

BIOECONOMIA NA AMAZÔNIA: A CRIAÇÃO DE TAMBAQUI COMO ALTERNATIVA SUSTENTÁVEL

Thiago José Arruda de Oliveira - thiago.arruda@colaborador.embrapa.br

Marta Eichenberger Ummus - marta.ummus@embrapa.br

Diego Neves de Sousa - diego.sousa@embrapa.br

* Submissão em: 16/04/2024 | Aceito em: 11/06/2024

RESUMO

A pesquisa explorou a viabilidade da piscicultura do tambaqui como um modelo sustentável, propenso ao desenvolvimento de processos bioeconômicos. Os resultados da metodologia destacaram o potencial de áreas em Rondônia, Roraima e a divisa Pará-Maranhão para executarem projetos nesse contexto. Contudo, desafios como a falta de assistência técnica pública ou privada, baixa qualificação da mão de obra, alto preço de insumos e a presença limitada de cooperativas de financiamento agrícola na Amazônia representam grandes obstáculos. Por outro lado, a valorização da proteína animal dos peixes tem incentivado os proprietários rurais a ingressarem nessa atividade. Assim, superar os problemas fundamentais é essencial para transformar o cultivo de tambaqui em um representante da bioeconomia no frágil e ameaçado ecossistema amazônico.

Palavras Chaves: Sustentabilidade; Tambaqui; Amazônia.

BIOECONOMY IN THE AMAZON: THE CREATION OF TAMBAQUI AS A SUSTAINABLE ALTERNATIVE

ABSTRACT

This study assessed the viability of tambaqui fish farming as a sustainable model with the potential to facilitate the development of bioeconomic systems. Methodological findings highlighted the states of Rondônia, Roraima, and the border area between Maranhão and Pará, as promising candidates for implementing bioeconomic projects. Nonetheless, the absence of adequate technical guidance, a dearth of skilled labor, and constraints related to access to agricultural union credits, pose significant barriers to the realization of these initiatives in Amazon. On the other hand, the increasing appreciation for tambaqui meat have incentivized landowners to participate actively in this sector. In conclusion, addressing these fundamental issues is imperative for establishing tambaqui fish farming as a contributor to the bioeconomy within the delicate and endangered Amazon ecosystem.

Keywords: Sustainability; Tambaqui; Amazon.

1 INTRODUÇÃO

A piscicultura recebeu poucos incentivos durante o processo de dominação da Amazônia brasileira, embora os peixes nativos sejam uma importante fonte de alimentação e renda para aos habitantes locais, possuindo um enorme potencial para conquistar novos mercados consumidores (BELCHIOR; DALCHIAVON, 2017). Ao contrário, priorizou-se o modelo primário-exportador, fundamentado na agropecuária, extrativismo vegetal e mineral, totalmente desconectados com as especificidades regionais (MELLO, 2006). Além de causarem danos irreparáveis à vida silvestre, aos povos originários e às comunidades tradicionais, essas produções, especialmente a pecuária bovina, contribuem para o aumento do aquecimento global devido à elevada quantidade de gases de efeito estufa (GEEs) emitidos na atmosfera (HOELLE, 2017).

Diante da perda de biodiversidade no solo amazônico, emergiu a partir dos anos 1990 uma significativa pressão estrangeira para que o governo brasileiro tomasse medidas visando à proteção de suas riquezas naturais (SCHMINK *et al.*, 2017). Como resposta, surgiram propostas inovadoras focadas no conceito da bioeconomia, como plantio agroflorestal com o cacau em pastos degradados no município de São Félix do Xingu-PA, que teve êxito no cumprimento dos seus objetivos (GOMES *et al.*, 2015). Diferente das abordagens adotadas nos Planos Nacionais Desenvolvimentistas (PNDs) das décadas de 1970 e 1980, essas perspectivas seguem a trajetória da sustentabilidade, incorporando as riquezas genuínas da floresta em processos tecnológicos inclusivos e agregadores de valores, capazes de gerar bens comercializáveis derivados de bioprocessos e bioprodutos (CNI, 2020).

Entretanto, os reais benefícios de se harmonizar o meio ambiente com piscicultura carecem de um consenso definitivo (BARLOW *et al.*, 2021), mesmo diante de uma demanda crescente pela carne de tambaqui (*Colossoma macropomum*) cultivado na Amazônia (PEDROZA FILHO, 2016) e sua capacidade de utilizar menos espaços de terra do que a bovinocultura (MACGRATH *et al.*, 2020). Com o objetivo de contribuir para suprir essa lacuna, a pesquisa analisou as aglomerações especializadas na produção dessa espécie, considerando também o índice de crescimento produtivo e os fatores socioeconômicos relacionados a essa atividade. Dessa forma, determinou-se quais regiões amazônicas são potencialmente adequadas para o desenvolvimento de um modelo de sustentabilidade com base na bioeconomia, bem como identificar as limitações e vantagens dessa atividade.

A estratégia empírica adotada na pesquisa consistiu de duas partes. Na primeira fase, utilizou-se o *I* de Moran Global e Local (anos de 2013, 2017 e 2020), enquanto na segunda etapa, recorreu-se à econometria (ano de 2017). Além dessa introdução, o trabalho prossegue com o referencial teórico, detalha a metodologia, discute os resultados obtidos, e conclui a análise, apresentando, por fim, as referências bibliográficas.

REFERENCIAL TEÓRICO

O bioma Amazônia, o qual detém a maior floresta tropical do mundo, se estende por nove Unidades Federativas do Brasil: Acre (AC), Amapá (AP), Amazonas (AM), Maranhão (MA), Mato Grosso (MT), Pará (PA), Rondônia (RO), Roraima (RR) e Tocantins (TO). Embora anteriormente caracterizado como um “lugar vazio”, as regiões amazônicas receberam significativos investimentos públicos e privados durante o último quartil do século XX (MELLO, 2006). Essas iniciativas atraíram pessoas e capital, resultando na formação de espaços econômicos rural-urbanos dinâmicos, estreitamente ligados ao restante do Brasil e aos mercados internacionais (BECKER, 2005). Na segunda década do século XXI, bases econômicas regionais especializadas em agronegócio, extrativismo mineral e vegetal emergiram nesse período (OLIVEIRA; PIFFER, 2017).

A ocupação desordenada das terras amazônicas, desvinculadas da preservação dos recursos naturais, resultou na degradação de ecossistemas, gerando a necessidade de sua proteção por meio de regulamentos, leis, tratados e convenções internacionais (CHAVES *et al.*, 2023). Através dessas medidas, o governo federal evitava o avanço desenfreado das áreas de pastagem destinadas à alimentação do rebanho bovino, em detrimento das florestas (HOELLE, 2014; 2017). Além disso, atividades como os garimpos sem licenciamento, o extrativismo de madeiras ilegais, a grilagem de terras públicas, a caça e pesca predatória e o comércio de animais e plantas silvestres, chamavam a atenção das autoridades públicas. Para mitigar os danos oriundos dessas práticas criminosas, a partir da década de 1990 emergiu-se um forte movimento de promoção da sustentabilidade (SCHMINK *et al.*, 2017).

Nesse contexto surgiu uma série de conceitos, incluindo a economia verde, economia de baixo carbono, economia circular, nova economia, *green new deal*, e, atualmente predominante, a bioeconomia (CNI, 2020; UE, 2018). Esta abordagem opera em todos os setores e sistemas econômicos que lidam com recursos biológicos que são capazes de gerar

inovações que agregam valor a partir de descartes e resíduos. Na área da agropecuária, a meta é a minimização do uso do solo, mantendo-se ou até mesmo aumentando os níveis de produtividade e renda para os produtores rurais, ao mesmo tempo que se preserva a cobertura original dos solos (UE, 2018).

Existe a possibilidade da piscicultura se tornar um vetor para o desenvolvimento da bioeconomia na Amazônia, uma vez que sua área de produção e emissão dos gases do efeito estufa é menor do que na bovinocultura (MACGRATH *et al.*, 2020). Esse potencial estimulou a implantação de políticas públicas que simplificaram a obtenção de licenças para a prática piscícola, expandiram as linhas de créditos e incentivaram a entrada de agentes privados na atividade (PEDROZA FILHO *et al.*, 2016). Como resultado, estados amazônicos como Rondônia se transformaram em um dos principais comercializadores de tambaqui do Brasil (SCHMINK *et al.*, 2017).

O *Colossoma macropomum* é considerado uma das principais espécies nativas utilizadas na piscicultura brasileira, distribuindo-se em nove das dozes bacias hidrográficas do País (PEDROZA FILHO *et al.*, 2016; BELCHIOR; DALCHIAVON, 2017). Suas vantagens se associam ao seu potencial ganho de peso, alta rusticidade, adaptabilidade a diversos sistemas piscícolas e excelente aceitação entre os consumidores. Diferente de outros membros de sua família (*Serrasalminidae*), como o pacu e a pirapitinga, é originário da Amazônia. Esses representantes são conhecidos popularmente como “peixes redondos” devido à forma corporal arredondada dos animais (MORO *et al.*, 2013).

