



**INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO DE GAZA**  
**FACULDADE DE AGRICULTURA**  
**CURSO DE ENGENHARIA DE AQUACULTURA**

**PRODUÇÃO E OPTIMIZAÇÃO DE UM SISTEMA DE AVALIAÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL DE  
EMPREENDIMENTOS AQUÍCOLAS INSERIDOS EM AMBIENTES AQUÁTICOS NATURAIS**

***PRODUCTION AND OPTIMIZATION OF AN ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENT SYSTEM  
FOR AQUACULTURE ENTERPRISES INSERTED IN NATURAL AQUATIC ENVIRONMENTS***

***PRODUCCIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE UN SISTEMA DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL  
PARA EMPRESAS ACUÍCOLAS INSERTAS EN AMBIENTES ACUÁTICOS NATURALES***

Monografia de culminação do curso, a ser apresentada, para obtenção do grau de licenciatura em  
engenharia de aquacultura

**Autor**

Lázio Boaventura Chihanhe

**Supervisor**

Eleutério José Gomes Mapsanganhe MSc

**Co-Supervisor**

Agostinho Júnior Mahanjane MSc

PUBLICADO: 10/2024

<https://doi.org/10.47820/recima21.v5i1.5821>

Lionde; Setembro de 2024



INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO DE GAZA

Monografia científica sobre “Produção e otimização de um sistema de avaliação de impacto ambiental de empreendimentos aquícolas inseridos em ambientes aquáticos naturais” apresentada e defendida ao curso de Licenciatura em Engenharia de Aquacultura na Faculdade de Agricultura do Instituto Superior Politécnico de Gaza, como requisito para obtenção do grau de licenciatura em engenharia de aquacultura.

**Júri**

Presidente Eleutério José Gomes Mapsanganhe  
(Eleutério José Gomes Mapsanganhe MSc)

Avaliador 1 Agnaldo Viriato Ubisse  
(Agnaldo Viriato Ubisse MSc)

Avaliador 2 Armando Monjane Júnior ~~Armando Monjane Júnior~~  
(Eng. Armando Monjane Júnior)

Lionde, Setembro de 2024

## Índice

LISTA DE FIGURAS.....	i
LISTA DE TABELAS .....	ii
LISTA DE ABREVIATURAS.....	iii
DEDICATÓRIA .....	v
AGRADECIMENTOS .....	vi
RESUMO .....	viii
ABSTRACT .....	viii
1. Introdução.....	1
1.1. Problema de estudo .....	2
1.2. Justificativa.....	2
1.3. Objectivos.....	2
1.3.1. Geral .....	2
1.3.2. Especificos .....	2
1.4. Hipóteses .....	2
2. Revisão Bibliográfica .....	3
2.1. Contextualização da situação das práticas de aquacultura, e indicadores ambientais. ....	3
2.2. Hidrodinâmica de ambientes aquáticos .....	4
2.2.1. Advecção na hidrodinâmica .....	5
2.2.2. Taxas de decaimento e sedimentação.....	5
2.2.3. Estratificação térmica .....	5
2.2.4. Batimetria.....	5
2.3. Aquacultura sustentável.....	5
2.4. A piscicultura em ambientes naturais .....	6
2.5. Distância e posicionamento dos tanques-rede .....	7
2.6. Modelos para cálculos de capacidade de suporte.....	7
2.7. Sedimentos .....	8
2.8. Análise e monitoramento de impactos ambientais .....	8
2.9. Métodos gerais aplicados no processo de AIA.....	9
2.9.1. Métodos espontâneos (ad hoc).....	9
2.9.2. Matriz de interacção .....	9
2.9.3. Listas de controle (check-list).....	9
2.9.4. Redes de interacções (networks).....	9
2.9.5. Modelos de simulação.....	10
2.10. Classificação das águas naturais segundo CONAMA.....	10
2.11. Programação usando Excel .....	11
2.11.1. Funções de entrada e saída de dados .....	11
3. Metodologias.....	11
3.1. Materiais e pacotes .....	11
3.2. Métodos.....	12
3.2.1. Produção do sistema de avaliação do impacto ambiental .....	12
3.2.2. Formatação da hidrodinâmica do ambiente .....	12
3.2.2.1. Equação de quantidade de movimento, com aproximação hidrostática, na direcção x: <sup>3</sup> .....	12

