

TambaPlus Parentesco: avaliação dos impactos econômicos e custos da solução tecnológica

Maria Clara da Cruz de Melo 
Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia,
Brasília, DF, Brasil.
E-mail: maria.clara@embrapa.br

Andrea Elena Pizarro Muñoz 
Embrapa Pesca e Aquicultura, Palmas, TO,
Brasil. E-mail: andrea.munoz@embrapa.br

Elizangela de Franca Carneiro Carvalho 
Embrapa Pesca e Aquicultura, Palmas, TO,
Brasil.
E-mail: elizangela.carneiro@embrapa.br

Diego Neves de Sousa 
Embrapa Pesca e Aquicultura, Palmas, TO,
Brasil. E-mail: diego.sousa@embrapa.br

Anderson Luis Alves 
Embrapa Agricultura Digital, Campinas, SP,
Brasil. E-mail: anderson.alves@embrapa.br

Deise Maria Oliveira 
Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia,
Brasília, DF, Brasil.
E-mail: deise-maria.oliveira@embrapa.br

Silvia Satiko Onoyama Mori 
Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia,
Brasília, DF, Brasil.
E-mail: silvia.onoyama@embrapa.br

Marina Keiko Pieroni Iwashita 
Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia,
Brasília, DF, Brasil.
E-mail: marina.iwashita@embrapa.br

Autor correspondente

Recebido em
24/10/2024

Aprovado em
03/12/2025

Publicado em
29/12/2025

Como citar

MELO, M.C. da C. de; MUÑOZ, A.E.P.; CARVALHO, E. de F.C.; SOUSA, D.N. de; ALVES, A.L.; OLIVEIRA, D.M.; MORI, S.S.O.; IWASHITA, M.K.P. TambaPlus Parentesco: avaliação dos impactos econômicos e custos da solução tecnológica. *Cadernos de Ciência & Tecnologia*, v.42, e27805, 2025. DOI: <https://doi.org/10.35977/0104-1096.cct2025.v42.27805>.

RESUMO – Este estudo teve como objetivo avaliar os impactos multidimensionais da tecnologia “TambaPlus Parentesco”, uma inovação voltada para a cadeia produtiva do tambaqui. Para tanto, foi aplicada a metodologia de referência da Embrapa para avaliação de impactos das tecnologias geradas. Tradicionalmente, a produção de peixes nativos na Amazônia esteve associada a práticas artesanais, e a modernização do setor sempre dependeu da articulação entre diferentes atores, como associações de produtores, poder público e instituições de pesquisa, com o propósito de orientar piscicultores sobre a relevância do monitoramento do parentesco de matrizes cultivadas em viveiros. Em 2023, a piscicultura amazônica enfrentou desafios como os efeitos da estiagem, a necessidade de regulamentações locais específicas e a concorrência com espécies exóticas. Apesar dessas dificuldades, a crescente valorização da sustentabilidade tem favorecido a consolidação do mercado de peixes nativos, especialmente em áreas onde o tambaqui possui elevada importância econômica. Nesse contexto, o TambaPlus Parentesco apresenta-se como uma ferramenta estratégica para elevar a qualidade do pescado, por meio da análise genética de parentalidade, e, ao mesmo tempo, para impulsionar práticas sustentáveis no setor aquícola.

Termos para indexação: análise genética, avaliação de impactos, avaliação econômica, inovação tecnológica, parentalidade, peixes nativos.

TambaPlus Parentesco: assessment of the economic impacts and costs of the technological solution

ABSTRACT – The study aimed to evaluate the multidimensional impacts of the “TambaPlus Parentesco” technology, an innovation designed for the tambaqui production chain. For this purpose, Embrapa’s reference methodology for assessing the impacts of the technologies generated was applied. Traditionally, the production of native fish in the Amazon has been associated with artisanal fishing, and the modernization of the sector has always depended on the collaboration between different actors such as farmers’ associations, public authorities, and research institutions, with the purpose of guiding fish farmers on the importance of monitoring the kinship of broodstock raised in ponds. In 2023, Amazonian fish farming faced major challenges, such as the effects of drought, the need for specific local regulations, and competition with exotic species. Despite these difficulties, the increasing emphasis on sustainability has stimulated the consolidation of the market for native fish, especially in regions where tambaqui holds significant economic relevance. In this context, TambaPlus Parentesco emerges as a strategic tool to enhance fish quality through genetic parentage analysis,

while simultaneously fostering sustainable practices in the aquaculture sector.

Index terms: genetic evaluation, impact evaluation, economic evaluation, technological innovation, parentage, native fish.

INTRODUÇÃO

Na Amazônia, onde, até o final do século XX, a produção de peixes era predominantemente artesanal, o desenvolvimento da piscicultura de peixes nativos em sistemas fechados de recria e engorda tem reestruturado a cadeia produtiva, bem como tem apresentado desafios na busca de uma maior eficiência da cadeia produtiva. Um caso significativo é representado pela cadeia produtiva do tambaqui (*Colossoma macropomum*), a principal espécie produzida na região, a qual tem apresentado demandas tecnológicas para manter sua competitividade (Almeida et al., 2018).

Uma das estratégias adotadas pelos produtores tem sido a busca pela melhoria da qualidade dos alevinos, considerados insumos fundamentais no processo de recria e engorda. No caso do tambaqui, a ocorrência de relações endogâmicas é uma questão relevante. Cruzamentos entre indivíduos com elevado grau de parentesco têm gerado diversos problemas no manejo da espécie, uma vez que aumentam a probabilidade de transmissão de características indesejáveis. O avanço da endogamia está diretamente associado à redução da viabilidade, do crescimento e da resistência a doenças nos peixes, além de provocar perda da diversidade genética (Gallardo et al., 2004). No sistema de produção do tambaqui, esses efeitos se manifestam na geração de alevinos malformados e mais vulneráveis a enfermidades, resultando em queda significativa da produtividade. A análise genética tem sido utilizada largamente na piscicultura, pois permite o aperfeiçoamento dos plantéis de peixes, gerando benefícios como melhoria do crescimento e da produção, aumento da resistência a doenças e melhoria da qualidade da carne.

O TambaPlus Parentesco é uma tecnologia da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) desenvolvida para minimizar esses problemas. Ela possui um conjunto de marcadores moleculares do tipo *single nucleotide polymorphism* (SNP), ou marcadores do polimorfismo de nucleotídeos únicos, que podem ser utilizados para identificação de relações de parentesco entre animais, testes de paternidade e identificação individual de reprodutores destinados à produção de alevinos. Os marcadores SNPs são desenvolvidos por meio da identificação de alterações nas sequências de DNA que correspondem a mutações em bases únicas da cadeia de bases nitrogenadas de adenina, citosina, timina e guanina (Caetano, 2009). Tais mutações devem ser específicas para cada espécie piscícola e estar associadas a alguma característica ou condição de interesse.