Embora o crescimento da piscicultura do tambaqui na Amazônia represente uma nova maneira de reduzir a pressão sobre os recursos naturais e aumentar a renda da população local, a fuga dos tanques para os corpos d’águas, especialmente dos híbridos tambacu e tambatinga, apresenta uma ameaça à vida selvagem (MORO *et al.*, 2013; DORIA *et al.*, 2021). Além disso, criação em cativeiro enfraquece a pesca artesanal (BARLOW *et al.*, 2021), que é a base de sustento das comunidades ribeirinhas (PRYSTON *et al.*, 2022). Outra desvantagem é o alto custo de funcionamento, exigindo um nível considerável de tecnificação, que se torna inacessível para a maioria dos produtores rurais (BARBOSA; LIMA, 2016).

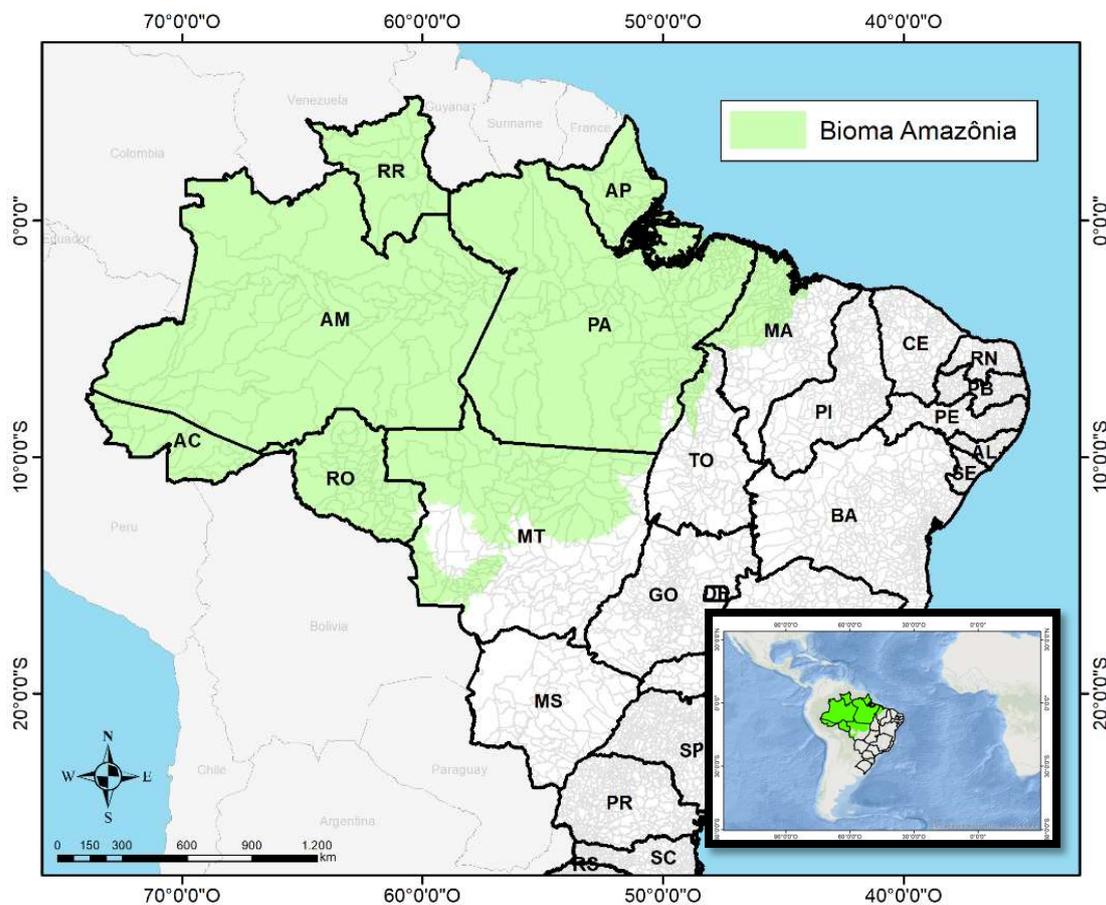
As barreiras impostas por questões financeiras, físicas e técnicas têm dificultado a transição de um modelo de produção agrícola tradicional para práticas mais sustentáveis ambientalmente e viáveis economicamente. No âmbito da piscicultura, pesquisadores empenham-se para resolver essas questões. Uma maneira de evitar a fuga do tambaqui e de seus

híbridos para o ambiente natural é a introdução de animais estéreis ou até a proibição de sua transferência para outras bacias hidrográficas (DORIA *et al.*, 2021). Para viabilizar a criação em pequenas propriedades, a tecnologia denominada “Sisteminha”, desenvolvida pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), proporciona a diluição dos custos de operação. A disseminação dessas e outras inovações nas Unidades da Federação (UFs) da Amazônia dependerão de políticas contínuas que incentivem as pessoas a investirem na piscicultura sustentável (MACGRATH *et al.*, 2020).

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O período de análise abrangeu de 2013, ano em que o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) divulgou os primeiros dados sobre a piscicultura brasileira, até 2020, marcado pelo início da pandemia do novo coronavírus SARS-CoV-2. A área de estudo abrange os municípios inseridos no bioma Amazônia (Figura 1).

Figura 1. Localização da área de estudo



Fonte: Elaborado pelos autores.

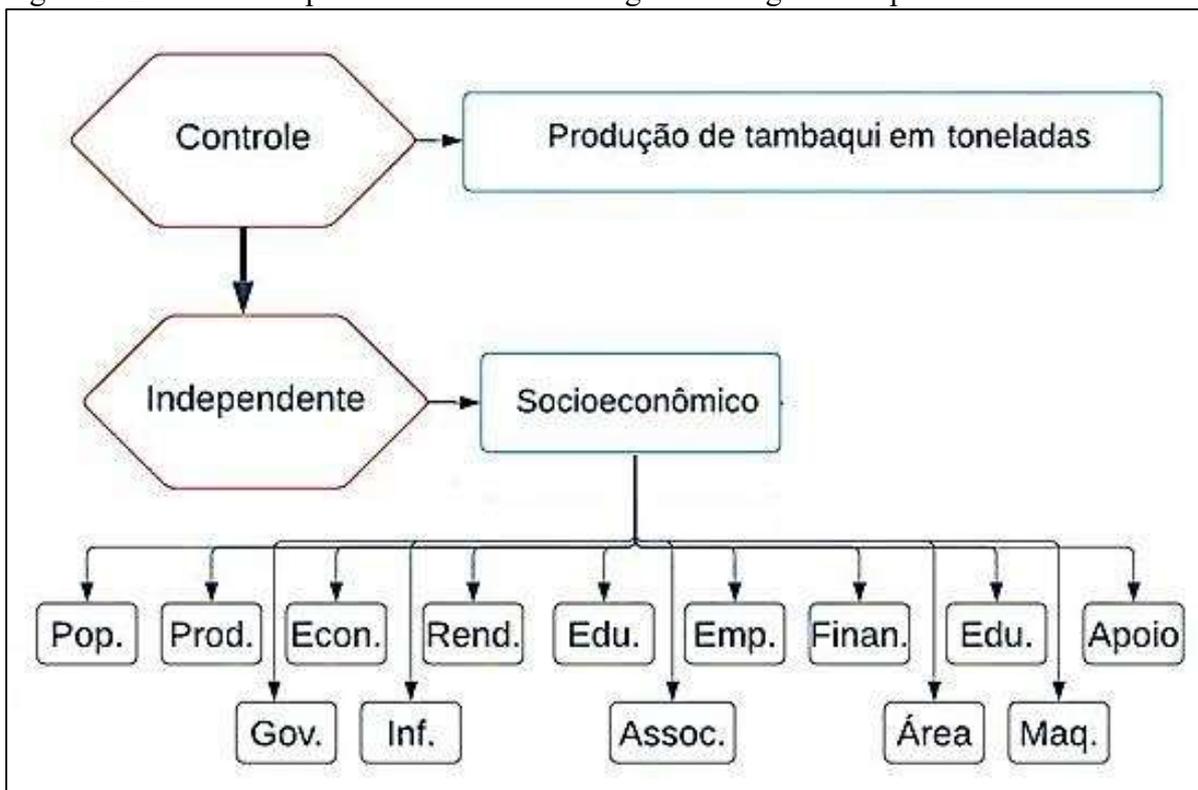
Na primeira etapa, adotou-se o *I* de Moran Local ou *LISA* (*Local Indicator Spatial Analysis*). Esse modelo de autocorrelação permite que a variável dependente se correlacione com ela mesma, possibilitando a formulação de hipóteses em relação a várias alternativas prévias (ANSELIN; REY, 2014). Neste contexto de pesquisa, o indicador detectou padrões espaciais, como aglomerados municipais que se dedicaram preferencialmente à produção de tabaqui. O desenvolvimento algébrico do método está disponível em Marasteanu; Jaenicke (2016) e Luz; Ummus (2020).

