

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

DOMINGOS NEY VIEIRA DE MATOS

**PROPOSTA DE AERADOR PARA TANQUES DE PEQUENO PORTE NA
AQUICULTURA: PERSPECTIVAS PARA A REGIÃO DE PEDRO AFONSO,
TOCANTINS**

**PEDRO AFONSO-TO
2023**

DOMINGOS NEY VIEIRA DE MATOS

**PROPOSTA DE AERADOR PARA TANQUES DE PEQUENO PORTE NA
AQUICULTURA: PERSPECTIVAS PARA A REGIÃO DE PEDRO AFONSO,
TOCANTINS**

**AERATOR PROPOSAL FOR SMALL TANKS IN AQUACULTURE:
PERSPECTIVES FOR THE REGION OF PEDRO AFONSO, TOCANTINS**

Dissertação apresentada como requisito parcial à
obtenção do título de Mestre em Engenharia de
Produção da Universidade Tecnológica Federal do
Paraná (UTFPR).

Orientadora: Profa. Dra. Regina Negri Pagani.

Coorientadora: Profa. Dra. Eliane Fernandes.

PEDRO AFONSO-TO

2023



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es) e que licenciem as novas criações sob termos idênticos. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Ponta Grossa



DOMINGOS NEY VIEIRA DE MATOS

**PROPOSTA DE AERADOR PARA TANQUES DE PEQUENO PORTE NA
AQUICULTURA: PERSPECTIVAS PARA A REGIÃO DE PEDRO AFONSO,
TOCANTINS**

Trabalho de pesquisa de mestrado apresentado como requisito para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Área de concentração: Gestão Industrial.

Data de aprovação: 07 de dezembro de 2023.

Dra. Regina Negri Pagani, doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Dra. Fernanda Cristina Correa, doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Myller Augusto Santos Gomes, doutorado - Universidade Estadual do Centro Oeste (UNICENTRO)

Dr. Sergio Mazurek Tebcherani, doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Dedico este trabalho à minha família,
pelo companheirismo nesta caminhada.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus familiares, que sempre me apoiaram e incentivaram na busca pelos meus objetivos. Também aos amigos que estiveram ao meu lado nas horas difíceis e compartilharam comigo as alegrias.

Agradeço à minha orientadora, Profa. Dra. Regina Negri Pagani, bem como a minha coorientadora, a Profa. Dra. Eliane Fernandes, pela sabedoria com que me guiaram nesta trajetória, pela paciência e pelo conhecimento transmitido que foi fundamental para a construção deste trabalho.

Agradeço ainda às instituições e empresas que, de alguma forma, contribuíram para o meu trabalho. Agradeço aos participantes da pesquisa que, gentilmente, dedicaram seu tempo para responderem aos questionários, fornecendo dados essenciais para análise.

Por fim, agradeço a Deus por ter me dado forças e sabedoria para superar todos os desafios com a ajuda de todos esses entes, foi possível concluir este trabalho, que representa uma importante etapa em minha vida acadêmica e profissional.

“Só um sentido de invenção e uma necessidade intensa de criar
Levam o homem a revoltar-se,
a descobrir e a descobrir-se com lucidez”.
Pablo Picasso

RESUMO

A piscicultura tem emergido como uma atividade proeminente no município de Pedro Afonso, Tocantins, Brasil. A região, caracterizada por rios, lagos e represas, oferece condições propícias para o desenvolvimento dessa prática, dada a disponibilidade de recursos hídricos. Além de seu potencial econômico, a piscicultura em Pedro Afonso desempenha um papel crucial na segurança alimentar local, suprimindo a demanda por proteína animal na dieta da população. No entanto, em função das características climáticas da região, a elevada temperatura das águas pode ser uma barreira para o desenvolvimento e ampliação deste setor. Nesse contexto, um componente vital é o aerador, dispositivo que promove a circulação e a oxigenação adequada da água, estabelecendo um ambiente propício ao crescimento e reprodução dos peixes. A introdução de ar na água, realizada por meio de bombas ou aeradores específicos, desempenha um papel fundamental na oxigenação. O aerador, ao evitar a baixa concentração de oxigênio dissolvido, preserva a vitalidade dos peixes e, adicionalmente, contribui para a remoção de gases tóxicos, como dióxido de carbono, e resíduos prejudiciais, como amônia e nitratos. No entanto, o alto consumo energético associado a esses equipamentos representa um desafio, impactando os custos operacionais da piscicultura. Esse dilema é especialmente perceptível em pequenos empreendimentos, onde os custos elevados de eletricidade podem afetar a rentabilidade dos produtores. Assim, o presente estudo concentra-se na oferta de uma alternativa para aerador visando a oxigenação da água como um fator crítico para o sucesso da piscicultura. Para isso, o estudo faz uma análise da viabilidade econômica da implementação de um compressor de geladeira como alternativa aos métodos convencionais de oxigenação na atividade de piscicultura. Por meio de uma revisão da literatura, explorar-se-á os princípios de funcionamento do compressor de geladeira, seus benefícios e sua aplicabilidade nesta atividade. Será conduzida uma análise comparativa da eficiência de incorporação de oxigênio dissolvido através dos parâmetros SAE (Standard Aeration Efficiency) e SOTR (Standard Oxygen Transference Rate) entre o compressor de geladeira e os métodos convencionais, conforme respaldado pela literatura. Além disso, foram investigados os aspectos econômicos associados à adoção desse equipamento, considerando seu potencial impacto nos custos operacionais da piscicultura em Pedro Afonso. Em última análise, este estudo busca fornecer uma perspectiva abrangente sobre a viabilidade da adoção de compressores de geladeira na aquicultura, visando a melhoria da oxigenação em sistemas de criação de peixes. Como resultados, espera-se fornecer subsídios para decisões que considerem tanto os benefícios ambientais quanto os aspectos econômicos inerentes a essa inovação na prática da piscicultura em Pedro Afonso, Tocantins.

Palavras-chave: aquicultura; piscicultura; aerador alternativo; eficiência energética; oxigênio dissolvido.

ABSTRACT

Fish farming has emerged as a prominent activity in the municipality of Pedro Afonso, Tocantins, Brazil. The region, characterized by rivers, lakes and dams, offers favorable conditions for the development of this practice, given the availability of water resources. In addition to its economic potential, fish farming in Pedro Afonso plays a crucial role in local food security, meeting the demand for animal protein in the population's diet. However, depending on the region's climatic characteristics, high water temperatures can be a barrier to the development and expansion of this sector. In this context, a vital component is the aerator, a device that promotes circulation and adequate oxygenation of water, establishing an environment conducive to fish growth and reproduction. The introduction of air into the water, carried out using specific pumps or aerators, plays a fundamental role in oxygenation. The aerator, by avoiding low concentrations of dissolved oxygen, preserves the vitality of the fish and, additionally, contributes to the removal of toxic gases, such as carbon dioxide, and harmful residues, such as ammonia and nitrates. However, the high energy consumption associated with this equipment represents a challenge, impacting the operational costs of fish farming. This dilemma is especially noticeable in small businesses, where high electricity costs can affect producers' profitability. Therefore, the present study focuses on offering an alternative to an aerator aimed at water oxygenation as a critical factor for the success of fish farming. To this end, the study analyzes the economic viability of implementing a refrigerator compressor as an alternative to conventional oxygenation methods in fish farming activities. Through a literature review, the operating principles of the refrigerator compressor, its benefits and its applicability in this activity will be explored. A comparative analysis of the dissolved oxygen incorporation efficiency will be conducted using the SAE (Standard Aeration Efficiency) and SOTR (Standard Oxygen Transfer Rate) parameters between the refrigerator compressor and conventional methods, as supported by the literature. Furthermore, the economic aspects associated with the adoption of this equipment were investigated, considering its potential impact on the operational costs of fish farming in Pedro Afonso. Ultimately, this study seeks to provide a comprehensive perspective on the feasibility of adopting refrigerator compressors in aquaculture to improve oxygenation in fish farming systems. As results, it is expected to provide support for decisions that consider both the environmental benefits and the economic aspects inherent to this innovation in the practice of fish farming in Pedro Afonso, Tocantins.

Keywords: aquaculture; pisciculture; alternative aerator; energy efficiency; dissolved oxygen.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Mapa de Localização do Município de Pedro Afonso –TO.....	18
Figura 2 - Ramificações da Aquicultura.....	20
Figura 3- Evolução da produção de peixes de cultivo.....	21
Gráfico 1 - Identificação das pisciculturas quanto à finalidade	23
Figura 4 - Mapa Hidrográfico de Pedro Afonso – TO.....	24
Quadro 1 - Tipos de aeradores.....	25
Figura 5 - Modelo de aerador de pás.....	26
Figura 6 - Modelo de aerador por difusão.....	27
Figura 7 - Modelo de aerador chafariz.....	27
Figura 8 - Compressor em corte	32
Figura 9 – Modelo de compressor usado na piscicultura	36
Figura 10 – Aerador Mandalla	37
Figura 11 - Reservatório em estrutura ferro cimento	38
Figura 12 – Oxigenação por ar difuso em tanque de ferro cimento.....	38
Quadro 2 - Justificativa da utilização do compressor de geladeira como aerador.....	39
Gráfico 3 - Consumo médio de energia elétrica	42
Gráfico 4 - Simulação da eficiência padrão	46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Produção em área e quilos, por modalidade	23
Tabela 2 – Equiparação de valores	43
Tabela 3 - Modalidade tarifária convencional	44
Tabela 4 - Custo com consumo de energia elétrica.....	45

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABSOLAR	Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica
ASCE	Sociedade Americana De Engenheiros Civis
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
FDE	Fundo de Desenvolvimento Econômico
GW	Gigawatt
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
KG	QUILOGRAMA
Kg/h	QUILOGRAMA por hora
Kg/h/m ²	Quilograma-hora por metro quadrado
Kg/L	Quilograma por litro
KW	Quilowatt
KWh	Quilowatt-hora
kWh/mês	Quilowatt-hora por mês
MAPA	Ministério da Agricultura e Pecuária
Mg/L	Miligrama por litro
MW	Megawatt
M ²	Metro quadrado
O.D.	Oxigênio Dissolvido
O ₂	Oxigênio
O ₂ /Kw/h	Oxigênio por quilowatts-hora
P	Potência
RURALTINS	Instituto de Desenvolvimento Rural do Tocantins
SAE	Eficiência de Aeração Padrão
SEAGRO	Secretaria da Agricultura e Pecuária do Tocantins
SEPLAN	Secretaria de Planejamento e Orçamento do Tocantins
SOTR	Taxa de Transferência de Oxigênio Padrão
W	watts
Wh	watt-hora

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 problematização.....	15
1.2 Objetivos	16
1.2.1 Objetivo geral.....	16
1.2.2 Objetivos específicos	16
1.3 Justificativa	16
1.4 Delimitação do estudo.....	17
1.5 Estrutura do trabalho.....	18
2 AQUICULTURA.....	20
2.1 A evolução da piscicultura nacional, estadual e municipal.....	21
2.1.1 Piscicultura no Tocantins.....	22
<u>2.1.1.1 Piscicultura em Pedro Afonso.....</u>	<u>24</u>
2.2 O uso de aeradores na piscicultura	25
2.2.1 Aerador de pás	26
2.2.2 Aerador por ar difuso	26
2.2.3 Aerador chafariz.....	27
2.2.4 SOTR (Surface Oxygen Transfer Rate)	27
2.2.5 SAE (Standard Aeration Efficiency)	28
2.3 A importância do aerador na Piscicultura.....	29
2.4 Oxigênio dissolvido (o.d.).....	30
2.5 Uso da energia para a piscicultura.....	31
2.6 Compressor de geladeira (hermético) e seu funcionamento.....	32
3 METODOLOGIA.....	34
3.1 Caracterização da pesquisa	34
3.2 Materiais e métodos.....	34
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
4.1 Proposta de utilização de compressor de geladeira como aerador para tanques em ferro cimento	36
4.2 Especificações técnicas dos aeradores.....	39
4.2.1 Consumo elétrico dos equipamentos	41
4.2.2 Custo médio dos equipamentos	42
4.2.3 Análise da viabilidade econômica do uso do compressor de geladeira como	

aerador	43
4.2.4 Comparação SAE entre os sistemas de aeração	45
5 CONCLUSÃO	48
REFERÊNCIAS	50

1 INTRODUÇÃO

A aquicultura é a reprodução e o crescimento de organismos aquáticos, como plantas e animais (peixes, moluscos, crustáceos, anfíbios e répteis) em ambiente aquático controlado ou semi controlado, tal como, por exemplo, em fazendas, para criação de peixes em lagos e/ou tanques; em rios; ou no mar (SIQUEIRA, 2017). Ao adotar métodos adaptados aos diferentes ecossistemas aquáticos, a aquicultura contribui significativamente para atender às crescentes demandas por proteína animal, ao mesmo tempo que promove o equilíbrio ecológico e a viabilidade econômica das comunidades que dependem desses recursos.

