



Estado do Paraná

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ - Unioeste
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS - PPGCA

**DIAGNÓSTICO DO USO DA AERAÇÃO EM PISCICULTURAS: NA ATUAL
REGIÃO DE MAIOR PRODUÇÃO DE TILÁPIA DO BRASIL**

Suzana Gisele Oliveira de Souza

Toledo – Paraná – Brasil

2024



Estado do Paraná

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ - Unioeste
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS - PPGCA

**DIAGNÓSTICO DO USO DA AERAÇÃO EM PISCICULTURA: NA ATUAL REGIÃO
DE MAIOR PRODUÇÃO DE TILÁPIA DO BRASIL**

Suzana Gisele Oliveira de Souza

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Unioeste/*Campus* Toledo, como parte dos requisitos para a obtenção do Título de Mestre em Ciências Ambientais.

Orientador: Prof. Dr. Dirceu Baumgartner
Co-orientador: Prof. Dr. Pitágoras Augusto Piana

DEZEMBRO/2024

Toledo – PR

FOLHA DE APROVAÇÃO

Suzana Gisele Oliveira de Souza

“DIAGNÓSTICO DO USO DA AERAÇÃO EM PISCICULTURAS: NA ATUAL REGIÃO DE MAIOR PRODUÇÃO DE TILÁPIA DO BRASIL”

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais – Mestrado, do Centro de Engenharias e Ciências Exatas, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais, pela Comissão Examinadora composta pelos membros:

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. Dr. Dirceu Baumgartner
Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Presidente)

Prof. Dr. Pitágoras Augusto Piana

Prof. Dr. Hugo Luiz Cordovil de Freitas

Prof^a. Dr^a. Tatiane Mary Gogola

Suzana Gisele Oliveira de Souza

Aprovada em: 13 de dezembro de 2024.
Local de defesa: Via remota

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter me concedido saúde e sabedoria para cursar o mestrado. Agradeço ao meu orientador professor Dr. Dirceu Baumgartner, por ter aceitado ser meu orientador e pela dedicação que teve em me orientar e tirar minhas dúvidas quando elas surgiam. E também agradeço ao meu co-orientador professor Dr. Pitágoras Augusto Piana por ter aceito ser meu co-orientador e por também sempre esclarecer minhas dúvidas.

Agradeço aos membros da banca professor Dr. Hugo Freitas e professora Dr(a). Tatiane Gogola pelas suas contribuições para este trabalho.

Agradeço à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior Capes, pela bolsa que permitiu cursar o mestrado nesses dois anos. Meus agradecimentos são também para todos que contribuíram para minha pesquisa, como as cooperativas: Copacol e C.Vale, prefeitura de Maripá e ao IDRE- Toledo, que contribuíram com dados para pesquisa, aos piscicultores que me dedicaram seu tempo para construção dessa pesquisa.

E é claro que não poderia deixar de agradecer ao meu marido Edson Carvalho pela sua contribuição que muitas vezes foi como meu orientador, e meu ombro amigo contribuindo com seus conhecimentos, para que meu projeto pudesse sair. E agradeço também aos meus filhos Daniel e Miguel e a minha mãe Lourdes Oliveira.

Ao professores e colegas do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais que tanto contribuíram para formação do meu conhecimento adquiridos neste período.

E por fim a todos que lerem esse trabalho.

RESUMO

O aerador é imprescindível para aumentar a produção de peixes em pisciculturas e melhorar a qualidade da água, principalmente na região oeste do Paraná, maior produtora de tilápia do Brasil. No entanto não é claro como é realizado o dimensionamento dos sistemas de aeração nessa região. Nesse sentido buscamos gerar informações para, além de entender como é feito o dimensionamento dos sistemas de aeração, determinar as características físicas e de manejo desses sistemas utilizados em pisciculturas dos municípios de Toledo e Maripá, na região Oeste do Paraná. Nossas hipóteses são de que o dimensionamento da aeração em viveiros de aquicultura, ocorre sem realização de projetos prévios, os quais poderiam evitar desperdícios de recursos de implantação e que a operação do sistema de aeração é feito pelo conhecimento do produtor e os aeradores mais utilizados são os aeradores de Pás. Portanto para testar nossas hipóteses foi realizado um diagnóstico sobre a aeração utilizada pelos piscicultores dos municípios de Toledo e Maripá, a pesquisa se deu primeiramente a partir de uma pesquisa bibliométrica realizada na base de dados *Web of Science* (WoS) (Clarivate Analytics), por meio de indicadores que permitiram realizar uma análise quantitativa dos dados. Enquanto a segunda parte da pesquisa se deu através de um questionário aplicado aos piscicultores. As informações geradas foram tabuladas e sumariadas em análise descritiva. Posteriormente, as informações geradas pelos questionários foram exploradas por meio de análise de redundância (RDA). A pesquisa destacou que o uso de aeradores na aquicultura apoia principalmente o ODS 15, pois auxiliam na mitigação da degradação ambiental. A partir das variáveis pesquisadas observou-se uma pequena segregação, mas com certa sobreposição entre as pisciculturas que realizaram projeto prévio das que não realizam projetos de implantação da aeração e a análise das coordenadas principais (PCoA) constatou-se a preferência dos produtores pelo o uso do aerador do tipo Chafariz, sendo este o mais utilizado entre os produtores. O aerador de Pás também foi bastante mencionado pelos produtores, sendo muitas vezes utilizado em conjunto como de Chafariz. Poucos foram os piscicultores que fizeram projeto prévio para instalar os aeradores. No entanto, recomenda-se, para o futuro, que mais estudos sejam realizados sobre o dimensionamento ideal de aeradores e a adoção de tecnologias sustentáveis que possam minimizar custos e aumentar a lucratividade dos piscicultores.

PALAVRAS CHAVE: Aeradores; Piscicultura; Dimensionamento; Sustentabilidade

ABSTRACT

The aerator is essential for increasing fish production in aquaculture and improving water quality, especially in the western region of Paraná, the largest tilapia-producing area in Brazil. However, it is unclear how aeration systems are dimensioned in this region. In this context, we aim not only to understand how aeration system has been dimensioned, but also to determine the physical and management characteristics of these systems used in fish farms in the municipalities of Toledo and Maripá, in western Paraná. Our hypothesis is that aeration sizing in aquaculture ponds is carried out without prior planning, which could otherwise prevent resource waste during the implementation and operation of aeration systems. Additionally, we hypothesize that paddlewheel aerators are the most commonly used type. To test our hypotheses, we conducted a diagnostic study on the aeration practices used by fish farmers in Toledo and Maripá. The research have been conducted in two parts: first, a bibliometric study was carried out using the Web of Science (WoS) database (Clarivate Analytics), employing indicators that allowed for a quantitative data analysis. The second part of the study involved a questionnaire administered to fish farmers, with the collected data tabulated and summarized through descriptive analysis. The research highlighted that the use of aerators in aquaculture primarily supports Sustainable Development Goal (SDG) 15, as aeration helps mitigate environmental degradation. Subsequently, the questionnaire data were analyzed using redundancy analysis (RDA). A slight segregation have been observed between the studied variables, with some overlap between fish farms that implemented prior aeration planning and those that did not. Principal Coordinate Analysis (PCoA) revealed that the fountain-type aerator was the most preferred by producers, followed by the paddlewheel aerator, which was often used either in combination with the fountain aerator or alone. Few fish farmers conducted prior planning before installing their aerators. Further studies be conducted on the optimal sizing of aerators is recommended in future studies and the adoption of sustainable technologies that can minimize costs and increase the profitability of fish farmers.

Keywords: Aerators; Fish Farming; Sizing; Sustainability

Sumário

1 INTRODUÇÃO	8
2 HIPÓTESE	10
3 REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO	10
3.1. USO DE AERADOR NA AQUICULTURA	10
3.2. PISCICULTURA SUSTENTÁVEL	13
3.3. OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E AQUICULTURA	15
4 METODOLOGIA DA PESQUISA	16
4.1. ÁREA DE ESTUDO	16
4.1.1. Município de Toledo - Paraná	17
4.2.2. Município de Maripá-Paraná	18
4.3. PESQUISA BIBLIOMÉTRICA	19
4.4. AMOSTRAGENS	20
4.5. ANÁLISE DE DADOS	20
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	21
5.2. PERFIL DOS PISCICULTORES	26
5.3. PERFIL DAS PISCICULTURAS DE TOLEDO E MARIPÁ	29
6 CONCLUSÃO	37
Apêndice	44

1 INTRODUÇÃO

Para um bom desenvolvimento da aquicultura e uma produção economicamente viável, é indispensável a atenção e controle do ambiente de cultivo. Condições impróprias de qualidade da água resultam em prejuízo ao crescimento, à reprodução, à saúde, à sobrevivência e à qualidade dos peixes, comprometendo o sucesso da aquicultura (Souza & Soares, 2020). Um dos principais efeitos da má qualidade da água é a redução da concentração de Oxigênio Dissolvido (OD) no meio aquático. Em um ambiente equilibrado, o OD é demandado para a respiração dos organismos aquáticos (Boyd, 1998), para reações metabólicas de bactérias heterotróficas (Avnimelech, 1999) e para transformações químicas como a modificação de nitrogênio amoniacal em nitrito a partir de bactérias autotróficas quimiossintéticas (Timmons & Ebeling, 2010). Segundo Boyd, Torrans & Tucker (2018), existem diversos fatores que podem influenciar na concentração do OD, tais como: i) fotossíntese; ii) respiração de plantas e do plâncton; iii) respiração dos peixes; iv) demanda de oxigênio para o sedimento; v) difusão para a atmosfera, os quais são afetados por diversos fatores físicos e químicos. O sinergismo entre os fatores, químicos, físicos e biológicos torna a dinâmica do oxigênio dissolvido um tanto quanto complexa. Como diversos processos no meio aquícola são afetados pela concentração de OD, esta variável apresenta grande importância para desenvolvimento da aquicultura.

A disponibilidade de oxigênio dissolvido na água depende da difusão do oxigênio da atmosfera para a água ou do oxigênio liberado na água como subproduto da fotossíntese pelas plantas aquáticas e algas. Assim, a difusão de oxigênio do ar para a água é normalmente adequada para manter concentrações aceitáveis de oxigênio dissolvido para a vida aquática, mesmo à noite e em outros momentos em que as taxas de uso de oxigênio na respiração excedem as de produção de oxigênio na fotossíntese. Dessa forma, a aeração se torna uma prática padrão para prevenir as baixas concentrações de OD em viveiros de aquicultura (Boyd, Torrans & Tucker, 2018).

Além da incorporação de OD, a aeração também diminui a estratificação térmica e distribui uniformemente o OD na coluna d'água e pode reduzir o acúmulo de matéria orgânica, melhorando as condições de qualidade de água (Oakes, 2011). Aeradores podem ser úteis em viveiros de baixa troca de água, pois misturam a água, reduzindo a estratificação vertical de temperatura e substâncias químicas e prevenindo a depleção do oxigênio (Kimpura et al., 2013).

Os aeradores podem aumentar a produção de peixes em tanques, mas há poucas diretrizes geralmente aceitas sobre como melhor aplicar a aeração em tanques. A experiência com tanques de bagres de canal (*Ictalurus punctatus*) no sul dos Estados Unidos sugere que em taxas de alimentação abaixo de 30 kg.ha⁻¹.dia⁻¹, a aeração geralmente não será necessária e uma produção

anual de 2.000-3.000 kg.ha⁻¹ pode ser alcançada (Boyd,1998). Em taxas de alimentação entre 30 e 50 kg.ha⁻¹.dia⁻¹, a aeração de emergência deve ser aplicada ocasionalmente na maioria dos tanques ou baixas concentrações de OD causarão estresse ou mortalidade nos peixes. Nessa faixa de taxas de alimentação, uma produção anual de 3.000–4.500 kg.ha⁻¹ de bagre é normal, as taxas de alimentação excederem 50–60 kg.ha⁻¹.dia⁻¹, a aeração será necessária frequentemente em quase todos os tanques durante o tempo quente. Aeradores devem ser instalados em cada tanque e operados conforme necessário (Boyd,1998).

Apesar de pesquisadores comentarem em seus trabalhos, que os aeradores mais utilizados possivelmente são os tipos “*paddle wheels*” ou aeradores de pás e os do tipo “*vertical pump*” ou aeradores tipo chafariz (Coldebella et al., 2018), devido a diversidade de tamanhos e formatos dos viveiros utilizados, o posicionamento e a combinação de uso destes modelos de aeradores simultaneamente, não são claras em que condições o uso desses aeradores são mais eficientes.

Sabemos que, o ato de suprir a demanda por oxigênio dissolvido em um viveiro varia consideravelmente, devido à enorme quantidade de fatores envolvidos nos processos de produção, consumo e interações gasosas como incorporação e desoxigenação. Apesar do desenvolvimento de vários modelos para prover a concentração de oxigênio dissolvido na água, a capacidade de estimar a demanda de oxigênio de alimentação e a necessidade de aeradores são ainda ineficazes, não havendo uma maneira confiável de determinar exatamente quanta aeração será necessária para garantir a concentração adequada de oxigênio dissolvido, sem desperdício de energia para acionamento do sistema. Assim, os aquicultores possivelmente tem decidido sobre a quantidade de aeração dedicada a ser instalada em um viveiro principalmente por experiência, e têm monitorado a concentração de oxigênio dissolvido rotineiramente (Boyd, Torrans & Tucker, 2018).

Apesar da região Oeste do Paraná ser altamente produtora de peixe, não há informações sistematizadas sobre o uso e dimensionamento de aeradores para as aquiculturas, bem como sobre os horários que são operados os aeradores em viveiros da região Oeste do Paraná e quais fatores tem influenciado, direta ou indiretamente estas decisões. Diante do exposto, este trabalho tem como objetivo geral diagnosticar os tipos de aeradores mais utilizados pelos piscicultores de Toledo e Maripá, sendo os objetivos específicos: caracterizar os tipos de aeradores que são mais utilizados pelos piscicultores de Toledo e Maripá; os períodos de acionamento do sistema no dia e no ano (ciclo); quais as principais dificuldades enfrentadas pelos produtores de pescados; quais as relações do uso do aerador em pisciculturas com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentáveis (ODSs) através de uma revisão bibliométrica. Busca-se também compreender quais fatores podem estar associados a esta tomada de decisão.