3.2.2.2.	Equação de quantidade de movimento, com aproximação hidrostática, na direcção y:	13
3.2.2.3.	Equação da quantidade de movimento na direcção z:	13
3.2.2.4.	Equação da continuidade (do volume):	13
3.2.2.5.	Equação da continuidade (do volume) integrada ao longo da vertical:	13
3.2.2.6.	Equação local de escoamento	13
3.2.2.7.	Aceleração adversativa do escoamento	13
3.2.2.8.	Resultante da pressão hidrostática na direcção x devido à declividade da superfície na direcção x.	14
3.2.2.9.	Resultantes das tensões turbulentas dinâmicas de escoamento	14
3.2.2.10.	Divergente de velocidade de escoamento nulo.	14
3.2.2.11.	Para a equação da continuidade integrada ao longo da vertical:	14
3.2.3.	Taxas de decaimento e sedimentação	14
3.2.4.	Estratificação térmica	14
3.2.5.	Batimetria	15
3.2.6.	Formatação de averiguação dos parâmetros de qualidade de água	15
3.2.7.	Formatação da leitura da dimensão e adequação de implantação de empreendimentos aquícolas	16
3.2.8.	Formatação da análise de capacidade do suporte do ambiente	16
3.2.8.1.	Modelo de DILLON e RIGLER	17
3.2.8.2.	Modelo de ONNO e KUBITZA	17
3.2.8.3.	Modelo de BEVERIDGE	19
3.2.9.	Formatação de AIA final	21
3.2.10.	Formatação da matriz de interacção	22
3.2.11.	Formatação do autocontrolo de dados	22
3.2.12.	Formatação da dinâmica do sistema	22
3.2.13.	Formatação da privacidade e segurança do sistema	22
3.2.14.	Colecta de dados para teste do sistema	22
3.2.14.1.	Colecta de dados geográficos da lagoa	24
3.2.14.2.	Medição de parâmetros de qualidade de água (pH, Temperatura e oxigénio dissolvido)	24
3.2.14.2.1.	Medição na margem e no interior	25
3.2.14.2.2.	Medição no ponto anterior das instalações da empresa	25
3.2.14.3.	Colecta das amostras de água para análise laboratorial	25
3.2.14.4.	Colecta das amostras de sedimentos para análise laboratorial	26
3.2.14.5.	Medição da profundidade do corpo limnológico	26
3.2.14.6.	Estudo da velocidade da água da lagoa	27
3.2.14.7.	Estudo das técnicas de manejo produtivo que a empresa aplica	27
3.2.14.8.	Medição da dimensão da plataforma	27
3.2.14.9.	Análises laboratoriais	28
3.2.14.9.1.	Análise das amostras de água	28
3.2.14.9.2.	Análise das amostras de sedimentos	28
3.2.15.	Análise de dados	29
3.2.15.1.	Análise de dados de técnicas de manejo e inserção da empresa	29
4.	Resultados e discussão	29

4.1.	hidrodinâmica do ambiente .....	29
4.2.	Comportamento dos parâmetros de qualidade da água (Temperatura, oxigénio dissolvido e pH) na lagoa de Quissico .....	30
4.2.1.	Temperatura .....	30
4.2.2.	Oxigénio dissolvido .....	30
4.2.3.	pH .....	31
4.3.	Concentrações de (Coliformes Termo tolerantes, DBO, Nitrato, Nitrito, Nitrogénio Amoniacal Total, Fosfato, Turbidez e Condutividade), nos deferentes pontos da colecta na água da lagoa de quissico .....	31
4.4.	Concentrações de parâmetros de qualidade de sedimentos da lagoa de Quissico.....	33
4.5.	Dimensão da empresa .....	34
4.6.	Capacidade do suporte da lagoa de Quissico .....	34
4.7.	Impacto final .....	35
4.8.	Funcionamento do sistema .....	36
5.	Conclusões .....	37
5.1.	Sobre o funcionamento do sistema .....	37
5.2.	Sobre as condições do ambiente, o maneio produtivo da empresa Aquafish e impactos ambientais registados .....	37
6.	Recomendações .....	38
7.	Referências Bibliográficas .....	39
8.	Apêndices .....	41

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mapa de localização da lagoa de Quissico e empresa AQUAFISH .....	23
Figura 2: Pontos de amostragem de parâmetros de qualidade de água e sedimentos .....	23
Figura 3: Multiparametro usado para medir oxigênio dissolvido .....	24
Figura 4: Multiparametro usado para medir temperatura e pH .....	25
Figura 5: Coleta de amostras de água .....	26
Figura 6: Amostras de sedimentos .....	26
Figura 7: Navegação para estudos internos da lagoa .....	27
Figura 8: Medição do comprimento e largura das infra-estruturas .....	28
Figura 9: Análise de água no laboratório .....	29

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Materiais e feramentas usados e aplicação de cada um.....	11
Tabela 2: Tabela resumo de níveis mínimos e máximos de alguns parâmetros pré-estabelecidos admissíveis para ambientes aquáticos de água doce, classe A.....	15
Tabela 3: Valores de coeficiente de perda de fósforo por sedimentação – Ks – usados, segundo autores. ....	17
Tabela 4: Concentrações de parâmetros de qualidade de água da lagoa de quissico .....	32

## LISTA DE ABREVIATURAS

<b>AIA</b>	Avaliação de Impacto Ambiental
<b>MIMAIP</b>	Ministério De Mar Aguas Interiores e Pesca de Mocambique
<b>SisBaHiA</b>	Sistema Base De Hidrodinâmica Ambiental
<b>MTA</b>	Ministério da Terra e Ambiente de Mocambique
<b>RC-357</b>	Resolução CONAMA N° 357, De 17 De Março De 2005
<b>CONAMA</b>	Conselho Nacional Do Meio Ambiente De Brasil
<b>VBA</b>	Base Visual de Aplicação
<b>DBO</b>	Demanda Bioquímica de oxigénio

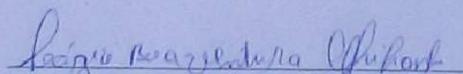


## INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO DE GAZA

### DECLARAÇÃO

Eu Lázio Boaventura Chihanhe, declaro por minha honra que este trabalho de culminação do curso é resultado da minha investigação pessoal e das orientações dos meus tutores, o seu conteúdo é original e todas as fontes consultadas estão devidamente mencionadas no texto, nas notas e na bibliografia final. Declaro ainda que este trabalho não foi apresentado em nenhuma outra instituição para propósito semelhante ou obtenção de qualquer grau académico.