A vantagem do *I* de Moran *Local* relaciona à sua capacidade de classificar os resultados em cinco categorias (*High-high*, *Low-high*, *High-Low*, *Low-low* e *No correlation*) por meio de uma matriz de distância “w” do tipo *knearest*. Essa abordagem calcula a distância ideal de cada delimitação geográfica a partir da média e da mediana da região amazônica, constituindo, assim, uma abordagem alternativa ao método tradicional “*queen*”, que se fundamenta no conceito binário (1 – compartilha a fronteiras; 0 – não compartilha a fronteira). Quando o indicador apresenta um nível de significância acima de 95%, evidenciam-se os *hot-spots* em um *LISA map*, ou seja, locais onde se formaram os *clusters* (MARASTEANU; JAENICKE, 2016), no caso desse estudo, fortemente especializados na piscicultura do tabaqui.

Além da produção bruta de tabaqui nos municípios, a taxa de crescimento (2013/2020) também se submeteu à estatística espacial. Antes de realizar o procedimento, descartaram-se os valores nulos e discrepantes, com o propósito de uma distribuição amostral próxima da normal. Os resultados decorrentes desses procedimentos servirão de base para uma discussão sobre a natureza dos *clusters*, além de fornecer subsídios para conclusões relacionadas à sua aptidão para o desenvolvimento da piscicultura sustentável através de tecnologias da bioeconomia.

A segunda fase, que compreende a análise socioeconômica, mantém a produção municipal de tabaqui como variável controle/dependente, porém, somente para 2017, ano de divulgação do último Censo Agropecuário do IBGE. O modelo de regressão linear utilizado foi o amplamente conhecido Mínimos Quadrados Ordinários (MQO), uma abordagem clássica e simples que utiliza uma série de procedimentos matemáticos geradoras de coeficientes de regressão (HAIR *et al.*, 2009). Em relação às variáveis dependentes, selecionaram-se conforme a estrutura apresentada na Figura 2.

Figura 2. Estrutura dos procedimentos metodológicos da segunda etapa



Fonte: resultados da pesquisa. Organizado pelos autores. Nota: População (Pop.), Produtores (Prod.) – direção dos estabelecimentos agrícolas, sexo do produtor e recebimento de orientação técnica, Econômicas (Econ.) – Produto Interno Bruto municipal, Valor Adicionado Bruto da Agropecuária, valor da produção, despesa e manutenção, Renda (Rend.) – renda dos aquicultores da agricultura familiar ou não-familiar, Educação (Edu.) – nível de instrução, Emprego (Emp.) – pessoal ocupado, número de empresas e massa salarial, Financiamento (Finan.) – recebimento, destino e fonte, Unidades de apoio à piscicultura (Apoio) – consultorias, revendedoras de sanidade piscícola, equipamentos, fábricas de ração ou gelo e laboratórios de formas jovens, Financiamento público (Gov.) – Pronaf, Inra, Terra Brasil, Proinf, Pronamp, outros e sem apoio financeiro do governo, Infraestrutura (Inf.) – energia elétrica, sem energia elétrica, presença de nascentes e/ou rios, Associação (Assoc.) – cooperativas, entidades de classe, outros tipos e não associados, Área (tamanho das propriedades rurais) – menos de 1 ha, de 1 ha a 10 ha, 10 ha a 50 ha, 50 ha a 100 ha, 100 ha a 1000 ha e acima de 1000 ha e Maquinários (Maq.) – tratores e sem tratores na propriedade rural.

A vantagem do MQO reside na sua capacidade de realizar testes de significância com base em probabilidades. Dessa forma, os estimadores adquirem relevância estatística quando o nível de significância (alfa) atinge o valor de 0,05. Além disso, o coeficiente ajustado de determinação (R^2) é um recurso valioso que permite comparações entre as equações, independentemente do número de variáveis explicativas. Para melhorar a precisão dos estimadores, conduziu-se uma nova regressão, excluindo aqueles com nível de significância acima de 0,05.

Adicionalmente, realizou-se um novo cálculo econométrico, segmentando os municípios em dois grupos. Para essa classificação, utilizou-se como suporte o Valor Adicionado Bruto da Agropecuária (VAB Agr.) no município e a quantidade de tabaqui

produzido, ambos para 2017. Se a participação da espécie for superior a 50% do VAB Agr., significa uma alta representatividade dessa atividade na base econômica municipal; abaixo desse valor, demonstra uma atuação média ou limitada. Esse procedimento identificará os motivos que levaram determinados localidades a se especializarem na atividade. As conclusões extraídas permitirão a identificação das variáveis que têm potencial para impulsionar os processos bioeconômicos na piscicultura amazônica.

Para a construção do banco de dados, utilizou-se o Banco de Tabelas Estatísticas (SIDRA/IBGE) e o Sistema de Inteligência Territorial Estratégica para Aquicultura (SITE Aquicultura). Por fim, esse estudo insere-se no âmbito do projeto *Ações estruturantes e inovação para o fortalecimento das cadeias produtivas da Aquicultura no Brasil – BRS Aqua*, coordenado pela Embrapa Pesca e Aquicultura. Além disso, é parte integrante da proposta *Pegada de carbono e os impactos da expansão aquícola no Amazônia*, da chamada *Iniciativa Amazônia +10*, e também se insere no projeto *Aquicultura como uma alternativa sustentável nas áreas de pecuária bovina da Amazônia Legal*, financiado pelo Programa de Apoio à Fixação de Jovens Doutores do Tocantins do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, em parceria com a Fundação de Amparo à Pesquisa do Tocantins (PROFIX – CNPq/FAPT).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

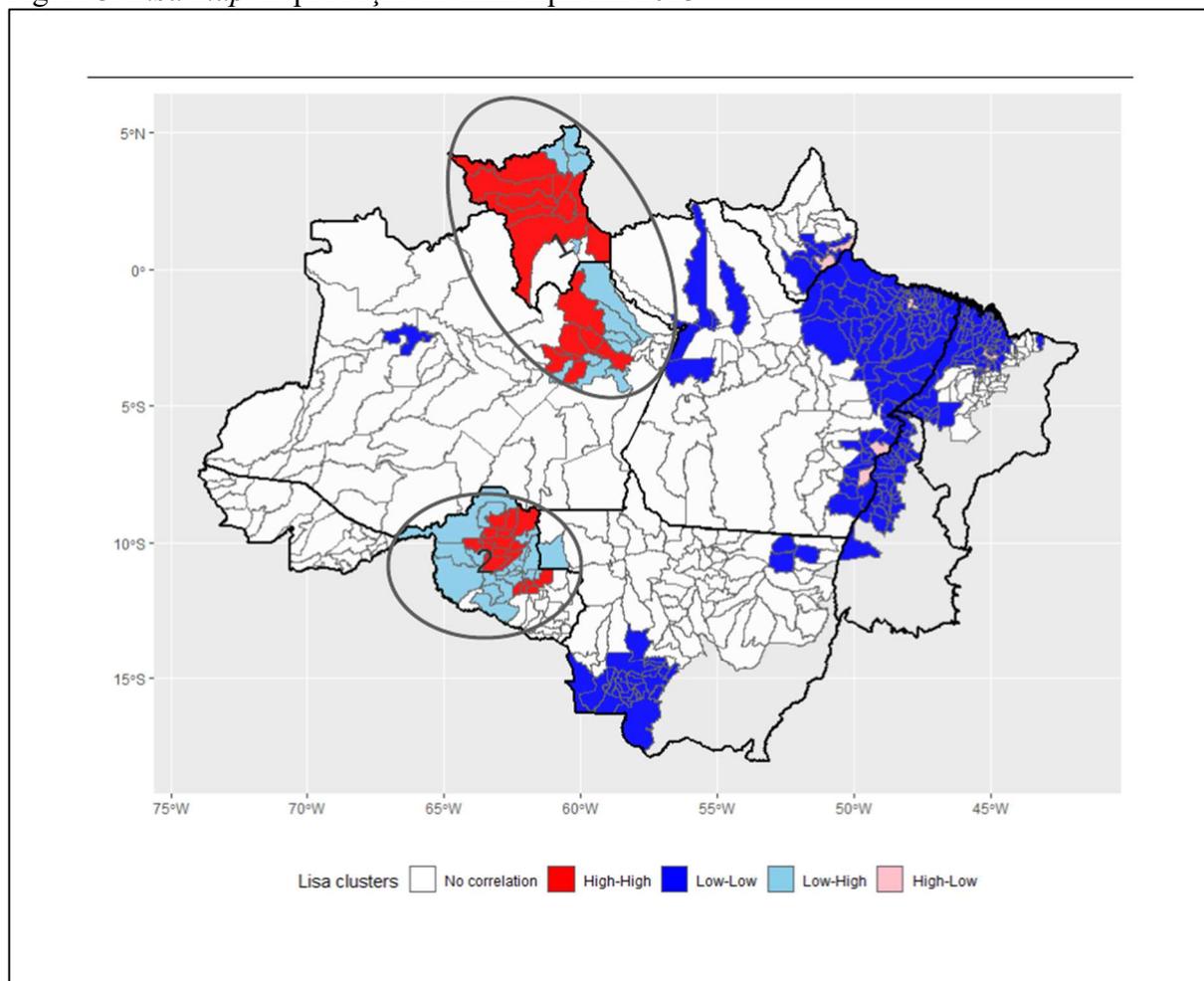
No início, apresentou-se os resultados da análise espacial, divididos em subcapítulos: produção de tabaqui por ano (2013, 2017 e 2020), da taxa crescimento da produção de tabaqui (2013-2020), classificação dos *clusters* de tabaqui na Amazônia. Posteriormente, discutiu-se os resultados obtidos a partir do modelo econométrico em duas partes: análise de correlação geral e análise de correlação por agrupamentos.