2 HIPÓTESE

A hipótese é de que os aeradores mais utilizados são os de pás, seu dimensionamento durante a implantação é realizado por hectare de lâmina d'água, seu uso diário é realizado a partir da experiência do proprietário. Também hipotetizamos que há fatores subjacentes que conduzem a determinadas escolhas no processo de implantação e operação dos sistemas de aeração, que não estão associados a características técnicas do sistema.

3 REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

3.1. USO DE AERADOR NA AQUICULTURA

O aerador é um aparelho capaz de fazer a incorporação do oxigênio na água de forma forçada, sendo normalmente utilizados pelos piscicultores que visam uma melhor produtividade e aproveitamento do espaço dos tanques.

A elevada demanda pelo pescado e os bons índices de rentabilidade econômica tem favorecido o desenvolvimento da produção aquícola, com produtores buscando sistemas semi-intensivos ou intensivos para aumento da produtividade. Para esses tipos de cultivo, a aeração tem sido o segundo insumo mais oneroso, sendo superado somente pelo custo da ração (Marappan et al., 2020; Roy et al., 2021a, 2021b). Sendo assim, a aeração é um componente muito importante para melhorar o crescimento dos peixes e a qualidade da água (Roy et al., 2021a) e quando mal projetada, pode comprometer a rentabilidade da atividade. A falta de conhecimento sobre o uso adequado de aerador, de forma a contribuir para uma produção sustentável é, muitas vezes, mal compreendida e mal utilizada (Marappan et al., 2020). Dentro do contexto de aquicultura, constata-se a importância do uso de aeradores para garantir a adequada taxa de oxigênio dissolvido na água, reduzindo mortalidade dos peixes. Contudo, o uso extensivo e descontrolado de aeradores resulta em altos custos com energia elétrica (Fonseca et al., 2022).

Os parâmetros de crescimento de peixes estão diretamente associados à concentração de oxigênio dissolvido (OD) presente no sistema de cultivo. Para o cultivo adequado de peixes, o nível de OD na água de cultivo deve ser pelo menos 5 mg/L. Se o nível de OD cair abaixo de 3 mg/L, os peixes ficarão estressados e podem morrer (Boyd & Hanson 2010; Nguyen et al., 2021). Além de fundamental para a sobrevivência dos peixes, o fornecimento de aeração artificial é essencial para a manutenção da qualidade da água (Roy et al., 2020).

Na aquicultura, a elevada concentração de peixes e o fornecimento de ração elevam a quantidade de metabólitos no ambiente aquático, reduzindo a qualidade da água. A taxa de oxigênio dissolvido desempenha um papel no processo de oxidação de resíduos e na queima de alimentos para produzir energia para a vida e o crescimento dos peixes (Verawati et al., 2015). A troca de água e a aeração são alternativas para aumentar a capacidade de produção dos viveiros. No entanto, a água doce é escassa em algumas regiões e tem se tornado limitante para a atividade aquícola (Kimpara et al., 2013). Mesmo em regiões onde a água é relativamente abundante, seu uso tem sido limitado pela redução na qualidade dessas águas. Ainda que abundante, seu elevado uso em atividades agropecuárias e agroindustriais e seu retorno ao corpo hídrico no formato de efluente, tem dificultado sua reutilização. Dessa forma, o uso da aeração tem auxiliado na redução do consumo de água nas atividades aquícolas. Kimpara et al. (2013) ainda destacam que práticas de manejo que utilizem água de maneira eficiente e conservadora podem preservar esse importante recurso para outros setores.

Como já mencionado, a baixa concentração de oxigênio dissolvido pode levar à alta mortalidade de organismos aquáticos (Camboim, 2018), mesmo que estejam saudáveis. Altas concentrações de dióxido de carbono, nitrogênio amoniacal, nitrito e sulfeto produzidos dentro de sistemas de cultivo, também podem resultar em alta mortalidade, mas a baixa concentração de oxigênio dissolvido geralmente ocorre antes que as outras variáveis se tornem fatores tóxicos (Boyd, 2017). O nível crítico de oxigênio tem sido amplamente utilizado como um traço quantitativo da tolerância à hipóxia. Este é definido como o nível de oxigênio abaixo do qual o animal não pode mais manter uma taxa estável de captação de oxigênio e a captação se torna dependente da disponibilidade de oxigênio ambiente (Rogers et al., 2016). Vários fatores abióticos e bióticos que interagem com o OD, apresentam efeito sobre o nível crítico de oxigênio para determinada espécie, podendo ser citados a temperatura, CO₂, acidificação, metais tóxicos e alimentação (Rogers et al., 2016). Como na aquicultura intensiva, a demanda total de oxigênio das espécies cultivadas não pode ser atendida apenas com aeração natural, seu uso passou a ser imprescindível, sendo desenvolvido vários tipos de aeradores (Shiyang et al., 2013).

O posicionamento dos aeradores também é parte do projeto de aeração, pois contribui não apenas a incorporação de OD na água, mas na melhora de sua distribuição na coluna d'água, na diminuição do acúmulo de sedimento do fundo dos viveiros e melhora nos demais parâmetros físico-químicos do ambiente de cultivo (Coldebella et al., 2020).

O aerador é um equipamento importante para a piscicultura, pois uma vez colocado nos reservatórios, possui a finalidade de realizar a incorporação do oxigênio na água nos momentos

críticos do dia, além de tornar possível a criação de mais peixes por metro cúbico e manter ainda o seu desenvolvimento de forma intensiva (Garcia, 2014).

3.2. PISCICULTURA SUSTENTÁVEL

Piscicultura é atividade de criação e/ou reprodução de peixes em condições naturais ou artificiais com finalidade de subsistência, esportiva, científica e/ou econômica (Tocantins, 2009). A piscicultura no setor agropecuário é a atividade que mais apresenta crescimento no Brasil, principalmente nas décadas de 2010 e 2020. Este crescimento está relacionado em vários fatores, como o da diversificação agrícola e os produtores obterem diversas atividades em sua propriedade, o incentivo das políticas públicas e da ampliação do mercado consumidor principalmente em relação a produtos de fácil preparo (Welter et al., 2021). Sendo a piscicultura uma atividade para muitos piscicultores como forma de complementar a renda (Valenti et al., 2021).

O desafio enfrentado pela piscicultura é desenvolver sistemas de produção verdadeiramente sustentáveis, como novas tecnologias que incluam inovações simples que possam aumentar a produtividade e circular a economia, a bioeconomia e sustentabilidade (Valenti et al., 2021).

A piscicultura passou por avanços tecnológicos onde passou a ter novos incrementos de produção e criatividade, onde o foco é diminuir os impactos ambientais causados pela atividade e gerar renda ao produtor (Manjabosco et al., 2021). No entanto é necessário buscar soluções para consolidar o desenvolvimento sustentável da aquicultura, que busquem melhorar a o manejo dos sistemas de produção, a partir de um envolvimento transdisciplinar e integrado com todos os aspectos da produção e desenvolver Boas Práticas de Manejo (Resende, 2009).

No Brasil, há ainda muitas informações e tecnologias a serem desenvolvidas para alcançarmos uma aquicultura sustentável, que seja capaz de atender as exigências do mercado nacional e para exportação (Resende, 2009). Contudo, os avanços globais da piscicultura têm provocado os piscicultores a buscarem medidas que visem diminuir os impactos ambientais e se tornarem mais sustentáveis (Gerona, 2021).

Novas tecnologias, incluindo dispositivos digitais e simples inovações disruptivas, podem aumentar a produtividade e dar suporte à mudança para uma economia circular, bioeconomia e sustentabilidade apoiada por inovações e conhecimento baseados na ciência (Valenti et al., 2021). Portanto a piscicultura é de grande importância para economia, pois é uma fonte de renda e pode contribuir para estabilidade das finanças e permanência das famílias no meio rural. Inserir essa realidade nas características da agricultura familiar, exige que o produtor rural busque mais informação, orientação e capacitação para conduzir seus investimentos (Debus, 2016).

Em 2017, aquicultura foi 0,49% responsável pela emissão de gases de efeito estufa se comparando a produção de ovinos (MacLeod et al., 2020). Sendo essa emissão modesta em

comparação com a pecuária terrestre, devido principalmente à ausência de CH₄ entérico na aquicultura, combinada com a alta fertilidade e baixas taxas de conversão de ração de peixes e moluscos (MacLeod et al., 2020).

O Plano Nacional de Desenvolvimento da Aquicultura - PNDA 2022-2032, que foi fundamentado na Lei nº 11.959, de 29 de junho de 2009, que instituiu a Política Nacional de Desenvolvimento Sustentável da Aquicultura e Pesca, no Decreto nº 10.827, de 30 de setembro de 2021 e no Relatório Técnico contendo o Diagnóstico apresentado pela Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA), de 2018, são compostos por Programas específicos e ações, as quais foram trabalhadas por meio de Oficinas de Planejamento Participativas (Brasil, 2022). A equipe da Secretaria de Aquicultura e Pesca (SAP) idealizou selos que correspondem a cada Programa do PNDA. Esses selos facilitam a identificação, comunicação visual e certificam oficialmente os respectivos Programas e suas ações. E outro atributo dos selos é expressar que todos os Programas estão embasados com os pilares da sustentabilidade: ambiental, social, econômico e de governança. O PNDA apoia e preconiza os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Organização das Nações Unidas (Brasil, 2022).

Para Medeiros et al. (2017), a produtividade e a taxa de conversão de ração são fatores-chave que definem o sistema mais eficiente do ponto de vista ambiental. E que além disso, a aquicultura de espécies nativas ainda está em estágios iniciais, e o desenvolvimento adicional de sua cadeia de produção pode diminuir seus impactos ambientais.

No entanto, no Plano Nacional de Desenvolvimento da Aquicultura-PNDA 2022-2032 não cita projetos sobre aeração, porém visa programas de Apoio À Pesquisa, Inovações Tecnológicas E Extensão (Brasil, 2022).

A piscicultura possui a função primária de alimentar pessoas, servindo como instrumento de segurança alimentar e inclusão social. Para que a piscicultura de base familiar possa ser inserida numa proposta sustentável, com autonomia para os aquicultores, é necessário a implantação de programas de extensão rural com responsabilidade, respeitando o desejo dos aquicultores, a realidade e as potencialidades da propriedade, minimizando a utilização de insumos externos e adotando pacotes tecnológicos adequados (Santos et al., 2014).

Para Ribeiro Neto et al. (2016), o emprego e a difusão de tecnologias adequadas às condições de cultivo e às espécies criadas se tornam prioritárias para o sucesso desta modalidade de piscicultura. Vieira et al. (2016) salientam que, para a atividade aquícola se desenvolver de forma sustentável é necessário a implantação de programas de estímulo para que as propriedades tenham suporte econômico e científico.

O aproveitamento do potencial genético de espécies já adaptadas aos climas brasileiros e com aceitação nos mercados regionais deverá ser considerado, enquanto haverá aprimoramento, em paralelo, de pacotes tecnológicos já desenvolvidos (Routledge, 2017).

3.3. OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E AQUICULTURA

Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável são compostos por 17 objetivos e 169 metas. Levam em conta o legado dos Objetivos de Desenvolvimento do Milênio e procuram obter avanços nas metas não alcançadas (ONU, 2025). Eles buscam assegurar os direitos humanos de todos e alcançar a igualdade de gênero e o empoderamento de mulheres e meninas. São integrados e indivisíveis, e mesclam, de forma equilibrada, as três dimensões do desenvolvimento sustentável: a econômica, a social e a ambiental. Os Objetivos e metas estimularão a ação em áreas de importância crucial para a humanidade e para o planeta nos próximos 15 anos (ONU, 2025).

A utilização eficiente da energia e a redução da poluição ambiental são fatores cruciais para o avanço da aquicultura contemporânea. A integração do sistema de recirculação de aquicultura (RAS) com energia renovável pode criar sinergias que não apenas melhorem a sustentabilidade da operação geral, mas também reduzam potencialmente os custos reduzindo despesas operacionais (Zhang et al., 2024).

Porém na luta pelo desenvolvimento sustentável e para apoiar as ambições líquidas zero para a mitigação das alterações climáticas, foi desenvolvida uma vasta gama de estratégias de aeração com a esperança de melhorar a eficiência para minimizar os custos ambientais e econômicos associados aos processos de tratamento de águas residuais (Pryce et al., 2022).

De acordo com Nasr-Allah, et al. (2020), a aquicultura é um setor primário da economia que tem um elevado potencial não só para fornecer alimentos nutritivos, mas também para contribuir para a economia nacional do Egito. A cadeia de valor da aquicultura oferece oportunidades substanciais de geração de emprego, inclusive para mulheres e jovens. Estimam que a aquicultura gera 19,56 empregos equivalentes a tempo inteiro (ETI) por 100 toneladas de peixe produzido ao longo de toda a cadeia de valor. No entanto, a maioria destes empregos é gerada para homens com mais de 30 anos de idade, com poucos empregos para mulheres ou pessoas mais jovens. A maioria dos empregos para mulheres é gerada atualmente na fase de varejo. Aumentar a geração de emprego em toda a cadeia de valor, especialmente para as mulheres e os jovens, pode contribuir para a consecução de múltiplos Objectivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), como o ODS 8 e o ODS 5.

Já Partelow et al. (2023), afirma que é necessário um maior enfoque na governança para facilitar um progresso eficaz e substantivo rumo às transformações de sustentabilidade no setor da aquicultura. Os esforços concentrados de governança podem ajudar a mover o setor para além das questões técnicas fragmentadas associadas à intensificação e expansão, aos impactos sociais e ambientais, e em direção a abordagens baseadas em sistemas que abordem questões de sustentabilidade interligadas. Esses autores indicam que existem cinco áreas de envolvimento para avançar uma agenda de governança para a transformação da sustentabilidade da aquicultura: definição de metas de transformação da sustentabilidade, ligações intersetoriais, conectividade terra-água-mar, conhecimento e inovação e cadeias de valor.

