ou medicamentos, minimizando o impacto ambiental. Com a menor utilização de insumos e a redução de efluentes químicos liberados no ambiente marinho, a aquicultura torna-se mais limpa e menos agressiva aos ecossistemas. No impacto social, a inovação aumenta a eficiência produtiva, promovendo o bem-estar econômico dos aquicultores e indústrias envolvidas, gerando maior rentabilidade e competitividade. A redução das perdas de peixes e a otimização dos ciclos reprodutivos resultam em uma maior disponibilidade de produtos de pesca, beneficiando os mercados locais e internacionais. Esse crescimento econômico também impulsiona a geração de empregos, principalmente nas regiões onde a produção de salmonídeos é uma atividade central. Além disso, ao promover uma aquicultura sustentável, a tecnologia contribui para a oferta de alimentos mais acessíveis e seguros, ajudando na segurança alimentar global. Como a tecnologia se encontra em TRL 3, um nível inicial de maturidade do produto, é essencial primeiramente estabelecer a viabilidade da técnica antes de explorar as melhores formas de comercialização e precificação. Entretanto, o potencial comercial da inovação é

significativo, tanto com o desenvolvimento de kits de diagnóstico, quanto em prestação de serviços. permite a comercialização de kits de diagnóstico para evitar a smoltificação, que podem ser fabricados e vendidos para diferentes locais. E também através da apresentação de serviços, onde promove criação de uma startup pelos inventores do produto, ou até mesmo atuar como uma *facility* para outras empresas que desenvolvem kits comerciais.

5. CONCLUSÕES

A tecnologia apresentada representa uma inovação significativa no campo da aquicultura. Ao integrar análises de microRNAs e biomarcadores epigenéticos, o método não apenas aprimora a identificação de salmonídeos mais adaptados ao processo de smoltificação, mas também promove eficiência produtiva, reduz perdas econômicas e fortalece a sustentabilidade do setor.

Dado o impacto potencial dessa inovação, é crucial que stakeholders, investidores e parceiros potenciais se unam a essa iniciativa. A colaboração pode acelerar a implementação deste método no mercado, contribuir para o avanço da aquicultura sustentável e garantir uma produção de alimentos mais eficiente.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agência Brasil. Consumo de pescado cresce 65% no Brasil desde 2004. Economia, Rio de Janeiro, 17 ago, 2023. Economia. Acessado em 08 out. 2024. Disponível em: <https://agenciabrasil.etc.com.br/economia/noticia/2023-08/consumo-de-pescado-cresce-65-no-brasil-desde-2004>.

BJÖRNSSON, Björn Thrandur; STEFANSSON, Sigurd O.; MCCORMICK, Stephen D. Environmental endocrinology of salmon smoltification. **General and comparative endocrinology**, v. 170, n. 2, p. 290-298, 2011.

BLÖDORN, Eduardo B. et al. Toward new biomarkers of cold tolerance: microRNAs regulating cold adaptation in fish are differentially expressed in cold-tolerant and cold-sensitive Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture**, v. 589, p. 740942, 2024.

FAO, Food and Agriculture Organization. Informe da FAO: A produção mundial de pesca e aquicultura atinge novo recorde histórico. FAO Brasil, 27 set. 2023. Notícias. Acessado em 08 out. 2024. Online. Disponível em: <https://www.fao.org/brasil/noticias/detail-events/en/c/1696371/>.

MORERA, Francisco J. et al. The biological basis of smoltification in Atlantic salmon. **Austral journal of veterinary sciences**, v. 53, n. 1, p. 73-82, 2021.

SERNAPESCA, Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura. Informe sanitario de salmonicultura en centros marinos 1er semestre año 2019. SERNAPESCA, Chile, jun. 2020. Online. Acessado em 08 out. 2024. Disponível em: https://www.sernapesca.cl/app/uploads/2023/10/informe_sanitario_salmonicultura_2019_final_julio_2020.pdf.