Segundo Caetano (2009), estudos com humanos e com espécies de interesse zootécnico apontam a existência de milhões de polimorfismos do tipo SNP, distribuídos de forma homogênea no genoma de um indivíduo. Essa característica permite que estudos à base de marcadores SNPs tenham acurácia e eficiência na análise de variações genéticas, uma vez que esses marcadores são significativamente abundantes em genomas de espécies não endogâmicas nas quais a maioria dos acasalamentos ocorre entre indivíduos sem grau de parentesco.

As vantagens dos marcadores SNPs em relação a outras técnicas, como microssatélites e *restriction fragment length polymorphisms* (RFLPs), destacam-se pela automação, pela alta capacidade de análise, devido à abundância e ampla distribuição pelo genoma, e pelo baixo custo por dado gerado (Caetano, 2009).

Quanto a isso, o uso de marcadores moleculares SNPs representa significativa inovação para a produção animal, em especial para a aquicultura. No TambaPlus Parentesco, os SNPs são utilizados principalmente para aperfeiçoar o sistema de seleção de matrizes de tambaqui para a produção de alevinos de

alta qualidade. Essa aplicação, em um sistema de produção de alevinos de tambaqui, pode ser observada na Figura 1. Nela se encontra uma imagem de uma planilha de controle de matrizes machos e fêmeas. As células de cor verde correspondem ao cruzamento de informações de matrizes sem relação de parentesco, enquanto as de cor amarela e laranja possuem informações de matrizes nas quais foi identificado algum grau de consanguinidade. Essa informação permite ao produtor de alevinos separar os lotes de matrizes de acordo com sua relação de parentesco. Por conseguinte, o plantel de alevinos de matrizes selecionadas é posteriormente transferido para tanques de recria e engorda nas etapas de finalização da produção.

O tambaqui é uma espécie nativa da Amazônia que possui alta prolificidade. A fêmea é capaz de produzir mais de 300.000 ovócitos na primeira desova, com aproximadamente 2 mm de comprimento, e seu período fértil tem duração média de 8 anos (Pedroza Filho et al., 2020). Considerando-se que o setor piscícola de espécies nativas ainda está em estruturação,

um dos processos para seu desenvolvimento é a qualificação de seu germoplasma e a garantia da formação de plantéis de matrizes de alto desempenho genético visando reduzir o impacto da endogamia.

Amostras analisadas anteriormente indicaram altos níveis de consanguinidade entre as matrizes de tambaqui em pisciculturas nas regiões Norte e Centro-Oeste, e acasalamentos entre parentes próximos têm maior probabilidade de apresentar características genéticas deletérias, que podem impactar a taxa de sobrevivência dos alevinos resultantes desse acasalamento (Pedroza Filho et al., 2020).

Nesse caso, o uso da ferramenta TambaPlus Parentesco na análise genética dos plantéis de matrizes de produção de alevinos de tambaqui corresponde a um avanço na seleção do germoplasma da espécie porque permite ofertar matrizes de qualidade para a cadeia da piscicultura. Essa é a primeira etapa para a busca de um melhoramento genético para a espécie cultivada.



Figura 1. Imagem de uma planilha de controle utilizada pelo produtor de alevinos para analisar o grau de parentesco entre as matrizes de tambaqui em Porto Velho, RO.

Na cadeia da piscicultura, o público beneficiado pelo TambaPlus Parentesco se divide em três segmentos específicos: produtores de matrizes reprodutoras, produtores de alevinos destinados à engorda e produtores que realizam a recria e engorda dos peixes. Alguns produtores atuam tanto na alevinagem quanto na recria e engorda de peixes jovens até a idade adulta. Esses piscicultores se beneficiam particularmente ao adquirirem alevinos de alta qualidade genética que apresentam maior potencial de produtividade e menor variação de tamanho e peso nos lotes.

Dessa forma, o artigo avaliou os impactos multidimensionais da tecnologia TambaPlus Parentesco. Para o procedimento metodológico, utilizou-se o sistema de avaliação de impactos de inovações tecnológicas agropecuárias, denominado Ambitec-Agro (Souza et al., 2007), para a obtenção dos indicadores necessários à avaliação dos impactos econômicos dessa tecnologia. Trata-se de uma metodologia multicritério que utiliza um conjunto de indicadores para avaliar, de forma sistêmica, os impactos ambientais e sociais da adoção de uma inovação tecnológica ou de uma prática de manejo específica. A metodologia pode ser dividida em três etapas: coleta de dados e identificação; análise multicritério; e geração de índices e relatórios. Em suma, é uma ferramenta de gestão e planejamento, a qual transforma uma análise complexa em um processo prático, permitindo que a sustentabilidade deixe de ser um conceito abstrato e se torne um objetivo mensurável no dia a dia de determinada cadeia produtiva.

IDENTIFICAÇÃO DOS IMPACTOS NA CADEIA PRODUTIVA DO PESCADO

Na cadeia da piscicultura de peixes nativos, sabe-se que matrizes com relações de parentesco podem gerar peixes mais propensos a anomalias em decorrência das relações de consanguinidade. Foi relatado que peixes com

altos níveis de endogamia têm menor capacidade reprodutiva, incluindo menor produção de ovos e sêmen de baixa qualidade, além de uma taxa de eclosão reduzida. Produtores de alevinos mais experientes utilizam estratégias para reduzir esse grau de parentesco, como a compra de matrizes de diferentes piscicultores ou busca de matrizes da natureza ou selvagens, em diferentes braços de rio (Meagher et al., 2000).

Essas medidas, de uma certa forma, têm auxiliado a identificar bons fornecedores de alevinos. Entretanto, elas não vêm acompanhadas de um diagnóstico preciso sobre o grau de parentesco das matrizes reprodutoras. No caso específico da piscicultura de tambaqui, cujo mercado tem apresentado expansão, o uso de uma ferramenta como o TambaPlus Parentesco contribui significativamente para a competitividade da cadeia, pois é um instrumento capaz de validar o tipo de relação de consanguinidade entre machos e fêmeas reprodutores, garantindo um plantel de alevinos de melhor qualidade.

Diante das especificidades do tambaqui, o histórico de formação de plantéis de matrizes foi obtido basicamente por meio de coletas de peixes selvagens em rios da Bacia Amazônica e da aquisição de lotes para engorda, que se transformaram em matrizes. Tradicionalmente, essa prática tem ocorrido sem conhecimento prévio da qualidade e das características genéticas dos estoques. Por isso, o uso de uma ferramenta como o TambaPlus Parentesco contribui significativamente para o aumento da competitividade da cadeia, uma vez que a tecnologia se mostra capaz de identificar o tipo de relação de consanguinidade entre machos e fêmeas de reprodutores, e isso garante um plantel de matrizes de alta qualidade e, consequentemente, a produção de alevinos de alto desempenho para a produção aquícola (Pedroza Filho et al., 2020).

A criação de peixes nativos tem sido praticada no Brasil desde a década de 1980,

mas, nos últimos dez anos, ela começou a passar por uma etapa de acelerado crescimento. Alguns fatores que têm contribuído para a expansão desse mercado são a adaptação dos peixes nativos às condições locais e regionais, o aumento do consumo de peixes, o aperfeiçoamento de técnicas de cultivo e a introdução de pacotes tecnológicos para a adaptação de peixes nativos em cativeiro (Senar, 2017).