Lionde, 02 de Outubro 2024

  
(Lázio Boaventura Chihanhe)

## **DEDICATÓRIA**

Dedico o presente trabalho aos meus tios Alfredo Chihanhe, Dércio Benedito Chambule, Venizenio Américo Peu e Pilério Joaquim Guambe.

Aos meus primos Ernesto Carlos Chihanhe, Adriano Carlos Chihanhe e Roque Carlos Chihanhe.

Para as minhas irmãs Lorna Boaventura Chihanhe e Gelta Boaventura Chihanhe.

*“O ambiente não poderá nos conservar, se cada um de nós não o conservar”*

## **AGRADECIMENTOS**

Lamento bastante pelo desaparecimento físico do meu pai “Boaventura Augusto Chihanhe”, ele tentou, dentro das suas condições, me fazer estudar , até quando apreciou por último a primeira versão da produção do sistema (as primeiras simulações) e lembro que elogiou e me encorajou a continuar produzindo e melhorando as funções, é muito triste para mim não poder mostrar até aonde eu fui com a produção do sistema e agradecer a ele, em vida, pelo carinho, atenção, educação e muito mais que dele, como pai, tive privilégio de ter, eu não sei como posso fazer chegar a ti, pai, o meu muito obrigado por tudo, esteja onde estiver tenha um eterno descanso em paz, pai.

Agradeço bastante:

À minha mãe, Crescência Benedito Chambule, que junto com papá reuniram esforços para eu estudar, e como um filho sempre me deram carinho, atenção e educação.

Aos meus primos, Adriano Chihanhe, Etlíio Chihanhe e Roque Chihanhe, que sempre me apoiaram de todas maneiras para que eu consiga me formar.

Aos meus tios, Dércio Chambule e Venizénio Peu, por me manterem motivado, que com esforço pode ser possível, e apoios que sempre tive o privilégio de receber de vós.

Ao meu Docente e tutor, Eleutério José Gomes Mapsanganhe, pela atenção e paciência no tutoramento do meu trabalho.

Ao meu Docente e co-tutor, Dr Agostinho Júnior Mahanjane que sempre me apoiou no meu percurso formativo de todas formas que na sua possibilidade podia fazer, como docente me deu muitos conhecimentos técnicos tecnológicos e científicos, que são recursos muito importantes para conquistar o sucesso na minha vida.

Aos meus docentes em geral, por me guiarem para que eu consiga me formar e sair com conhecimentos e competências.

Aos meus colegas, Edinilson Américo Lineco e Diocádia da Rosália Maculuva por serem meus assistentes na colecta de dados no campo.

Agradeço à empresa ChicoaFish Farm por ter me concedido um estágio académico. Tive muitas experiencias técnicas de aquacultura na empresa.

Agradeço à empresa AQUAFISH por ter permitido a colecta de dados para testar o sistema na vossa empresa, é com a vossa aceitação e colaboração que se produziu o presente trabalho.

Aos meus queridos colegas de engenharia de aquacultura que sempre estivemos juntos se formando e debater mais sobre a aquacultura e outras ciências e tecnologias em geral, sempre estiveram ao meu lado nas minhas dificuldades me apoiando de todas formas possíveis para cada um dos colegas.

Aos meus todos queridos colegas da divisão de agricultura do Instituto Superior Politécnico de Gaza, pelas ideias, técnicas científicas que compartilhamos durante o nosso percurso formativo.

## RESUMO

Na aquicultura regista-se o aumento do cultivo em gaiolas flutuantes, tornando necessária a avaliação dos impactos ambientais gerados neste processo de produção. A avaliação tem-se baseado muito nos indicadores ambientais associados com aspectos de manejo ambiental e manejo de cultivo, sendo que para avaliação destes indicadores, tem-se levado muito tempo, envolvendo colecta de dados e processamento manual de dados. Como uma forma de minimizar o tempo gasto e aumentar a eficiência no trabalho na avaliação do impacto ambiental pensou-se em produzir um sistema com fórmulas matemáticas de todos indicadores, usadas para este fim. Para tal, foram utilizados comandos do VBA da Microsoft Excel, com inserção de novas linguagens e códigos de programação, para fazer avaliação e tirar o índice do impacto ambiental final e seu respectivo perfil. Para testar a adequação do sistema, fez-se avaliação do impacto ambiental da empresa AQUAFISH, na lagoa de Quissico. Para este feito colectou-se dados na lagoa relacionados com hidrodinâmica do ambiente, a qualidade de água, sedimentos, e colectou-se dados dos aspectos de produção da empresa, tendo os inserido no sistema que foi previamente produzido no presente trabalho, onde o sistema revelou que a lagoa tem uma taxa de renovação anual de 0,048 e que em função das condições normais do ambiente e capacidade de suporte, a empresa impacta negativamente na lagoa a nível de 0,01378, correspondente à 1% de impacto, e com teste feito do sistema demonstrou a sua utilidade na flexibilidade e facilidade de análise de dados.

**PALAVRAS-CHAVE:** Indicadores Ambientais. Avaliação de Impacto Ambiental. Ambientes Aquáticos Naturais. Empreendimentos Aquícolas. AQUAFISH.