A segurança alimentar e a sustentabilidade agrícola são essenciais para uma sociedade equitativa e saudável. Sendo assim, as tecnologias digitais oferecem oportunidades únicas para enfrentar os desafios tecnoeconômicos no setor agroalimentar, melhorando a produção de alimentos, a qualidade, o gerenciamento da cadeia de suprimentos e o comércio. As inovações trazidas pela digitalização nos sistemas agrícolas e alimentares podem ajudar a alcançar os objetivos de desenvolvimento sustentável da ONU para 2030 (Sridhar et al., 2023).

4 METODOLOGIA DA PESQUISA

4.1. ÁREA DE ESTUDO

O estudo de campo foi realizado a partir de questionários aplicados a aquicultores dos municípios de Toledo e Maripá no Oeste do estado do Paraná (Figura 1).

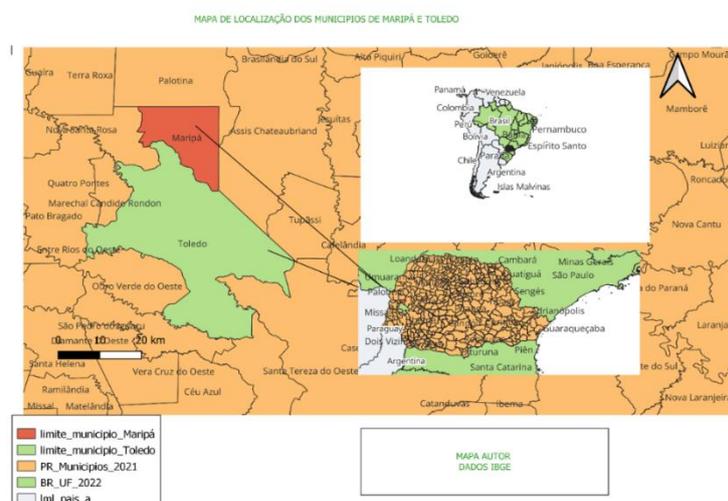


Figura 1- Mapa Localização dos Municípios de Maripá e Toledo

Fonte: Confeccionado pela autora e gerado a partir do banco de dados do IBGE

Foram visitadas diversas pisciculturas a exemplo das apresentadas nas figuras 2 e 3. Onde foram aplicados os questionários aos produtores ou responsáveis pela produção.



Figura 2 – Foto de uma piscicultura em Maripá/Pr. Figura 3 Foto de uma Piscicultura em Toledo/Pr
Fonte: Autora.

4.1.1. Município de Toledo - Paraná

Segundo registros disponibilizados pela prefeitura do município de Toledo, foi em 27 de março de 1946 que os primeiros desbravadores chegaram em Toledo e se instalaram em um acampamento, iniciando a construção das primeiras casas. A identificação oficial de “Toledo” deu-se posteriormente, numa opção entre Toledo, Cristo Rei e Brasília. No entanto, há registros de 1905 e 1906 (Toledo, 2016) que atribuem vínculo da denominação do arroio Toledo ao nome de **“Pouso Toledo”**, acampamento constituído ao longo de uma picada utilizada para transporte de produtos, especialmente da erva-mate, recolhida de forma extrativista na floresta e comercializada por estrangeiros que possuíam glebas na região Oeste do Estado do Paraná, onde o Município está inserido. A história registrou como primeiras famílias de colonizadores as de Ruaro e Dalcanale, as quais se incumbiram de arregimentar outras famílias gaúchas para incrementar a colonização de Toledo, que se tornou município sem antes ser distrito, desmembrando-se de Foz do Iguaçu pela Lei Estadual nº 790, de 14/11/1951, sancionada pelo governador Bento Munhoz da Rocha Neto, e instalado oficialmente em 14/12/1952, após proclamado resultado do pleito eleitoral de 09/11/1952, que elegeu os primeiros representantes da população para governar o novo município. E em 09/06/1954 foi instalada a Comarca de Toledo e, em 20/06/1959, foi criada a Diocese de Toledo. O município tem área de 1.205.501 km² e população de 138 mil habitantes, distribuídos entre sua sede e seus oito distritos. Sua economia é baseada na agropecuária, agroindústria e na pequena e média indústria, além do setor farmacêutico (Toledo, 2023).

O município de Toledo é um dos municípios com maior produção de Tilápia, ocupando o terceiro lugar (Peixe BR, 2023). Sendo Aquicultura uma das principais atividades econômicas do município, com 79 estabelecimentos em uma área de 1285 (ha), com uma produção de 9.800.000 kg de tilápia (IBGE; IPARDES, 2023).

As atividades do setor de Piscicultura do Município de Toledo visam incentivar a produção pesqueira, ofertando orientação técnica continuada na implantação dos viveiros, na criação e na comercialização do pescado, proporcionando renda para as famílias rurais. Sendo que o município instituiu no ano de 2013, o Programa Municipal de Desenvolvimento da Cadeia Produtiva da Aquicultura Familiar de Toledo, com o objetivo de promover ações de apoio e de incentivo à implementação da piscicultura no Município, visando aumento da produção e geração de emprego e renda - LEI "R" nº 12/2013 - Institui o Programa Municipal de Desenvolvimento da Cadeia Produtiva da Aquicultura Familiar de Toledo (Toledo, 2024).

O município de Toledo se destaca pela produção de alevinos entre os municípios paranaenses onde ficou em 4º lugar com uma produção de 11432000 kg e a nível de Brasil ocupou o 7º lugar no rank em 2023, tendo entre 2013 e 2023 um crescente aumento na produção de alevinos (IBGE, 2023).

4.2.2. Município de Maripá-Paraná

O município de Maripá foi criado por meio da Lei Estadual nº 9226 de 17 de abril de 1990, publicada no Diário Oficial do Paraná no dia 18 de abril do mesmo ano, desmembrando-se do município de Palotina, sendo que sua instalação ocorreu no dia 18 de janeiro de 1993. Situado no oeste do estado do Paraná (zona 124ª), pertence ao 3º planalto de Guarapuava, distante 95 km da cidade de Cascavel, cidade microrregião e 585 km da capital Curitiba (Maripá, 2023). Atualmente as principais atividades econômicas da localidade estão voltadas agricultura, a aquicultura e a produção de orquídeas, processo que teve início no ano de 1993 (Maripá, 2023).

Em 1993 surgia a piscicultura. Neste período houve a chegada do instituto Emater, que se instalou na sede auxiliando fortemente a região, que era pioneira no assunto em relação à assistência técnica. Nesta época surgiram as construções dos primeiros tanques/viveiros tecnicamente corretos para a engorda da tilápia, aperfeiçoando a produção dos envolvidos neste negócio (Prefeitura de Maripá, 2024).

No ano de 1997, por iniciativa dos piscicultores do município, que contavam com o apoio da administração municipal e do instituto Emater, com o objetivo de realizar um trabalho de organização dos produtores, foi desenvolvida a Associação dos Aquicultores de Maripá

(AQUIMAP), entidade que hoje congrega grande número de piscicultores e que é de fundamental importância para o desenvolvimento desta atividade (Prefeitura de Maripá, 2024).

Durante o início da produção da piscicultura nos tanques de Maripá a lotação era de 1,0 a 2,0 peixes por m², com uma produtividade média de 3,0 toneladas por hectare/ano e produção de 105,0 toneladas de pescado no ano de 93/94. Hoje a atividade é considerada uma das mais importantes para o município, tendo ao longo destes 18 anos se desenvolvendo de forma crescente, tanto em quantidade quanto em produtividade e qualidade. Números que refletem a importância desta atividade para a economia do município, principalmente para a melhoria da renda e maior estabilidade das famílias envolvidas na atividade de piscicultura no município de Maripá (Prefeitura de Maripá, 2024). O município de Maripá em 2022 foi considerado uns dos maiores produtores de tilápia, ficando em quinto lugar na produção de Tilápia entre os municípios do estado do Paraná (Peixe BR, 2023). Com 49 estabelecimento Aquícolas, em uma área de 1066 (ha) e com uma produção de 8.050.000 kg de peixe (IBGE; IPARDES, 2023).

4.3. PESQUISA BIBLIOMÉTRICA

Como forma de elucidar o estado da arte acerca do tema da pesquisa, realizou-se uma pesquisa bibliométrica. Tal pesquisa, foi realizada primeiramente, a partir das informações obtidas da base de dados *Web of Science* (WoS) (Clarivate Analytics), por meio de indicadores que permitiram realizar uma análise quantitativa dos dados (Soares, Picolli, & Casagrande, 2018). A busca foi realizada na categoria tópicos, a partir dos termos [(*Aerator* or Aeration or Aerador* or Aeração*) and (*Aquacult* or Fish Farm* or Aquicultura* or Piscicultura**)] selecionados a priori pelos autores. Operadores booleanos foram utilizados para ampliar e limitar a pesquisa, como se pode observar na Tabela 1. As informações de número de publicações por ano, por país, por categoria de conhecimento e por objetivos do desenvolvimento sustentável foram extraídas da WoS e processadas no programa Excel, para confecção dos gráficos.

Tabela 1: Descritores

TERMOS	OPERADORES BOOLEANOS	SIMBOLOS
<i>Aerator</i>	<i>or</i>	()
<i>Aeration</i>	<i>and</i>	[]
<i>Aerador</i>		*
<i>Aeração</i>		
<i>Aquacult</i>		
<i>Fish Farm</i>		
<i>Aquicultura</i>		
<i>Piscicultura</i>		

4.4. AMOSTRAGENS

Para compor o diagnóstico foi realizada a pesquisa de campo, que foi subdividida em duas etapas. A primeira etapa foi realizada um levantamento dos piscicultores atuantes nos municípios alvo. Esse levantamento foi realizado junto às entidades de assistência técnica e extensão rural, entidades associativas e cooperativas que tem ligação com a cadeia produtiva do pescado e prefeituras. Com base nessas informações, foi realizada a segunda etapa, que se deu por meio de questionários semiestruturados aplicados aos produtores rurais.

Foram aplicados os questionários semiestruturados nos municípios alvo de estudos, totalizando, no município de Maripá das 102 pisciculturas existentes foram abordados 22 piscicultores que responderam ao questionário e mais 4 que não responderam totalizando 26 piscicultores abordados.

Enquanto no município de Toledo foram abordados 27 piscicultores que responderam e mais 2 que não responderam, totalizando 29 piscicultores abordados dos 345 piscicultores de Toledo. Portanto foram abordados 55 piscicultores em ambos os municípios. Este tipo de abordagem buscou informações de modo direto, necessitando que pesquisador fosse a campo onde o fato ocorre, reunindo evidências e mantendo um maior contato com a população pesquisada.

A pesquisa seguiu todos os preceitos éticos das pesquisas com seres humanos, sendo a mesma submetida a apreciação do comitê de ética (CEP/Unioeste), o qual emitiu parecer favorável sob o número 6.028.821, a realização da pesquisa.

4.5. ANÁLISE DE DADOS

Os dados coletados foram organizados em uma planilha do Excel. As análises de redundância (RDA) foram realizadas para verificar o grau de associação entre os descritores da piscicultura e do piscicultor, com as respostas associadas a implantação e operação da aeração. Esta análise permite selecionar a combinação linear das variáveis com a menor soma dos mínimos quadrados dos resíduos, gerando um modelo linear do agrupamento das múltiplas variáveis respostas com as variáveis preditoras (Hair et al., 2018). Para testar diferenças entre os respondentes que fizeram projeto para implantação da aeração e os que não fizeram foi realizada uma análise de coordenadas principais (PCoA).

As análises estatísticas e os gráficos das ordenações foram realizados com o auxílio de programa R.4.3.2 (R CORE TEAM, 2023), e dos pacotes vegan (Oksanen et al., 2023) e ggplot2 (Wickham et al., 2023).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA DA AERAÇÃO NA AQUICULTURA E ASSOCIAÇÃO AOS ODS

Os artigos gerados pela busca na *Web of Science* (WoS) (Clarivate Analytics) foram 645 artigos, os quais foram utilizados para uma análise inicial que foi realizada a partir do próprio site.

As primeiras publicações sobre aeração na aquicultura, registradas na *Web of Science*, datam do ano de 1978, com o artigo sobre um dispositivo de aeração por venturi, descrito em alemão por Kranawetteiser et al. (1978). Com um início lento, o número de trabalhos sobre o assunto só atingiu a marca de 10 trabalhos/ano em 1998, ano que coincidiu com o trabalho de C.E. Boyd (Boyd, 1998). Nesse trabalho o autor traz os tipos de aeradores existentes na época e descreve um método para testes em aeradores, o qual têm sido utilizados até os dias de hoje. Posteriormente, houve uma redução, seguida por estabilização no número de publicações, sendo que somente em 2016 foi retomado o crescimento quando ultrapassou os 20 trabalhos/ano, número que desde então cresceu exponencialmente até 2020. A partir de 2020 vem ocorrendo queda nas publicações sobre o assunto, podendo ser observada na figura 4, que representa os números de publicações por ano.

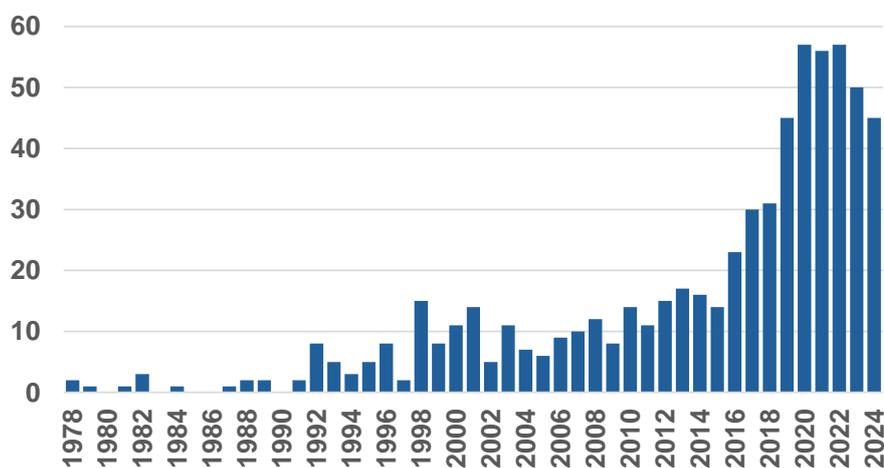


Figura 4 – Número de publicações (eixo do y) por ano (eixo do x).