A piscicultura brasileira vem se desenvolvendo de forma robusta, com significativos avanços em termos de aumento da produção e profissionalização do setor (EMBRAPA, 2022). Assim, desempenha um papel significativo no Brasil, sendo uma atividade econômica e alimentar de grande importância contribuindo para a geração de empregos, o aumento da produção de proteína animal, a segurança alimentar, a diversificação econômica e a preservação dos recursos naturais aquáticos.

A Associação Brasileira da Piscicultura (PEIXE BR, 2022) valoriza, fomenta e defende a cadeia da produção de peixes cultivados no Brasil, que em 2022 atingiu 860.355 toneladas, com receita de cerca de R\$ 9 bilhões, gerando cerca de 3 milhões de empregos diretos e indiretos.

No contexto do Estado do Tocantins, Brasil, a piscicultura também sido fundamental para a manutenção da agricultura familiar. O Tocantins possui rios, lagos e represas propícias para a criação de peixes, tornando a piscicultura uma atividade viável e relevante para a região. A produção de peixes contribui para o abastecimento de mercados locais, regionais e até nacionais, além de gerar empregos diretos e indiretos em áreas rurais.

De acordo com a Secretaria Estadual da Agricultura do Tocantins (SEAGRO, 2020), o Tocantins conta com aproximadamente 42 mil empreendimentos rurais da agricultura familiar, gerando 120 mil postos de ocupação e responsável por 40% do valor bruto da produção agropecuária. Com o surto da Covid-19 uma parcela dessas famílias, que têm sua produção destinada à venda em feiras livres, sofreu impactos negativos.

Conforme o Censo de 2017, a cadeia produtiva está presente em 117 municípios do Estado, com uma produção de 14.328 toneladas de pescado por ano, tendo como maior produtor de peixes o município de Almas, com 8,3 mil toneladas/ano; seguido por Dianópolis, com 1,1 mil toneladas; e Porto Nacional, com 1,08 mil toneladas/ano. O setor movimenta R\$ 92,8 milhões ao ano (RURALTINS, 2018). No processo de cultivo, é importante monitorar e manter a qualidade da água nos tanques, isso inclui parâmetros como temperatura, oxigênio dissolvido, pH e amônia.

É preciso aumentar o nível de desenvolvimento tecnológico para reduzir o custo produtivo e melhorar a qualidade do pescado, tanto no mercado doméstico quanto no externo (IPEA, 2017). Portanto, investir no desenvolvimento tecnológico na indústria pesqueira não é apenas uma medida pragmática para a competitividade econômica, mas também uma maneira responsável de garantir a sustentabilidade a longo prazo, beneficiando tanto os mercados internos quanto os externos. A conjunção entre tecnologia, sustentabilidade e qualidade é essencial para posicionar o setor pesqueiro como um protagonista eficaz na oferta de produtos marinhos, contribuindo para o desenvolvimento econômico e a preservação dos ecossistemas aquáticos.

1.1 Problematização

A condição da água é um elemento vital na piscicultura. Um dos equipamentos responsáveis por manter uma boa condição da água é o aerador. 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). No entanto, a parada do aerador pode resultar em alguns efeitos negativos, tais como perda de peixes ou animais aquáticos, redução da produtividade, aumento do consumo de energia e necessidade de medidas corretivas.

Nesse sentido, a energia elétrica tem exercido forte impacto no custo de produção de peixes, já que o aerador, sendo um equipamento indispensável, consome também uma boa quantidade de energia para seu adequado funcionamento. Trata-se de um bem de natureza estratégica que, além de caro, no ambiente rural concorre com interrupções e ineficiências que podem culminar na perda da produção, tornando-se necessário estudar outras fontes de energia viáveis e de acesso ininterrupto ao

piscicultor. Assim, esse trabalho busca responder a seguinte problemática: Como otimizar a economia de energia elétrica para o uso de aeradores na piscicultura, com custo acessível aos piscicultores de pequeno porte do município de Pedro Afonso – TO?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

Propor uma alternativa de aerador para piscicultura em reservatório de estrutura ferro cimento para criação de peixes, que seja de custo acessível aos piscicultores de pequeno porte.

1.2.2 Objetivos específicos

- Apresentar a importância da piscicultura no Estado do Tocantins.
- Fazer um levantamento das características, desafios e condições necessárias à piscicultura.
- Avaliar o consumo energético da aeração na piscicultura, calculando o consumo de energia dos aeradores utilizados.
- Apresentar uma comparação da viabilidade econômica, aquisição dos equipamentos e eficiência padrão (SAE), entre os sistemas de aeração convencional e o sistema alternativo proposto nesse trabalho.

1.3 Justificativa

A aquicultura desempenha um papel crucial no fornecimento de alimentos e na segurança alimentar global (FAO, 2021). A criação de peixes em sistemas intensivos requer uma atenção especial à qualidade da água, incluindo a oxigenação adequada. A aeração é um dos principais fatores para manter um ambiente aquático saudável, fornecendo oxigênio dissolvido necessário para a respiração dos peixes e para o desenvolvimento adequado de sua vida aquática.

No entanto, muitos produtores enfrentam desafios financeiros significativos ao investir em sistemas de aeração convencionais, como bombas de ar, que podem ser caras de adquirir e operar a curto prazo. Além disso, o custo da tarifa de energia elétrica em algumas regiões é bem elevado.

Diante desse contexto, tem como objetivo explorar uma alternativa viável e de baixo custo para a aeração em sistemas de criação de peixes, utilizando

compressores de geladeira como uma solução inovadora. Os compressores de geladeira são dispositivos amplamente disponíveis, de fácil acesso e podem ser adquiridos a um custo relativamente baixo. Eles são projetados para comprimir refrigerantes e possuem características que podem ser aproveitadas para a aeração de sistemas aquáticos.

A pesquisa buscou demonstrar a eficácia do uso de compressores de geladeira como alternativa para a aeração de tanques de criação de peixes, analisando fatores como eficiência energética, consumo de energia, taxa de aeração e qualidade da água.

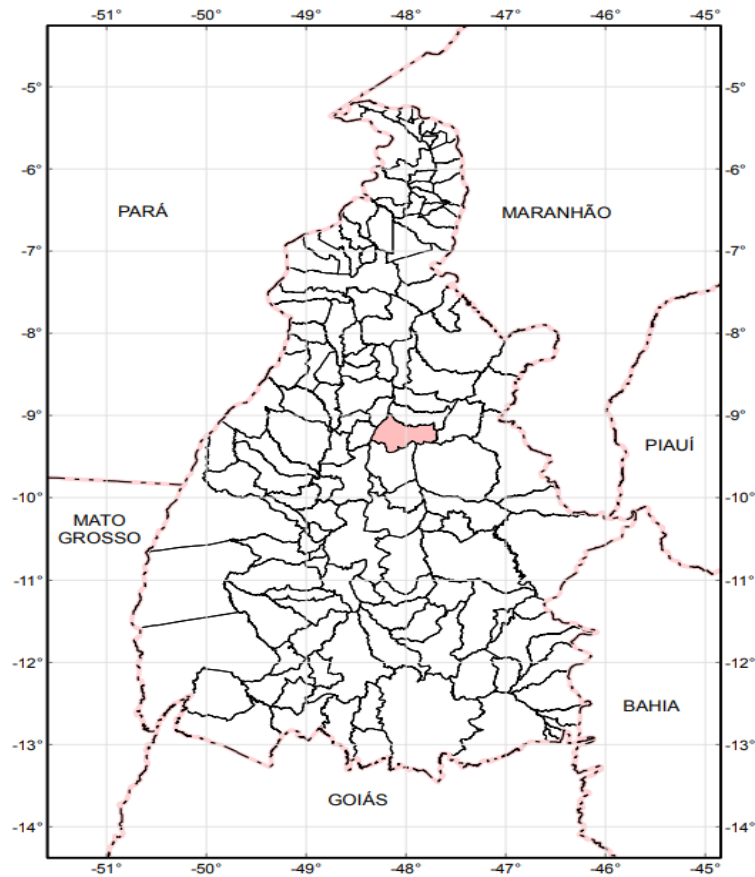
Além disso, a dissertação também abordou aspectos práticos, como a adaptação dos compressores de geladeira para uso em sistemas de aeração em reservatório de estrutura ferro cimento, visando a manutenção adequada dos equipamentos e a viabilidade econômica da implementação dessa tecnologia.

Espera-se que os resultados dessa pesquisa forneçam subsídios para a adoção de uma prática mais sustentável e de baixo custo na aeração de sistemas de criação de peixes, especialmente em áreas com recursos limitados. Além disso, a dissertação contribuirá para o conhecimento científico no campo da aquicultura e promoverá o desenvolvimento de soluções inovadoras que possam beneficiar produtores de peixes em todo o mundo.

1.4 Delimitação do estudo

O estudo foi realizado na sede do IFTO - Campus Avançado no município de Pedro Afonso, que está localizado na parte meio norte do estado do Tocantins (Figura 1), nas confluências dos Rios Sono e Tocantins. Tem população estimada de 13.773 habitantes, segundo estimativas do IBGE (2020) e uma área de 2.010,902 km². Faz divisa ao Norte com os municípios de Bom Jesus do Tocantins e Tupirama, ao Sul com Rio Sono e Tocantínia, ao Leste com Centenário e ao Oeste com Rio dos Bois e Tupirama. O município encontra-se em média a 201 metros de altitude, tendo como coordenadas geográficas de referência da sede municipal a -08° 58 '17" de latitude Sul e -48° 10' 31" de longitude Oeste (SEPLAN, 2017). Distante da capital Palmas, aproximadamente 221 km pela BR 153 e 177 km pela TO 010.

Figura 1 - Mapa de Localização do Município de Pedro Afonso –TO



Fonte: Seplan (2014)

Em Pedro Afonso a presença de agricultura irrigada é uma realidade, e um dos métodos utilizados é o sistema de irrigação por pivô central, que tem capacidade de irrigar grandes áreas em pouco espaço de tempo pela capacidade de retirada de grandes volumes de água. Devido às grandes áreas agrícolas necessitarem de irrigação no período seco, período em que grande parte dos rios e córregos estão com baixa vazão, tem contribuído para a sobrecarga dos mananciais locais, ficando perceptível o baixo volume de água nos mesmos. Com disponibilidade hídrica em abundância, terras férteis e baratas, acompanhadas de um relevo de boa declividade, foi o atrativo para a implantação de atividades aquícolas neste município. Por esta razão, a aquíicultura, mais especificamente a piscicultura, tem grande impacto na economia do município.

1.5 Estrutura do trabalho

Esta pesquisa está estruturada em cinco capítulos. O primeiro apresenta a contextualização do problema investigado, objetivo geral e específicos e justificativa que motivou o desenvolvimento do mesmo.

O Capítulo 2 apresenta o referencial teórico desta pesquisa, conceituando a Aquicultura e sua relação com a piscicultura nacional, estadual e municipal. Aborda o aerador na piscicultura e sua importância para a atividade. Discorre sobre o uso da energia para a piscicultura, sobre as fontes de energia renováveis e sobre sua importância na piscicultura, e traz uma avaliação dos custos comparando com a aplicação das energias na piscicultura. Por fim, discorre sobre o funcionamento e aplicações de um compressor de geladeira.