Segundo dados da Peixe BR (2022), o cultivo de peixes nativos representa 31,04% da produção de pescados no Brasil, e, em 2022, o volume de produção alcançou 267.060 toneladas. De acordo com o IBGE (2023), nesse mesmo ano, a maior parte dos produtores de espécies nativas concentrou-se na região Norte (53,7%), e os peixes nativos mais cultivados foram o tambaqui (*Colossoma macropomum*), o pintado amazônico – resultado da hibridação entre a fêmea do cachara (*Pseudoplatystoma reticulatum*) e o macho do jundiá amazônico (*Leiarius marmoratus*) – e a matrinxã (*Brycon cephalus*).

Conforme dados do IBGE (2023), em 2022, Rondônia se mostrou o principal produtor de tambaqui. O estado é responsável por 50.671 toneladas do peixe produzido no Brasil, o que representa 46,33% da produção no País (Figura 2), seguido pelos estados de Roraima (10,63%), Maranhão (10,01%), Pará (7,32%), Tocantins (5,52%), Amazonas (5,28%), Piauí (4,22%), Mato Grosso (2,91%), Alagoas (2,44%) e Goiás (1,32%).

A cadeia da piscicultura do tambaqui, conforme explicado por Valenti (2002) e adaptado por Meante & Doria (2017), é composta por setores específicos, apresentados na Figura 3, que desempenham papéis essenciais: o suporte técnico, que antecipa a produção e engloba etapas como pesquisa e desenvolvimento, importação de tecnologia, treinamento/capacitação e transferência de tecnologia; a disponibilização do serviço de extensão rural e serviços especializados, que oferecem apoio direto aos produtores; a conjuntura econômica e legal, que se baseia na legislação ambiental,

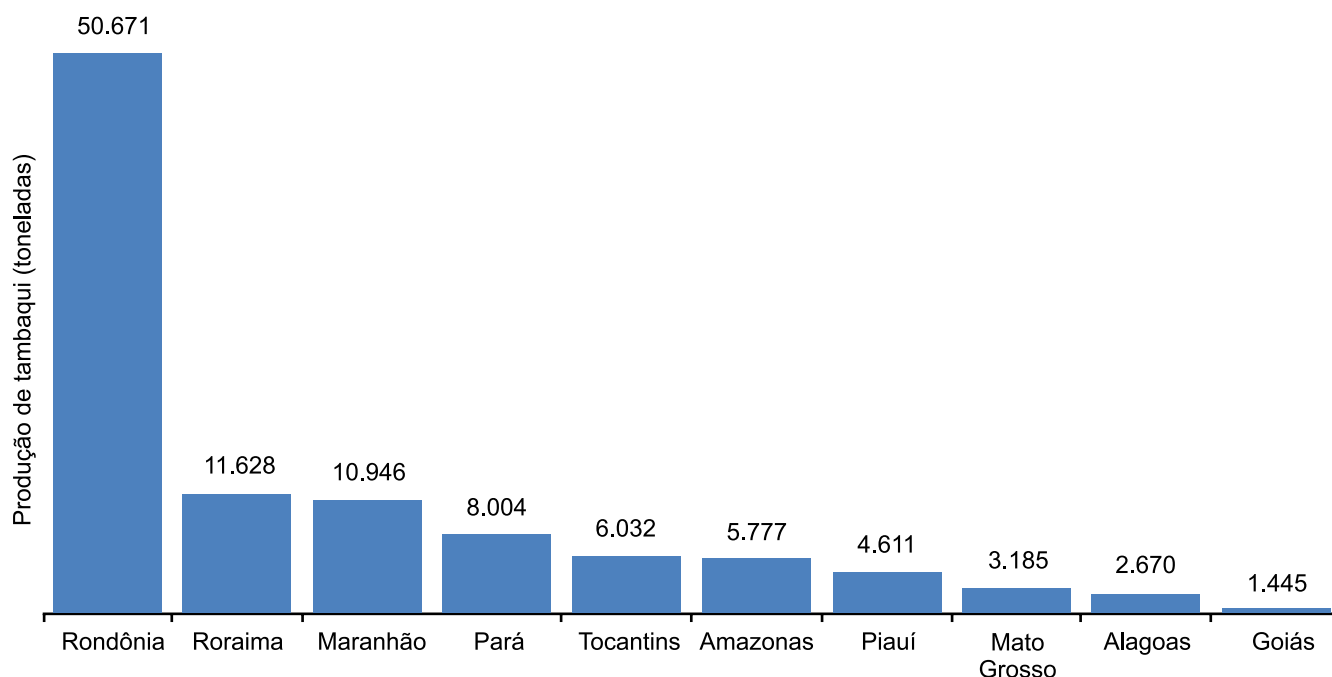


Figura 2. Principais estados produtores de tambaqui no Brasil em 2022.

Fonte: IBGE (2023).