Os países com as maiores contribuições em estudos associados a aeração na aquicultura foram Estados Unidos (237) e da China (120), seguidos pelo Brasil (58), Índia (41) e Indonésia (34), que vêm ocupando espaço e indicando que podem protagonizar o conhecimento científico sobre o assunto. Outros países como Tailândia, Canadá, Japão, Austrália e Vietnã tiveram

produções superior a 20 artigos durante o período, como se pode observar na Figura 5 entre os períodos de 1978 a setembro de 2024.

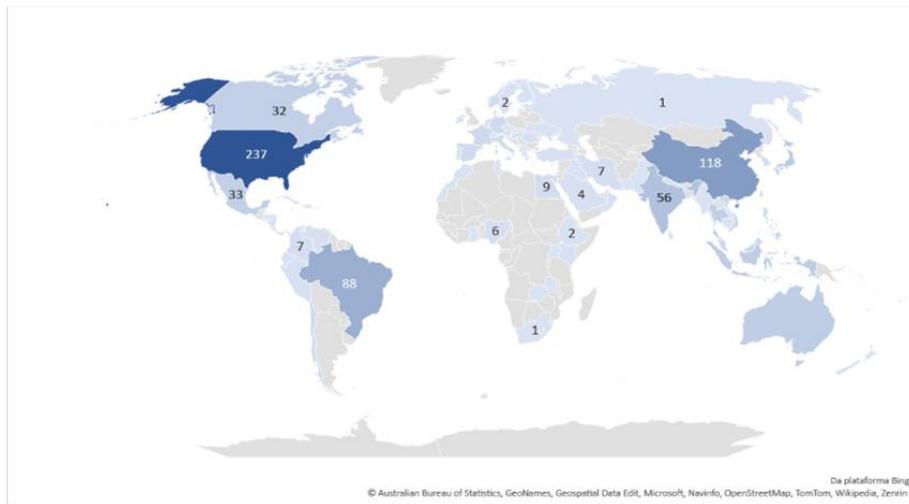


Figura 5 – Número de publicações por país. Tons mais fortes de azul se referem a maior número de artigos publicados de 1978 a 2024.

A análise da conexão entre os autores mais citados em documentos sobre o assunto (Figura 6), evidenciou que o autor de maior conexão foi Cloude E. Boyd, principalmente com seu artigo de 1998. No entanto, na atualidade temos outros autores em destaque, com os trabalhos produzidos por Kumar, o qual busca comprovar que o método de produção por split-pond é um método eficiente, com aumento na rentabilidade da aquicultura. Vale lembrar que os trabalhos de Ganesh Kumar são com catfish. Outro autor que vem ganhando grande destaque é Subha M. Roy. Ficou famoso por desenvolver um aerador por gravidade, e seus trabalhos comparando os diversos tipos de aeradores tem auxiliado outros autores na compreensão dos rumos a serem tomados em seus trabalhos. Já os trabalhos de Shiyang Zhang, vem contribuindo para entender a aeração como mecanismo importante para a melhoria da qualidade da água, principalmente para lagoas de polimento em aquiculturas.

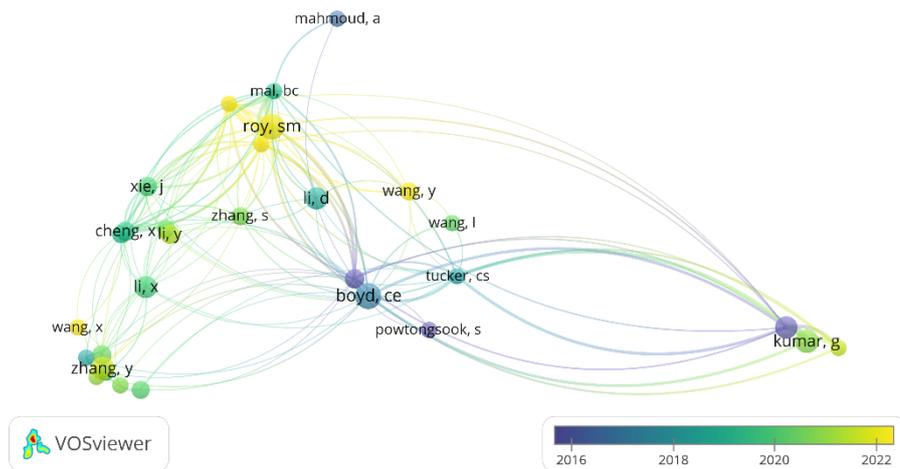


Figura 6– Autores mais citados em documentos recuperados pela busca na *Web of Science*.

A busca por artigos na WoS, indicou que o termo que mais aparece nos artigos é “aquicultura”, seguido de “aeração” e “crescimento” (Figura 7). Esses termos, estão intimamente relacionados, pois o grande objetivo da aquicultura é o crescimento dos organismos cultivados, sendo que em cultivos intensivos é fortemente influenciado pela aeração. No entanto, quando analisamos cronologicamente, podemos observar que os termos mais relevantes e mais atuais tem sido performance, oxigênio dissolvido, peixe e remoção. O que podemos observar quanto alteração dos termos ao longo do tempo, é que, os estudos sobre o assunto estão buscando entender a performance de aeradores quanto a incorporação de oxigênio, visando a qualidade das águas e o bem-estar do organismo que está sendo cultivado. Nesse contexto, o aerador passa a desempenhar um papel fundamental em termos de desenvolvimento da ambiência animal.

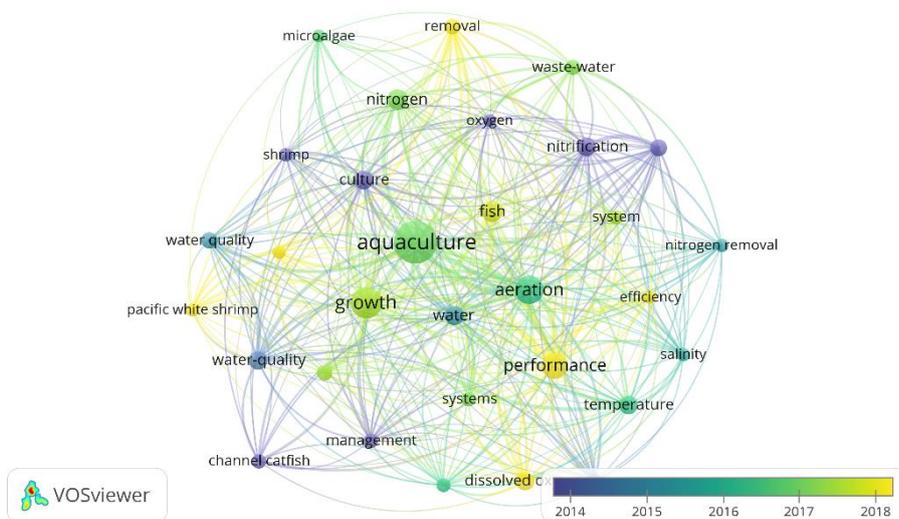


Figura 7 – Palavras-chave mais frequentemente utilizadas em artigos sobre a assunto.

A Organização das Nações Unidas (ONU) definiu como metas para 2030, 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), os quais têm sido adotados para definições de selos de qualidade pela equipe da Secretaria de Aquicultura e Pesca (SAP) para o PNDA (Brasil, 2022). Nossa busca revelou que 9 dos 17 ODSs tem sido indicado nos documentos sobre o assunto (Figura 8). O ODS mais citado na literatura foi o ODS 14 Vida na água, registrado em 358 artigos, seguido pelo ODS 06 Água potável e saneamento (154), 13 Ações contra as mudanças climáticas (71) e Vida terrestre (66) é o que se pode observar na figura 8.

O ODS 14, tem como objetivo “conservar e usar de forma sustentável os oceanos, os mares e os recursos marinhos para o desenvolvimento sustentável”, o qual está diretamente relacionado à aquicultura e ao uso de tecnologias que ajudam a proteger e melhorar a qualidade da água, como é o caso do uso de aeradores.

O uso dos aeradores, além do aumento de produção aquícola, permite a melhoria da qualidade das águas, em especial as efluentes dos empreendimentos. Essa condição permite o uso eficiente dos recursos e a redução do impacto ambiental, permitindo assim a sustentabilidade a longo prazo.

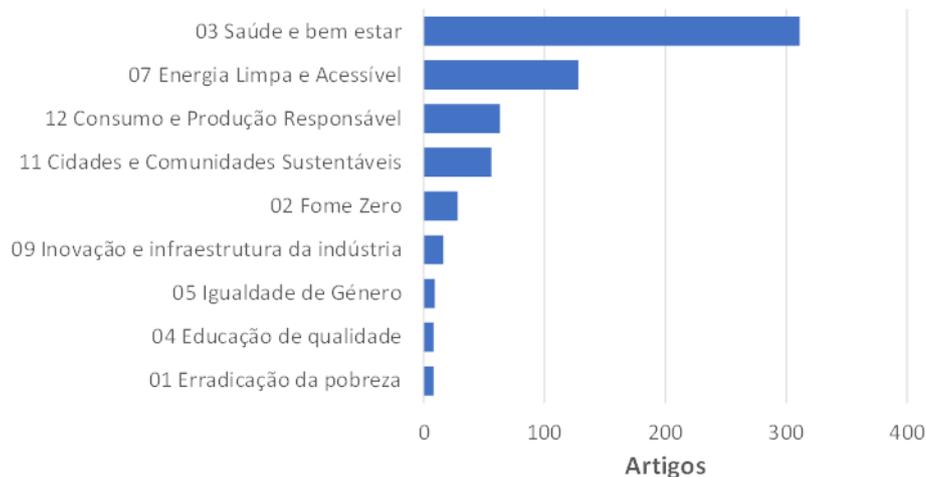


Figura-8: 9 objetivos das ODSs adotados para os selos pela equipe da Secretaria de Aquicultura e Pesca

Mesmo enfoque tem sido dado ao ODS 06, o qual trazem artigos preocupados com o manejo sustentável dos recursos hídricos, garantindo assim os usos múltiplos desse importante recurso.

A aeração tem contribuído para mitigação de emissões de gases do efeito estufa em viveiros de aquicultura (Yang et al., 2023), o que proporciona a esta atividade o papel de “*player*” para atingir o ODS 13 – Ações contra as mudanças climáticas. Apesar de não parecer, os aeradores na aquicultura apoiam o ODS 15, pois eles promovem práticas que evitam a degradação ambiental, asseguram a qualidade da água e protegem os ecossistemas, contribuindo para a preservação da biodiversidade e o uso sustentável dos recursos naturais. Grande parte dos artigos associados a este ODS, tratavam do uso de aeradores influenciando em organismos vegetais associados a aquicultura, a exemplo descrito por Kumar et al, 2013 e Roy et al. (2021b), que afirmam que a aquicultura intensiva em todo o mundo mantém uma elevada densidade populacional, sendo essencial aumentar e manter a concentração ótima de oxigênio dissolvido (OD) através do fornecimento de sistemas de aeração artificial. A seleção de um aerador é um aspecto crucial das operações de aquicultura. O aerador selecionado deve ser economicamente eficiente e deve ser capaz de satisfazer os requisitos de fornecimento de oxigênio na água do viveiro.

As algas e macrófitas, além de auxiliarem na ciclagem de nutrientes, podem ser utilizadas em uma gama de utilizações, como combustível, alimento e cosméticos, reduzindo a pressão sobre outros ecossistemas. O aumento da produção de peixes também tem auxiliado na redução da pressão sobre outros recursos terrestres. Dessa forma, se conclui que a aeração em viveiros de aquicultura tem importância para os pesquisadores focados em resolver problemas no ambiente aquático, terrestre e atmosféricos.

Além disso, o crescente interesse da população em consumir peixe como parte de uma alimentação saudável, devido aos benefícios nutricionais, como proteínas de alta qualidade, aminoácidos essenciais, vitaminas e ácidos graxos ômega-3 (FAO, 2022), tem motivado também o crescimento em pesquisas que possam aumentar a produção do pescado e está em consonância com o ODS 03 – Saúde e bem-estar. O Brasil tem se destacado na produção aquícola, sendo um dos principais produtores de peixes de água doce (FAO, 2022) e um dos principais beneficiários das pesquisas na área.

O ODS 02 – Fome zero e agricultura sustentável tem sido evidenciado nos estudos que buscam aumentos na produção da aquicultura, possibilitando a redução dos custos de produção e redução do preço do produto na mesa do consumidor, o que tem modificado seus hábitos alimentares, pois de acordo com Kaminsk et al. (2024), a aquicultura dá as famílias quase duas vezes mais possibilidades de melhorar sua condição de segurança alimentar cultivando e consumindo certos vegetais, especialmente aqueles cultivados integrados aos viveiros. Essa mudança nos hábitos dos consumidores, passando de outras fontes de proteína, como carne

bovina ou carne de cordeiro, para peixes e frutos do mar, também podem resultar em uma redução das emissões totais de gases de efeito estufa no nível do setor alimentício. E um desenvolvimento de categorias de impacto que cubram todos os problemas ambientais da aquicultura é, portanto, crucial para a verdadeira sustentabilidade do setor, e a pesquisa deve se concentrar no desenvolvimento dessas vias de impacto ausentes (Bohnes et al., 2022). Portanto, a integração de um módulo de sustentabilidade absoluta em modelos econômicos, permitiria uma cobertura mais abrangente das implicações da implementação de políticas de aquicultura, facilitaria sua interpretação e, eventualmente, produziria recomendações mais confiáveis para os formuladores de políticas (Bohnes et al., 2022).