No Capítulo 3 são abordados os aspectos metodológicos utilizados para o desenvolvimento do trabalho, com destaque para as etapas de projeto e desenvolvimento, demonstração e avaliação da solução, buscando explicar como a pesquisa foi realizada. É apresentada a região geográfica onde o estudo foi realizado, detalhando a utilização do compressor de geladeira para aeração na piscicultura em comparação com outros tipos de aeradores, aerador de pás, aerador chafariz, SOTR (Surface Oxygen Transfer Rate) e SAE (Standard Aeration Efficiency).

O Capítulo 4 apresenta os resultados obtidos com a pesquisa, discutindo questões relacionadas a custos, vantagens e benefícios.

Por fim, o Capítulo 5 traz as considerações finais e conclusões a respeito do presente trabalho.

2 AQUICULTURA

A Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura (FAO) define aquicultura ou aquacultura como o cultivo de organismos aquáticos, entre eles crustáceos, peixes, moluscos e plantas. Tal atividade pode ser desenvolvida tanto em água doce como salgada, porém deve estar sempre sob condições controladas (SEBRAE, 2015). Além dos benefícios evidentes para a alimentação e a economia, a aquicultura também desempenha um papel na pesquisa científica e no desenvolvimento tecnológico. A busca por melhores práticas de manejo, de nutrição e de reprodução impulsiona avanços na compreensão dos ecossistemas aquáticos e na aplicação de métodos sustentáveis.

A Figura 2 apresenta as principais ramificações da aquicultura.

Figura 2 - Ramificações da Aquicultura



Fonte: Autoria própria (2023)

De acordo com a Embrapa Pesca e Aquicultura (2013), o principal ramo da aquicultura é a piscicultura, pois consiste na criação de diversas espécies de peixes. Também importante para a aquicultura, a carcinicultura diz respeito à criação de camarões, de água doce ou marinhos. A criação de rãs se desenvolveu muito ao longo dos anos e passou a ser uma atividade com relevância na aquicultura. O Brasil é o segundo maior criador de rãs do mundo, perdendo apenas para o Taiwan.

Moluscos, ostras e mexilhões são o objeto de cultivo da malacocultura. São muito criados no Sul do país, reunindo aproximadamente 1050 malacocultores no estado de Santa Catarina. Ainda pode ser desmembrada para criação específica de cada um desses organismos aquáticos, mas é, geralmente, considerada unificada.

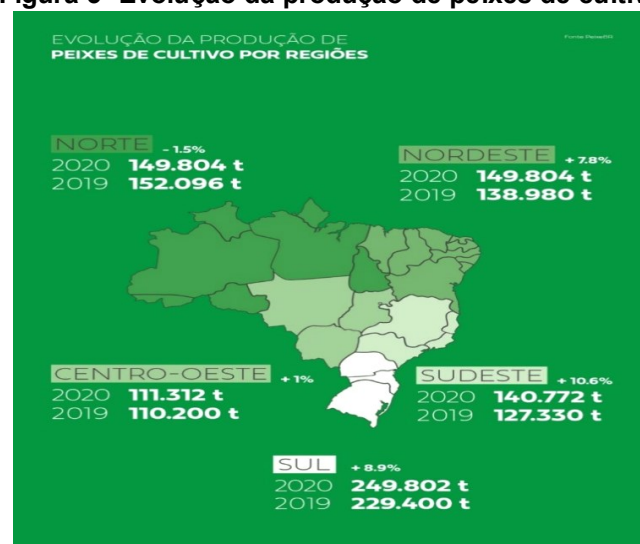
Responsável por algas e praticada em menor escala aqui no Brasil, a algicultura é importante por fornecer alimentos a diversos organismos aquáticos. Além dessas, há também a quelonicultura – criação de tartarugas – e a criação de jacarés, que também aparecem em menor escala no Brasil.

Em síntese, à medida que a aquicultura continua a evoluir como um campo científico e prático, é crucial enfrentar os desafios associados, como a implementação de regulamentações rigorosas e práticas responsáveis. Dessa forma, a aquicultura se destaca como uma alternativa promissora para impulsionar a produção alimentar e a preservação dos ecossistemas aquáticos, contribuindo para um futuro mais seguro e sustentável.

2.1 A evolução da piscicultura nacional, estadual e municipal

No Brasil, a piscicultura, além de ser responsável pela produção de alimentos de origem animal, é um setor do agronegócio que cresce a cada dia. A piscicultura vem crescendo anualmente, chegando a superar 22% no país (SAP/MAPA, 2019; PEIXE BR, 2022). Isto mostra que este setor constitui uma forma eficiente de produzir alimentos, pois além de ser praticada sustentavelmente e com baixo investimento – quando comparados por exemplo com a produção de carne bovina e suína – é tida como uma atividade que apresenta um alto retorno econômico. Se comparamos com os outros setores do agronegócio, a piscicultura apresenta a maior capacidade de aumentar a produção mundial de alimentos exponencialmente (SEBRAE, 2015; SCHULTER e VIEIRA FILHO, 2017).

Figura 3- Evolução da produção de peixes de cultivo



Fonte: Peixe BR (2022).

Conforme apresentado na Figura 3, a produção brasileira de peixes de cultivo deslocou-se ligeiramente em 2020. Levantamento da Associação Brasileira da Piscicultura (PEIXE BR, 2022) mostra a consolidação do Sul como região mais importante: 31,1% do total (participava com 30,3% em 2019) e produção de 249.802 t. O Nordeste superou o Norte e tornou-se a 2ª região mais produtiva, com 18,7% do total (151.240): cresceu 0,5% em um ano. O Norte (3ª região mais importante) está praticamente empatado percentualmente (149.804 t), porém participava com 20% da produção em 2020. Na sequência, vêm a região Sudeste, que ganhou 0,8% e representa 17,6% (140.772 t), e o Centro-Oeste, região de extremo potencial produtivo – já está ao lado dos grãos – e que certamente será um dos mais importantes propulsores da piscicultura no futuro. A produção do Centro-Oeste representa 13,9% do total nacional, com queda de 0,7% em relação a 2019.

2.1.1 Piscicultura no Tocantins

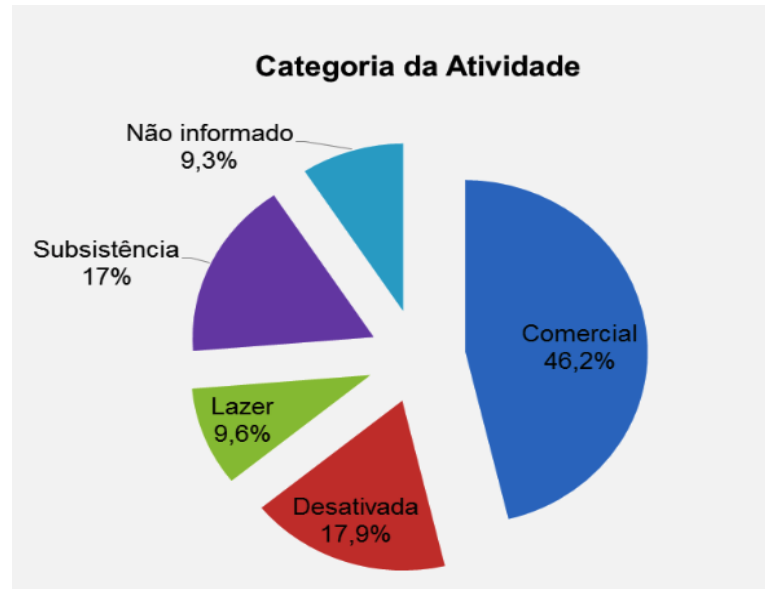
O Estado do Tocantins possui sete regiões administrativas e para cada uma delas há um Escritório Regional de assistência técnica: de Araguaína, de Araguatins, de Gurupi, de Miracema do Tocantins, de Paraíso do Tocantins, de Porto Nacional e de Taguatinga, sendo que dos 139 municípios do Estado 120 contam com no mínimo uma piscicultura (RURALTINS, 2020).

De acordo com o Instituto de Desenvolvimento Rural do Estado do Tocantins (RURALTINS, 2020), por meio da Gerência de Pesca e Aquicultura, realizou em 2018, em parceria com a Secretaria Estadual de Indústria, Comércio e Serviços e o Fundo de Desenvolvimento Econômico – FDE, o Censo da Piscicultura no Estado, tendo o ano de 2017 como referência. Foram extraídos importantes dados sobre a realidade atual de produção de peixes, que servirão como subsídio para elaboração de políticas públicas e contribuirão para ampliar o desenvolvimento do setor piscícola no Tocantins. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o Tocantins ocupou, em 2017, a 17ª posição no ranking nacional de produção de pescados.

Quase a metade (46,2%) das pisciculturas do Estado é do tipo comercial, ou seja, o produtor visa lucro com a atividade, o que significa 80% da área total de produção das propriedades levantadas. De outro lado, segundo apresentado no Gráfico 1, 17% dos entrevistados declararam ter a piscicultura como meio de

subsistência, e 9,6% utilizam a prática para o lazer (RURALTINS, 2020), conforme demonstrado no Gráfico 1.

Gráfico 1 - Identificação das pisciculturas quanto à finalidade



Fonte: Ruraltins (2020, p. 33)

As mais de 14 mil toneladas de peixes foram produzidas em uma área total de aproximadamente 27.200.000 m² de lâmina d'água. Barramentos em curso d'água é a modalidade mais difundida no Estado e gera, portanto, a maior parte da produção (69,2%), com mais de 9.800.000 Kg de peixes. A produtividade em viveiros escavados, segundo tipo de estrutura mais utilizado, por sua vez, representa 19% do total, com 2.700.000 Kg de peixes produzidos em cerca de 6.000.000 m² de lâmina d'água (RURALTINS, 2020), conforme a Tabela 1.

Tabela 1 - Produção em área e quilos, por modalidade

Estrutura de Produção	Área (m ²)	Produção Kg	%
Viveiros escavados - m ²	6.185.538	2.717.807	19,1%
Açude (exclusivo de água de chuva) - m ²	924.620	340.779	2,4%
Barramento de derivação - m ²	727.625	88.523	0,6%
Barramento de curso d'água - m ²	19.332.946	9.821.442	69,2%
Tanque rede - m ³	23.180	1.314.292	9,3%
Tanque elevado de lona - m ³	1.325	45.276	0,3%
Tanque elevado de ferrocimento - m ³	1.388	505	0,0
Total (m² - Kg)	27.196.622	14.328.624	
Total (ha - ton)	2.919,66	14.328,62	

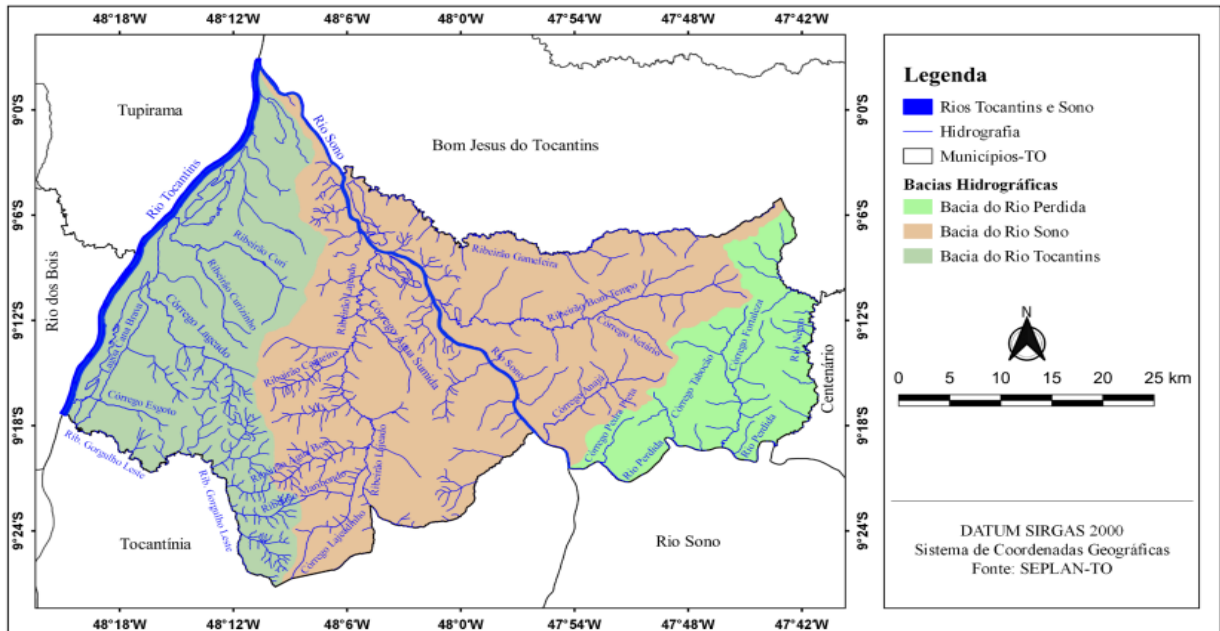
Fonte: Ruraltins (2020, p. 40).