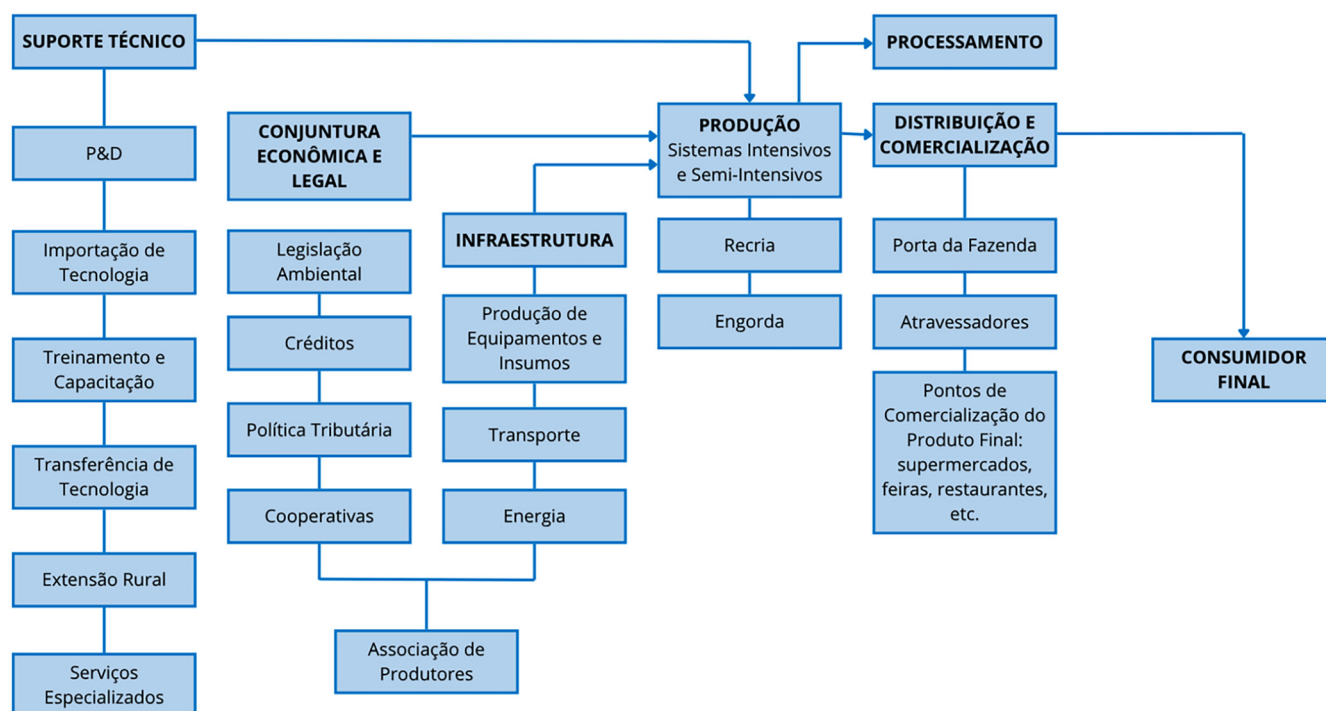


Figura 3. Cadeia da piscicultura do tambaqui.

Fonte: Valenti (2002) adaptado por Meante & Doria (2017).

crédito, política tributária, cooperativas e associações de produtores; a infraestrutura para a produção, que inclui equipamentos e insumos, transporte e energia; a produção em si, que abrange as etapas de recria e engorda em sistemas semi-intensivos e intensivos, bem como o processamento; e, por fim, a distribuição e comercialização, que pode ser realizada diretamente pelo produtor e suas organizações coletivas ou por intermediários, permitindo que o produto chegue ao consumidor final em feiras, mercados e restaurantes.

Nesse contexto, o TambaPlus Parentesco é uma importante ferramenta de suporte tecnológico, pois promove a melhoria da qualidade genética dos peixes, com a especificidade de atender a infraestrutura da cadeia, além de melhorar a qualidade de matrizes e seus alevinos, resultando em impactos nas etapas da produção (Pedroza Filho et al., 2020).

No aspecto ambiental, o TambaPlus Parentesco resultou no aumento da eficiência

tecnológica no uso de insumos veterinários, pois alevinos de melhor qualidade acarretam o consumo mais eficiente de produtos veterinários, rações e suplementos. Também deve-se destacar que, em decorrência da maior produtividade, reduz-se a necessidade de aumentar a área de lâmina d'água, seja pela implantação de novos viveiros escavados, seja pela construção de barragens, reduzindo, assim, o potencial impacto ambiental dessas estruturas e aumentando a qualidade dos ecossistemas aquáticos (Pedroza Filho et al., 2020).

No âmbito econômico, o TambaPlus Parentesco tem colaborado para a redução de custos na produção de alevinos e para o aumento da produtividade em decorrência da melhoria do desempenho zootécnico na recria e engorda. Os custos são o maior empecilho para o aumento da produção dessa espécie, sendo identificados como: custo operacional efetivo (COE), custo operacional total (COT) e custo total (CT). O COE considera os valores gastos com alevinos, ração, despesas administrativas, impostos e taxas,

energia elétrica, combustíveis, manutenção de máquinas, equipamentos e benfeitorias, mão de obra contratada e controle sanitário dos peixes (Munoz & Barroso, 2016).

Muitas vezes, por não identificarem que o baixo ganho de peso dos alevinos é gerado pela endogamia, os produtores recorrem a suplementações nutricionais e alimentares. Isso leva ao aumento dos custos de produção, e não resolve o problema que se repete nos novos ciclos. Por essa razão, a correta identificação dos reprodutores, o uso das informações de parentesco para a formação de famílias e a devida orientação dos acasalamentos das matrizes são fundamentais para o sucesso da produção do tambaqui (Pedroza Filho et al., 2020).

A tendência de melhoria tem sido relatada por representantes dos três segmentos da cadeia produtiva: produtores de matrizes reprodutoras (matrizeiros); produtores de alevinos (formas jovens) destinados à engorda; e produtores de peixes que fazem a recria e a engorda. No caso específico dos produtores de alevinos, a solução tecnológica tem impactado a forma de gestão de suas atividades ao evitar o acasalamento de matrizes que tenham relações de parentesco (Pedroza Filho et al., 2020).

No âmbito social, a solução tecnológica tem influenciado a qualidade do produto, o que impacta diretamente toda a cadeia. Esse impacto é especialmente notável no que diz respeito ao bem-estar e à saúde animal, abrangendo não apenas a produção de matrizes e alevinos, mas também a etapa de engorda. A qualidade do peixe, quando produzido com conhecimento genético e direcionamento de acasalamento não consanguíneo, beneficia diretamente a indústria de pescado (frigoríficos) e a venda direta em feiras e peixarias (Pedroza Filho et al., 2020). O aumento da produtividade e da qualidade do tambaqui produzido no Brasil estimula o aumento do consumo do pescado, uma proteína de alta qualidade e saudabilidade, promovendo

avanços sociais e possibilitando a inclusão do pescado, por exemplo, na alimentação escolar em estados na região Norte, como já ocorre em algumas experiências citadas por Sousa et al. (2019).

Com relação aos objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS) da Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas (ONU), a tecnologia TambaPlus Parentesco está associada principalmente ao ODS 14 (vida na água), na meta 7 (gestão sustentável da pesca, aquicultura e turismo), uma vez que contribui significativamente para a reprodução de tambaqui como espécie nativa de relevância econômica. Também está alinhado ao ODS 12 (consumo e produção responsáveis), na medida em que contribui para a melhoria do desempenho zootécnico e consequente aumento da produtividade da produção piscícola. Também está associado a ele o ODS 8 (trabalho decente e crescimento econômico), considerando o potencial de impacto positivo na renda dos piscicultores em decorrência do incremento de produtividade e redução de custos propiciados pela adoção da tecnologia. Isso beneficia o produtor, elo mais frágil da cadeia de valor da piscicultura, possibilitando a propagação dos ganhos para os demais elos da cadeia da piscicultura até alcançar potencialmente o consumidor final, por meio da disponibilização de produto de maior qualidade e segurança a um custo menor, fortalecendo, assim a competitividade do setor aquícola como um todo.

METODOLOGIA DOS IMPACTOS ECONÔMICOS E SOCIOAMBIENTAIS

O serviço tecnológico TambaPlus Parentesco tem gerado impactos econômicos e socioambientais no setor produtivo de acordo com as aferições realizadas nos anos de 2022 e 2023, com a utilização da metodologia de referência da Embrapa para avaliação de impactos das tecnologias

geradas (Ávila et al., 2008). Essa metodologia é considerada multidimensional, pois abrange várias dimensões dos impactos gerados pelas inovações tecnológicas.

Entre essas dimensões, destacam-se as mudanças econômicas e socioambientais que ocorrem no setor produtivo em decorrência da adoção de uma solução tecnológica. No caso dos impactos econômicos, a metodologia é aplicada com base no conceito de excedente econômico, e esses impactos podem ocorrer por redução de custos, incremento de produtividade, agregação de valor e expansão para novas áreas (Ávila et al., 2008).