De acordo com Luthman et al. (2021), as políticas e estratégias poderiam ser mais ambiciosas em seu esforço para promover uma aquicultura ambientalmente sustentável. Os ambientes locais desempenham um papel essencial nas políticas e estratégias, pois os países buscam preservar e promover a natureza. Uma perspectiva mais global, especialmente relacionada aos recursos de alimentação, aumentaria os aspectos de sustentabilidade nas políticas. Os aspectos ambientais nas políticas não superam a intensificação, mas estabelecem padrões que aumentam o desempenho ambiental da indústria, o que parece resultar em práticas menos insustentáveis do que sustentáveis, pelo menos inicialmente (Luthman et al, 2021).

Como um produtor de alimentos, a aquicultura depende de boas condições ambientais e de qualidade da água, o que significa que, a fim de proteger seus próprios negócios, a aquicultura tem um interesse evidente na manutenção da boa qualidade da água, evitando qualquer impacto negativo sobre o meio ambiente (MAPA, 2020). Deve-se considerar, portanto, que existe uma relação de interdependência entre o meio ambiente e a aquicultura, pelo qual, um ambiente não saudável pode criar dificuldades para o desenvolvimento dos organismos, bem como determinará uma péssima qualidade do produto de um ponto de vista higiênico-sanitário. É de interesse da aquicultura, portanto, manter a qualidade ambiental do meio (MAPA, 2020)

5.2. PERFIL DOS PISCICULTORES

A partir dos dados coletados junto aos piscicultores do oeste paranaenses nas cidades de Toledo e Maripá, foi gerada uma tabela contendo informações, sobre o perfil dos piscicultores, contendo idade e tempo na atividade (Tabela 2), também são apresentadas as informações se a piscicultura é a principal fonte de renda desses aquicultores.

Os resultados indicaram que a idade dos respondentes variou de 28 a 75 anos, o tempo na atividade de 0,25 a 45 anos. Quando perguntados se a piscicultura é sua principal fonte de renda, dos 49 entrevistados 18 disseram que sim e 31 disseram que não.

Tabela 2- Perfil dos piscicultores de Toledo e Maripá, valores mínimo,máximo e média

	Mínimo	Máximo	Média
Idade do Piscicultor (anos)	28	75	47,224
Tempo na Atividade (anos)	0,25	46	10,283

De acordo com a Tabela 2 é possível perceber que há um interesse pelas pessoas mais jovens em se tornarem piscicultores. O meio rural brasileiro tem sofrido diversas alterações sociais e econômicas nas últimas décadas, como resultado das transformações demográficas, tecnológicas e produtivas, e o que se observava até o momento era uma tendência aos jovens abandonarem as atividades rurais e migrarem para as cidades (Boscardin et al., 2021). Essas mudanças indicam uma ressignificação da vida no campo, envolvendo novas formas de permanência com características distintas do modelo de sucessão geracional que por décadas permeou a reprodução social da população rural (Boscardin et al., 2021). Conforme Wanderley (2000), a modernização da agricultura, longe de modificar este quadro, o reforçou, ao aprofundar a dependência da produção agrícola aos insumos industriais e ao associá-la cada vez mais aos mercados consumidores urbanos. Visto que o modelo de desenvolvimento agrícola teve como objetivo principal assegurar a autossuficiências em produtos agrícolas, especialmente em produtos alimentares.

Para Rincon e Hennemann (2012), os jovens refletem as condições em que vivem, e preocupam-se com um futuro melhor. Os mesmos, afirmam que o acesso à educação e divertimento é mais difícil no meio rural, porém eles constatam que no meio rural a vida não é agitada, complicada e turbulenta como no meio urbano. Os jovens têm consciência que a vida no meio rural é saudável e com menos preocupações.

Dos 49 entrevistados, quando perguntamos como descobriu a piscicultura, sete (7) responderam que foi herança familiar e dois (2) através dos pais. Essas respostas corroboram com afirmação de Pasini (2013), que o resultado da produtividade pode ser uma forma de incentivo para que os filhos de produtores continuem nas terras e nas atividades que já são realizadas pelos pais. Para que a produtividade seja crescente esses incentivos para a sucessão familiar serão necessários. Em relação a sucessão familiar observou-se que em algumas propriedades os filhos de associados, já tem suas terras em outras regiões da cidade e trabalham com a piscicultura como os pais.

E os outros 40 entrevistados deram como respostas recomendação e mercado em crescimento, confirmando que a piscicultura tem se tornado uma atividade agropecuária em crescimento, por se tratar de uma atividade de produção de alimento, que atualmente tem sido inserida mais fortemente na dieta alimentar dos consumidores, por se tratar de um alimento rico em componentes nutricionais (FAO, 2022).

Porém é importante ressaltar que mesmo a piscicultura sendo uma atividade com bastante lucratividade para os piscicultores dos municípios de Maripá e Toledo, a atividade ainda é na maioria dos casos uma fonte de renda secundária, como podemos observar na Tabela 3, quando foi perguntado aos piscicultores se a piscicultura é sua principal fonte de renda.

Tabela 3: piscicultura como principal fonte de renda nos municípios de Toledo e Maripá

Sim	Não	Total	Minimo	Maximo	Média
18	31	49	18	31	24,5

De acordo com Debus (2016), no município de Maripá, a principal atividade desenvolvida pelos produtores é a piscicultura (65%), seguida pela agricultura (25%), com o cultivo de soja e milho, o que para o autor, pode representar um risco para manutenção de propriedade na agricultura familiar. Por outro lado, no que se refere as atividades desenvolvidas nas propriedades do município de Toledo, há uma variação entre a piscicultura, agricultura, avicultura, suinocultura e bovinocultura de leite, ou seja ,75% dos produtores entrevistados no município tem a atividade piscícola como um complemento da renda.

Para Barros et al. (2011), a piscicultura tem garantido espaço nas discussões, como alternativa de renda para o meio rural e em políticas governamentais específicas. Segundo Pasini (2013), alguns piscicultores pararam de investir e produzir em outras atividades agrícolas para se dedicar somente a produção de peixes. Porém, Gerona (2021), afirma que na prática de integração entre agricultura e aquicultura não se tem a adoção pelos produtores do sistema integrado, tanto quanto produtores independentes, embora todos os entrevistados sejam agricultores de cultivo de grãos, trabalham de forma individual cada uma das atividades. Portanto, ressalta-se também, que todos os piscicultores independentes afirmaram que passaram possuir maior independência econômica após iniciarem a atividade de piscicultura. Os piscicultores ao serem perguntados se estavam satisfeitos com a atividade piscícola todos disseram que sim, pois puderam impulsionar sua renda com a piscicultura, embora alguns tenham respondido que sua principal fonte de renda é a agricultura ou exercem outra atividade remunerada.

5.3. PERFIL DAS PISCICULTURAS DE TOLEDO E MARIPÁ

As informações obtidas dos respondentes são apresentadas na Tabela 4, a qual apresenta o perfil das pisciculturas dos municípios estudados. Os resultados indicaram que a maioria das pisciculturas são de pequeno porte com lâmina d'águas variando de 0,2 a 60,5 hectares, as quais utilizam ração de 90 a 240 toneladas, em ciclos de cultivo de 210 a 365 dias e com densidades de estocagem variando de 4,5 a 16 peixes/m². É pequena sua lâmina d'água ao ser comparada com a região sul dos Estado Unidos que é o maior produtor de Bagre onde a menor área é de 32 hectares e a maior área é de 592 hectares. Lá os sistemas mais intensivos apresentam menores custos, e os viveiros intensamente aerados e sistemas modificados de múltiplos lotes de bagre do canal e taxas de aeração aumentada são mais lucrativas (Kumar et al., 2020).

Os números de aeradores utilizados na produção de tilápia variou de 2 a 71 aeradores e com potência instalada de 3,5 a 125 (KVA. De acordo com Boyd (1998), dependendo da densidade de estocagem e de vários outros fatores, os tanques são geralmente providos com 6 a 8 aeradores para cada hectare (ha) de lâmina d'água.

Tabela 4- Perfil das pisciculturas de Toledo e Maripá, com valores mínimo, máximo e médio

	Mínimo	Máximo	Média
Lâmina D'água (ha)	0,20	60,50	11,06
Consumo de Ração por Ciclo (T)	90	240.000	73.279
Ciclo (Dias)	210,00	365,00	268,98
Densidade (Peixe/m²)	4,50	16,00	6,94
Nº Aeradores	2,00	71,00	20,94
Potência Total dos Aeradores (KVA)	3,50	125,00	38,12

Para identificar os fatores associados a seleção de aeradores para a piscicultura é apresentada a seguir a análise de redundância das variáveis associadas a pisciculturas abordadas e as respostas associadas a seleção dos aeradores.

A análise de redundância (Figura 9) das variáveis pesquisadas indicou uma pequena segregação, mas com certa sobreposição entre as pisciculturas que realizaram projetos de implantação da aeração (quadrados verdes) e as que não realizaram (círculos marrons). É possível observar que as pisciculturas que não realizaram projetos (círculos marrons) estiveram associadas a variável seleção dos aeradores pelo preço (SelPr) e tem como principal fonte de renda a piscicultura (FRPis). As pisciculturas que realizaram projetos para implantação da aeração,

parecem estar mais associadas a seleção dos aeradores pela experiência (SelExp) e pela eficiência (SelEfi) e indicaram como item de maior dificuldade para atividade como sendo o clima (DClima). Seu cultivo se caracterizava por peixes com maiores, peso inicial (Pini), peso final (Pfin) e tempo de cultivo (Tcult).

O eixo 2 da RDA (RDA2) esteve associado positivamente a utilização dos aeradores de pás, os quais estiveram associados ao número de aeradores (Naer), potência instalada (Pot), pisciculturas com maiores lâminas d'água (Lamin), quantidade de ração (Ração) e estão a mais tempo na piscicultura.

O uso de aeradores do tipo xafariz (Xaf) esteve associado a pisciculturas que selecionam o aerador por recomendação técnica (SelRe) e que os produtores alegaram como principais dificuldades o custo de produção (DCusto) e as doenças em peixes (DDoen). Aparentemente esta recomendação técnica que deveria ser realizada a partir de um projeto técnico com cálculos específicos para as taxas de transferência de oxigênio, ocorrem como uma recomendação padrão para toda e qualquer piscicultura, se configurando dessa forma como um subdimensionamento. Um dimensionamento adequado do sistema de aeração poderia criar uma melhora na ambiência animal, melhorando o aproveitamento do alimento disponibilizado ao peixe, o que reduz consideravelmente os custos e a susceptibilidade a doenças.

Para Roy et al. (2015), aerador de pás em termos de desempenho, são mais eficazes. Sendo eles mais adequados e economicamente benéficos em viveiros maiores que 1 hectares (Roy et al., 2020). Kumar et al. (2013b), a partir de uma análise econômica de diferentes tipos de aeradores, descobriu que os aeradores de hélice-aspirador são mais econômicos para tamanhos de viveiros menores que 2 ha, e em viveiros com tamanhos acima de 0,4 ha, os de pás são as mais econômicas.

Muitos aquicultores instalaram e utilizaram o aerador para manter melhores condições ambientais nos viveiros, possibilitando assim um melhor crescimento dos organismos. Porém devido ao conhecimento limitado sobre os aeradores, muitos aquicultores os operam empiricamente, sem muita consideração sobre sua adequação de uso e eficiência. Essa operação empírica pode não ser benéfica para os aquicultores porque as despesas de gerenciamento, incluindo o custo de energia para operar o aerador, podem ser altas (Roy et al., 2021b).

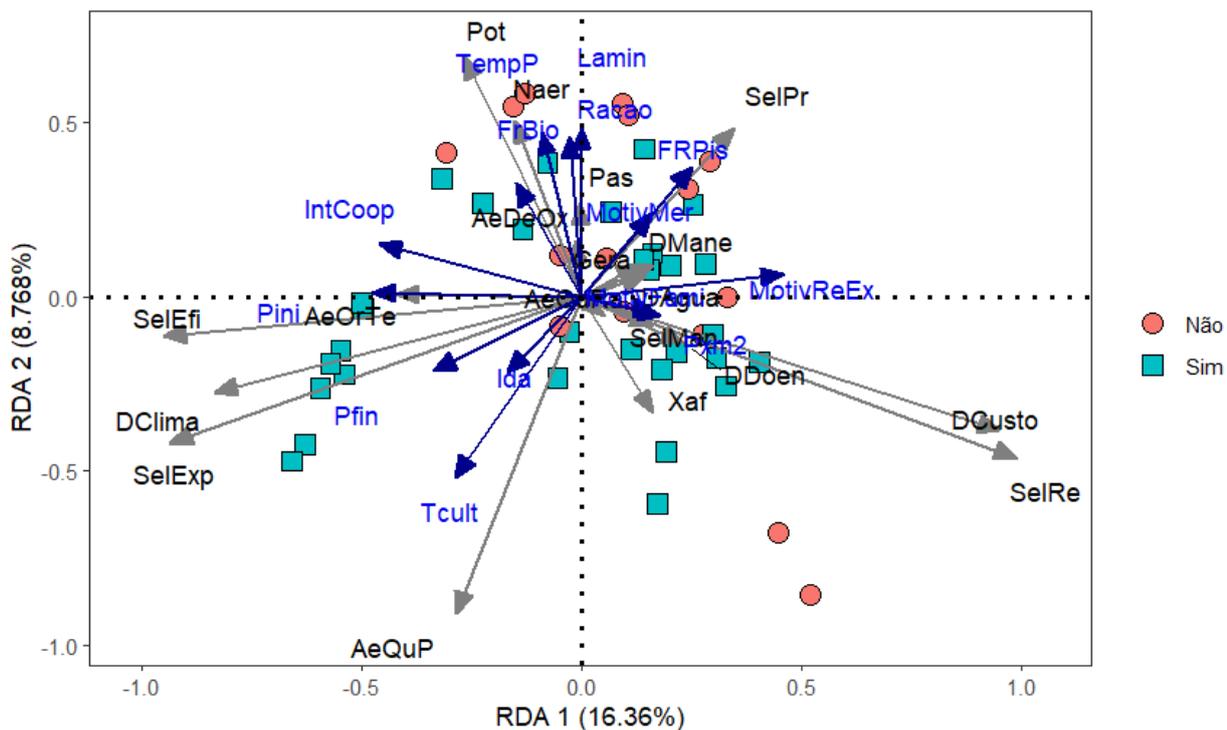


Figura 9- Setas azul correspondem as características da piscicultura e do piscicultor e Setas cinzas aos motivos que levaram o piscicultor a selecionar o aerador e as principais dificuldades enfrentadas pelos piscicultores.