Em síntese, a piscicultura no Tocantins em 2022 evidenciou um horizonte promissor, impulsionado pela demanda crescente por peixes, pela incorporação de tecnologias avançadas e pelo enraizado compromisso com a sustentabilidade, solidificando seu progresso contínuo.

2.1.1.1 Piscicultura em Pedro Afonso

O município de Pedro Afonso, no Tocantins, possui hidrografia abundante, tendo como principais bacias hidrográficas as dos rios: Tocantins, Sono e Perdida. O Rio Tocantins banha toda a porção Oeste do município e constitui a maior fonte natural de recursos hídricos. Em seguida o Rio Sono corta o município ao meio, até desaguar no Rio Tocantins. E o Rio Perdida banha toda a parte leste do município. Além destes rios, destacam-se também distribuídos no território do município, os Ribeirões, Gameleira, Bom Tempo, Gorgulho Leste, Curi, Curizinho, Água Boa, Cajueiro e Maribondo, dentre os Córregos destacam-se os Córregos, Água Sumida, Esgoto, Lajeadinho, Anajá, Tabocão, Fortaleza, Netário e Pedra Preta (SEPLAN, 2022).

Figura 4 - Mapa Hidrográfico de Pedro Afonso – TO



Fonte: Seplan (2022)

O censo da piscicultura com referência ao ano de 2017, o município de Pedro Afonso contava com apenas 02 propriedades que cultivam peixes em viveiros escavados (RURALTINS, 2020). Além disso, a piscicultura em Pedro Afonso tem sido impulsionada pela demanda crescente por peixes na região e no mercado consumidor

em geral. Os peixes cultivados no município são valorizados por sua qualidade e sabor, o que fortalece a cadeia produtiva local e incentiva o crescimento do setor.

2.2 O uso de aeradores na piscicultura

O aerador para piscicultura é um equipamento essencial para preservar a qualidade da água a partir da oxigenação adequada do tanque. Afinal, trata-se de um ambiente artificial para a criação de organismos aquáticos, diferentemente do habitat natural, que provê todas as necessidades dos peixes. Uma das funções que o aerador deve desempenhar é evitar que se formem compostos e substâncias tóxicas no ambiente aquático, muitos deles causadores de mau cheiro. Conseqüentemente, o equipamento também evita o surgimento de bactérias, algas e outros organismos no interior do tanque (SANSUY, 2019).

A categoria de aeradores para piscicultura pode ser dividida de acordo com diferentes critérios, conforme mostra o Quadro 1.

Quadro 1 - Tipos de aeradores

Tipo	Finalidade
Aeradores de superfície	São instalados na parte superior da água e promovem a oxigenação por meio da movimentação da água na superfície.
Aeradores submersíveis	São colocados abaixo da superfície da água e promovem a oxigenação por meio da dispersão de bolhas de ar ou da movimentação da água.
Aeradores de jato de água	Utilizam a pressão da água para criar um jato de água que promove a oxigenação.

Fonte: Autoria própria (2023)

Existem aeradores de diferentes formas, tamanhos e potências que dependem de cada fabricante, das condições dos tanques de cultivo e dos princípios de oxigenação que utilizam. Pode-se mencionar que aeradores de maiores tamanhos, servem para grandes áreas de cultivo (BOYD, 1989).

Portanto, a implementação adequada de aeradores representa um investimento valioso, resultando não apenas em benefícios econômicos, mas também

em contribuições significativas para a sustentabilidade e a segurança alimentar das comunidades locais.

2.2.1 Aerador de pás

O aerador de pás pode ser utilizado tanto como aerador emergencial quanto de uso contínuo. Sua ação é focada em criar uma correnteza artificial, simulando a oxigenação natural, o que ajuda a desenvolver diferentes espécies de peixes e camarões de maneira padronizada. De forma geral, as pás são construídas em formato helicóide e dispostas de forma triangular. Dessa maneira, geram uma quantidade maior de oxigênio e, por essa razão, é mais recomendado para tanques de maior porte (SANSUY, 2019), tal como mostra a figura 5.

Figura 5 - Modelo de aerador de pás



Fonte: Sansuy (2019)

2.2.2 Aerador por ar difuso

O sistema de ar difuso consiste, basicamente, em um compressor ou soprador de ar ligado a um sistema de tubulação que irá distribuir o ar entre as estruturas difusoras que existem dentro dos tanques (FRANÇA; SILVA, 2022). Logo, o sistema de aeração por ar difuso é composto por difusores submersos no líquido, tubulações de transporte e distribuição de ar, sopradores, além de outras unidades. O ar é introduzido próximo ao fundo do tanque, e o oxigênio é transferido ao meio líquido à medida que a bolha se eleva à superfície, conforme ilustra a Figura 6.

Figura 6 - Modelo de aerador por difusão



Fonte: Snatural (2023)

2.2.3 Aerador chafariz

O aerador chafariz consiste em um motor elétrico com uma hélice presa ao seu eixo, sendo o motor suspenso por flutuadores. Uma vez que o impulsor gira em alta velocidade cria o “efeito chafariz” e desta forma incorpora oxigênio na água (AQUACULTUREBRASIL, 2017). Sendo assim, o aerador chafariz é um equipamento utilizado para melhorar a qualidade da água em lagos, lagoas, fontes e chafarizes, aumentando a quantidade de oxigênio dissolvido na água, promovendo a oxigenação e a circulação adequada do líquido.

O mesmo utiliza um mecanismo para agitar a água, criando uma ação de impacto que mistura o ar com a água, aumentando a taxa de transferência de oxigênio do ar para a água, conforme representa a figura 7.

Figura 7 - Modelo de aerador chafariz



Fonte: Sansuy, 2019

2.2.4 SOTR (Surface Oxygen Transfer Rate)

O SOTR (Surface Oxygen Transfer Rate), proposta por ASCE (1997), é uma métrica fundamental para avaliar a eficiência dos aeradores utilizados na piscicultura.

Esse cálculo permite determinar a taxa de transferência de oxigênio da atmosfera para a água, garantindo um ambiente adequado para a saúde dos peixes e organismos aquáticos. Para calcular o SOTR são necessárias duas informações-chave:

- Taxa de Transferência de Oxigênio (kg/h): Representa a quantidade de oxigênio que o aerador é capaz de transferir da atmosfera para a água em uma determinada unidade de tempo.
- Área de Superfície da Água (m²): Refere-se à superfície do lago, tanque ou reservatório onde o aerador está operando.

De acordo com a ASCE (1997), a fórmula padrão para calcular o SOTR:

$$\text{SOTR (kg/h/m}^2\text{)} = \frac{\text{Taxa de Transferência de Oxigênio (kg/h)}}{\text{Área de Superfície da Água (m}^2\text{)}} \quad (1)$$

O cálculo do SOTR é uma ferramenta essencial para determinar a eficiência de um aerador na oxigenação da água em piscicultura. Um SOTR adequado é crucial para garantir a saúde e o crescimento dos peixes, além de contribuir para o sucesso geral da atividade piscícola.

2.2.5 SAE (Standard Aeration Efficiency)

O SAE (Standard Aeration Efficiency) ou Eficiência Padrão de Aeração é uma medida essencial para avaliar a eficiência de um aerador na transferência de oxigênio da atmosfera para a água em comparação com o oxigênio disponível na água antes da aeração. Esse cálculo é de extrema importância para garantir um ambiente saudável para os peixes e outros organismos aquáticos na piscicultura (VINATEA, 2017). Para calcular o SAE são necessárias três informações fundamentais:

- Taxa de Transferência de Oxigênio (kg/h): Representa a quantidade de oxigênio que o aerador é capaz de transferir da atmosfera para a água em um determinado período de tempo.
- Potência do Motor (kW): Refere-se à potência do motor do aerador, geralmente fornecida pelo fabricante.
- Taxa de Oxigênio Dissolvido na Água sem Aeração (mg/L): Representa a quantidade de oxigênio presente na água antes da aeração.

De acordo com Vinatea (2017), a fórmula para calcular o SAE:

$$\text{SAE (kg O}_2\text{/kw/h)} = \frac{\text{(Taxa de Transferência de Oxigênio (kg/h))}}{\text{Potência do Motor (kW)}} \quad (2)$$

O cálculo do SAE é uma ferramenta crucial para avaliar a eficiência de um aerador na oxigenação da água em piscicultura. Um SAE adequado é essencial para manter a qualidade da água, promover o crescimento saudável dos peixes e garantir o sucesso geral do empreendimento piscícola.

2.3 A importância do aerador na Piscicultura

O uso de aeradores na piscicultura desempenha um papel fundamental no cultivo de peixes, uma vez que ajuda a melhorar a qualidade da água e, conseqüentemente, o ambiente de criação dos peixes. Neste contexto, é importante destacar os benefícios e vantagens associados ao uso de aeradores na piscicultura, Segundo Boyd (1998), os benefícios do uso de Aeradores na Piscicultura são:

- **Melhora na Qualidade da Água:** Os aeradores ajudam a oxigenar a água, mantendo níveis adequados de oxigênio dissolvido. Isso é essencial para o crescimento saudável dos peixes, uma vez que a falta de oxigênio pode levar a problemas de saúde e até mesmo à morte dos organismos aquáticos. Um estudo relevante que aborda esse benefício é:
- **Redução de Estresse nos Peixes:** A oxigenação adequada da água contribui para a redução do estresse nos peixes. Isso, por sua vez, aumenta a taxa de crescimento e a taxa de sobrevivência dos peixes em cativeiro.
- **Melhoria na Distribuição de Alimento:** A aeração eficaz ajuda a distribuir uniformemente os alimentos na água, garantindo que todos os peixes tenham acesso a uma nutrição adequada. Isso é crucial para alcançar uma taxa de crescimento uniforme e evitar o desperdício de alimentos.
- **Controle de Temperatura:** Alguns aeradores também podem desempenhar um papel na regulação da temperatura da água. Isso é particularmente importante em regiões com variações climáticas significativas.
- **Aumento da Densidade de Estocagem:** O uso de aeradores permite uma maior densidade de peixes em um determinado espaço, o que pode resultar em uma maior produção de peixes por unidade de área.

- Redução de Custos de Tratamento de Água: Melhorando a qualidade da água, os aeradores podem reduzir a necessidade de tratamentos químicos, economizando custos de manejo.
- Aumento da Produção: No geral, o uso adequado de aeradores pode levar a um aumento significativo na produção de peixes em fazendas pisciculturas.

Estudos mais recentes apontam estes e outros benefícios. De acordo com Kubitzka (2008), os principais benefícios da aeração em piscicultura são:

- Proporciona segurança na criação, pois impede a ocorrência de déficits de oxigênio capazes de causar mortalidade dos peixes;
- Possibilita o aumento na produtividade de um empreendimento aquícola, por possibilitar o suporte de uma biomassa maior de peixes nas unidades de cultivo;
- Pelo fato de assegurar melhor qualidade da água, a aeração melhora o desempenho produtivo dos animais (mensurado através do ganho de peso e da conversão alimentar);
- Sob condições ambientais adequadas, os peixes apresentam melhor condição de saúde e menor mortalidade durante a criação;
- Pelos benefícios expostos anteriormente, a aeração bem aplicada possibilita reduzir o custo de produção e evitar desnecessárias perdas de peixes por déficits de oxigênio, aumentando assim o lucro do empreendimento.