Análise espacial da produção do tabaqui por ano (2013, 2017 e 2020)

Em 2013, os *hot-spots* do tabaqui cultivado no bioma Amazônia concentravam-se do Amazonas, particularmente nos arredores da capital, Manaus-AM, estendendo-se até o extremo norte de Roraima (área 1), e em Rondônia (área 2). A maioria dos municípios nesses locais registrou valores de produção acima de mil toneladas, como Amajari-RR (3,9 mil t), Rio Preto

da Eva-AM (3,6 mil t) e Ariquemes (3,2 mil t). Na área 2, observou-se que a influência dos municípios rondonienses ultrapassou os limites estaduais e adentrou o vizinho Mato Grosso, especificamente em Rondolândia-MT, exibindo um padrão “Baixo-alto” (Figura 3).

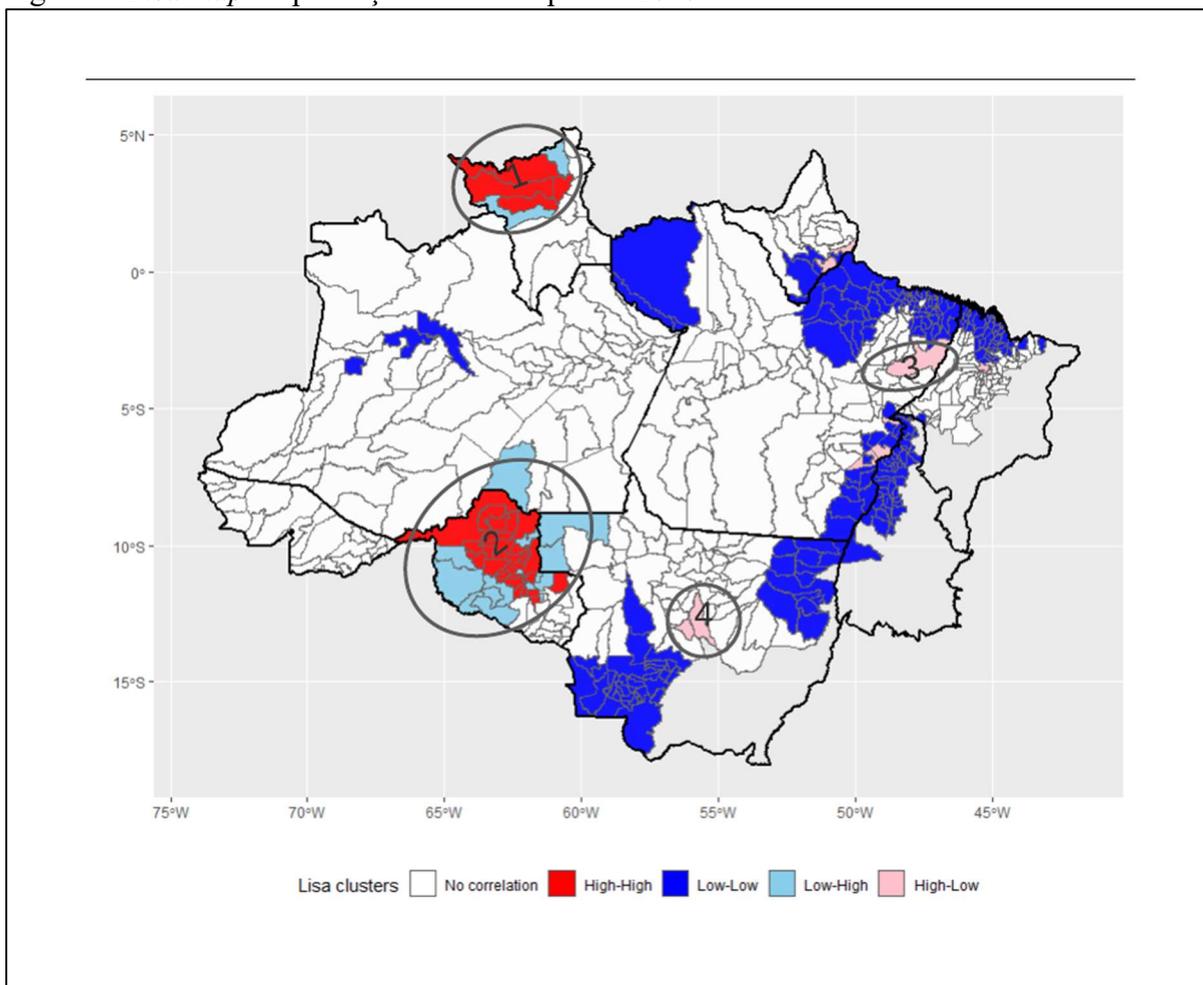
Figura 3. *Lisa map* da produção do tabaqui em 2013



Fonte: resultados da pesquisa. Elaborado pelo autor. Nota: área 1 (AM-RR) e área 2 (RO).

Os municípios classificados como “*Low-High*” são conhecidos por terem uma produção de tabaqui maior que a média regional, porém com um desempenho inferior aos municípios adjacentes, indicando possibilidades de crescimento no curto prazo. Comprovou-se essa situação no *Lisa map* de 2017, que revelou a expansão do *hot-spot* de Rondônia, inclusive com influência em Rondolândia-MT, indo além dos limites estaduais. Isso resultou na formação de um corredor bem definido, estendendo-se de Porto Velho-RO até Espigão do Oeste-RO, nas proximidades com o Cone Sul de RO (Figura 4).

Figura 4. *Lisa map* da produção do tabaqui em 2017



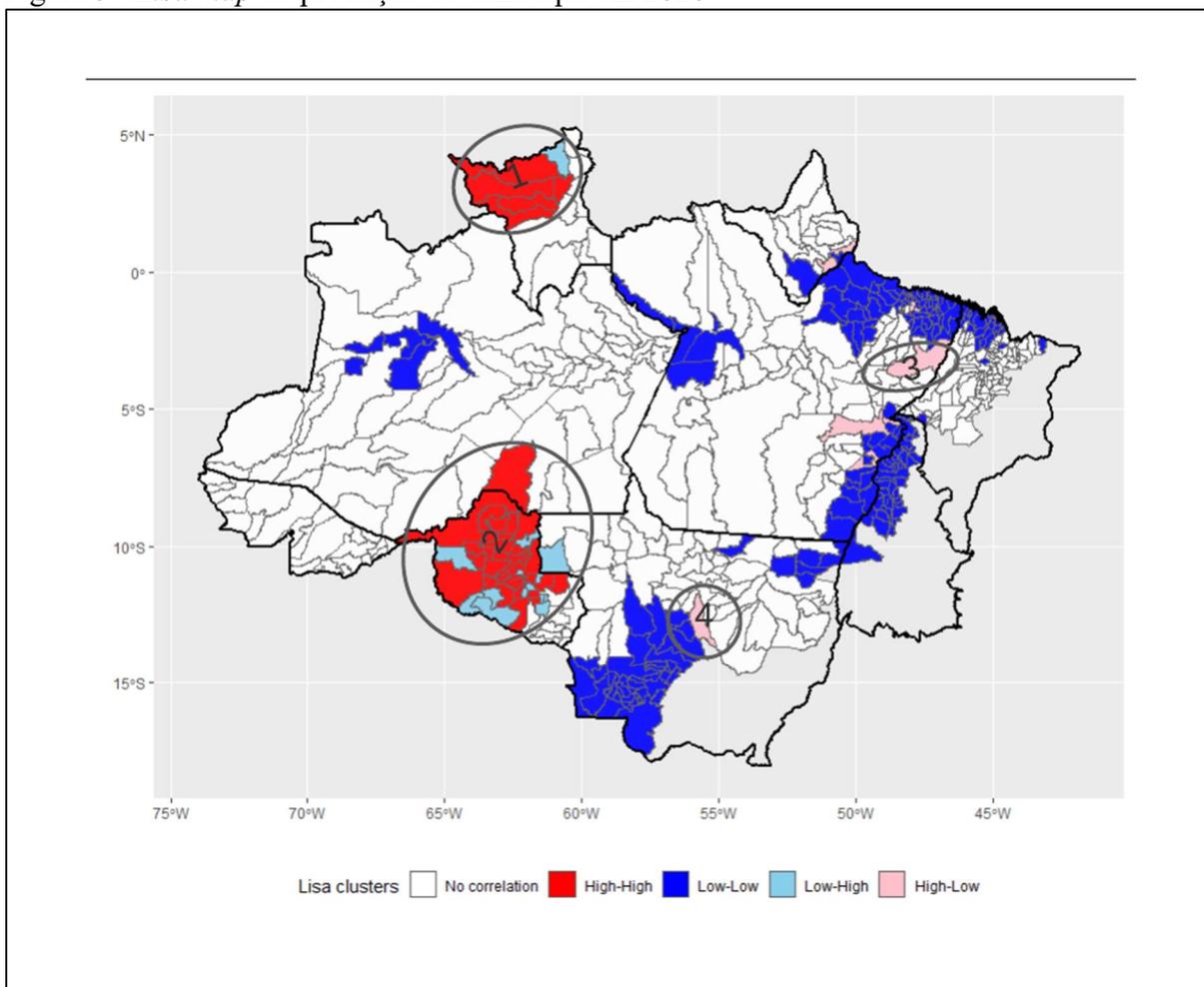
Fonte: resultados da pesquisa. Elaborado pelo autor. Nota: área 1 (RR), área 2 (RO), área 3 (Paragominas-PA) e área 4 (Sorriso-MT e Lucas do Rio Verde-MT).