Já no caso dos impactos socioambientais, os impactos são mensurados pelo sistema Ambitec-Agro (Souza et al., 2007), o qual utiliza indicadores e componentes para mensurar os impactos socioambientais, baseados em critérios que abrangem questões relacionadas à eficiência tecnológica; qualidade ambiental; respeito ao consumidor; qualidade de trabalho/emprego; geração de renda; qualidade de saúde; e qualidade de gestão e administração. Posteriormente, esses critérios são sintetizados em impactos ambientais, econômicos e sociais.

Há uma diferença entre a avaliação econômica e a avaliação socioambiental dos impactos. Os impactos econômicos são avaliados com base em dados quantitativos, que podem ser obtidos desde que esses dados sejam obtidos por meio da coleta de informações fornecidas por produtores ou por meio de estimativas calculadas com base em dados estatísticos levantados por terceiros. Já a avaliação socioambiental é realizada por meio de entrevistas com, no mínimo, 10 pessoas, que podem ser tanto produtores que sejam usuários da solução tecnológica, quanto parceiros, como representantes do serviço de assistência técnica e extensão rural.

Em 2022, as entrevistas para a avaliação de impactos do TambaPlus Parentesco foram realizadas com produtores de alevinos e

piscicultores em Rondônia, os quais concederam dados para a avaliação dos impactos econômicos. Já em 2023, as entrevistas foram para esse tipo de público no estado do Amazonas. Deve-se considerar que, nesse mesmo ano, foram solicitados dados de produção aos alevineiros e piscicultores de Rondônia para manter a série histórica de impactos econômicos.

ANÁLISE DOS IMPACTOS ECONÔMICOS

A análise dos impactos econômicos baseou-se em um recorte da área de adoção da tecnologia em Rondônia em 2022, que é o principal estado produtor de tambaqui, e no estado do Amazonas em 2023. No estado do Amazonas, as matrizes de dois produtores de alevinos foram testadas pelo TambaPlus Parentesco.

Quanto ao incremento de produtividade, os piscicultores foram questionados sobre a taxa de rendimento do pescado, em quilogramas por hectare, no momento da compra de alevinos, sem a análise de matrizes, e sobre a taxa de produtividade após essa testagem. Sete produtores informaram a diferença entre o rendimento atual e o rendimento anterior, que se mostrou inferior. Também foi considerado o período em que passaram a adquirir os alevinos dos fornecedores cujas matrizes foram selecionadas pelo TambaPlus Parentesco.

Destacaram-se também os benefícios econômicos por incremento em produtividade. No cálculo desse incremento, o preço unitário foi calculado com base no preço médio anual de tambaqui informado pela Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural (Emater) de Rondônia e pela Secretaria de Pesca e Aquicultura do Estado do Amazonas, em virtude da sazonalidade do mercado do pescado nos referidos estados. Para os anos de 2020 a 2022, os valores médios foram corrigidos pelo Índice Geral de Preços – Disponibilidade Interna (IGP-DI) de dezembro de 2023.

Para o cálculo do custo adicional, considerou-se o valor pago por alguns produtores em serviços de consultoria que orientam a aquisição de alevinos de matrizes testadas quanto ao grau de p-parentesco. Já a área de adoção corresponde ao tamanho da lâmina d'água dos tanques de piscicultura nas propriedades. Verificou-se, ainda, que a aquisição de alevinos de matrizes testadas pelo TambaPlus Parentesco proporcionou, em 2023, um ganho líquido de R\$ 3.799,94 por hectare aos piscicultores de tambaqui.

Na coleta de dados, foram entrevistados os produtores de Rondônia e os produtores do Amazonas. Observou-se que, no Amazonas, dois produtores entrevistados informaram que, atualmente, a produtividade registrada é a mesma de antes da utilização dos alevinos de matrizes testadas pelo TambaPlus Parentesco. Entretanto, foram enfáticos ao afirmarem que esse fato se deve principalmente à seca

enfrentada no estado, que prejudicou a produção de tambaqui. Apenas um produtor informou ter tido um rendimento maior, configurando uma exceção na piscicultura estadual.

Com relação a isso, pode-se considerar que, nos casos em que foram informados ganhos em produtividade, verificou-se aumento significativo no rendimento em comparação ao registrado em 2022. Esse ganho foi relevante, principalmente, em casos nos quais houve redução da área de adoção, conforme observado pelo produtor B em Rondônia. Houve aumento de produtividade mesmo quando alguns produtores de recria e engorda enfrentaram os efeitos da seca prolongada na Amazônia (Tabela 1).

Para a estimativa do impacto econômico decorrente da redução de custos (Tabela 2), considerou-se a participação do custo de

Tabela 1. Rendimento anterior e rendimento atual da produção de tambaqui de 2020 a 2023 de piscicultores clientes de produtores de alevinos usuários do TambaPlus Parentesco.

Produtor	UF	Rendimento anterior (kg/ha)	Rendimento atual (kg/ha)	Área de adoção (ha)			
				2020	2021	2022	2023
A	RO	7.000,00	7.841,00	–	–	42,0	42,0
B	RO	4.545,40	5.058,06	200,0	200,0	200,0	154,0
C	RO	8.000,00	10.000,00	–	10,0	10,0	10,0
D	AM	2.500,00	2.500,00	12,0	12,0	12,0	12,0
E	AM	9.310,40	9.310,40	29,0	29,0	29,0	29,0
F	AM	36.000,00	36.000,00	0,5	0,5	0,5	0,5
G	AM	18.000,00	18.666,67	20,0	20,0	20,0	20,0
Rendimento médio anterior (kg/ha)				6.779,60	6.905,80	6.981,50	12.063,77
Rendimento médio atual (kg/ha)				6.924,23	7.485,20	7.653,10	12.768,01

Tabela 2. Benefícios econômicos obtidos por redução de custos pela adoção da tecnologia estudada.

Ano	Custos sem o uso do TambaPlus Parentesco (R\$/milheiro)	Custos com o uso do TambaPlus Parentesco (R\$/milheiro)	Economia obtida (R\$/milheiro)	Participação da Embrapa (%)	Ganho líquido – Embrapa (R\$/UM)	Área de adoção (milheiro)	Benefício econômico (R\$)
	A	B	C = A - B	D	E = C x D	F	G1 = E x F
2020	197,86	196,50	1,36	70	0,95	2.180,00	2.075,36
2021	168,93	105,60	63,33	70	44,33	1.700,00	75.362,70
2022	199,24	124,53	74,71	70	52,30	7.120,00	372.354,64
2023	138,48	86,55	51,93	70	36,35	13.730,00	499.099,23

produção de alevinos no preço de venda praticado no mercado, conforme os parâmetros definidos por Pedroza Filho et al. (2020), que utilizam o custo operacional efetivo (COE) para a produção de um milheiro de alevinos. Nos casos em que há elevado nível de endogamia entre as matrizes, esse custo corresponde a 60% do valor de comercialização. Esses valores estão presentes na coluna A da Tabela 2.