Vale ressaltar que a escolha do tipo de aerador a ser utilizado, bem como sua capacidade e estratégia de operação, deve ser feita com base nas características específicas do sistema de piscicultura, como o tamanho do lote, o tipo de peixe e as condições ambientais locais. Portanto, os aeradores desempenham um papel vital na piscicultura, fornecendo oxigênio dissolvido adequado, melhorando a circulação e a mistura da água, controlando a temperatura e auxiliando na remoção de substâncias indesejáveis.

2.4 Oxigênio dissolvido (o.d.)

De acordo com Leira *et al* (2017), o oxigênio é o gás mais importante para os peixes; por isso, é a ele que devemos dar maior importância. Difusão direta, mediante contato e penetração direta do ar atmosférico na água da atmosfera, o O₂ entra na água principalmente por mistura mecânica provocada pela ação dos ventos, por

correntes naturais de massas hídricas e agitações causadas pela topografia do terreno.

Para evitar o estresse dos peixes em grandes viveiros, os aeradores devem ser ligados toda vez que a concentração de oxigênio aparentar ser inferior a 4mg/L (EMBRAPA, 2017). No entanto, em condições normais de pressão e temperatura, a água a 20°C pode conter aproximadamente 9 miligramas de oxigênio dissolvido por litro de água, enquanto a água a 0°C pode conter cerca de 14 miligramas de oxigênio dissolvido por litro. Então, é desejável que os valores de OD na água matéria orgânica, também pode afetar a quantidade de oxigênio dissolvido. Altas concentrações de substâncias dissolvidas podem reduzir a capacidade da água de reter oxigênio. Esse gás está presente na água devido, especialmente, a ação dos ventos, que permite a transferência do oxigênio (O₂) presente no ar (atmosfera) para a água, e ao processo de fotossíntese realizado pelas microalgas do plâncton, que também liberam oxigênio para o meio aquático (KUBITZA, 2009).

Portanto, com a utilização adequada de aeradores, é possível criar um ambiente favorável para o crescimento saudável e a produção eficiente de peixes na piscicultura.

2.5 Uso da energia para a piscicultura

A energia elétrica tem um grande potencial de impacto nos custos de produção na piscicultura, porque vários equipamentos dependem do insumo para se manterem funcionando. Com ela, o produtor consegue proporcionar não apenas o bem-estar animal, como a melhor conservação da sua produção. É claro que, para evitar o problema, é necessário desenvolver estratégias de gestão que sejam eficientes. Mas, além disso, é recomendado repensar constantemente os processos, procurando maneiras de implementar um sistema de melhoria contínua (SANSUY, 2022).

A eficiência energética e a adoção de práticas sustentáveis são cada vez mais valorizadas na indústria da piscicultura. O uso de tecnologias mais eficientes, como bombas e aeradores de baixo consumo energético, a implementação de energias renováveis e a otimização dos sistemas de cultivo são medidas que podem ajudar a reduzir o consumo de energia na piscicultura.

Para Santos (2017), um aerador serve para incorporar oxigênio na água, principalmente para períodos noturnos. Serve também para misturar a água para que

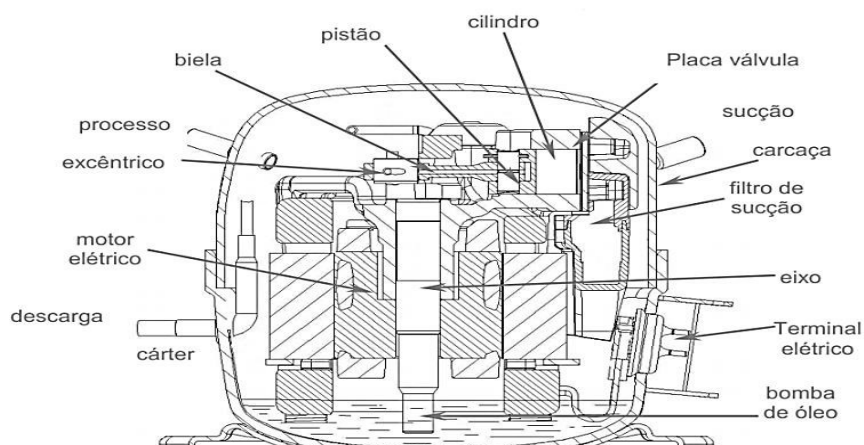
não aconteça o acúmulo de gases tóxicos no fundo em que os peixes podem morrer, ou seja, ele proporciona a quebra de barreira de temperatura entre o fundo e a superfície do ambiente. Então, a energia, é necessária para alimentar equipamentos, manter a qualidade da água, fornecer iluminação e, em alguns casos, até mesmo para regular a temperatura da água em sistemas de cultivo fechado.

2.6 Compressor de geladeira (hermético) e seu funcionamento

O tipo de compressor de maior utilização em sistemas de refrigeradores domésticos são os compressores herméticos devido a sua larga faixa de aplicação e seu baixo custo de fabricação e manutenção. Os compressores herméticos são compressores volumétricos que elevam a pressão do fluido de trabalho através da redução do volume de uma câmara por um pistão, ligado a um mecanismo biela-manivela que recebe o conjugado mecânico produzido por um motor elétrico (AGUIAR, 2016).

No caso de refrigeradores, o compressor e motor elétrico encontram-se contidos em uma mesma carcaça blindada de forma a evitar o vazamento de fluido através de selagem mecânica e também proporcionar a redução do tamanho do sistema. Estes compressores são denominados de recíprocos herméticos e são amplamente utilizados na refrigeração doméstica. A principal desvantagem dos compressores herméticos está no fato destes não poderem ser reparados pois são selados mecanicamente (AGUIAR, 2016). A Figura 8 mostra a vista deste compressor em corte.

Figura 8 - Compressor em corte



Fonte: Aguiar (2016, p. 30)

De acordo com Aguiar (2016), o funcionamento do compressor é baseado em ciclos de compressão e expansão do fluido refrigerante. Quando a geladeira é ligada, o compressor é acionado e começa a comprimir o gás refrigerante, aumentando sua pressão e temperatura. Esse gás comprimido passa pelo condensador, onde cede calor para o ambiente externo e se transforma em líquido. O líquido refrigerante passa então pelo evaporador, localizado no interior da geladeira, onde se expande e se transforma em gás novamente. Durante esse processo, absorve o calor do interior da geladeira, resfriando-o. Em seguida, o gás refrigerante é sugado de volta pelo compressor, reiniciando o ciclo.

3 METODOLOGIA

Nesta seção é apresentada a metodologia adotada para realizar a pesquisa bibliográfica exploratória e a comparação entre dois compressores.

3.1 Caracterização da pesquisa

Essa pesquisa caracteriza-se como bibliográfica exploratória. Segundo Cabrera (2019), a pesquisa bibliográfica exploratória é uma abordagem metodológica que permite investigar o estado atual do conhecimento em um campo específico, identificando lacunas e construindo uma base sólida para a pesquisa. A presente dissertação analisou artigos científicos, livros, relatórios técnicos e materiais disponíveis on-line relacionados a compressores.

Quanto à natureza, esta pode ser considerada como pesquisa aplicada. A pesquisa aplicada é uma abordagem que visa resolver problemas práticos ou fornecer soluções específicas para questões do mundo real (LOPES, 1991). Ela é geralmente conduzida com o objetivo de aplicar os resultados em contextos práticos, como a indústria, a tecnologia, a medicina ou outros campos onde a pesquisa pode ter impacto direto na melhoria das condições, processos ou produtos existentes (FLEURY; WERLANG, 2016). A pesquisa aplicada pode ser contrastada com a pesquisa pura ou fundamental, que se concentra na geração de conhecimento teórico sem uma aplicação prática direta imediata. Em contraste, a pesquisa aplicada busca traduzir esse conhecimento em soluções tangíveis e práticas (FLEURY; WERLANG, 2016), (FACCA, 2022).

A consecução da metodologia divide-se em duas partes: a pesquisa bibliográfica, ou teórica; e pesquisa prática, ou aplicada.

A seguir serão descritos os materiais para cada uma das partes da pesquisa.

3.2 Materiais e métodos

Para a base e fundamentação teórica, o referencial utilizado incluiu os seguintes subtemas:

- a) Análise da viabilidade econômica, que foi construído pelos trabalhos de Muzzolon (2014), ASCE (1997), Boyd e Watten (1989, 1998, 1999), Vinatea e Carvalho (2007, 2017), Kubitzka (2008, 2019), Aguiar (2016), Matos *et tal.* (2022).

Muzzolon contribui com informações sobre a montagem do aerador Mandalla e fornece dados dos níveis de oxigênio dissolvido para o compressor de geladeira.

ASCE apresenta o cálculo que permite determinar a taxa de transferência de oxigênio da atmosfera para a água (SOTR).

Boyd, Watten e Vinatea e Carvalho avaliam a taxa de transferência de oxigênio padrão (SOTR) e a eficiência de aeração padrão (SAE).

Kubitza discute sobre os principais benefícios da aeração em piscicultura. Aguiar detalha o funcionamento do compressor de geladeira.

O trabalho de Matos *et al.* (2022) apresenta a construção de um reservatório em estrutura ferro cimento.

Os materiais utilizados para a confecção desse modelo de aerador são: 01 motor de geladeira usado, 01 garrafa PET de dois litros, 02 metros de mangueira-bomba para aquário, 02 pedaços de caibro de 50 centímetros de comprimento e 10 centímetros de espessura cada, 03 pedaços de ripa de 20 centímetros de comprimento e cinco centímetros de espessura cada, 01 metro de fio duplo, 01 tomada macho, 01 litro de óleo de motor, mangueira de ar flexível com microfuros (o tamanho varia de acordo com a área que se deseja arear), parafusos, pregos, silicone ou cola plástica, cal, pedras de carvão, pedra porosa pequena.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Esta seção traz os resultados da análise comparativa entre dois modelos de compressão: o modelo de aerador chafariz, e o modelo de aerador a partir de compressor de geladeira.

4.1 Proposta de utilização de compressor de geladeira como aerador para tanques em ferro cimento

O compressor é um dispositivo movido por um motor elétrico, cuja função é puxar o refrigerante vaporizado do evaporador e o comprimir em um volume pequeno a uma alta temperatura. Desse modo, o compressor também separa o ciclo em lados de alta pressão e baixa pressão (CARMEIS, 2002). Sendo assim, o compressor de geladeira utilizado na aeração em sistemas de criação de peixes, funciona fornecendo ar comprimido para oxigenar a água do sistema, tal como ilustra a figura 9.

Figura 9 – Modelo de compressor usado na piscicultura



Fonte: Embraco (2019).

A Figura 9, espelha um modelo de compressor de geladeira utilizado na oxigenação da água em pequenos tanques ou reservatórios de peixes, operando com ar difuso, possui dois tudo em sua carcaça, onde por um deles coleta o ar e no outro expelle, através de mangueiras ou tubos adaptados, fazem a introdução de oxigênio na água.

De acordo com Muzzolon (2014), o aerador mandala pode ser fabricado com compressor usado de geladeira, acoplado a uma mangueira até uma garrafa de politereftalato de etileno (PET) contendo água, cal e carvão que tem por finalidade coletar o óleo liberado juntamente com o gás, conforme mostra a Figura 10.

Figura 10 - Aerador Mandalla

Fonte: Muzzolon (2014)

A manutenção do equipamento também não é complicada. A água da garrafa PET pode ser trocada a cada mês, pelo menos, e o motor, lubrificado a cada três meses. As mangueiras podem ser substituídas assim que tiverem algum sinal visível de desgaste. Não há nenhuma restrição quanto a ligar o aerador durante o dia, mas não é tão necessário. A luz do sol, o vento e a luminosidade diminuem a ação de micro-organismos na água. Por uma questão de prevenção e economia, recomenda-se ligar o aerador em períodos de 30 minutos a uma hora pela manhã e à tarde. Durante a noite, é preciso deixá-lo ligado o tempo todo (MUZZOLON, 2014).