A análise das coordenadas principais (PCoA), evidenciou a segregação parcial entre as pisciculturas que realizaram um projeto prévio de implantação do sistema de aeração no empreendimento e os que não realizaram projetos prévios. No entanto, o elevado nível de sobreposição indica que o projeto prévio da forma que está sendo realizado, não traz diferenças evidentes no sistema produtivo e talvez esse seja o motivo para que tantos produtores não busquem por um projeto antes da implantação da piscicultura. Outro motivo pode ser, a ampliação da atividade, em que inicialmente os produtores podem ter iniciado a atividade experimentalmente, e transformado em atividade econômica posteriormente. Haja visto que diversos produtores não têm ainda a piscicultura como principal fonte de renda, e os que selecionam os aeradores pelo custo de implantação, sem levar muitas vezes em conta outros parâmetros como taxa de transferência de oxigênio (SOTR) e coeficiente de desempenho do aerador (SAE).

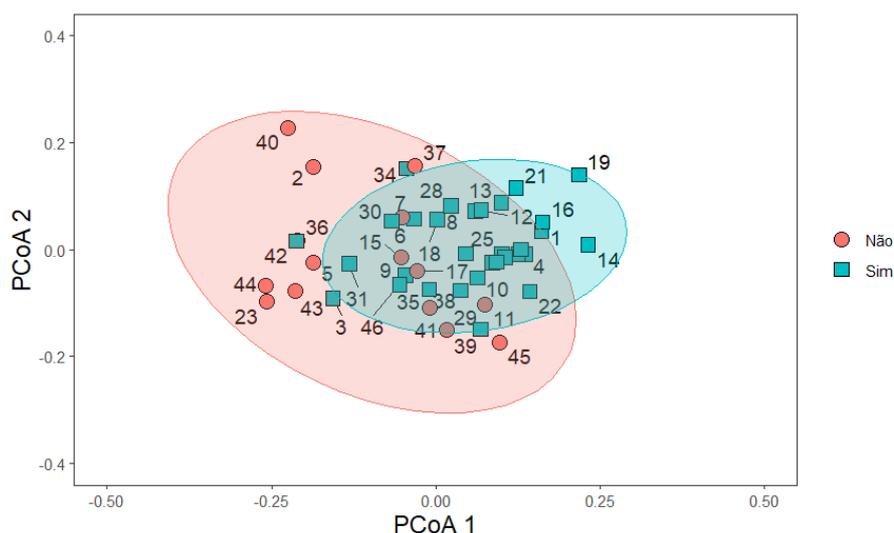


Figura 10: O quadrado azul corresponde ao Aerador tipo chafariz e o círculo rosa corresponde ao aerador tipo Pás.

A preferência dos produtores foi o uso do aerador do tipo Chafariz, sendo o aerador de Pás o segundo mais utilizado, muitas vezes em conjunto com o de Chafariz, outras sozinho, como se pode observar pela imagem (Figura 10). Segundo os piscicultores entrevistados, os aeradores de Pás movimentam a coluna d'água de baixo para cima evitando a estratificação térmica e equilibrando a temperatura ao longo da coluna da água. Embora haja outros tipos de aeradores desenvolvidos para aquicultura (Boyd, 1998), alguns deles são semelhantes aos utilizados na aeração de águas residuais e geralmente mais caros para serem utilizados na aquicultura. A aeradores artificiais foram desenvolvidos ao longo dos anos para melhorar a eficiência da aeração. Na aquicultura, aeradores de hélice-aspiradora, aeradores de bomba vertical, sistemas de aeração difusa e aeradores de pás são amplamente utilizados (Roy et al., 2020).

O tipo de aerador utilizado, por influenciar muito o desempenho da aquicultura, deveria ser dimensionado para possibilitar taxas de transferência de oxigênio que suprissem as diversas demandas locais. De acordo com Leira et al. (2017), a concentração do oxigênio na água varia com a sua temperatura, bem como a solubilidade desse gás depende ainda da pressão atmosférica e da salinidade da água, ou seja, que quanto mais aumenta a temperatura no viveiro os peixes irão utilizar de 2 a 3 vezes mais oxigênio e com uma temperatura de 30°C, há decomposição mais rápida da matéria orgânica colaborando para o aumento do consumo de oxigênio.

Apesar de poucos produtores indicarem a água como sendo uma dificuldade para a propriedade (Figura 11), devemos lembrar que na maioria das vezes o produtor se remete a quantidade de água disponível na região, o que, realmente no Oeste do Paraná, devido a abundância de água, não parece ser um problema. No entanto, outras dificuldades relatada pelos piscicultores como doenças e custos, evidenciam dificuldades relacionadas a qualidade da água, demonstrado que apesar dos piscicultores não terem problemas quanto a quantidade de água

disponível, estão tendo problemas com a qualidade dessa água. A seleção de locais de aquicultura com características desfavoráveis é a causa de muitos problemas de qualidade da água. Uma característica que deve ser evitada em todos os tipos de aquicultura é fonte de água poluída (Boyd, 2017).

Queiroz & Boeira (2016), afirmam que a troca de água rotineira praticada nos viveiros de piscicultura é um exemplo de prática usual ineficiente. Há razões para trocar a água dos viveiros em condições específicas, como por exemplo retirar o excesso de nutrientes e de fitoplâncton dos viveiros e, em alguns casos, reduzir a concentração de amônia e aumentar a concentração de OD, com a entrada de água em concentrações elevadas de OD. Porém, a troca de água diária não aumenta a concentração de OD e, tampouco, há melhorias significativas na qualidade de água. O resultado do uso dessa prática é o aumento dos custos de produção devido aos elevados custos com bombeamento da água e dos impactos ambientais causados pela drenagem da água dos viveiros para os corpos de água naturais em torno dos viveiros de piscicultura. Quanto ao uso de aerador, vale lembrar que durante o dia os viveiros são aerados naturalmente pelo fitoplâncton, necessitando um número menor de aeradores, o que reduz consideravelmente os custos com energia elétrica.

Outras dificuldades elencadas pelos piscicultores como o Clima, podem também ser minimizados pelas técnicas de aeração. De acordo com Yang et al., (2023), a aeração é comumente aplicada para melhorar o suprimento de oxigênio para os animais de criação, mas pode ter efeitos opostos na emissão de Gases de Efeito Estufa (GEE), pois pode inibir processos microbianos anaeróbicos que produzem GEEs, reduzindo o potencial de aquecimento global anual dos GEE em cerca de 40% para lagoas aeradas. Além disso, entender a influência do clima na piscicultura é um dos primeiros passos para que o produtor rural desperte para a sensibilidade das consequências de sua atividade em relação à conservação dos recursos naturais. Já que a piscicultura está consolidada e exige do piscicultor uma intensa ligação com a natureza (Corrêa & Ribeiro, 2021).

As mudanças do clima serão cada vez mais um “*player*” a influenciar diretamente o desenvolvimento da atividade. Hoje, a produção nacional sofre com uma série de impactos ocasionados pela irregularidade de chuvas, provocando prejuízos em diferentes áreas de produção (Routledge, 2017).

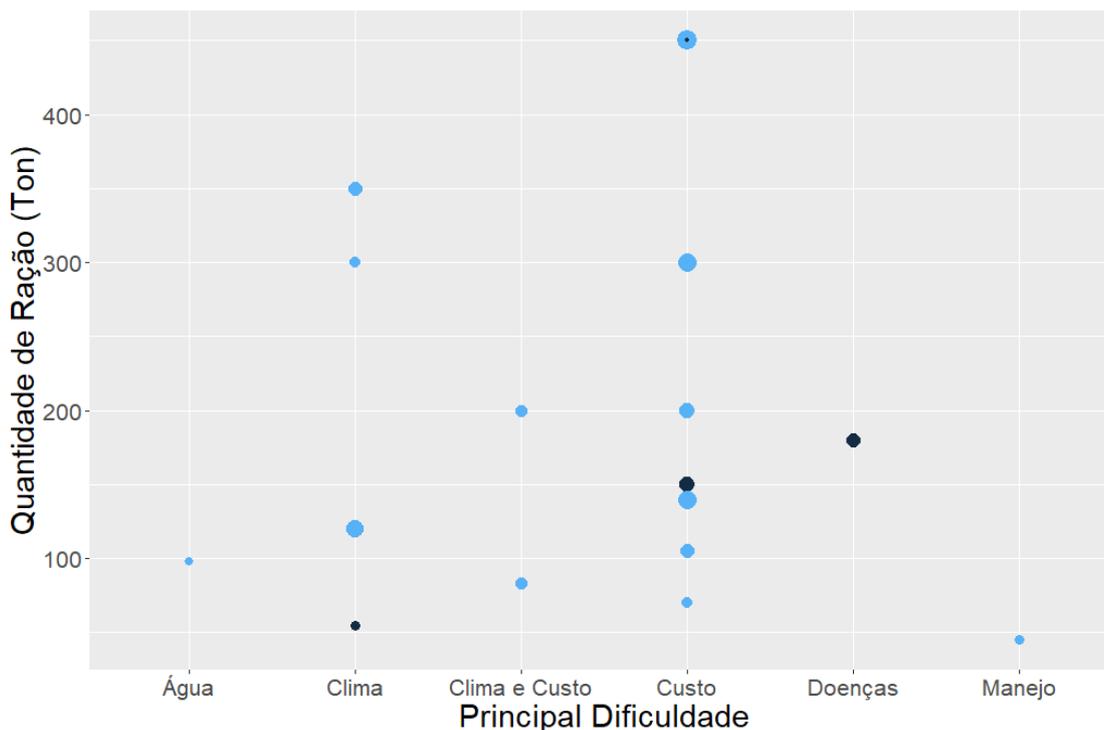


Figura 11: Dificuldades indicadas pelos produtores (eixo x), frente a quantidade de ração utilizada (eixo y), tamanho dos círculos indicam a potência instalada para a aeração e cores indicam o tipo de aerador, sendo que círculos pretos correspondem ao uso somente de aeradores do tipo chafariz e círculos azuis correspondem ao uso de aeradores dos tipos chafariz e de pás conjuntamente.

Em nosso estudo, os respondentes indicaram que para evitar prejuízos eles fazem monitoramento das variáveis da qualidade da água periodicamente. A manutenção da qualidade de água em viveiros de piscicultura é requisito básico para o sucesso econômico do sistema produtivo e pode ser influenciada por vários fatores, dentre eles, a origem da fonte de abastecimento de água e o manejo alimentar (Leira et al., 2017). Para esses autores, um bom desenvolvimento dos organismos aquáticos e uma produção economicamente viável, tem que ter certo controle do ambiente. Para Junior et al. (2021), uma das variáveis mais importantes voltadas a qualidade da água em tanques de criação de peixes é a temperatura e o oxigênio dissolvido, pois no caso da primeira ela influencia diretamente em todas as atividades fisiológicas do peixe e no caso da segunda, baixas concentrações podem levar a mortalidade.

Diversas são as maneiras de se avaliar se os aeradores estão sendo eficientes, tais como, o uso de medidores de oxigênio digitais e índices de desempenho zootécnico, entretanto, estes indicadores não são mais suficientes. Na atual conjuntura da piscicultura o uso dos aeradores não deve apenas ter o papel de incorporar oxigênio na água, mas deve também evitar a estratificação térmica e química sem provocar a suspensão das partículas do sedimento e erosão dos taludes (Coldebella et al., 2020).

Para Porto et al. (2021), os peixes cultivados em sistema sem aeração artificial apresentam, quando comparado com aqueles criados em sistema com aeração artificial, valores

menores de crescimento, tanto em peso, como em comprimento, ou seja, o uso contínuo do aerador proporciona condições favoráveis para os peixes, resultando em ganho de peso médio diário e ganho de biomassa total.

A análise de redundância (Figura 12) indicou que não houve uma evidência clara de que as pisciculturas que fizeram projetos para a implantação da aeração (quadrados verdes) diferiram dos que não fizeram (círculos marrons). No entanto, foi possível observar que as variáveis que mais influenciaram negativamente o primeiro eixo da RDA (RDA 1) foram: ter como principal fonte de renda a piscicultura (FRPis), possuir maiores lâmina d'água (Lamin), apresentar maior utilização de ração (Ração), que foi motivado a entrar na piscicultura pelo mercado (MotivMer) e ligam os aeradores pelo próprio conhecimento/experiência (LigCo). Essas informações indicam que pisciculturas maiores com maior lâmina d'água e conseqüentemente maior consumo de ração, apresentam acompanhamento diário dos viveiros com ações de aeração e alimentação associadas a percepção e experiência do piscicultor responsável pela atividade. Condições atípicas e podem perturbar a percepção do ser humano, conduzindo a conclusões equivocadas e ações inadequadas em certas situações. A busca por uma aeração de alta eficiência, passa por sabermos o quanto o aerador terá capacidade de gerar um bem-estar para o peixe, mesmo em condições imperceptíveis ao tratador.