## ABSTRACT

*In aquaculture, there is an increase in cultivation in floating cages, making it necessary to assess the environmental impacts generated in this production process. The assessment has been largely based on environmental indicators associated with aspects of environmental management and crop management, and the assessment of these indicators has taken a long time, involving data collection and manual data processing. As a way of minimizing time spent and increasing work efficiency in environmental impact assessment, it was thought to produce a system with mathematical formulas for all indicators, used for this purpose. To this end, they were automated using VBA Microsoft Excel commands, with the insertion of new languages and programming codes, to evaluate and obtain the final environmental impact index and its respective profile. To test the suitability of the system, an environmental impact assessment was carried out by the company AQUAFISH in the Quissico lagoon. For this purpose, data was collected in the lagoon related to the hydrodynamics of the environment, water quality, sediments, and data was collected on the company's production aspects, having them launched into the system that was previously created in the present work, where the system revealed that the lagoon has an annual renewal rate of 0.048 and that depending on normal environmental conditions and support capacity, the company has a negative impact on the lagoon at a level of 0.01378 corresponding to 1% impact, and with a test carried out on the system it was demonstrated its usefulness in flexibility and ease of data analysis.*

**KEYWORDS:** Environmental Indicators. Environmental Impact Assessment. Natural Aquatic Environments. Aquaculture Enterprises. AQUAFISH.

## RESUMEN

*En la acuicultura se observa un aumento del cultivo en jaulas flotantes, por lo que es necesario evaluar los impactos ambientales generados en este proceso productivo. La evaluación se ha basado en gran medida en indicadores ambientales asociados a aspectos de gestión ambiental y manejo de cultivos, y la evaluación de estos indicadores ha llevado mucho tiempo, lo que implica la recopilación de datos y el procesamiento manual de datos. Como una forma de minimizar el tiempo empleado y aumentar la eficiencia en el trabajo en la evaluación del impacto ambiental, se pensó en producir un sistema con fórmulas matemáticas de todos los indicadores, utilizados para este fin. Para ello, se automatizaron utilizando comandos VBA de Microsoft Excel, con la inserción de nuevos lenguajes, y códigos de programación, para realizar una evaluación y tomar el índice de impacto ambiental final y su respectivo perfil. Para probar la idoneidad del sistema, se realizó una evaluación de impacto ambiental de la empresa AQUAFISH en la laguna de Quissico. Para esta hazaña, se recolectaron datos en la laguna relacionados con la hidrodinámica del ambiente, calidad del agua, sedimentos, y se recolectaron datos de los aspectos productivos de la empresa, habiéndolos insertado en el sistema que se produjo previamente en el presente trabajo, donde el sistema reveló que la laguna tiene una tasa de renovación*

*anual de 0.048 y que debido a las condiciones normales del ambiente y capacidad de soporte la empresa impacta negativamente a la laguna en términos de 0,01378 correspondiente al 1% de impacto, y con las pruebas del sistema demostró su utilidad en la flexibilidad y facilidad del análisis de datos.*

**PALABRAS CLAVE:** *Indicadores ambientales. Estudio de Impacto Ambiental. Ambientes acuáticos naturales. Empresas acuícolas. PECES ACUÁTICOS.*

## 1. Introdução

No mundo, a produção aquícola tem apresentado desenvolvimento nos últimos anos. Actualmente, esta actividade representa um dos sectores de produção de alimentos com maior índice de crescimento e está destinada a ser uma das principais formas de garantir o pescado ao consumidor (Mestre, 2008).

Em Moçambique, o potencial produtivo total para a produção da aquacultura é estimado em cerca de 4.000.000 Toneladas por ano, dos quais cerca de 2.000.000 Toneladas por ano para a produção de peixe em águas interiores, e 2.000.000 Toneladas por ano para produção de espécies marinhas, (Mimaip, 2020).

A área total de produção é estimada em 378.000 hectares, dos quais cerca de 258.000 hectares para aquacultura nas águas interiores e 120.000 hectares para aquacultura marinha, (Mimaip, 2020).

O Governo de Moçambique tem estado a dar uma prioridade cada vez maior ao fortalecimento da aquacultura na escala comercial (Mimaip, 2021).

No entanto, esta actividade gera consigo efeitos negativos ao meio ambiente circundante, principalmente quando a actividade depende da utilização de solo, água e animais aquáticos para a sua produção, (Carvalho, 2016). Esses aspectos concorrem para que seja indispensável o monitoramento da sustentabilidade ambiental durante toda a fase de produção aquícola (implantação à operação), realizando técnicas e maneios adequados visando a redução de interferências no meio ambiente, com vista a preservar a biodiversidade e os recursos naturais (Carvalho, 2016).

Nas práticas de aquacultura a dimensão ambiental é de fundamental importância devido à todas as actividades aquícolas serem directamente dependentes do meio ambiente, principalmente do meio aquático (Assad; Bursztyn, 2000) Segundo os mesmos autores anteriores, de uma forma genérica, os impactos resultantes da actividade podem ser classificados em três categorias: aqueles oriundos do meio ambiente, (exógenos à actividade); os resultantes da própria aquacultura, (endógenos à actividade) e os causados pela aquacultura sobre o meio ambiente.