No entanto, a área 1, que antes incluía os municípios no entorno de Manaus-AM e Roraima, quase desapareceu por completo. Essa redução se relaciona a uma queda significativa de produção em localidades como Rio Preto da Eva-AM, que diminuiu de 7,6 mil toneladas em 2015 para 1,2 mil toneladas em 2017. Para fins de comparação, Ariquemes-RO, o maior produtor de tabaqui do Brasil, aumentou de 8,9 mil toneladas para 11,5 mil toneladas no referido período. Apesar disso e da queda repentina em Boa Vista-RR (de 2,8 mil t para 620 t), essa área segue como uma das referências nacionais na piscicultura do tabaqui, graças ao excelente desempenho de Amajari (4º lugar no geral, com 3,7 mil toneladas) e Alto Alegre (9º lugar no geral, com 2,3 mil toneladas).

Dois enclaves surgiram em 2017, um em Paragominas-PA (área 3), de desempenho notável (5º no *ranking* com 3,7 mil toneladas), e outro (área 4) formado por Sorriso-MT (291 toneladas) e Lucas do Rio Verde-MT (190 toneladas). Nos próximos anos, espera-se a

ocorrência do efeito de transbordamento da produção, fazendo com que os seus vizinhos participem dessa rede de interação econômica. Entretanto, em 2020, ocorreu uma retração espacial no Mato Grosso, com o aumento dos *cold-spots*, enquanto no Pará, a produção estadual concentrou-se em poucas localidades (Figura 5).

Figura 5. *Lisa map* da produção do tabaqui em 2020



Fonte: resultados da pesquisa. Elaborado pelo autor. Nota: área 1 (RR), área 2 (RO), área 3 (Paragominas-PA) e área 4 (Sorriso-MT).

Por outro lado, o *hot-spot* que abrange o entorno de Porto Velho-RO, estendendo-se até a vizinha Humaitá-AM do outro lado da fronteira estadual, emergiu como um foco de destaque. Esse crescimento ocorreu sob a liderança do Vale do Jamari-RO, representada por Ariquemes-RO, e Central de Rondônia, com Ouro Preto do Oeste-RO em evidência. Além disso, unidos ao Vale do Guaporé, com destaque para São Francisco do Guaporé-RO, e à Zona da Mata rondoniense, influenciada por Alta Floresta do Oeste-RO, uma área caracterizada pelo

predomínio do café *Robustas Amazônicas*, consolidou-se como a principal região de produção de tabaqui em cativeiro no Brasil (área 2).

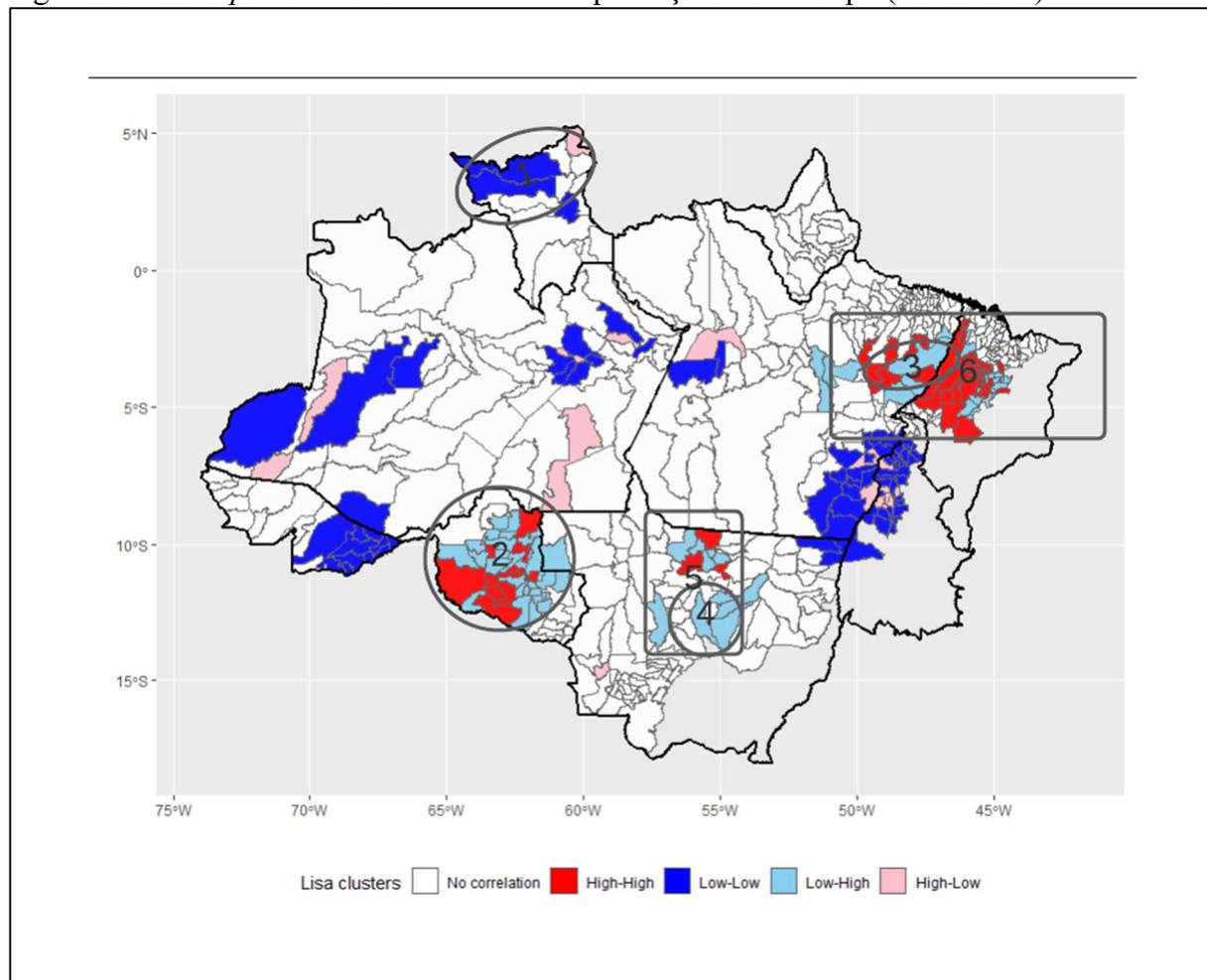
Nas outras partes da Amazônia, Roraima, especialmente a oeste e noroeste da capital, Boa Vista-RR, permaneceu como um dos principais *clusters* dessa atividade no País (área 1), mesmo com a desaceleração dos municípios ao norte de Manaus-AM, que nunca mais alcançaram os níveis elevados de anos anteriores. Por fim, não se observa *hot-spots* nos estados do Acre, Amapá, Maranhão e Tocantins, sugerindo que o tabaqui exerce uma função secundária, ou até mesmo irrelevante, em suas bases econômicas. Nesse contexto, chama a atenção a presença de um corredor *cold-spot* que se estende ao longo do rio Araguaia, entre as divisas do TO com o Pará e o Mato Grosso, conforme destacado nos mapas apresentados neste subcapítulo.

Análise espacial da taxa crescimento da produção do tabaqui (2013-2020)

O *Lisa map* revelou a existência de duas regiões com potencial para se transformarem em polos de produção do tabaqui. Um deles se localiza no norte de Mato Grosso (área 5), e a outra entre o Maranhão e o Pará (área 6). Em ambas as delimitações, destacam-se Sorriso-MT e Paragominas-PA, os enclaves que apresentaram níveis elevados de produção entre 2013 e 2020, embora os municípios vizinhos enfrentem dificuldades para acompanhar essa tendência. Nesse contexto, a área 6 possui vantagens sobre a área 5 devido à maior presença de padrões “*High-high*”, especialmente no MA (Figura 6).

Além disso, a confluência dos estados do Maranhão e Pará se estabelece na Bacia Hidrográfica do Atlântico Nordeste Ocidental, uma região de grande importância socioeconômica para os trabalhadores que dependem da pesca nos rios Grajaú, Pindaré, Mearim, Itapecuru, Gurupi e outros. Esses recursos hídricos servem de base para projetos de piscicultura apoiados pelo governo, com ênfase nas iniciativas desenvolvidas pela 8ª Superintendência Regional da CODEVASF (Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Paranaíba), com sede em São Luís-MA. Por outro lado, poucos municípios se aproximaram do desempenho de Paragominas-PA (com média de 3 mil toneladas por ano entre 2013 e 2020). Apenas Igarapé do Meio-MA se destacou ao manter a produção de tabaqui entre uma e duas toneladas durante todo o período de análise.