O reservatório do presente estudo, possui formato cilíndrico e construído sobre a superfície em estrutura ferro cimento com medidas, diâmetro 6m X 1h. O cálculo das dimensões e da quantidade de materiais usados partiram do pressuposto da capacidade de armazenamento aproximado de 28.000 litros de água com densidade máxima de estocagem de peixes aproximadamente 2,7kg/m³ (MATOS *et al.*, 2022). Conforme representa a Figura 11.

Figura 11 - Reservatório em estrutura ferro cimento



Fonte: Matos et al. (2022).

Os tanques de ferrocimento são estruturas de tela e vergalhões recoberta com argamassa de cimento e areia. Eles têm como principais vantagens a facilidade de instalação e o baixo-custo, uma vez que não exigem mão de obra especializada e podem ser fabricados com materiais de fácil acesso na propriedade (SANSUY, 2023).

A escolha de utilizar um compressor de geladeira com aerador em vez de um compressor de chafariz para tanque de ferro cimento pode ser justificada por uma combinação de eficiência, custo e versatilidade. Os difusores são prendidos na parte inferior do tanque, com a intenção de realizar a distribuição de ar de forma homogênea no sistema, conforme a vazão de ar requerida (BIOPROJECT, 2019). Conforme mostra a figura 12.

Figura 12 - Oxigenação por ar difuso em tanque de ferro cimento



Fonte: Autoria própria (2023).

Ao ponderar sobre tais elementos, a adoção de um compressor de geladeira com aerador para tanques de ferro cimento, em comparação com o aerador chafariz, se revela como uma solução tecnicamente eficaz, economicamente acessível e adaptável. Esta escolha demonstra a capacidade de atender adequadamente às exigências de aeração, proporcionando um contributo significativo para a otimização e sustentabilidade do sistema em questão. O quadro 2, justifica a utilização do compressor de geladeira como aerador alternativo.

Quadro 2 - Justificativa da utilização do compressor de geladeira como aerador.

Característica	Descrição
Eficiência Energética	Compressores de geladeira são conhecidos por sua eficiência energética, consumindo menos energia em comparação com muitos compressores de chafariz. Isso é crucial, especialmente em regiões onde o custo da eletricidade é uma consideração significativa.
Custo Acessível	Compressores de geladeira são componentes amplamente disponíveis e relativamente mais acessíveis em comparação com compressores de chafariz. Essa opção mais econômica pode ser benéfica, especialmente em situações onde os recursos financeiros são limitados ou onde se busca uma solução mais econômica.
Adaptação a Tanques de Ferro Cimento	O compressor de geladeira pode ser facilmente adaptado para funcionar eficientemente em tanques de ferro cimento. Sua versatilidade e capacidade de se ajustar a diferentes configurações fazem com que seja uma escolha flexível para várias aplicações, incluindo aquelas em tanques construídos com materiais como ferro e cimento.
Manutenção Simples	Compressores de geladeira geralmente requerem menos manutenção e são mais fáceis de reparar em comparação com compressores de chafariz. A simplicidade do design pode ser uma vantagem, especialmente em locais onde a expertise técnica pode ser limitada.
Baixo Nível de Ruído	Compressores de geladeira são conhecidos por operarem com baixo nível de ruído, o que pode ser uma consideração importante em áreas residenciais ou em ambientes onde a poluição sonora deve ser minimizada.

Fonte: Autoria própria (2023)

4.2 Especificações técnicas dos aeradores

Os aeradores serão avaliados com base nas especificações técnicas fornecidas por seus fabricantes, abrangendo aspectos físicos e funcionais. O processo de seleção será determinado pelo nível de eficácia na incorporação de oxigênio exibido por cada modelo individual.

Segundo Muzzolon (2014), os níveis de oxigênio dissolvido ao longo de uma hora chegaram a 9,45 mg/L para o compressor de ar e de 9,22 mg/L para o

compressor de geladeira. Resultados indicam que ambos os compressores apresentaram níveis de oxigênio adequados, garantindo condições ambientais adequadas durante o período de avaliação. No entanto, para fazer a conversão de mg/L para kg/L, usam a densidade do oxigênio dissolvido em água em condições padrão (aproximadamente 1.429 kg/m³) a fórmula básica para essa conversão é:

mg/L para kg/L dividindo por 1000000 (porque 1 mg = 0,000001 kg)

Para o determinado compressor de geladeira, temos a seguinte referência, marca: Embraco, capacidade em litros: 280, Consumo: 89,48 KWh/mês, Modelo: EMU 60 CLP, HP: 1/6 CV, Potência: 124,28 W, Tensão: 110V - 220 V (monofásico), Gás: R600, SOTR: 0,00000922 kg de O₂/h, SAE: 7,43 O₂/Kwh.

Com a fórmula padrão para calcular o SOTR (ASCE, 1997), obtemos o seguinte resultado para o compressor de geladeira, conforme a fórmula (1).

$$\text{SOTR (kg/h/m}^2\text{)} = \frac{\text{Taxa de Transferência de Oxigênio (kg/h)}}{\text{Área de Superfície da Água (m}^2\text{)}} \quad (1)$$

Onde:

OD = 9,22 mg/l (MUZZOLON, 2014)

Conversão mg/l para kg/l:

$$9,22 / 1000000 = 0,00000922$$

Logo,

$$\text{SOTR (kg/h)} = 0,00000922.$$

Para o cálculo do SAE (VINATEA, 2017), utiliza-se a Fórmula 2.

$$\text{SAE (kg O}_2\text{/kw/h)} = \frac{\text{Taxa de Transferência de Oxigênio (kg/h)}}{\text{Potência do Motor (kW)}}$$

Onde:

Potência: 124,28W

Conversão W para KW:

$$124,28 / 1000 = 0,124$$

Logo,

$$\text{SAE (kg O}_2\text{/kw/h)} = 0,00000922 / 0,124 = 7,43.$$

As especificações do aerador chafariz são:

Marca: Nagano, HP: 1/5CV; Tensão: 220V (monofásico); Consumo: 107,38KWh/mês;
Potência: 149,14W; SOTR: 0,80Kg de O₂/h; SAE: 5,36 O₂/Kwh.

Cálculo do SOTR, dados conforme o fabricante:

SOTR (kg/h) = 0,80.

Para o cálculo do SAE (VINATEA, 2017), conforme a fórmula 2:

Potência: 149,14W

Conversão W para KW:

$149,14 / 1000 = 0,149$

logo,

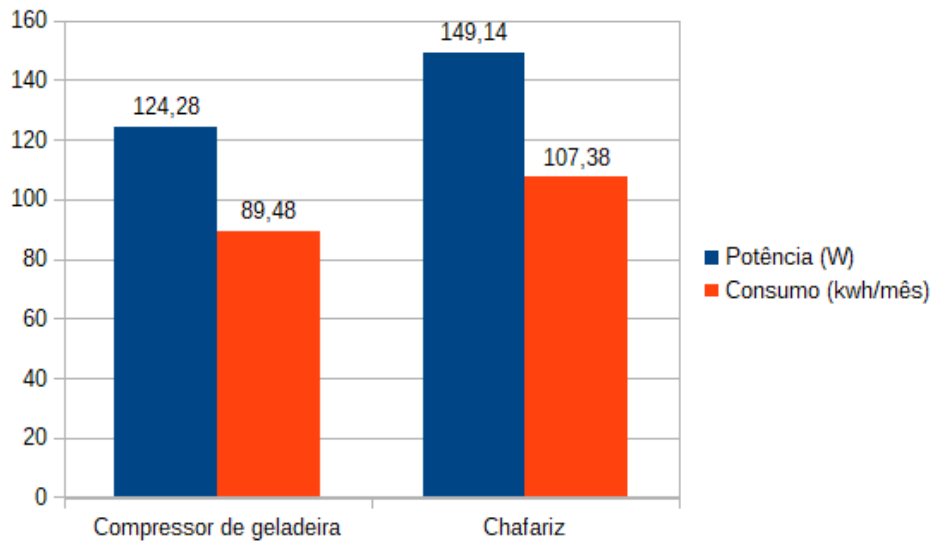
$SAE \text{ (kg O}_2\text{/kw/h)} = 0,80 / 0,149 = 5,36.$

Sendo assim, as especificações técnicas de um aerador são fundamentais para determinar sua eficiência e adequação a uma determinada aplicação. Com base nas informações fornecidas, é possível avaliar diversos aspectos cruciais para o bom desempenho do aerador.

4.2.1 Consumo elétrico dos equipamentos

Para calcular o consumo de energia em kWh de qualquer equipamento elétrico, basta multiplicar a sua potência em Watt (W) pelo tempo de uso em horas (h) e dividir o resultado por 1.000 (PORTALSOLAR, 2023). Portanto, o levantamento do consumo elétrico foi feito através dos equipamentos que serão usados, que se aproxima com realidade do consumo médio por mês, já que leva em consideração a potência dos aparelhos, o número médio de horas de uso por dia e o número médio de dias de uso no mês.

O Gráfico 3 demonstra o consumo médio de energia elétrica dos aeradores do presente estudo, conforme sua potência.

Gráfico 3 - Consumo médio de energia elétrica

Fonte: Autoria própria (2023)

Equação 1, para o cálculo do consumo de energia elétrica do equipamento em Kwh:

$$\text{Potência do aparelho (W)} \times \text{Número de horas utilizadas (h)} \times \text{Número de dias utilizados por mês (t)} / \text{Dividido por 1000}$$

A potência elétrica é $P = U \times I$ em Watts e a relação com consumo = potência/1000 x tempo de uso em quilowatt hora. U é a tensão elétrica, normalmente 220 V ou 110 V e a sua unidade representada é o Volt ou V, no sistema internacional de unidades. I é a corrente elétrica, que circula na instalação, sua unidade representada é o Ampere ou A, no sistema internacional de unidades.

O consumo de energia dos aeradores sob estudo é examinado no Gráfico 3. O compressor de geladeira, que tem uma potência de 124,28 W, utiliza 89,48 kWh de energia elétrica mensalmente. Por outro lado, o aerador chafariz, que tem uma potência de 149,14 W, consome 107,38 Kwh de energia elétrica por mês. Em comparação com o chafariz, o compressor de geladeira apresenta uma redução no consumo de energia de 17,90 kWh por mês.

4.2.2 Custo médio dos equipamentos

A estimativa do custo de implantação leva em consideração os preços alcançados através de pesquisa feita em meios especializados e contemplaram o projeto, execução e equipamentos. Não se levou em consideração o emprego de mão de obra.

O valor aproxima-se dos apresentados na literatura para os sistemas de mesmo porte, como no estudo de caso realizado por Muzzolon (2014). A equiparação de valores está detalhada na Tabela 2.

Tabela 2 - Equiparação de valores

EQUIPAMENTO	VALOR (R\$)
Compressor de geladeira (sucata)	~ 150,00
Aerador chafariz	~ 1.500,00

Fonte: Autoria própria (2023)

Ao adquirir um aerador, é recomendado realizar pesquisas de mercado, comparar diferentes marcas e modelos, e considerar a opinião de outros criadores de peixes. O objetivo é encontrar um aerador eficiente e confiável que atenda às necessidades específicas do projeto de aquicultura, proporcionando condições ótimas de oxigenação para o crescimento saudável dos peixes e, conseqüentemente, o aumento da produtividade e lucratividade do empreendimento.

4.2.3 Análise da viabilidade econômica do uso do compressor de geladeira como aerador

De acordo com a Eletrobrás (2011), o manual de tarifação relata que o consumo de energia é a quantidade de potência consumida por um determinado intervalo de tempo, sendo estabelecido que sua unidade de medida é em quilowatt-hora (kWh). Sendo assim, o cálculo das tarifas é: cada quilowatt-hora (kWh) é multiplicado por um valor unitário, a tarifa, que como mencionado varia de acordo com as classes, sendo que esses valores correspondem ao valor de 1 quilowatt (kW) para cada hora.