Na produção de alevinos de matrizes testadas com o TambaPlus Parentesco (sem endogamia), o custo representa 37,5% do valor comercializado do milheiro (Pedroza Filho et al., 2020). Com isso, o uso do TambaPlus Parentesco representou uma redução de 22,5% no custo operacional na produção de alevinos. No caso do estado do Amazonas, os valores do milheiro de tambaqui foram fornecidos pela Secretaria Estadual de Pesca e Aquicultura. Os valores para anos anteriores a 2023 foram corrigidos pelo IGP-DI para dezembro de 2023 e foram utilizados para o cálculo dos respectivos custos de produção com endogamia e sem endogamia, conforme pode ser observado na Tabela 3. Para 2023, considerou-se o valor médio de venda de milheiro de alevinos de tambaqui nos estados de Rondônia (R\$ 230,00) e Amazonas (R\$ 231,60).

Considerando-se o tempo necessário para a transferência de tecnologia e a sua adoção, foi aplicada, para cada ano analisado, uma taxa de estimativa de adoção (percentual da quantidade de alevinos comercializados) como medida para evitar a superestimação do valor do benefício econômico. O número de milheiros comercializados foi informado pelos produtores

de alevinos. Assim, foi aplicada uma taxa de adoção de 50% em 2019, 60% em 2021 e 73% em 2022 para a redução de custo resultante da testagem de matrizes no processo de produção de alevinos.

Essa trajetória de adoção está em consonância com o que aponta a literatura sobre a difusão de inovações tecnológicas no setor aquícola, em especial quando a solução envolve marcadores moleculares como os SNPs (*single nucleotide polymorphisms*). Tais marcadores são amplamente utilizados em diferentes espécies devido à sua acurácia, abundância e baixo custo por dado gerado, fatores que favorecem a aceitação pelos produtores ao longo do tempo (Caetano, 2009). Além disso, os problemas relacionados à endogamia do tambaqui, como a maior incidência de deformidades, a redução da resistência a doenças e o menor desempenho zootécnico (Gallardo et al., 2004; Meagher et al., 2000) reforçam a necessidade de ferramentas capazes de orientar o manejo genético, acelerando a adesão a soluções como o TambaPlus Parentesco.

Assim, considerou-se que a área de adoção avaliada na Tabela 3, em 2023, teve uma taxa de 100%, com base no quantitativo de milheiros comercializados que foi informado pelos produtores de alevinos em Rondônia. No caso do estado do Amazonas, esse valor foi obtido com base no quantitativo de milheiros adquiridos pelos produtores de recria/engorda. O cenário confirma a tendência de maior aceitação da tecnologia, que, segundo Pedroza Filho et al. (2020), contribui para ganhos econômicos e

Tabela 3. Preço de venda do milheiro de alevinos de tambaqui e custo efetivo operacional com endogamia e sem endogamia de 2020 a 2023.

Ano	Preço de venda do milheiro de alevinos – média por estado (R\$)	Custo efetivo operacional com endogamia (R\$)	Custo operacional efetivo sem endogamia (R\$)
2020	310,16	197,86	196,50
2021	264,70	168,93	105,60
2022	300,00	199,24	124,53
2023	230,08	138,48	86,55

ambientais significativos, reduzindo custos de produção, consumo de insumos e necessidade de expansão da área de lâmina d'água.

A Tabela 4 apresenta os custos de desenvolvimento da tecnologia TambaPlus Parentesco para a Embrapa. O custo com pessoal está relacionado às horas trabalhadas pela equipe do projeto (pesquisadores e analistas) que desenvolveu a referida tecnologia. Observa-se que, a partir de 2020, o custo com pessoal aumentou em decorrência da agregação de pesquisadores e analistas da Embrapa Agricultura Digital e da Embrapa Pesca e Aquicultura no aperfeiçoamento da solução tecnológica. Esse investimento em recursos humanos reflete a crescente complexidade da cadeia do tambaqui, que demanda conhecimentos interdisciplinares em genética, bioinformática e zootecnia para garantir a competitividade da espécie no mercado (Valenti, 2002; Meante & Doria, 2017; Almeida et al., 2018). Esse valor experimentou uma ligeira redução em 2023, enquanto o custeio da pesquisa apresentou uma queda significativa, resultado do amadurecimento do processo de desenvolvimento tecnológico e da consolidação das ferramentas necessárias para sua operacionalização.

Os outros custos, como, por exemplo, os de pesquisa, desenvolvimento e inovação (PD&I), estão relacionados ao projeto de desenvolvimento da solução tecnológica. Seguindo a metodologia de avaliação dos impactos de tecnologias geradas pela Embrapa (Ávila et al., 2008), a depreciação de capital foi

estimada em 10% dos outros custos. Já o custo administrativo representa 10% do custo de pessoal. O custo de transferência de tecnologia está contabilizado nos custos de pessoal, pelo trabalho de negociar o serviço de tecnologia de análise de grau de parentesco de matrizes de tambaqui, bem como de promovê-lo por meio de estratégias de comunicação.

Como se pode observar na Tabela 4, a maior parte dos custos do desenvolvimento da tecnologia TambaPlus Parentesco ainda está concentrada em gastos com pessoal (81,0%), embora o custo de pesquisa tenha sido menor em comparação aos custos anteriores (6,0%). O custo com transferência de tecnologia também se mostra expressivo (7,5%), refletindo a necessidade de mobilizar esforços contínuos para ampliar a difusão da solução entre os produtores. Esse resultado encontra respaldo na literatura, que evidencia que a adoção de tecnologias na piscicultura de peixes nativos depende tanto da disponibilidade de inovações quanto da efetiva mediação técnico-científica com os produtores (Valenti, 2002; Meante & Doria, 2017).

Além disso, a concentração de custos em pessoal pode ser explicada pela natureza da solução, que envolve técnicas avançadas de análise genética baseadas em marcadores moleculares SNPs. Esses marcadores são reconhecidamente abundantes, confiáveis e de baixo custo por dado gerado (Caetano, 2009), mas sua implementação exige elevada qualificação técnica, o que explica a maior participação de pesquisadores e analistas da

Tabela 4. Estimativa dos custos de desenvolvimento da tecnologia estudada entre 2019 e 2023.

Ano	Custos de pessoal (R\$)	Custos de pesquisa (R\$)	Depreciação de capital (R\$)	Custos de administração (R\$)	Custos de transferência tecnológica (R\$)	Total (R\$)
2019	125.615,64	592.763,80	59.276,38	12.562,56	10.795,32	801.013,69
2020	480.388,92	424.770,44	42.477,03	48.038,89	56.304,53	1.051.980,00
2021	441.794,85	128.233,12	12.729,69	44.179,48	43.542,03	670.479,18
2022	368.746,77	195.280,60	19.528,06	36.874,68	40.994,53	370.547,08
2023	158.997,80	4.000,00	400,00	15.899,78	14.649,94	193.947,52

Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, da Embrapa Agricultura Digital e da Embrapa Pesca e Aquicultura no processo de desenvolvimento (Pedroza Filho et al., 2020). A Tabela 5 descreve os fluxos de benefícios, de custos e de benefícios líquidos obtidos com a adoção da tecnologia.