Figura 6. *Lisa map* da taxa de crescimento da produção de tabaqui (2013-2020)



www.rara.unir.br

Fonte: resultados da pesquisa. Elaborado pelo autor. Nota: área 1 (RR), área 2 (RO), área 3 (Paragominas-PA), área 4 (Sorriso-MT), área 5 (Norte de MT) e área 6 (MA-PA).

Por outro lado, na região do Norte do Mato Grosso, onde se localiza o rio Teles Pires, bem como no Alto Xingu, a Codevasf não possui autorização para empreender projetos voltados para a piscicultura. Ademais, as próprias características da base econômica de MT, centrada na pecuária bovina, aves e suínos e na produção extensiva de grãos (soja, milho, sorgo) e algodão, naturalmente relegam o tabaqui a um segundo plano. Como exemplo, o município vizinho de Sorriso-MT, Lucas do Rio Verde-MT, um dos principais expoentes do agronegócio nacional, testemunhou a produção desse peixe diminuir de 316 toneladas em 2013 para 100 toneladas em 2020.

Em Roraima, observou-se taxas decrescentes, assim como nos arredores de Manaus-AM. Isso evidencia a retração do *hot-spot* (área 1) situado nesta parte do bioma amazônico ao longo do tempo. Enquanto isso, Rondônia (área 2), o principal produtor de tabaqui do Brasil,

apresentou ritmos crescentes em alguns dos seus municípios. No entanto, em escala estadual, percebeu-se que a maioria de suas localidades se classifica como “*Low-high*”, indicando que a atividade piscícola atingiu os limites de produção considerando os recursos naturais, humanos e financeiros disponíveis.

Classificação dos clusters de tabaqui na Amazônia

As áreas do bioma amazônico que incluem Acre, Amapá, Tocantins e o oeste do Amazonas são locais onde a prosperidade do tabaqui é improvável. Ao redor de Manaus-AM (área 1.2), ainda existe uma produção numericamente relevante, embora bem distante de Boa Vista-RR e adjacentes (área 1.1), além de Rondônia (área 2). Por fim, a junção entre o Maranhão e o Pará (área 6), sob a influência de Paragominas-PA (área 3) possui melhores condições de formalizar um novo *cluster* do que o Norte do Mato Grosso (área 5) onde Sorriso-MT é dominante (área 4). O Quadro 1 sintetizou tais constatações.

Quadro 1. Classificação dos *clusters* do tabaqui na Amazônia a partir dos *Lisa maps*

Tipo	Área	UF	Principal produtor de tabaqui (média)
Crescimento	2	RO	Ariquemes-RO (9,1 mil toneladas)
Consolidado	1.1	RR	Amajari-RR (3,6 mil toneladas)
Estagnado	1.2	AM	Manaus-AM (861 toneladas)
Potencial (próspero)	3 e 6	PA e MA	Paragominas-PA (3,6 mil toneladas)
Potencial (incerto)	4 e 5	MT	Sorriso-MT (1,1 mil toneladas)

Fonte: resultados da pesquisa. Organizado pelo autor.

Nesta dinâmica, Rondônia se destaca como o principal centro produtor de tabaqui da Amazônia, abrangendo uma faixa que se estende de Porto Velho-RO até as bordas do Cone Sul de RO. Trata-se de uma área com uma capacidade de expansão incomparável e que se configura como uma referência nacional para a piscicultura. Por outro lado, a produção de Roraima (área 1.1) manteve-se notável ao longo do tempo, porém salienta-se que o seu nível de crescimento encontra-se desacelerado. Há a preocupação de que, sem os estímulos apropriados, esse *cluster* possa seguir um destino semelhante ao do Amazonas (área 1.2), onde houve um período de declínio seguido por um ritmo constante.

No contexto dos potenciais polos, enfatiza-se a promissora perspectiva dos municípios situados entre o Maranhão e o Pará como o próximo grande produtor de tabaqui na Amazônia. Nesse sentido, Paragominas-PA desempenhará uma função crucial ao impulsionar a atividade

para as demais localidades. Entretanto, pairam incertezas quanto à capacidade de Sorriso-MT coordenar um processo semelhante para o Mato Grosso. No curto prazo, a tendência é que essa atividade concentre espacialmente no território mato-grossense.

Análise de correlação geral

Após o reconhecimento dos *clusters*, precedeu à análise das variáveis socioeconômicas que apresentarão correlação com a produção de tabaqui (Tabela 1).

Tabela 1. Regressão MQO dos dados socioeconômicos (variável controle: produção bruta de tabaqui em 2017)

	Produção de tabaqui em 2017	
	(1)	(2)
Masculino	-0.112 (0.344)	
Sem orient. téc.	-0.860*** (0.290)	-0.794*** (0.242)
VAB - Agr.	0.086 (0.078)	
Valor Prod.	0.111*** (0.030)	0.130*** (0.030)
Valor Vend.	0.102*** (0.031)	0.105*** (0.031)
Agric. não-familiar	0.054* (0.029)	0.059** (0.029)
Educ. Básica	1.465** (0.700)	2.237*** (0.658)
Educ. Intermed.	-4.748*** (1.268)	-3.762*** (1.218)
Finan. p/ inv. e com.	0.086** (0.035)	0.085** (0.034)
Finan. por coop. de cred.	0.616 (0.386)	
Unid. de apoio	0.541* (0.288)	0.571** (0.287)
Pronaf	0.818*** (0.285)	0.931*** (0.283)
Ener. Elétrica	0.282 (0.355)	
Cooperativas	1.995 (1.223)	
Peq. prop. rurais	0.908** (0.458)	0.931*** (0.318)
Méd. prop. rurais	1.110*** (0.426)	1.206*** (0.303)
Méd.-Gran. prop. rurais	0.331 (0.474)	
Gran. prop. rurais	1.386*** (0.473)	1.604*** (0.356)
Latifúndios	0.684 (1.211)	
Tratores	0.305 (0.460)	
Constante	1.204 (0.844)	1.746*** (0.432)
Observations	416	416
R2	0.419	0.397
Adjusted R2	0.389	0.379
Residual Std. Error	1.466 (df = 395)	1.479 (df = 403)
F Statistic	14.230*** (df = 20; 395)	22.115*** (df = 12; 403)

Nota: 0 (***); 0.001 (**); 0.01 (*); 0.05(.

No modelo 1, um total de 7 estimadores (VAB – Agr., Finan. por coop. de cred., Ener. Elétrica, Cooperativas, Méd. Grand. prop. rurais, Latifúndios e Tratores) e a constante apresentaram níveis de significância abaixo de 95%. Na nova regressão (modelo 2), emergiram-se correlações robustas que explicam 38% dos fatores associados à produção de tabaqui na Amazônia em 2017. Nesse aspecto, a valorização da mercadoria, representada pelos parâmetros “Valor Prod.” e “Valor Vend.”, surge como o principal estímulo para que quais os proprietários rurais investem na piscicultura do tabaqui. Isso ilustra a alta demanda como a carne desse peixe tanto nos mercados domésticos e internacionais (PEDROZA FILHO, 2016). Linhas de créditos para investimentos e comercializações, assim como o Pronaf, também desempenham funções significativas nesse contexto.

Além disso, observou-se que os agricultores familiares coexistem com os agricultores não-familiares na produção de tabaqui. Essa contradição está relacionada com a vasta extensão do território amazônico, onde coexistem áreas de caráter empresarial, como Rondônia, e outras de menor porte, como a área 1.2 no Amazonas. Por último, as unidades de apoio contribuíram expressivamente para o fortalecimento dessa atividade. No entanto, esses aspectos positivos coexistem com a escassez de orientações técnicas, a presença significativa de trabalhadores com formação educacional básica e poucos com nível intermediário de instrução.

Análise de correlação por agrupamentos

Nos agrupamentos, analisaram-se as variáveis socioeconômicas que apresentaram, correlações com a produção de tabaqui, separadas em grupo primário (alta participação da espécie no VAB Agropec, acima de 50%) e secundário (média ou limitada participação da espécie no VAB Agropec., abaixo de 50%). Para uma melhor visualização dos resultados, consulte o anexo.

Os resultados do modelo econométrico indicaram uma forte associação com financiamento por cooperativas de créditos (“Finan. por coop. de cred.”), com ou sem *outliers* (Tabela 2). Ao consultar o SITE Piscicultura, mantido pela Embrapa Pesca & Aquicultura, verificou-se que essa variável se concentra nos municípios de Rondônia, reconhecidos pela sua relevância nessa atividade.