Segundo Cavero, (2002), os sistemas de produção utilizados em aquacultura estão estruturados para o seu uso em recursos hídricos naturais, como, por exemplo, a produção de peixes em gaiolas flutuantes, que devem ser realizadas de acordo com as tendências mundiais, as quais demandam sistemas de produção mais competitivos nas dimensões ecológicas, sociais e económicas. Estes sistemas de produção aquícolas baseados em gaiolas são parte integral do ambiente e, conseqüentemente, deverão estar ancorados ao desenvolvimento de métodos que objectivam reduzir o impacto ambiental dos mesmos. Contudo, é de extrema relevância que as questões ambientais lidem com esses aspectos, pelo facto de em muitos casos, as mudanças ecológicas se tornarem um factor de risco para a indústria aquícola.

Para o desenvolvimento sustentável da actividade aquícola, mostra-se necessário uma maior compreensão das relações entre as actividades humanas e o meio ambiente, outrossim, como o conhecimento produzido pela ciência deve ser melhor utilizado e incorporado a formulação de políticas para o desenvolvimento, da produção, e gestão ambiental (Sánchez, 2013), sendo nesse contexto que pretende-se realizar a presente pesquisa sobre Produção e optimização de um sistema de avaliação de impacto ambiental de empreendimentos aquícolas inseridos em ambientes aquáticos naturais.

### **1.1. Problema de estudo**

O cultivo de peixes em gaiolas gera uma série de impactos positivos e negativos nos níveis ambiental, social e económico (Junior, 2011 ). Segundo Tovar *et al.*, (2000), o cultivo em gaiolas vem sendo cada vez mais utilizado e o aumento desta actividade faz com que se torne necessária a avaliação dos impactos gerados.

A avaliação do impacto ambiental de empreendimentos aquícolas tem-se centralizado em um mínimo de 60 indicadores ambientais, (Embrapa, 2003), Este mínimo de indicadores, em avaliação de impacto ambiental, envolve procedimentos técnicos como colecta de dados no campo e averiguações através de métodos matemáticos associados à AIA, esses processos tem levado tempo para serem completados para obtenção dos resultados finais do impacto ambiental, Outrossim, com a diversidade de variáveis a serem analisadas para obtenção de AIA Final, há riscos de falha técnicas, durante o empue manual de modelos matemáticos.

### **1.2. Justificativa**

Devido ao gasto do tempo e susceptibilidade à falhas matemáticas na avaliação do impacto ambiental pensou-se em produzir um sistema que terá fórmulas matemáticas inseridas para avaliação do impacto ambiental, a qual vai ajudar na economização do tempo e evitar erros durante cálculos matemáticos, condicionando que o técnico avaliador do impacto ambiental insere dados da forma como colectou no campo, e automaticamente serem feitos uma análise do impacto e ter resultados finais.

### **1.3. Objectivos**

#### **1.3.1. Geral**

Produzir e otimizar um sistema de avaliação de impacto ambiental de empreendimentos aquícolas inseridos em ambientes aquáticos naturais

#### **1.3.2. Específicos**

Desenhar e programar sistema de avaliação de impacto ambiental de empreendimentos aquícolas inseridos em ambientes aquáticos naturais.

Testar o sistema usando o, na avaliação de impacto ambiental gerado pela empresa (AQUAFISH) instalada na lagoa de Quissico.

### **1.4. Hipóteses**

H0. O sistema não terá capacidade de fazer nenhuma averiguação de indicadores ambientais e de manejo produtivo de aquacultura, e não será adequado para fazer avaliação de impacto ambiental de empreendimentos aquícolas inseridos em ambientes aquáticos naturais.

H1. O sistema terá capacidade de fazer averiguação de pelo menos, maior parte de indicadores ambientais e de manejo produtivo de aquacultura, e será adequado para fazer avaliação de impacto ambiental de alguns empreendimentos aquícolas inseridos em ambientes aquáticos naturais.

## 2. Revisão Bibliográfica

### 2.1. Contextualização da situação das práticas de aquacultura, e indicadores ambientais

A aquacultura é considerada uma actividade efectivamente poluidora que causa uma série de problemas ambientais e afecta o uso sustentável dos recursos naturais, provocando entre outros problemas, impactos directos sobre a qualidade da água, como a eutrofização de corpos hídricos pela descarga de afluentes advindos da alimentação e excreção dos animais, e poluição por resíduos químicos utilizados em diferentes fases do cultivo (Lima, 2019).

Segundo Embrapa, (2000), a prática de aquacultura nos rios, lagos, lagoas e reservatórios, tem como os seus indicadores de manejo produtivo e ambiental os seguintes: Dimensão Organização Espacial, Qualidade dos Compartimentos Ambientais e Dimensão Maneio, Nutrição e Sanidade.

A Dimensão Organização Espacial possui quatro componentes a destacar:

- i. Condições gerais de implantação, a qual é caracteriza-se pelos componentes: a) Proximidade de fontes poluentes , b) Existência de conflitos de usos múltiplos c) Hidrodinâmica local d) Capacidade de carga do ambiente.
- ii. Características locais dos tanques rede ou gaiolas, caracterizando-se de: a) Tipo do ambiente aquático, b) Área de diluição ou adensamento dos tanques rede ou gaiolas, c) Disposição dos tanques rede ou gaiolas, d) Profundidade média do ambiente.
- iii. Formato e dimensões dos tanques rede ou gaiolas, caracterizando-se de a) Formato dos tanques rede ou gaiolas, b) Relação área e superfície lateral, c) Tipo e dimensão da malha da rede, d) Sistema de fixação.
- iv. Infra-estrutura operacional e equipamentos caracterizando-se de: a) Laboratórios de instrumentação para análise de qualidade da água, b) Armazenamento de rações e suplementos, c) Armazenamento de produtos terapêuticos.