Observamos também que positivamente, as variáveis que mais influenciaram no primeiro eixo da RDA (RDA1) foram: piscicultura em que os peixes atingem maiores pesos finais (Pfin), maiores tempos de cultivo (Tcult) e ligam os aeradores conforme a biomassa (LABio). Esses resultados indicam que se trata de pisciculturas menores em que muitas vezes o acompanhamento da atividade não ocorre a “par e passo”, e que a operação dos aeradores está mais associada variáveis mais conservativas como a biomassa média dos peixes no viveiro, mesmo que isso possa demandar uma operação mais prolongada dos aeradores.

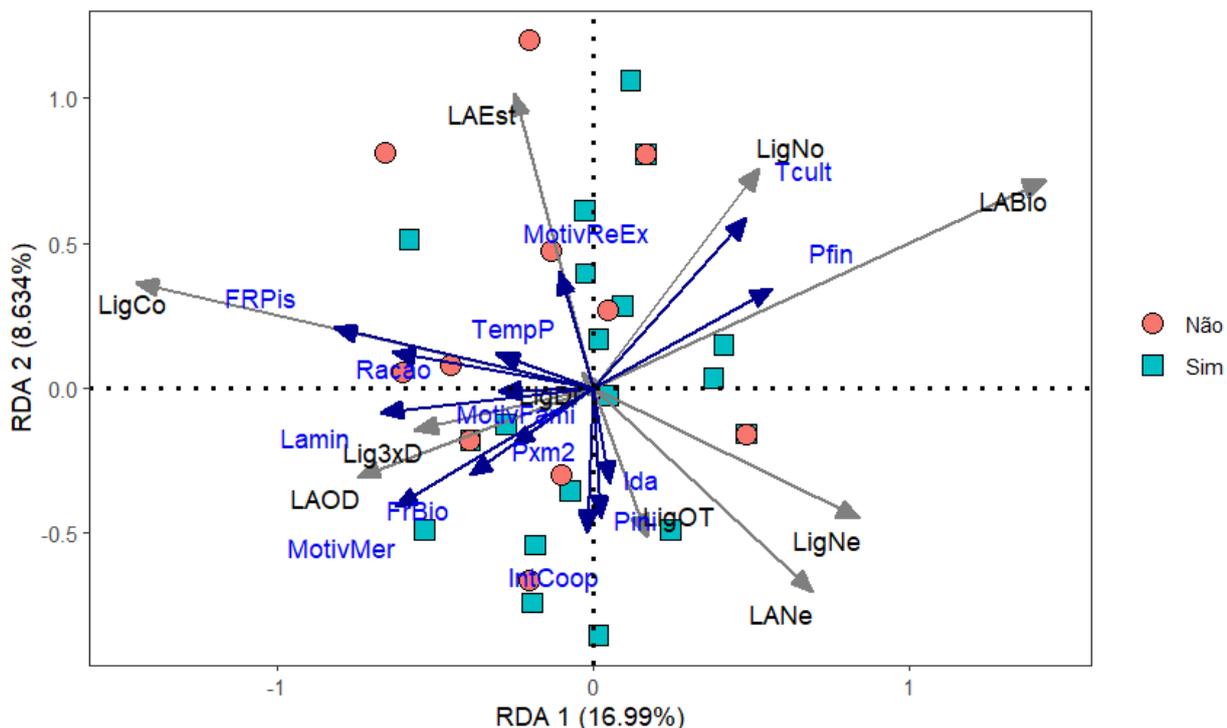


Figura 12– Análise de Redundância das variáveis das pisciculturas (setas azuis com letras azuis, sendo: Fonte de Renda Principal (FRPis), Motivo que levou a piscicultura: Renda Renda Extra (MotivReEx), Motivo Mercado (MotivMarc), Motivo Familiar (MotivFami), Tempo na atividade (TempP), Tempo na cultivo(Tcu), Idade do piscicultor(Ids), Lâmina de água (Lamin), Peso inicial(Peni), Peso final (Pfin), Densidade de estocagem (Pxm²), Quantidade de ração (Ração), Frequência da Biomatria (Frbio) e variáveis de operação da aeração (setas cinza e letras pretas), sendo: Liga a noite (LigNo), Liga de acordo com a biomassa (LABio), Liga 3x ao Dia (Lig3xD), Liga de acordo com a necessidade (LigNe), Liga de acordo com oxigênio (LAOD) e Liga conforme Orientação técnica (LigOT). Círculos marrons referem-se a pisciculturas que não realizaram projetos para implantação da aeração e quadrados verdes se refecem a piscicultura que realizaram projetos para a implantação da aeração. Fonte: autor, 2024.

É evidente que a aeração artificial, representa um salto na manutenção das variáveis da qualidade da água, controlando taxas de oxigênio dissolvido e temperatura da água de maneira muito eficaz. A baixa necessidade de manutenção e facilidade de operação, conduziu a implementação algumas vezes exageradas e desproporcionais, levando a um desperdício de recursos, tempo e oportunidades. A implantação da aeração a partir de um dimensionamento preciso, evita desperdícios garantindo a lucratividade da atividade. Mecanismos como de automação, com acionamento dos aeradores e controle preciso de variáveis da qualidade da água são ainda desafios para os produtores, que necessitarão de apoio da ciência e tecnologia no adequado dimensionamento dos sistemas de aeração, respeitando critérios econômicos e de eficiência (Fonseca et al., 2022).

Para Roy et al. (2021a), a seleção de um aerador é um aspecto crucial das operações de aquicultura. O aerador selecionado deve ser economicamente eficiente e deve ser capaz de atender ao requisito de suprimento de oxigênio na água do viveiro. No estudo desses autores foi feita uma análise completa para sugerir qual tipo de aerador seria economicamente viável e

eficiente para diferentes volumes de viveiros, com base nos dados de desempenho relatados nas revisões. Portanto, estudos como o deles pode ajudar os usuários finais (criadores de peixes) a selecionar o melhor aerador com base em seus requisitos.

Em nosso estudo, quando perguntados quanto aos períodos do ano e ciclo que são mais utilizados os aeradores, os relatos dos piscicultores foram que os aeradores são mais utilizados na fase de engorda e no verão e a estratégia diária de aeração é conforme a necessidade ou logo após a alimentação dos peixes e todos ligam a noite toda devido à noite ter produção de CO₂ e redução da atividade fotossintética, o que gera falta de oxigênio nos viveiros.

Um fator não abordado pelos produtores foi a salinidade, mas conforme Marappan et al. (2020), a salinidade da água influencia o número de aeradores necessários por hectare e os custos de energia. Para eles a seleção da combinação de aeradores e o dimensionamento dos aeradores com base na salinidade podem reduzir os custos de energia e de produção.

6 CONCLUSÃO

A pesquisa rejeitou a hipótese que os aeradores mais utilizados são os de pás e constatou que os aeradores mais utilizados pelos piscicultores de Toledo e Maripá são os aeradores do tipo chafariz em primeiro lugar e o de pás em segundo, ou a combinação entre aeradores de pás junto com o de chafariz. Apesar de o aerador de pás ser até mais eficiente, segundo os relatos dos piscicultores ele requer um custo maior com manutenção e instalação, enquanto o de chafariz é de fácil manejo.

Quanto o dimensionamento prévio, ficou evidente na análise de redundância que não houve uma evidência clara da segregação das pisciculturas que fizeram projetos para a implantação da aeração das que não fizeram. Porém as informações indicam que pisciculturas com maior lâmina d'água e conseqüentemente maior consumo de ração, apresentam acompanhamento diário dos viveiros com ações de aeração e alimentação associadas a percepção e experiência do piscicultor responsável pela atividade. Também se constatou que o uso de protocolos técnicos pode melhorar significativamente a eficiência da produção e a qualidade da água, no entanto não substitui o dimensionamento.

Com tudo, outros fatores subjacentes que conduzem a escolha dos piscicultores são maiores lâmina d'água, quantidade de ração e estágio de desenvolvimento dos organismos.

Quanto as principais dificuldades encontradas foram, clima e custo são os mais indicados pelos respondentes, tanto em conjunto, quanto separadamente. Por ser o clima difícil de ser controlado os piscicultores o identificam como sendo um dos maiores problemas entre outros

como custos, manejo e dificuldade de escoar a produção. Quanto os períodos do ano e ciclo que são mais utilizados, os piscicultores relataram que são na fase de engorda e no verão, sendo a estratégia diária de aeração conforme a necessidade ou logo após as refeições e contínua na fase noturna, por conta da produção de CO₂ e elevado consumo de oxigênio nos viveiros. Todos os piscicultores fazem controle dos parâmetros de qualidade de água e biometria, uns fazem o controle dos parâmetros de qualidade da água semanalmente ou a cada 15 dias e quanto a biometria a cada 15 dias ou uma vez ao mês.

Nosso estudo também evidenciou a importância da piscicultura como estratégia para alcançarmos os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), pois práticas bem planejadas podem não só aumentar a produtividade, mas também reduzir impactos ambientais. O uso dos aeradores, além do aumentar de produção aquícola, permite a melhoria da qualidade das águas, em especial os efluentes dos empreendimentos. Essa condição permite o uso eficiente dos recursos e a redução do impacto ambiental, permitindo assim a sustentabilidade a longo prazo. Embora possa não parecer, os aeradores na aquicultura apoiam o ODS 15, pois os mesmos promovem práticas que evitam a degradação ambiental, asseguram a qualidade da água e protegem os ecossistemas, contribuindo para a preservação da biodiversidade e o uso sustentável dos recursos naturais.

Observamos nesse estudo, que apesar dos estudos serem relativamente recentes (1978), a preocupação com a melhoria da qualidade das águas utilizadas na piscicultura vem crescendo e que além de país como Estados Unidos e China, outros como Brasil, Índia e Indonésia tem potencial para assumir protagonismo nos estudos sobre o assunto.

A pesquisa sobre o uso da aeração nas pisciculturas dos municípios de Toledo e Maripá revelou a importância da implementação adequada e dimensionamento dos sistemas de aeração para garantir uma produção sustentável e eficiente. Porém recomenda-se, para o futuro, que mais estudos sejam realizados sobre o dimensionamento ideal de aeradores e a adoção de tecnologias sustentáveis que possam minimizar custos e aumentar a lucratividade dos piscicultores, garantindo uma atividade economicamente viável e ecologicamente correta. Estudos sobre modelos de produção e automação são indispensáveis para o sucesso da atividade e para atingir os objetivos do desenvolvimento sustentável.

7 REFERÊNCIAS

- AVNIMELECH, Y. Carbon/nitrogen ratio as a control element in aquaculture systems. *Aquaculture*, v. 176, n. 3-4, p. 227–235, jun. 1999.
- BARROS, A. F. DE. Caracterização da piscicultura na microrregião da Baixada Cuiabana, Mato Grosso, Brasil. (M. I. E. G. MARTINS, Ed.), 2011.
- BOHNES, F. A. et al. Environmental sustainability of future aquaculture production: Analysis of Singaporean and Norwegian policies. *Aquaculture*, v. 549, p. 737717, fev. 2022.
- BOSCARDIN, M. et al. Permanência da juventude no meio rural: para além da sucessão geracional tradicional. 2021.
- BOYD, C. E. General relationship between water quality and aquaculture performance in ponds. *Fish Dis.* [s.l: s.n.]. p. 147–166. 2017
- BOYD, C. E. Pond water aeration systems. *Aquacultural Engineering*, v. 18, n. 1, p. 9–40, 1 jul. 1998.
- BOYD, C. E.; HANSON, T. Dissolved-oxygen concentration in pond aquaculture. *Global Aquaculture Advocate*, Jan./Feb. 2010. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/281309202>.
- BOYD, C. E.; TORRANS, E. L.; TUCKER, C. S. Dissolved Oxygen and Aeration in Ictalurid Catfish Aquaculture. *Journal of the World Aquaculture Society*, v. 49, n. 1, p. 7–70, 24 out. 2018.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Plano Nacional de Desenvolvimento da Aquicultura – PNDA 2022-2032. Brasília: MAPA, 2022.
- CAMBOIM, L. F. et al. Desenvolvimento de protótipo de aerador fotovoltaico aplicado à piscicultura de pequeno e médio porte. 2018.
- COLDEBELLA, A et al. Perfiladores acusticos de corrente por efeito doppler (ADCP) como ferramenta de apoio para o posicionamento de aeradores na piscicultura de viveiros escavados. *Brazilian Journal of Development*, 2020.
- COLDEBELLA, A. et al. Effluents from Fish Farming Ponds: A View from the Perspective of Its Main Components. *Sustainability*, v. 10, n. 2, p. 3, 21 dez. 2018.
- CORRÊA, L.F.; RIBEIRO, E.A.W. Diagnóstico da piscicultura com ênfase no clima e ambiente – Massaranduba/SC. *InterEspaço: Revista de Geografia e Interdisciplinaridade*, v. 5, n. 19, p. e202038, 30 dez. 2020.
- DEBUS, D. Diagnóstico da Piscicultura na Agricultura Familiar dos Municípios de Toledo e Maripá-PR. , 2016.
- FAO. STATE OF WORLD FISHERIES AND AQUACULTURE 2022: Towards Blue transformation. S.L.: Food & Agriculture Org, 2022.
- FONSECA, V. M. F. et al. Eficiência energética de aeradores com apoio de IoT na Aquicultura 4.0: uma revisão sistemática da literatura. *Brazilian Journal of Development*, 2022.

GARCIA, R. P. A. Aerador eólico para tanques de piscicultura. Porto Alegre: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, 2014[s.n.].

GERONA, L. N. P. B. Sustentabilidade na piscicultura: análise dos sistemas integrados e independentes de Nova Aurora-PR. Dissertação (Mestrado Profissional) - Programa de Pós-Graduação em Administração, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel.: 2021[s.n.].

HAIR, J. et al. Multivariate data analysis. 8th ed. Andover: Cengage, 2018.
História de Toledo Câmara Municipal. Disponível em: <<https://www.toledo.pr.leg.br/institucional/historia>>. Acesso em: 7 set. 2023.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Cidades e Estados: Toledo PR:População. Disponível em:<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pr/toledo/pesquisa/18/0?indicador=16512&tipo=grafico&ano=2023>. Acesso em: 2 nov. 2024.