Conforme apresentado na Tabela 6, a taxa interna de retorno (TIR) obtida foi de 19,38%. Esse resultado evidencia que a tecnologia TambaPlus Parentesco tem proporcionado benefícios econômicos relevantes, especialmente por terem se manifestado em um curto intervalo de tempo após o seu lançamento. Uma TIR nesse patamar indica que o investimento realizado na adoção da tecnologia apresenta elevada atratividade econômica, superando, em muitos casos, a rentabilidade de alternativas tradicionais do setor aquícola. Além disso, ao reduzir custos associados a problemas de endogamia e aumentar a qualidade e a produtividade dos alevinos, a tecnologia contribui não apenas para ganhos imediatos de eficiência produtiva, mas também para a sustentabilidade financeira de médio e longo prazo dos empreendimentos de piscicultura.

Quanto a isso, os resultados obtidos reforçam o potencial do TambaPlus Parentesco

de induzir mudanças estruturais na cadeia produtiva do tambaqui, ao criar condições mais favoráveis para a competitividade de peixes nativos em relação a espécies exóticas. Portanto, a TIR calculada não apenas confirma a viabilidade econômica da tecnologia, como também sinaliza para o seu papel estratégico no fortalecimento da aquicultura sustentável na região amazônica.

A relação benefício/custo, descontada a uma taxa anual de 6%, é ainda modesta, pois, para cada real investido na tecnologia, é retornado 1,23 real para a sociedade, levando-se em conta também que a adoção é ainda baixa diante do seu potencial de alcance. Assim, foi apurado um valor presente líquido de R\$ 897.621,30 da solução tecnológica.

ANÁLISE DOS IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS

A análise dos impactos socioambientais foi conduzida em 2022, no estado de Rondônia, e em 2023, no estado do Amazonas, tendo abrangido diferentes realidades produtivas da região amazônica. Os resultados estão apresentados na Tabela 7, que evidencia os efeitos do TambaPlus Parentesco em múltiplas dimensões: eficiência

Tabela 5. Fluxo de benefícios, fluxo de custos e fluxo de benefícios líquidos obtidos com a adoção da tecnologia.

Ano	Fluxo de benefícios (R\$)	Fluxo de custos (R\$)	Fluxo de benefícios líquidos (R\$)
2019	0,00	801.013,69	-801.013,69
2020	48.400,18	1.051.979,82	-1.003.579,64
2021	1.048.855,47	670.479,18	378.376,29
2022	1.618.306,15	370.547,08	1.247.759,07
2023	5.075.882,46	193.947,52	4.881.934,94

Tabela 6. Análises de rentabilidade – taxa interna de retorno (TIR), relação benefício/custo (B/C) e valor presente líquido (VPL).

Taxa interna de retorno – TIR	Relação benefício/custo – B/C (6%)	Valor presente líquido – VPL (6%)
19,38%	1,23	R\$ 897.621,30

tecnológica; qualidade ambiental; respeito ao consumidor; qualidade de trabalho e emprego; geração de renda; qualidade de saúde; e qualidade de gestão e administração. Esses indicadores permitem compreender, de forma integrada, como a tecnologia tem repercutido não apenas na esfera produtiva, mas também nas condições sociais e ambientais associadas à piscicultura de tambaqui.

Nesse contexto, a comparação entre os resultados obtidos em 2022 e aqueles registrados em 2023 permitiu identificar alterações significativas nos indicadores avaliados. Essa evolução reflete não apenas as condições diferenciadas de cada estado analisado, mas também o efeito cumulativo da adoção do TambaPlus Parentesco sobre o desempenho da cadeia produtiva. A análise comparativa evidencia ajustes nos aspectos de eficiência tecnológica, gestão produtiva, qualidade ambiental e geração de benefícios sociais e econômicos, demonstrando que os impactos da tecnologia se consolidam e se ampliam ao longo do tempo, como pode ser verificado abaixo.

Eficiência tecnológica: a eficiência tecnológica aumentou de 0,60, em 2022, para 0,82 em 2023. Isso indica uma melhoria na eficiência das tecnologias utilizadas.

Qualidade ambiental: nesse caso, a avaliação mostrou uma queda de 0,30 para 0,15, sugerindo um possível agravamento nas condições ambientais ou na gestão dos recursos da região.

Respeito ao consumidor: esse impacto caiu significativamente de 3,40 para 1,17, o que pode indicar uma deterioração na percepção ou na satisfação do consumidor.

Qualidade de trabalho/emprego: a avaliação também mostrou uma redução, de 1,90 para 1,33, o que sugere uma diminuição na geração de empregos ou na qualidade das relações de trabalho.

Geração de renda: em contraste com os outros indicadores, a renda aumentou consideravelmente, de 1,80 para 4,14, indicando uma melhoria significativa na geração de renda.

Qualidade de saúde: a qualidade de saúde manteve-se praticamente estável, com um leve aumento para 0,77, o que sugere uma situação de saúde consistente.

Qualidade de gestão/administração: houve um aumento de 1,40 para 1,89, indicando uma melhoria na gestão e administração do projeto ou sistema.

Tabela 7. Impactos socioambientais do TambaPlus Parentesco.

Tipo de impacto	Avaliação de 2022 (Rondônia)	Avaliação de 2023 (Amazonas)
Eficiência tecnológica	0,60	0,82
Qualidade ambiental	0,30	0,15
Respeito ao consumidor	3,40	1,17
Qualidade de trabalho/emprego	1,90	1,33
Geração de renda	1,80	4,14
Qualidade de saúde	0,70	0,77
Qualidade de gestão/administração	1,40	1,89
Impacto ambiental	0,40	0,50
Impacto social	2,00	2,59
Impacto econômico	1,60	1,39
Índice geral de impacto	1,30	1,25

Impacto ambiental: a avaliação mostrou um leve aumento, de 0,40 para 0,50.

Impacto social: esse indicador aumentou de 2,00 para 2,59, sugerindo uma evolução positiva nas condições sociais.

Impacto econômico: o impacto econômico caiu de 1,6 para 1,39, o que pode indicar uma desaceleração econômica ou desafio na sustentabilidade econômica.

Embora não tenha sido observada uma diferença expressiva entre os índices de impacto nas dimensões ambiental, social e econômica, alguns indicadores específicos apresentaram variações significativas, como os relacionados a “respeito ao consumidor” e “geração de renda”. Essas diferenças refletem particularidades da cadeia produtiva do tambaqui em Rondônia e no Amazonas.