Vale ressaltar que as tarifas de energia elétrica são divididas em monômias, que são as de baixa tensão e as binômias, que incluirão também tarifas convencionais e horárias, como a Verde e a Azul. São consideradas tarifas monômias aquelas compostas por preços aplicáveis unicamente ao consumo de energia elétrica ativa, ao passo que a binomia será composta por preços que são aplicáveis a um consumo de energia ativa e também à demanda faturável (ENERGISA, 2023), tal como destaca a Tabela 3.

Tabela 3 - Modalidade tarifária convencional

MODALIDADE TARIFÁRIA CONVENCIONAL - BAIXA TENSÃO		TUSD + TE
TARIFA	CLASSES	CONSUMO (R\$/KWH)
	Residencial sem Benefício	0,76174
	Residencial BR - Consumo até 30 KWH	0,24656
B1	Residencial BR - Consumo de 31 a 100 KWH	0,42267
	Residencial BR - Consumo de 101 a 220 KWH	0,63401
	Residencial BR - Consumo acima de 220 KWH	0,70446
	Rural	0,71603
B2	Rural irrigação	0,23628
	Cooperativa de eletrif. Rural	0,71603
	Serviço de irrigação	0,7008
	Commercial serviços e outros	0,76174
B3	Industrial	0,76174
	Poderes públicos	0,76174
	Serviço público	0,73888
	Iluminação pública	-
B4	B4A - Rede de distribuição	0,41896
	B4B - Bulbo de lâmpada	0,45704

Fonte: Energisa (2023)

Na modalidade de tarifa B2, conforme o equipamento a ser utilizado para a área rural, será feito o seguinte cálculo, utiliza-se a Equação 3.

Produção de energia em Kwh/mês X tarifa B2 rural (R\$) = valor do Kwh/mês em reais. (3)

Tabela 4 - Custo com consumo de energia elétrica.

EQUIPAMENTO	Kwh/mês	Tarifa B2 rural (R\$/KWh)	Total mês (R\$)	Total anual (R\$)
Compressor de geladeira	89,48	0,71	63,53	762,36
Aerador chafariz	107,38	0,71	76,23	914,87

Fonte: Autoria própria (2023)

Na Tabela 4, considerando utilizar um compressor de geladeira como alternativa para a introdução de oxigênio na água, em reservatórios de estrutura ferro-cimento destinados à criação de peixes, demonstra que tal abordagem acarretará uma média mensal de consumo energético estimado em 89,48 kWh. Esse consumo energético mensal, quando multiplicado pela tarifa elétrica do tipo B2, aplicada a áreas rurais, com um custo unitário de R\$ 0,71 por kWh, resulta em um valor mensal de despesa energética de R\$ 63,53. Quando extrapolado para um período anual, essa despesa totaliza R\$ 762,36.

Em contraste, a utilização de um aerador chafariz, apresenta um consumo médio mensal estimado em 107,38 kWh. Novamente, ao aplicar a tarifa B2 rural de R\$ 0,71 por kWh, o custo mensal correspondente a essa modalidade de oxigenação é de R\$ 76,23. Em termos anuais, essa despesa atinge o montante de R\$ 914,87.

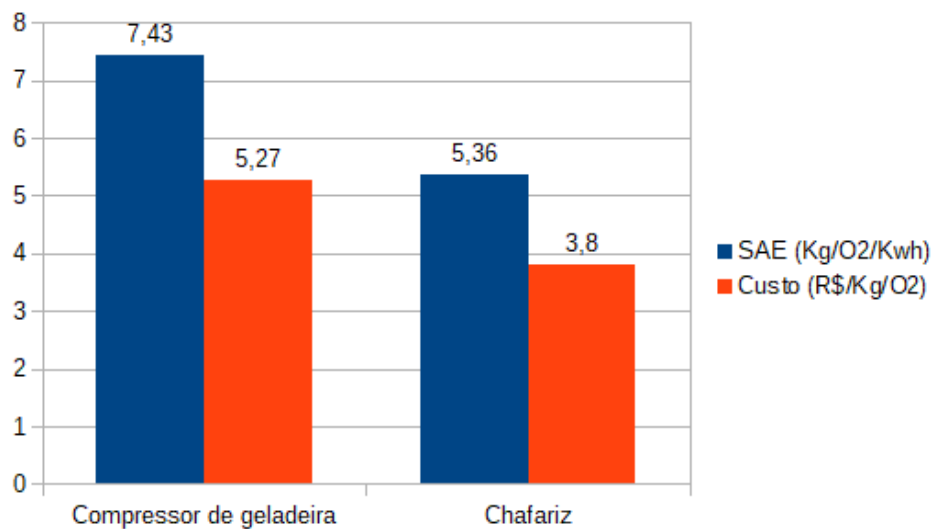
Os resultados obtidos neste estudo indicam que a utilização do compressor de geladeira como sistema de aeração em reservatórios de estrutura ferro-cimento apresenta um potencial significativo para economia financeira. Ao analisar os dados, observamos que essa abordagem proporciona uma economia anual considerável, totalizando R\$ 152,51 em relação ao uso do aerador chafariz.

4.2.4 Comparação SAE entre os sistemas de aeração

Na literatura, os aeradores são comparados com base em métricas como a Taxa de Transferência de Oxigênio Padrão (SOTR) e a Eficiência de Aeração Padrão (SAE) (BOYD, 1998). Então, a eficiência padrão de um aerador é geralmente expressa como uma porcentagem, indicando a proporção de oxigênio transferido do ar para a água em relação à quantidade teoricamente possível de transferência. Esse valor pode variar dependendo do tipo de aerador utilizado, das condições ambientais, da profundidade da água, da taxa de fluxo de ar e de outros fatores operacionais.

Para avaliar a eficiência padrão dos aeradores (SAE) foi necessário diminuir a concentração de oxigênio dissolvido para 0 mg.L-1 e a saturação de oxigênio para 0% (± 2) conforme a metodologia descrita por Boyd e Watten (1989) e Vinatea e Carvalho (2007), através do uso de metabissulfito de sódio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$) e cloreto de cobalto (CoCl_2) como catalizador. No Gráfico 4 é realizada uma comparação dos SAE dos aeradores empregados no estudo em questão.

Gráfico 4 - Simulação da eficiência padrão



Fonte: Autoria própria (2023).

O SAE é uma métrica importante para avaliar a eficiência energética de sistemas de aeração, pois permite determinar quantos quilogramas de oxigênio são transferidos para o líquido por quilowatt-hora de energia consumida. Então, multiplica o SAE (Kg O₂/Kwh) com a tarifa de energia elétrica rural (R\$/Kwh) e o resultado será o custo de energia para produzir oxigênio por quilogramas (R\$/kg/O₂). Quanto maior o valor do SAE, mais eficiente é o processo de aeração, pois mais oxigênio é transferido por unidade de energia consumida (VINATEA, 2017).

Com base nos dados apresentados no Gráfico 4, podemos concluir que o compressor de geladeira possui uma eficiência de aeração padrão superior em comparação com o modelo chafariz. O compressor de geladeira é capaz de produzir 7,43 Kg de oxigênio por kWh de energia consumida, enquanto o modelo chafariz produz 5,36 Kg de oxigênio por kWh. Além disso, quando se trata do custo de produção de oxigênio, o compressor de geladeira tem um custo de R\$ 5,27 por kg de

oxigênio, enquanto o modelo chafariz tem um custo mais baixo de R\$ 3,80 por kg de oxigênio.

Muzzolon (2014) afirma levando em consideração a incorporação de oxigênio comparado com o custo do equipamento e também custo mensal com energia elétrica, o compressor que apresenta melhor relação custo-benefício é o compressor de geladeira. Portanto, com base nessas informações, pode-se concluir que o compressor de geladeira é mais eficiente na produção de oxigênio em termos de quantidade por unidade de energia consumida, mas o modelo chafariz é mais econômico em termos de custo por kg de oxigênio produzido.

Este estudo comparativo entre a eficiência padrão de um aerador alternativo e um aerador convencional na piscicultura forneceu dados valiosos sobre potenciais melhorias no manejo de sistemas aquícolas. A análise minuciosa das taxas de transferência de oxigênio na superfície (SOTR) e a eficiência padrão dos aeradores (SAE) demonstrou que o aerador alternativo apresenta um desempenho notável em comparação com o aerador convencional.

5 CONCLUSÃO

A aquicultura desempenha um papel crucial na oferta global de alimentos e, para garantir uma produção sustentável e lucrativa, é fundamental adotar tecnologias que melhorem as condições ambientais para os organismos aquáticos. Conclui-se que, foi possível apresentar a análise econômico-financeira e viável com a utilização de um aerador alternativo, feito de um compressor de geladeira usado, na criação de peixes em reservatório de estrutura ferro cimento no município de Pedro Afonso - TO. De modo que, levou-se em consideração que os investimentos deveriam apresentar rentabilidade, economia de energia elétrica e aproveitamento de material reciclável.

A adoção de tecnologias como o aerador alternativo pode não apenas melhorar as condições de criação de peixes, mas também reduzir os custos operacionais e energéticos, proporcionando uma vantagem competitiva para os piscicultores. Através da análise dos dados e informações apresentadas, é evidente que os aeradores podem desempenhar um papel significativo na maximização da produtividade dos criadouros de peixes. Esses equipamentos têm a capacidade de melhorar a oxigenação da água, controlar a temperatura e promover uma melhor circulação do ambiente, fatores cruciais para o bem-estar e o crescimento saudável dos peixes.

Os resultados deste estudo fornecem informações para a tomada de decisões na adoção de compressores de refrigeradores como uma solução econômica e ecológica para melhorar a oxigenação em sistemas de piscicultura, considerando tanto os benefícios econômicos quanto os aspectos ambientais.

O compressor de geladeira demonstra uma eficiência de aeração (SAE) superior quando comparado ao modelo de chafariz. Sendo respaldada pela relação entre a quantidade de oxigênio produzida e a energia consumida: o compressor de geladeira é capaz de gerar uma média de 7,43 kg de oxigênio por kWh de energia consumida, enquanto o modelo chafariz alcança uma média de apenas 5,36 kg de oxigênio por kWh.

Entretanto, é importante destacar que, apesar da maior eficiência na produção de oxigênio, o compressor de geladeira apresenta um custo de produção de oxigênio mais elevado. Especificamente, o custo associado à produção de 1 kg de oxigênio utilizando o compressor de geladeira é de R\$ 5,27, enquanto o modelo chafariz oferece um custo mais baixo, que totaliza R\$ 3,80 por kg de oxigênio.

Com uma abordagem equilibrada e uma compreensão clara dos benefícios e desafios envolvidos, o uso adequado de aeradores alternativos, pode ser um diferencial fundamental para o sucesso e a prosperidade da aquicultura, impulsionando a produção de alimentos, a segurança alimentar e a preservação dos recursos hídricos para as gerações futuras.

É importante ressaltar algumas limitações. Pois, este estudo concentrou-se especificamente em Pedro Afonso - TO, e as conclusões podem não ser diretamente extrapoladas para outras regiões com características climáticas e econômicas distintas. Sendo que, Flutuações nos preços de energia elétrica e outros fatores externos podem influenciar os resultados da análise econômica, A longo prazo, a durabilidade e a necessidade de manutenção do compressor de geladeira reutilizado podem impactar os custos operacionais, sendo uma área que demanda monitoramento constante.

Para estudos futuros, investigações mais aprofundadas podem ser direcionadas para o aprimoramento da eficiência e durabilidade do aerador alternativo, considerando inovações tecnológicas e materiais mais resilientes. Avaliações mais abrangentes, incluindo análises de ciclo de vida, podem oferecer insights sobre o impacto ambiental total da utilização do aerador alternativo, contribuindo para uma visão mais holística da sustentabilidade do sistema. Estudos longitudinais que investigam os custos de manutenção e desempenho do aerador ao longo de vários ciclos de produção podem oferecer uma perspectiva mais completa da viabilidade econômica a longo prazo.