A Qualidade dos Compartimentos Ambientais possui dois componentes a destacar:

- i. Água superficial, que se caracteriza em: a) Oxigénio dissolvido, b) Temperatura, c) DBO, d) pH, e) Nitrato, f) Nitrito, g) Nitrogénio Amónico Total , h) Fósforo, i) Turbidez, j) Clorofila *a* , k) Condutividade.
- ii. Sedimento, caracterizando-se em: a) P resina, b) K trocável, c) Ca trocável, d) Mg trocável, e) H + Al (acidez potencial).

A Dimensão, Maneio, Nutrição e Sanidade engloba 3 componentes a destacar:

- i. Manejo e operações, caracteriza-se em: a) Planeamento e gestão do ciclo produtivo . b) Procedimentos de recebimento e estocagem dos peixes, c) Procedimentos de vacinação e profilaxia, d) Procedimentos de classificação e repicagem, e) Frequência e temporalidade

- de limpeza e reparações , f) Procedimentos de desinfecção, g) Descarte ou destinação do material incrustante.
- ii. Arraçoamento, engloba: a) Densidade de povoamento, b) Frequência e horário de arraçoamento, c) Periodicidade do acompanhamento biométrico, d) Controle da quantidade de ração e cálculo do consumo, e) Ajuste do tipo da ração , f) Controle de predadores e competidores.
  - iii. Sanidade animal, engloba: a) Controle e registo da origem de formas jovens, b) Controle e registo de sintomas aparentes, c) Controle e registo de sintomas comportamentais, d) Registo de uso de produtos terapêuticos e profiláticos, e) Controle e registo de peixes mortos, f) Procedimento de descarte ou destinação de peixes mortos.
  - iv. Despesca e qualidade do produto engloba: a) Pesagem e controles de terminação, b) Procedimento de despesca dos tanques rede ou gaiolas, c) Práticas de jejum e eliminação de 'off-flavor' , d) Aspecto do produto final.

Esses indicadores são muito básicos para nos tirar o perfil da sustentabilidade ambiental de um empreendimento aquícola em função da adequação do manejo de cada indicador.

## 2.2. Hidrodinâmica de ambientes aquáticos

A circulação hidrodinâmica é o fenómeno que se associa ao deslocamento da água nos corpos hídricos (Junior, 2011 ). Segundo o mesmo autor, vazões de rios ou barragens a montante, a energia dos ventos e a diferença de densidade dão movimento à água, onde os processos principais que se desenvolvem são no sentido vertical.

A incidência solar sobre a superfície livre da água produz movimento de calor no sentido vertical, que se equilibra com o empuxo da massa de água (Junior, 2011 ). Além disso, devido à grande largura, geralmente criada pela criação de um ambiente aquático, o vento produz turbulência nas camadas superiores do ambiente. Este movimento pode induzir o transporte de poluentes, que podem ser caracterizados em três categorias: advecção, difusão turbulenta e dispersão, e ainda sofrer influência do decaimento (Junior, 2011 ).

Para estudar os movimentos de água, desenvolveu-se modelos matemáticos, para simulação da hidrodinâmica, que Segundo Júnior, (2011), a importância destes modelos hidrodinâmicos está na possibilidade de se simular, com bastante realismo, o padrão de circulação hidrodinâmica em corpos de água, e quando acoplados a modelos de transporte de contaminantes, analisarem os impactos causados por lançamentos de afluentes na qualidade das águas de uma determinada região.

Estes modelos vêm sendo utilizados, com carácter preditivo, para avaliações de cenários ambientais futuros ou em tempo real, que subsidiem decisões, relativas à gestão ambiental costeira referente a aspectos preventivos e correctivos (Junior, 2011 ).

Segundo Júnior (2011) é extremamente importante estudar o sistema hidrodinâmico do ambiente, na perspectiva de avaliação de impacto ambiental, para poder- se saber qual é a capacidade de o ambiente se renovar, capacidade de misturar substâncias, capacidade de assimilar substâncias, e a capacidade de sedimentar qualquer substância que pode vir a ser depositada intencionalmente ou acidentalmente no ambiente.

#### 2.2.1. Advecção na hidrodinâmica

Segundo Júnior (2011), a advecção pode ser definida como o movimento em relação à velocidade média, causando uma translação da partícula igual ao produto da velocidade média pelo intervalo de tempo considerado. Segundo o mesmo autor, o fluxo resultante percorre as linhas de corrente e não muda a identidade da substância que é transportada, isto é, a substância é transportada de uma posição no espaço para outra, onde um grupo de poluentes atinge posições sucessivas a cada instante.

#### 2.2.2. Taxas de decaimento e sedimentação

A intensidade da massa transportada é ainda modificada pela perda de partículas por deposição ou decaimento. Estas perdas de partículas são equacionadas através da constante de decaimento conhecida como T90. O T90 é o tempo necessário para a redução de 90% da massa independente de diluição em um efluente. Sua importância é que nos traz a possibilidade de calcular o volume mais provável de uma massa de poluentes em determinado tempo (Junior, 2011).

#### 2.2.3. Estratificação térmica

Segundo Rosman (2011), o conhecimento da variação da temperatura no corpo de água é particularmente importante por três razões:

- a) Descargas de efluentes em diferentes temperaturas podem causar efeitos negativos no ecossistema aquático,
- b) A temperatura influencia as reacções químicas e biológicas
- c) A variação da temperatura afecta a densidade da água, e como consequência, altera os processos de transporte.