Em Rondônia, principal produtor da espécie no Brasil, a cadeia encontra-se mais estruturada, com maior diversidade de alevinos disponíveis no mercado e maior organização entre os elos produtivos. Nesse contexto, a aplicação da análise genética das matrizes resultou em ganhos de qualidade no produto ofertado, com destaque para a redução na incidência de alevinos defeituosos, conforme relatado pelos piscicultores. Essa tendência é consistente com a literatura que aponta que o uso de ferramentas genômicas promove ganhos significativos em crescimento, resistência a doenças e qualidade da carne, além de reduzir os efeitos deletérios da endogamia (Gallardo et al., 2004; Caetano, 2009; Pedroza Filho et al., 2020).

Já no Amazonas, onde a cadeia produtiva é menos consolidada e ainda depende, em grande medida, da aquisição de matrizes oriundas da natureza ou de diferentes braços de rio (Meagher et al., 2000), os efeitos da adoção da tecnologia foram percebidos de forma distinta. A melhoria da qualidade genética dos alevinos teve impacto mais direto sobre a renda dos produtores, refletindo-se em aumento da produtividade e na redução de custos com

suplementação alimentar e tratamentos sanitários, que, anteriormente, não resolviam os problemas derivados da endogamia (Pedroza Filho et al., 2020). Isso explica o aumento mais expressivo desse indicador no Amazonas em 2023, em comparação com a realidade de Rondônia em 2022.

De forma geral, esses resultados demonstram que o TambaPlus Parentesco exerce efeitos positivos diferenciados de acordo com o grau de organização da cadeia produtiva em cada estado, reforçando seu potencial como ferramenta estratégica para aprimorar a eficiência, a sustentabilidade e a competitividade da piscicultura de tambaqui na Amazônia (Valenti, 2002; Meante & Doria, 2017; Almeida et al., 2018).

CONCLUSÃO

O uso do TambaPlus Parentesco por piscicultores produtores de alevinos tem demonstrado impactos positivos para a cadeia produtiva do tambaqui, conforme apontado pelos adotantes da tecnologia. Esses resultados estão associados, sobretudo, ao aumento da renda dos produtores de recria e engorda, ao expressivo ganho de produtividade, à redução da endogamia entre matrizes reprodutoras, à melhoria significativa da qualidade dos alevinos ofertados e à ampla aceitação do pescado selecionado pelo mercado. Para os produtores de alevinos, observa-se ainda um impacto econômico direto, decorrente da diminuição dos custos relacionados à endogamia e, conseqüentemente, da redução do custo operacional efetivo na produção.

Ressalta-se que a cadeia produtiva de peixes nativos na qual a solução tecnológica se insere, até alguns anos atrás, era artesanal, e a incorporação de inovações tecnológicas depende de um processo de modernização do setor, que necessita da articulação de diversos agentes, como organizações coletivas

de produtores, o poder público, empresas, instituições de pesquisa, entre outros. Ainda, é imperativo dedicar esforços para instrumentalizar os produtores e instruí-los sobre a relevância das relações de parentesco de matrizes em viveiros de alevinos e sobre os malefícios da endogamia e baixa diversidade genética.

Além disso, a cadeia de peixes nativos têm enfrentado desafios que influenciam a adoção da tecnologia, como a necessidade de regulamentação em âmbito local e regional, a concorrência com a piscicultura estruturada de espécies comerciais exóticas que está apta a atender às demandas de mercado e a influência da variabilidade climática.

Mesmo assim, a expectativa do mercado de peixes nativos é de consolidação, principalmente, em regiões nas quais o mercado do tambaqui possui representatividade na dinamização da economia local. Nesse contexto, o TambaPlus Parentesco é uma ferramenta relevante para promover a melhoria da qualidade do pescado e, conseqüentemente, para fortalecer a cadeia de valor da piscicultura de espécies nativas no País.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, E.S. de; BARAI, A.A.; CRAVEIRO, J.M. da C.; OLIVEIRA, A.M. de. Cadeia produtiva do tambaqui no estado do Amazonas. **Revista Brasileira de Engenharia de Pesca**, v.11, p.10-18, 2018. DOI: <https://doi.org/10.18817/repesca.v11i2.1666>.
- ÁVILA, A.F.D.; RODRIGUES, G.S.; VEDOVOTO, G.L. (Ed.). **Avaliação dos impactos de tecnologias geradas pela Embrapa**: metodologia de referência. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. 204p.
- CAETANO, A.R. Marcadores SNP: conceitos básicos, aplicações no manejo e no melhoramento animal e perspectivas para o futuro. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.64-71, 2009. Supl. Especial. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982009001300008>.
- GALLARDO, J.A.; LHORENTE, J.P.; GARCIA, X.; NEIRA, R. Effects of nonrandom mating schemes to delay the inbreeding accumulation in cultured populations of coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*). **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v.61, p.545-553, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1139/f04-012>.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa da Pecuária Municipal**. 2023. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/ppm>>. Acesso em: 1 Out. 2025.
- MEAGHER, S.; PENN, D.J.; POTTS, W.K. Male-male competition magnifies inbreeding depression in wild house mice. **Proceedings of the National Academy of Sciences USA**, v.97, p.3324-3329, 2000. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.060284797>.
- MEANTE, R.; DORIA, C. Caracterização da cadeia produtiva da piscicultura no estado de Rondônia: desenvolvimento e fatores limitantes. **Revista de Administração e Negócios da Amazônia**, v.9, p.164-181, 2017. DOI: <https://doi.org/10.18361/2176-8366/rara.v9n4p164-181>.
- MUNOZ, A.E.P.; BARROSO, R.M. **Informativo Campo Futuro**: piscicultores e técnicos discutem os custos de produção de tilápia em viveiro escavado na região da Mogiana – SP. Palmas: Embrapa Pesca e Aquicultura, 2016. (Informativo Campo Futuro, 26).
- PEDROZA FILHO, M.X.; FLORES, R M.V.; IANELLA, P.; CASTILHO-BARROS, L.; OLIVEIRA, E.J. de; CAETANO, A.R. **Tambaqui**: benefícios econômicos com a adoção do TambaPlus parentesco. Palmas: Embrapa Pesca e Aquicultura, 2020. 18p. (Embrapa Pesca e Aquicultura. Comunicado técnico, 4).
- PEIXE BR. **Anuário 2022**. São Paulo: Associação Brasileira de Piscicultura, 2022.
- SENAR. Serviço Nacional de Aprendizagem Rural. **Piscicultura**: fundamentos da produção de peixes. Brasília: Senar, 2017. 64p. (Coleção Senar, 195).
- SOUSA, D.N. de; KATO, H.C. de A.; NIEDERLE, P.A.; FREITAS, A.A. de; MILAGRES, C.S.F. Estratégias de comercialização do pescado da agricultura familiar para a alimentação escolar: a experiência no estado do Tocantins. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v.36, e26450, 2019. DOI: <https://doi.org/10.35977/0104-1096.cct2019.v36.26450>.
- SOUZA, M.L.M. de; COSTA, P.A.C.; ALMEIDA, E.S. de; MARTHA JÚNIOR, G.B. **Ambitec-Agro**: ferramenta para avaliação de impacto de inovações tecnológicas. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2007.