No entanto, cabe ressaltar que os dados utilizados foram baseados apenas em pesquisa bibliográfica, pesquisa documental e coleta de dados. Quanto à produtividade, os valores apresentados foram estimativas para valores reais, alcançados com base em cálculos realizados a partir de fórmulas e dados disponíveis na presente literatura. Quanto à questão de viabilidade, existe a limitação orçamentária dos pequenos piscicultores da região. Para que seja viável a implantação deve ser analisada caso a caso, de acordo com a disponibilidade de recursos em cada empreendimento.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, G. M.; RIBATSKI, G. **Desenvolvimento de um modelo numérico para simulação de ciclos de compressão a vapor em refrigeradores domésticos operando com R134a e R600a**. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/294856044_Desenvolvimento_de_um_modelo_numerico_para_simulacao_de_ciclos_de_compressao_a_vapor_em_refrigeradores_domesticos_operando_com_R134a_e_R600a2016. Acesso em: 13 out. 2023. DOI 10.13140/RG.2.1.1299.6884.
- AQUACULTUREBRASIL. **Evolução dos sistemas de aeração nos cultivos intensivos e super intensivos em sistema bft**. 2017. Disponível em: <<https://www.aquaculturebrasil.com/artigo/87/evolucao-dos-sistemas-de-aeracao-nos-cultivos-intensivos-e-super-intensivos-em-sistema-bft/>>. Acesso em: 26 set. 2023.
- ASCE. Sociedade Americana De Engenheiros Civis. **Diretrizes padrão para testes de transferência de oxigênio em processo**. Disponível em: <<https://ascelibrary.org/doi/book/10.1061/9780784415641>>. Acesso em: 19 de set. 2023.
- BIOPROJECT – Equipamentos Ambientais. **Sistema de aeração por ar difuso**. 2019. Disponível em: <http://www.bioproject.com.br/sistema-aeracao-ar-difuso-circular.html>. Acesso em: 14 jan. 2024.
- BOYD, C. E. Pond water aeration systems. **Aquacultural Engineering**, v. 1. 18, p. 9-40. 1998. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0144860998000193>. Acesso em: 19 fev. 2024.
- BOYD, C., W., B. Aeration systems in aquaculture. **Rev. Aquat. Sci.**, v. 1, n. 3, p. 425-472. 1989.
- CABRERA, V. P. **Teoria e prática da (de) formação do leitor: uma pesquisa bibliográfica exploratória**. 2019.
- CARMEIS, D. W. M. **Os efeitos da diversidade de tensões de distribuição no setor elétrico brasileiro: estudo do caso do refrigerador doméstico**. 2002. 132p. Dissertação de Mestrado em Engenharia Elétrica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- ELETROBRÁS. **Manual de tarifação da energia elétrica**. 2011. Disponível em: <https://www.eletrica.ufpr.br/sebastiao/wa_files/te344%20aula%2009%20-%20manual%20de%20tarif%20en%20el%20-%20procel_epp%20-%20agosto-2011.pdf>. Acesso em: 27 set. 2023.
- EMBRACO. **Linhas de compressores**. 2019. Disponível em: <https://www.embraco.com/wp-content/uploads/2020/03/1-2020-catalogo-portugues-am.pdf>. Acesso em: 13 jul. 2023.

EMBRAPA. Unidade de Pesca e Aquicultura. **I Plano Diretor da Embrapa Pesca e Aquicultura**, 2012 – 2016 - 2023. Palmas, TO: Embrapa, 2013.

EMBRAPA. Unidade de Pesca e Aquicultura. O papel da piscicultura na agricultura familiar. **Notícias**, 2022. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/73976905/artigo---o-papel-da-piscicultura-na-agricultura-familiar/>. Acesso em: 08 mar. 2023.

EMBRAPA. Unidade de Pesca e Aquicultura. Boas práticas adequam concentrações de oxigênio dissolvido em viveiros de piscicultura. **Notícias**, 2017. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/20957332/boas-praticas-adequam-concentracoes-de-oxigenio-dissolvido-em-viveiros-de-piscicultura/>. Acesso: 21 de set. 2023.

ENERGISA. **Tipos de tarifas**. 2023. Disponível em: <https://www.energisa.com.br/paginas/informacoes/taxas-prazos-e-normas/tipos-tarifas.aspx/>. Acesso em 19 de jul 2023.

FACCA, C. A. **O designer como pesquisador**: uma abordagem metodológica da pesquisa aplicada ao design de produtos. 2022.

FAO. **A pesca e a aquicultura são críticas para a transformação dos sistemas agroalimentares globais**. 2021. Disponível em: <https://www.fao.org/brasil/noticias/detail-events/pt/c/1371997/>. Acesso em: 16 nov 2023.

FLEURY, M. T. L.; WERLANG, S. R. da C. Pesquisa aplicada: conceitos e abordagens. **Anuário de Pesquisa GVPesquisa**, 2016.

FRANÇA, I.; SILVA, W. Compressor radial: O uso do aerador no sistema de piscicultura. **Journal of Innovation and Science: research and application**, [S. l.], v. 2, n. 1, p. 9 p., 2022. DOI: 10.56509/joins. 2022. v2.118. Disponível em: <https://joins.emnuvens.com.br/joins/article/view/118>. Acesso em: 25 set. 2023.

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. Disponível em: <https://ptdocz.com/doc/754490/aerador-e%C3%B3lico-para-tanques-de-piscicultura>. Acesso em: 08 mar. 2023.

IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **População**. 2020. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/to/pedro-afonso/panorama>. Acesso em: 31 de out. 2022.

IPEA. **Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada**. 2017. Disponível em: https://portalantigo.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/TDs/td_2328.pdf. Acesso em: 15 jan. 2024.

KUBITZA, F. **Manejo na produção de peixes**. **Panorama da Aquicultura**. 2009. Disponível em: <https://panoramadaaquicultura.com.br/wp->

content/uploads/2019/06/Manual-de-criac%CC%A7a%CC%83o-de-peixes-em-viveiros_Reedic%CC%A7a%CC%83o-2019_PDF-completo.pdf/>. Acesso: 21 set. de 2023.

KUBITZA, F. O uso eficiente da aeração. **Panorama da Aquicultura**. Acqua & Imagem Serviços Ltda. Vol. 18. Nº 109. Set/out. 2008.

LEIRA, M. H. *et al.* Qualidade da água e seu uso em pisciculturas. **Pubvet**, v. 11, n. 1, p. 11-17, 2017.

LOPES, O. U. Pesquisa básica versus pesquisa aplicada. **Estudos avançados**, v. 5, p. 219-221, 1991.

MATOS D. N. V. *et al.* Piscicultura: construção de um reservatório em estrutura ferro cimento. *In*: 13ª Jornada de Iniciação Científica e Extensão do IFTO, 2022, Palmas. **Anais [...]** Palmas: IFTO, 2022, v. 013. p. 1-1.

MUZZOLON, A.; WERLANG, D. A.; NEUNFELD, T. H. Eficiência de aeradores alternativos no incremento de oxigênio dissolvido. *In*: Seminário de Ensino Pesquisa e Extensão da UFFS, 2014, Laranjeiras do Sul. **Anais [...]**. Laranjeiras do Sul: UFFS, 2014. v. IV. p. 1-1.

PEIXE Br. Associação Brasileira da Piscicultura. **Anuário da Piscicultura**, 2022.

PICASSO, Pablo. **Pablo Picasso**. [S.l.]: Pensador, 2013. Disponível em: <https://www.pensador.com/frase/OTk2OQ/>. Acesso em: 8 fev. 2024.

PIRES, A. **Energias renováveis têm seu custo**. Instituto Millenium: 2020. Disponível em: <https://institutomillenium.org.br/energias-renovaveis-tem-seu-custo/>. Acesso em: 14 nov. 2023.

PORTALSOLAR. **Como calcular consumo de energia em kWh?** Disponível em: <<https://www.portalsolar.com.br/como-calcular-o-consumo-de-energia-em-kwh>>. Acesso em: 27 set. 2023.

RURALTINS. **Seden promove seminário gratuito para piscicultores de Guarai e Pedro Afonso**. 2018. Disponível em: <<https://www.to.gov.br/sics/noticias/seden-promove-seminario-gratuito-para-piscicultores-de-guarai-e-pedro-afonso/258tj9mwuc5/>>. Acesso em: 29 nov. 2022.

RURALTINS. **Censo da piscicultura no Tocantins**. 2020 Disponível em: <<https://central.to.gov.br/download/82724/>>. Acesso em: 21 nov. 2023.

SANSUY. **Aerador para piscicultura**: entenda a importância de escolher o ideal. 2019. Disponível em: <<https://blog.sansuy.com.br/aerador-para-piscicultura-entenda-a-importancia-de-escolher-o-ideal/>>. Acesso em: 31 de out. 2022.

SANSUY. **Veja qual o melhor tanque elevado para piscicultura**. 2023. Disponível em: <https://blog.sansuy.com.br/veja-qual-o-melhor-tanque-elevado-para-piscicultura/>. Acesso em: 16 jan. 2024.

SANSUY. **Piscicultura**: como a escassez de água e a alta da energia afetam a piscicultura. Blog sanguy. 2022. Disponível em: <<https://blog.sansuy.com.br/escassez-de-agua/>>. Acesso em 17 out. 2022.

SAP/MAPA. Secretaria de Aquicultura e Pesca do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Aquicultura e Pesca**, 2019.

SANTOS, Cláudio V.F. *et al.* **Construção e avaliação de um aerador feito com material de baixo custo, 2017**. Disponível em: <<file:///C:/Users/2267124/Downloads/208-37-354-1-10-20180731.pdf>>/. Acesso em: 21 nov. 2023.

SCHULTER, E. P.; & VIEIRA FILHO, J. E. R. **Evolução da piscicultura no brasil: diagnóstico e desenvolvimento da cadeia produtiva de tilápia**. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. 2017.

SEAGRO - Secretaria da Agricultura, Pecuária e Aquicultura. **Agricultura**. 2020 Disponível em: <https://seagro.to.gov.br/agricultura/>. Acesso em 15 de out. 2022.

SEBRAE. **Aquicultura no Brasil**: série estudos mercadológicos. Brasília - DF: Discovery - Formação Profissional Ltda - Me, 2015. Disponível em: <<https://sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/>>. Acesso em 16 de ago 2023.

SEPLAN. Secretaria da Fazenda Planejamento. **Município de Pedro Afonso do Tocantins**, 2014.
http://zoneamento.sefaz.to.gov.br/Mapas/TO_Carta_Imagem_Municipios_2014/Layout_Pedro_Afonso_Carta_Imagem_2014_15m.pdf /. Acesso em 18 de set. 2023.

SEPLAN. Secretaria da Fazenda Planejamento. **Produto Interno Bruto (PIB) do Tocantins**. 2017. Disponível em:
<http://www.sefaz.to.gov.br/estatistica/estatistica/produto-interno-bruto-pibdo-tocantins/>. Acesso em 15 de out. 2022.

SIQUEIRA, T. V. de. **Aquicultura**: a nova fronteira para aumentar a produção mundial de alimentos de forma sustentável. 2017. Disponível em:<https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/8142/1/BRU_n17_Aquicultura.pdf>/. Acesso em: 15 ago 2023.

SNatural. **Difusores e aeradores para tratamento de efluentes**. 2023. Disponível em: <<https://www.snatural.com.br/difusores-aeracao-efluentes-tratamento-agua/>>. Acesso em: 25 set. 2023.

VINATEA, L. A. **Aeração em aquicultura**. Aquaculture Brasil, n. 53, 2017a. Disponível em: <https://www.aquaculturebrasil.com/artigo/53/aeracao-em-aquicultura-%E2%80%93-parte-i>. Acesso em: 21 set. 2023.

VINATEA, L., CARVALHO, J. Influence of water salinity on the SOTR of paddlewheel and propeller-aspirator-pump aerators, its relation to the number of aerators per hectare and electricity costs. **Aquacultural engineering**, v. 37, p. 73-78. 2007.