#### 2.2.4. Batimetria

A batimetria é um conjunto de princípios, métodos e convenções usados para determinar a medida do contorno, da dimensão relativa da superfície submersa dos mares, rios, lagos, lagoas, represas e canais (Gagg, 2016). Os levantamentos batimétricos são feitos com objectivo de efectuar medições de profundidades que estejam associadas a uma posição da embarcação na superfície da água, as quais são necessárias em áreas marítimas, fluviais, canais, lagoas, etc., buscando representar estas áreas em uma carta, e desta forma conhecer o comportamento da morfologia de fundo de um rio, reservatório, canal ou de um oceano (Gagg, 2016).

### 2.3. Aquicultura sustentável

Aquicultura sustentável é a produção lucrativa de organismos aquáticos, mantendo uma interacção harmónica duradoura com os ecossistemas e as comunidades locais. Como outras actividades económicas, a aquicultura sofre com a poluição dos mananciais, com a ocupação desordenada e todas as acções humanas impactantes sobre os diversos habitats, uma vez que todas as actividades aquícolas são directamente dependentes do meio ambiente, principalmente no meio

aquático (Carvalho, 2016). Segundo o mesmo autor, a actividade aquícola se torna mais vulnerável quando é desenvolvida próxima a área de maior ocupação humana, rios, estuários e regiões costeiras.

A sustentabilidade dos cultivos está associada a ecologia, e para que um tipo de aquacultura seja sustentável, deve haver uma preocupação com a preservação do meio ambiente tratando os efluentes e evitando o desmatamento de mangues ou matas nativas no momento da construção dos viveiros (Carvalho, 2016). Aliado a isso, há de reconhecer que impactos são passíveis de ocorrerem, tornando necessário que as medidas preventivas sejam tomadas a fim de identificar esses impactos e conhecer sua real dimensão, bem como propor formas e métodos para minimizá-los.

EIA em Moçambique está a ser realizado nos termos da Lei Ambiental (Lei n.º 20/97 de 1 de Outubro). Esta Lei aplica-se a qualquer actividade que possa ter um impacto directo ou indirecto sobre o meio ambiente, (Mimaip, 2021).

#### **2.4. A piscicultura em ambientes naturais**

Segundo Araripe, (2006) a piscicultura é uma actividade que requer extremamente boas condições ambientais, sendo que o ambiente é modificado pelo metabolismo dos peixes e pela produção que no seu processo de transformação ocorre a produção de resíduos. Dessa forma, a piscicultura aporta para o ambiente aquático uma quantidade de nutrientes compatível com o tipo de cultivo que é realizado. No caso dos tanques-rede, há um influxo directo de nitrogénio, fósforo e de outros nutrientes (Ca, K, Mg e etc), uma vez que o cultivo está instalado no próprio ambiente, impossibilitando o desvio ou tratamento dos efluentes, que ao se diluírem no corpo de água são reciclados conforme a capacidade desse ambiente.

O efeito poluidor das gaiolas flutuantes depende da intensidade de produção dos peixes, da dispersão dos resíduos efluentes e da capacidade de assimilação do ambiente. A capacidade suporte do ambiente é a capacidade de degradar e assimilar a carga de nutrientes dos cultivos sem sofrer profundas alterações e que esta capacidade varia de um ambiente para outro (Kautsky *et al.*, 1997).

Mericam e Phillip (1980) constataram uma correlação positiva entre o aumento de sedimentos por unidade de biomassa e a taxa de alimentação no cultivo de peixes em gaiolas flutuantes. No sistema de cultivo em gaiolas flutuantes, segundo Pearson e Gowen (1990), 20% do alimento é perdido sem ingestão pelos peixes. Troell e Berg (1997) observaram que as altas taxas de alimentação em um cultivo de Tilápia do Nilo alimentada com ração manufacturada e utilizando ingredientes de baixa digestibilidade, resultou em alta conversão alimentar e elevada taxa de sedimentação da matéria orgânica na área do cultivo.

Segundo Cho e Bureau, (2001), a utilização de rações manufacturadas de boa qualidade e a utilização de dietas com balanceamento adequados e formuladas com ingredientes com alta digestibilidade e estabilidade na água, pode minorar o impacto da carga de nutrientes para a água.

O Araripe, (2006) enfatiza que a quantidade de fósforo aportada para o ambiente varia principalmente em função da quantidade de fósforo presente na ração e da estabilidade da ração na água.

Estudos indicam que somente 32% do fósforo são utilizados para o metabolismo do peixe e os 68% restantes são transferidos para o meio ambiente em que eles abitam (Penczak *et al.*, 2004), e nota

se que este é capaz de induzir o processo de eutrofização no corpo de água (Esteves, 1998). Reforçando esta ideia, Alves e Baccarin (2005) informam que 66% do fósforo aportado pelo arrasto intensivo vão para o sedimento, 11% ficam dissolvidos na água e 23% são incorporados no peixe em cultivo.

Segundo Haakanson *et al.*, (1988), na produção de uma tonelada de Tilápia em gaiolas flutuantes são liberados para o ambiente, 10 -20 kg de fósforo e mais 75 kg de nitrogénio.