Tabela 2. Regressão MQO dos dados socioeconômicos (variável controle: produção bruta de tabaqui em 2017) por grupos de municípios (primário)

	Produção de tabaqui em 2017		
	(1)	com outliers (2)	sem outliers (3)
Masculino	-0.397 (0.375)		
Sem orient. téc.	-0.574* (0.302)	-0.566** (0.245)	-0.586** (0.235)
VAB - Agr.	0.020 (0.078)		
Valor Prod.	0.057** (0.024)	0.060*** (0.023)	0.067*** (0.023)
Valor Vend.	0.078*** (0.024)	0.079*** (0.023)	0.076*** (0.023)
Agric. não-familiar	0.033 (0.021)	0.039* (0.021)	0.013 (0.021)
Educ. Básica	2.080*** (0.690)	2.237*** (0.613)	1.845*** (0.598)
Educ. Intermed.	-2.862* (1.467)	-1.862 (1.331)	-1.638 (1.280)
Finan. p/ inv. e com.	0.019 (0.025)		
Finan. por coop. de cred.	0.877*** (0.277)	0.957*** (0.267)	1.018*** (0.257)
Unid. de apoio	0.470** (0.210)	0.485** (0.202)	0.460** (0.195)
Pronaf	0.423** (0.212)	0.433** (0.204)	0.417** (0.196)
Ener. Elétrica	0.070 (0.436)		
Cooperativas	0.746 (1.146)		
Peq. prop. rurais	0.679 (0.488)		
Méd. prop. rurais	0.810* (0.461)	0.461 (0.295)	0.557* (0.284)
Méd.-Gran. prop. rurais	0.131 (0.539)		
Gran. prop. rurais	1.496*** (0.568)	1.114*** (0.348)	0.973*** (0.335)
Latifúndios	6.774*** (1.333)	6.408*** (1.183)	4.968*** (1.184)
Tratores	0.235 (0.549)		
Constante	3.075*** (0.860)	3.213*** (0.429)	3.404*** (0.415)
Observations	208	208	205
R2	0.515	0.501	0.470
Adjusted R2	0.463	0.470	0.437
Residual Std. Error	0.916 (df = 187)	0.910 (df = 195)	0.873 (df = 192)
F Statistic	9.933*** (df = 20; 187)	16.325*** (df = 12; 195)	14.216*** (df = 12; 192)

Nota: 0 (***); 0.001 (**); 0.01 (*); 0.05(.). Alguns estimadores apresentaram $p < 0.1$ no modelo 1, e por isso os incluíram no modelo 2 e 3.

No geral, os modelos 1, 2 e 3 esclareceram quase 50% dos fatores correlacionados com o tabaqui nos municípios especializados no seu manejo. Entre eles, o modelo 3 (sem a presença de *outliers*) apresentou estimativas coerentes. Isso reforça a necessidade urgente de resolver as limitações tecnocientíficas que afetam essa atividade, um problema de grande gravidade que também impacta os principais produtores da Amazônia. Curiosamente, essa adversidade, *a priori*, ter uma importância menor nas áreas onde a atividade é secundária (Tabela 3).

Tabela 3. Regressão *OLS* dos dados socioeconômicos (produção bruta em 2017) por grupos de municípios (secundário)

	Produção de tabaco em 2017		
	(1)	com outliers (2)	sem outliers (3)
Masculina	0.188 (0.287)		
Sem orient. téc.	-0.160 (0.262)		
VAB - Agr.	0.005 (0.070)		
Valor Prod. (0.036)	0.101*** (0.038)	0.103*** (0.036)	0.072**
Valor Vend.	-0.081** (0.040)	-0.062 (0.038)	-0.020 (0.039)
Agric. não-familiar	-0.045 (0.042)		
Educ. Básica	-0.008 (0.631)		
Educ. Intermed.	-1.358 (1.063)		
Finan. p/ inv. e com.	0.019 (0.056)		
Finan. por coop. de cred. (0.554)	-2.132*** (0.592)	-1.960*** (0.568)	-1.883***
Unid. de apoio	0.417 (0.452)		
Pronaf	0.110 (0.426)		
Ener. Elétrica	-0.019 (0.291)		
Cooperativas (1.018)	2.295** (1.155)	2.033* (1.044)	1.983*
Peq. prop. rurais	0.650 (0.398)		
Méd. prop. rurais (0.211)	0.689* (0.367)	0.534** (0.217)	0.545**
Méd.-Gran. prop. rurais	-0.009 (0.414)		
Gran. prop. rurais	0.439 (0.389)		
Latifúndios (0.811)	-1.997* (1.035)	-2.163*** (0.827)	-1.811**
Tratores	0.014 (0.385)		
Constante (0.099)	1.646** (0.759)	1.667*** (0.102)	1.668***
Observations	208	208	2007
R2	0.200	0.145	0.133
Adjusted R2	0.115	0.120	0.107
Residual Std. Error	0.969 (df = 187)	0.967 (df = 201)	0.943 (df = 200)
F Statistic	2.345*** (df = 20; 187)	5.684*** (df = 6; 201)	5.130*** (df = 6; 200)

Nota: 0 (***); 0.001 (**); 0.01 (*); 0.05(.). Alguns estimadores apresentaram $p < 0.1$ no modelo 1, e por isso os incluíram no modelo 2 e 3.

Ademais, o financiamento por cooperativas de crédito apresentou uma relação negativa com a produção de tabaco nesses domínios. Outra informação importante refere-se ao valor

de venda, que também demonstrou essa característica, inclusive obtendo significância abaixo de 95% nos modelos 2 e 3, sugerindo que essa carne tem uma menor apreciação no grupo em análise. Diferenças entre os agrupamentos em relação ao tamanho das propriedades rurais são evidentes. Os latifúndios (acima de 1.000 ha) e os de grande porte (entre 100 ha e 1.000 ha) dominam as áreas especializadas. O cenário se torna completamente oposto no conjunto secundário, onde os estabelecimentos com médias dimensões (entre 50 ha e 100 ha) se correlacionaram positivamente com a variável dependente, assim como as cooperativas.

CONCLUSÃO

A pesquisa analisou a capacidade da piscicultura em se transformar em um modelo de sustentabilidade, com foco na produção de tambaqui, um peixe amazônico cuja carne segue em uma crescente apreciação no mercado interno e externo. Partiu-se do princípio de que essa competência se adquire pela harmonização de processos econômicos com o meio ambiente, por meio do desenvolvimento de conhecimentos tecnológicos derivados de bioprocessos e bioprodutos. No entanto, antes de empreender esse estudo, identificou-se as aglomerações especializadas em comercializar essa espécie, levando em consideração o índice de crescimento produtivo e os fatores socioeconômicos relacionados a essa atividade. Para tanto, utilizou-se o *I* de Moran Global e Local (anos de 2013, 2017 e 2020) e a modelagem econométrica (ano de 2017).

Os resultados indicaram as regiões da Amazônia que têm potencial para gerar um modelo de sustentabilidade com base na criação de tambaqui. Nesse contexto, um *hot-spot* que estende de Porto Velho-RO até as bordas do Cone Sul de RO está bem estruturada para receber processos bioeconômicos, e em um patamar abaixo, o oeste de Boa Vista-RR também apresentou viabilidade. A taxa de crescimento da atividade entre 2013 e 2020 demonstrou que a divisa do Pará com Maranhão, sob a liderança de Paragominas-PA, tem essa capacidade, desde que o poder público tenha uma função ativo nessa área. Quanto às demais partes do bioma amazônico, torna-se uma região piscícola sustentável utilizando essa espécie é incerto, uma vez que, ao redor de Manaus-AM o cultivo se encontra estagnado, e ao Norte de Mato Grosso, concentrado em Sorriso-MT.

Sobre as limitações e vantagens dos espaços geográficos dedicados à piscicultura do tambaqui, a valorização da mercadoria é o principal incentivo para a prática. Essa observação

corroborar Gome *et al.* (2015), que destacou o lucro como uma força motivadora para a implementação de projetos sustentáveis nas propriedades rurais. Por outro lado, a escassez de orientações técnicas, a presença significativa de trabalhadores com formação educacional básica e poucos com nível intermediário de instrução são obstáculos que comprometem a sua sustentabilidade produtiva no longo prazo, especialmente em regiões com predomínio de agricultores familiares, como no entorno de Manaus-AM (BARBOSA; LIMA, 2016). Por fim, o grande diferencial entre os grandes e pequenos criadores desse peixe na Amazônia se relaciona com a presença de atuantes cooperativas de financiamento agrícola.

Em síntese, a piscicultura do tambaqui tem o potencial de ser um vetor da bioeconomia sustentável. No entanto, para que isso ocorra, é crucial abordar primeiramente os seus problemas fundamentais, como a baixa qualificação profissional de seus trabalhadores e a ausência de programas de extensão rural no interior da Amazônia. Outra barreira significativa é a persistência da mentalidade exploratória estabelecido pelo governo federal nas décadas de 1970 e 1980. Embora houvesse uma mudança de postura nos anos 1990, essa transição ainda não conseguiu ganhar a confiança dos participantes da cadeia, especialmente devido às ações recentes, como a imposição de longos períodos de restrições orçamentárias em pesquisas relacionadas ao desenvolvimento de biotecnologias.

REFERÊNCIAS

ANSELIN, L.; REY, S. J. *Modern spatial econometrics in practice: A guide to GeoDa, GeoDaSpace and Pysal*. Chicago: GeoDa Press LLC, 2014.