JUNIOR, H. L. et al. Qualidade da água em produções de pescados da espécie tambaqui na agricultura familiar em Jaru/RO. Journal article: 2021.

KAMINSKI, A. M., et al. Smallholder aquaculture diversifies livelihoods and diets thus improving food security status: evidence from northern Zambia. *Agriculture & Food Security*, v. 13, n. 1, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s40066-023-00452-2>.

KIMPARA et al. (2013). Effect of Water Exchange and Mechanical Aeration on Grow-out of the Amazon River Prawn in Ponds. *Journal of the World Aquaculture Society*, v. 44, n. 6.

KUMAR et al. (2013). Seleção de aeradores para lagoa de aquicultura intensiva. *Aquacultural Engineering*, v. 56, p. 71-78.

KUMAR et al. (2020). Economia das práticas de criação de bagres nos EUA: lucratividade, economias de tamanho e liquidez.

LEIRA et al. (2017). Qualidade da água e seu uso em pisciculturas. *PUBVET*, v. 11, p. 11-17. MACLEOD, et al. Quantifying greenhouse gas emissions from global aquaculture. *Sci Rep* 10, 11679, 2020.

MANJABOSCO, G. et al. Impacto ambiental causado pela atividade de piscicultura. Salão de conhecimento UNIJUÍ, 2021.

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. (2020). Disponível em: <www.gov.br/mpa/pt-br/assuntos/aquicultura/copy_of_rap2020depoa.pdf>. Acesso em: 5 abr. 2024.

MARAPPAN, at al. Assessment of the new generation aeration systems efficiency and water current flow rate, its relation to the cost economics at varying salinities for *Penaeus vannamei* culture. *Aquacult.*, p. Res. 51, 2112–2124, 2020.

Maripá. Portal do Cidadão. Disponível em: <<https://maripa.atende.net/cidadao/pagina/a-historia-de-maripa>>. Acesso em: 7 set. 2023.

MEDEIROS et al. (2017). Life cycle assessment of fish and prawn production: Comparison of monoculture and polyculture freshwater systems in Brazil. *Journal of Cleaner Production*, v.

156, p. 528-537.

NASR-ALLAH, Ahmed et al. Employment generation in the Egyptian aquaculture value chain: implications for meeting the Sustainable Development Goals (SDGs). *Aquaculture*, v. 520, p. 734940, 15 abr. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.734940>. Acesso em: 23/01/2025.

NGUYEN, et al. A design on sustainable hybrid energy systems by multi-objective optimization for aquaculture industry. *Renewable Energy*, v. 171, p. 1186-1204, 2021. DOI: [10.1016/j.renene.2020.10.024](https://doi.org/10.1016/j.renene.2020.10.024).

OAKES, P.L. Aeration of Ponds Used in Aquaculture. Agricultural Engineering, United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service-NRSC, Technical Note, No. AEN-3. , 2011.

OKSANEN et al. (2023). *vegan: Community Ecology Package*. R package version 2.6-4. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=vegan>.

ONU - ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. Transformando nosso mundo: a Agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável. Disponível em: <http://www.agenda2030.com.br>. Acesso em: 16 jan. 2025.

PARTELOW, S. et al. Aquaculture governance: five engagement arenas for sustainability transformation. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, v. 65, 2023, p. 101379. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2023.101379>. Acesso em: 24 jan. 2025.

PASINI, A. H. ; A AÇÃO COLETIVA COMO FORMA DE NO SISTEMA AGOINDUSTRIAL DA AQUICULTURA DE MARIPÁ-PR. Universidade Estadual do Oeste do Paraná- Campus de Toledo. Centro de Ciências Sociais Aplicadas- Programa de Pós – Graduação em Desenvolvimento Regional de Agronegócio, 2013.

PEIXE BR. 2023. O setor supera os desafios e passa de 860 mil toneladas. Rua Claudio Soares, 72-cj.417-Pinheiros São Paulo/SP- Brasil-CEP 05422-030., [s.d.].

PORTO et al. Artificial aeration promotes better zootechnical performance and physiological balance of tambaqui (*Colossoma macropomum*) cultivated in a system without continuous water flow (Amazon: Brazil). *Research Society and Development*, v. 10, n. 1, p. e32310111759-e32310111759, 17 jan. 2021.

PREFEITURA DE MARIPÁ. Símbolos. Disponível em: <https://maripa.atende.net/cidadao/pagina/simbolos#:~:text=As%20principais%20atividades%20econ%C3%B4micas%20do%20munic%C3%ADpio%20de,seu%20desenvolvimento%2C%20fazendo%20parte%20da%20econo>. Acesso em: 30 out. 2024.

PRYCE et al. (2022). A comparative evaluation of the sustainability of alternative aeration strategies in biological wastewater treatment to support net-zero future. *Journal of Cleaner Production*, v. 374, p. 134005, 10 nov. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.134005>. Acesso em: 20 jan. 2025.

QUEIROZ & BOEIRA (2016). Boas práticas de manejo para manter concentrações adequadas de oxigênio dissolvido em viveiros de piscicultura. *Comunicado Técnico*, 54. ISSN 1516-8638. Jaguariúna, SP, dez. 2016.

R Core Team (2023). *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

RESENDE, E. K. Pesquisa em rede em aquicultura: bases tecnológicas para o desenvolvimento sustentável da aquicultura no Brasil. Aquabrasil ed. Revista Brasileira de Zootecnia 2009: Amplla Editora, 2009. v. v38, p.52-57,

RIBEIRO-NETO et al. (2016). Piscicultura familiar extensiva no baixo São Francisco, estado de Sergipe, Brasil/Extensive fish farming in Lower São Francisco River Basin in Sergipe State, Brazil. *Acta of Fisheries and Aquatic Resources*, v. 4, n. 1, p. 62-69.

RINCON & HENNEMANN (2012). Permanência da juventude rural no distrito de Paula Pereira. *Revista de Divulgação Científica*, 2012.

ROGERS, N. et al. A new analysis of hypoxia tolerance in fishes using a database of critical oxygen level (Pcrit). *Conserv Physiol* 4(1):, 2016.

ROUTLEDGE, E. (2017) - Aquicultura brasileira e o desafio da intensificação sustentável- Portal Embrapa. Disponível em: <https://www.embrapa.br/olhares-para-2030/artigo/-/asset_publisher/SNN1QE9zUPS2/content/ericroutledge?inheritRedirect=true#Eric-Routledge>. Acesso em: 4 out. 2024.

ROY et al. (2020). Características de projeto de cascata circular perfurada e em degraus (PPCSC) sistema de aeração. *Abastecimento de Água*, v. 20, n. 5, p. 1692-1705

ROY et al. (2020). Design features of perforated tray aerator. *Water Supply.*, v. 20, n. 5, p. 1643-1652.

ROY, S. M. et al. Diversified aeration facilities for effective aquaculture systems—a comprehensive review. [s.l.] *Aquacult. Int.* 29, 1181–1217, 2021a. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10499-021-00685-7>.

ROY, S. M. et al. Prediction of standard aeration efficiency of propeller diffused aeration system using response surface methodology and artificial neural network. *Water Supply.*, v. b, 2021b.

ROYS, M. et al. Efeito das velocidades de rotação do aerador de roda de pás no custo de aeração. *J Am Res Thoughts* 2(1):3069–3087 Roy SM, Moulick S, Mal BC (2017).

SANTOS, I. A. F. dos et al. Piscicultura de base familiar como estratégia para o desenvolvimento rural: experiências no estado de Pernambuco. *Revista Extensão Rural*, Santa Maria, v. 21, n. 1, p. 9-26, jan./mar. 2014.

SHIYANG, Z., L et al. Impact of Different Aeration Approaches on Dissolved Oxygen for Intensive Culture Ponds. Nongye Jixie Xuebao / Transactions of the Chinese Society of Agricultural Machinery. v. 29(17): 169-175, 2013.

SOARES, S. V. et al. Pesquisa bibliográfica, pesquisa bibliométrica, artigo de revisão e ensaio teórico em administração e contabilidade. *Administração: Ensino e Pesquisa*, v. 19, n. 2, p. 308-339, maio 2018. Disponível em: <https://raep.emnuvens.com.br/raep/article/view/970>.

SOUZA, F. C.; SOARES, J. L. F. Análise da qualidade da água de uma piscicultura tradicional da comunidade do guajará no município de Cameté - PA. *Brazilian Journal Of Development*, p. 6: 3964-3976, 2020.

SRIDHAR, A. et al. Digitalization of the agro-food sector for achieving sustainable development goals: a review. *Sustainable Food Technology*, v. 1, p. 783–802, 2023. DOI: 10.1039/d3fb00124e. Disponível em: <https://doi.org/10.1039/d3fb00124e>. Acesso em: 25 jan. 2025.

TIMMONS, M. B.; EBELING, J. M. Recirculating Aquaculture. p. NRAC Publication No.401-2010(p.948). Ithaca,NY; Cayuga Aqua-., 2010.

TOCANTINS. Lei nº 2.034, de 16 de abril de 2009. Dispõe sobre a atividade de piscicultura no Estado do Tocantins e dá outras providências. Diário Oficial nº 2.875, 2009.

TOLEDO. Programa de Desenvolvimento Econômico. Disponível em: https://www.toledo.pr.gov.br/secretarias/secretaria_agronegocio_inovacao_turismo_desenvolvimento_economico/programa-de-2. Acesso em: 31 out. 2023.

VALENTI, W. C. et al. Aquaculture in Brazil: past, present and future. , 2021. Disponível em: <www.elsevier.com/locate/aqrep>. Acesso em: 10 jul. 2023

VERAWATI et al. (2015). Effect of Stocking Density Difference on Growth and Survival of Gouramy (*Osporonemus gouramy*) Fry in the Recirculation System. *J. Mina Sains*, v. 1, n. 1, p. 6-12.

VIEIRA et al. (2016). Por uma aquicultura familiar sustentável: bases jurídicas e da política do setor no Brasil.

WANDERLEY, M. N. B. A emergência de uma nova ruralidade nas sociedades modernas avançadas – o rural como espaço singular e coletivo. Estudos Sociedade e Agricultura 15, v. Rio de Janeiro: CPDA / UFRRJ, 2000.

WELTER, E. C. et al. A piscicultura como motor do desenvolvimento local e regional da atividade agropecuária: o caso de Maripá/PR. *Research, Society and Development*, v. 10, n. 10, e95101018565, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i10.18565>.

WICKHAM, H. et al. *ggplot2: Create Elegant Data Visualisations Using the Grammar of Graphics*. R package version 3.4.2, 2023. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=ggplot2>.

YANG, P. et al. Contrasting effects of aeration on methane (CH₄) and nitrous oxide (N₂O) emissions from subtropical aquaculture ponds and implications for global warming mitigation. *Journal of Hydrology*, v. 610, p. 128876, 2023 Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2022.128876>.

ZHANG, R. et al. An optimisation approach for the design and operation of recirculating aquaculture systems integrated with sustainable hybrid energy systems. *Journal of Cleaner Production*, v. 477, p. 143860, 20 out. 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.xxxxx/j.jclepro.2024.143860>. Acesso em: 20 jan. 2024.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ - Unioeste
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS - PPGCA

**PESQUISA SOBRE DIAGNÓSTICO DO USO DA AERAÇÃO EM PISCICULTURA: O CASO DOS
MUNICÍPIOS DE TOLEDO, MARIPÁ E PALOTINA**

QUETIONÁRIO

- 1) Qual seu nome? _____
- 2) Qual a sua idade? _____
- 3) Quanto tempo é piscicultor (a)? _____
- 4) A piscicultura é sua principal fonte de renda?
Sim () Não () Qual? _____
- 5) Como descobriu a piscicultura?
- 6) O que o levou para a piscicultura?
- 7) Você está satisfeito com a atividade? E com a rentabilidade?
- 8) Qual a principal dificuldade da piscicultura?
- 9) Você é cooperado ou autônomo?
- 10) Você já teve algum treinamento sobre piscicultura?
- 11) Qual tipo de assistência você gostaria de receber?
() Cursos de capacitação;
() Assistência técnica; () na implantação de mais viveiros; () na produção;
() Assistência técnica financeira;
- 12) Qual a sua lâmina d'água em hectares (ha)?

13) Quantidade de peixes por/m²?

14) Quantidade de ração por lote?

15) Tipo da ração? (Se for diferente por fase, anotar

Farelada () Pelitizada () Extruzada ()

16) Qual o teor de proteína? (Se for diferente por fase, anotar)

17) Tempo de cultivo?

18) Peso médio inicial?

19) Peso médio final?

20) É feito biometria? Periodicidade?

21) É monitorado parâmetros de qualidade da água?

Oxigênio () Ph () Transparência () Turbidez () Temperatura ()

Outros: _____

Periodicidade: _____

22) Por que optou pela utilização de aeração nos viveiros?

23) Como você definiu o número de aerador(es) de cada viveiro?

24) Quantos aeradores são utilizados na propriedade? _____

25) Qual a potência total instalada dos aeradores? _____

26) Qual o tipo de aerador que o senhor(a) usa no seu viveiro?

Aerador injetor () Aerador de superfície injetor ()

Aerador com difusores () Aerador de pás () Tipo chafariz ()

27) O que o levou a comprar esse modelo de aerador?

28) Qual a marca?

A () _____ B () _____ B () _____

29) Qual a potência de cada aerador? _____

30) A energia que aciona os aeradores é:

() monofásico () bifásico () trifásico () outra: _____

31) Você possui gerador para os casos de emergência?

() Não () Sim. Qual a capacidade do gerador?

32) Como você identifica os gastos com aeração?

33) Qual a estratégia anual (por lote) de aeração nos viveiros? (Em que fase ou com quantos dias ou com qual nível de arraçoamento?)

34) Qual a estratégia diária de aeração nos viveiros?

35) Como foi definida a estratégia de manejo da aeração nos viveiros? Você segue algum protocolo técnico ou utiliza sua experiência como piscicultor?

36) Foi realizado um projeto prévio de dimensionamento da aeração na sua propriedade?