BARBOSA, H. T. B.; LIMA, J. P. Características da piscicultura em Presidente Figueiredo, Amazonas. **Igapó** – Revista de Educação, Ciência e Tecnologia do IFAM, v.10, n.1, p.103-113, jun.2016.

BARLOW, J; *et al.* Chapter 28: *Restoration options for the Amazon. In: Executive Summary. Science Panel for the Amazon. Amazon Assessment Report, 2021. United Nations Sustainable Development Solutions Network, New York, EUA.* Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/227950/1/27226.pdf>. Acesso em: 21 de Agosto de 2023. DOI: 10.55161/OSPD2912

BECKER, B. K. Dinâmica urbana na Amazônia. In: DINIZ, C. C.; LEMOS, M. B. (org.). **Economia e Território**. Belo Horizonte: UFMG, p. 401-428, 2005.

BELCHIOR, E. B.; DALCHIAVON, F. C. *Economic viability of tambaqui production in the municipality of Ariquemes-RO*. **B. Inst. Pesca**, v.43, n.3, p.373 - 384, 2017. DOI:

10.20950/1678-2305.2017v43n3p373

CHAVES, L. M.; NEVES, S. M.A.S.; PIERANGELI, M.A.P.; CASTRILLON, S.K.I.; KREITLOW, J.P. Mudanças do regime de proteção das Áreas de Preservação Permanentes no código florestal de 2012. **Ambiente & Sociedade**, v.26, 2023. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4422asoc20190211r2vu2023L1AO>

CNI – Confederação Nacional da Indústria. **Bioeconomia e a indústria brasileira**. Brasília: CNI, 2020.

DORIA, C. R. C; *et al.* *The Silent threat of non-native fish in the Amazon: ANNF Database and Review*. **Front. Ecol. Evol.**, Jun. 2021. DOI: 10.3389/fevo.2021.646702

GOMES, C. V. G.; GARCIA, E.; ALVES, E. S.; QUEIROZ, M. M. *Cocoa agroforestry system as an alternative for degraded pastureland restoration, food security and livelihoods development among smallholders in a Brazilian Amazon agricultural frontier*. In: KUMAR, C.; BEGELADZE, S.; CALMON, M.; SAINT-LAURENT, C. (Eds.). **Enhancing food security through forest landscape restoration: Lessons from Burkina Faso, Brazil, Guatemala, Viet Nam, Ghana, Ethiopia and Philippines**. Gland, Switzerland: IUCN, p. 42-69, 2015.

HAIR *et al.* **Análise multivariada de dados**. Porto Alegre: Bookman, 2009.

HOELLE, J. *Cattle culture in Brazilian Amazon*. **Human Organization**, Dez. 2014. DOI: 10.17730/humo.73.4.u61u675428341165

_____. *Jungle beef: consumption, production and destruction, and the development process in the Brazilian Amazon*. **Journal of Political Ecology**, 2017. DOI: 10.2458/v24i1.20964

LUZ, R. A.; UMMUS, M. E. Geoprocessamento e análise regional. Em: In: Oliveira, N. N. (Org.). **Economia, planejamento e desenvolvimento regional**. Palmas, TO: EdUFT, 2020. p. 117–136.

MACGRATH, D.; CASTELLO, L.; BRABO, M. F.; NEPSTAD, D. C. **Policy brief: Can fish drive development of the Amazon bioeconomy?** *Earth Innovation Institute*, 2020.

MARASTEANU, I. J.; JAENICKE, E. C. *Hot spots and spatial autocorrelation in certified organic operations in the United States*. **Agricultural and Resource Economics Review**, v. 45, n. 3, p. 485–521, dez. 2016.

MELLO, N. A. **Políticas territoriais na Amazônia**. São Paulo: Annablume, 2006.

MORO, G. V.; REZENDE, F. P.; ALVES, A. L.; HASHIMOTO, D. T.; VARELA, E. S.; TORATI, L. S. Espécies de peixe para piscicultura. In: RODRIGUES, A. P. O.; LIMA, A. F.; ALVES, A. L.; ROSA, D. K.; TORATI, L. S.; SANTOS, V. R. V. (Ed.). **Piscicultura de água doce: multiplicando conhecimentos**. Brasília, DF: Embrapa, 2013.

OLIVEIRA, T. J. A. PIFFER, M. Do Sudeste da Amazônia Legal ao Centro Norte: as transformações econômicas espaciais. **RBEUR**, v. 19, n. 1, p. 164-178, jan-abr, 2017. DOI: <https://doi.org/10.22296/2317-1529.2017v19n1p164>



PEDROZA FILHO, M. X. Dinâmica da produção de tambaqui e demais peixes redondos no Brasil. **Ativos Piscicultura**, Ano 2, Ed. 7, Jan.2016.

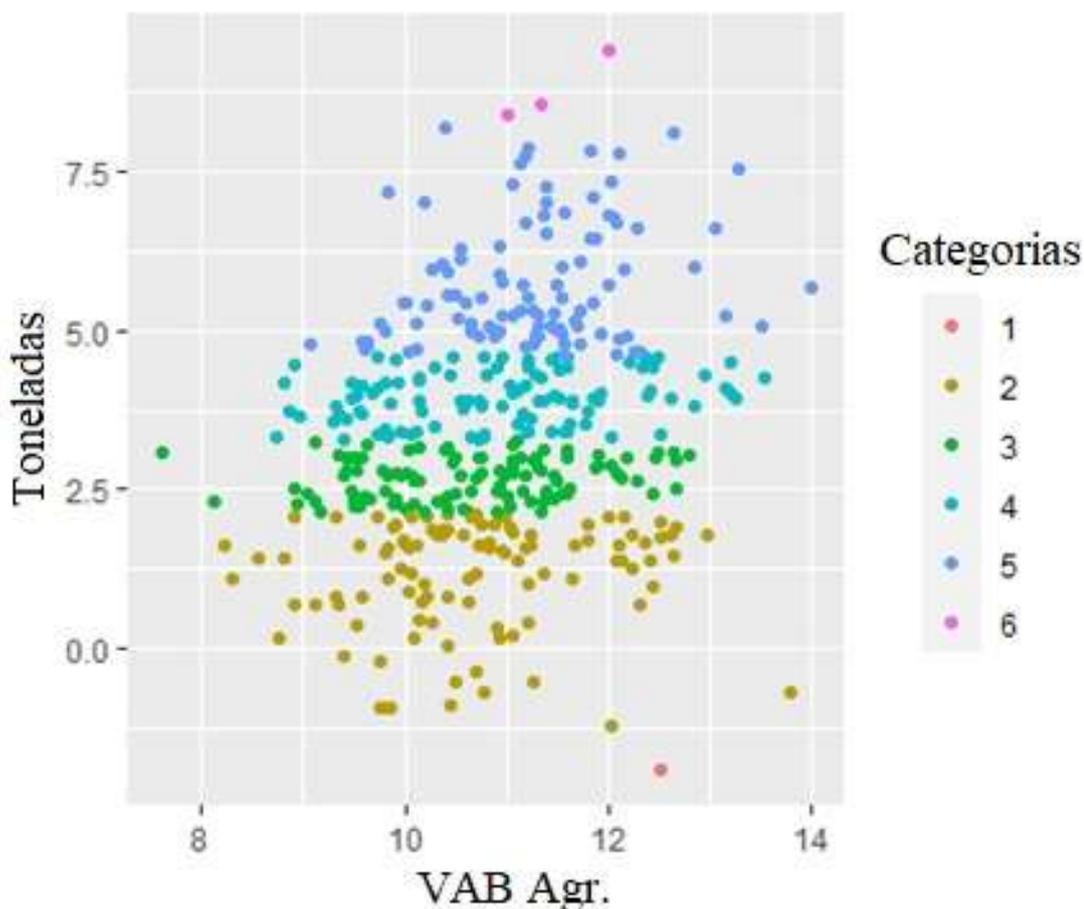
PRYSTHON, A.; UMMUS, M. E.; TARDIVO, T. F.; PEDROZA FILHO, M. X.; CHICRALA, P. C. M. S.; KATO, H. C. de A.; DIAS, C. R. G.; PAZ, L. R. de S. **A pesca artesanal no rio Araguaia, Tocantins, Brasil: aspectos tecnológicos e socioeconômicos**. Rio de Janeiro, RJ: e-Publicar, 2022.

SCHMINK, M.; HOELLE, J.; GOMES, C. V. A.; THALER, G. M. From contested to “green” frontiers in the Amazon? *A long-term analysis of São Félix do Xingu, Brazil*. **The Journal of Peasant Studies**, 2017. DOI: 10.1080/03066150.2017.1381841

UE - União Europeia. *A sustainable bioeconomy for Europe: Strengthening the connection between economy, society and the environment*. Luxemburgo: Publications Office of the European Union, 2018.

ANEXO

Relação linear entre o Valor Adicionado da Agropecuária em log (VAB Agr.) e a produção em toneladas de tabaqui (log) em 2017



Fonte: resultados da pesquisa. Elaborado pelos autores. Nota: 1 (*low outliers*), 2 e 3 se referem ao grupo secundário, enquanto 4, 5 e (*upper outliers*) se relacionam ao grupo primário.