## 2.5. Distância e posicionamento dos tanques-rede

A posição dos tanques-rede ou gaiolas nos ambientes aquáticos depende do movimento das correntes de água. É importante que a água de um tanque-rede não passe para o próximo, devido à consequente redução de sua qualidade, pelo carreamento dos detritos e queda do oxigénio dissolvido (Ramos *et al.*, 2012).

Geralmente, os tanques-rede são posicionados em linhas, podendo ser em uma única linha ou mais de uma. Quando for posicionar mais de uma linha, sugere-se manter uma distância de 10 a 20 metros entre linhas. A distância recomendada entre os tanques-rede é de uma a duas vezes o seu comprimento. Ou seja, se o tanque-rede medir 2 metros de comprimento, a distância será de 2 a 4 metros entre os demais (Ramos *et al.*, 2012).

Recomenda-se que, após alguns ciclos de produção, a mudança de local dos tanques-rede, evitando que o acúmulo de dejectos sob os tanques-rede interfira nos próximos ciclos. Além do sistema produtivo em linha(s), existe o sistema em plataforma, adequado para corpos hídricos que apresentam ótimas condições de criação de peixes em tanques-rede, notadamente com relação à qualidade da água e quanto à dinâmica (correntes, ventos e ondas) no local do empreendimento (Teixeira, 2006).

## 2.6. Modelos para cálculos de capacidade de suporte

Os modelos utilizados avaliam a capacidade de suporte com base na concentração de fósforo admissível a ser adicionada no ambiente pelo empreendimento aquícola ( $P_a$ ). Para tal, admite-se uma concentração máxima admissível para o corpo de água,  $P_{máx}$ , que pode ser, o valor prescrito na RC-357 para águas classe 2 (Junior, 2011). Segundo o autor, os modelos mais usados para estimar a capacidade de suporte com base no fósforo são: Modelo de DILLON e RIGLER, Modelo de ONNO e KUBITZA e Modelo de BEVERIDGE.

O Modelo de DILLON e RIGLER (1974), considera que a concentração de fósforo adicionada ( $P_a$ ) em um dado corpo hídrico é determinado pela carga de  $P$ , tamanho do corpo de água (área e profundidade média), taxa de renovação da água (fracção da coluna da água perdida anualmente para jusante e a fracção de  $P$  permanentemente perdida para o sedimento).

O Modelo de ONNO e KUBITZA (2003) determina a quantidade de gaiolas flutuantes que podem ser outorgados, tomando como base o volume do epilimínio, sua profundidade, as concentrações de fósforo total que a RC - 357 permite para a classe 2 de enquadramento desejado para as águas do manancial, a concentração desse parâmetro presente nas excretas dos peixes além da área de influência do reservatório que pode ser disponibilizada para essa actividade.

O Modelo de BEVERIDGE é o método mais utilizado para estimar o aporte de fósforo em reservatórios onde são instalados ou avaliados empreendimentos aquícolas. O modelo de BEVERIDGE (2004) baseia-se nas características morfológicas do corpo de água (área total, profundidade média, capacidade de renovação de água) e nas características do cultivo (quantidade de ração fornecida e biomassa produzida), tentando fazer, matematicamente, uma junção entre tais características.

## 2.7. Sedimentos

A qualidade do sedimento pode ser impactada pela deposição de resíduos sólidos provenientes dos tanques-rede e podem incluir alimento não ingerido, fezes e uma pequena porção de outros detritos (NCC, 1989). A quantidade de resíduos sólidos provenientes da piscicultura pode variar significativamente em função do tipo de alimento, do método de alimentação, da quantidade e qualidade do alimento, da densidade de estocagem e da espécie de peixe cultivado (Araújo *et al.*, 2020).

Os resíduos sólidos provenientes dos tanques para a coluna de água tendem a se estabelecer abaixo ou em áreas próximas aos tanques-rede sendo estes capazes de causar alterações físico-químicas e biológicas no sedimento quando acumulados. As alterações físico-químicas no sedimento incluem alterações na estrutura do sedimento e ciclagem de nutrientes e mudanças biológicas que incluem alterações na comunidade bentónica (Assad, 2000).

Segundo Júnior (2011), os impactos no sedimento são altamente dependentes do grau de acúmulo dos resíduos sólidos sob os tanques-rede, que, de certa forma, é relacionado ao tipo de resíduo e à batimetria e hidrografia do local, sendo directamente relacionados à extensão da carga de resíduos.

## 2.8. Análise e monitoramento de impactos ambientais

A aquacultura vem sendo enfocada e tratada por alguns sectores governamentais e não governamentais como uma actividade altamente impactante ao meio ambiente (Tiago, 2005). Tornando-se necessário avaliar o impacto na dimensão ambiental na prática desta actividade.

Quando a gestão ambiental do empreendimento é conduzida de forma inadequada, pode causar prejuízos no crescimento, na reprodução, na saúde, na sobrevivência e na qualidade dos peixes, o que compromete o sucesso dos sistemas produtivos (Embrapa, 2019).

No sucesso da produção aquícola, é fundamental adoptar-se práticas de manejo adequadas, que devem estar em consonância com os resultados oriundos de monitoramento ambiental eficiente e integrado.

Segundo Embrapa (2019), o programa de monitoramento é uma parte integrante e essencial do procedimento que assegura que as alterações ambientais oriundas das actividades de aquacultura estejam em níveis aceitáveis e pré-determinados.

Os programas de monitoramento são essenciais, para permitir eventuais expansões das actividades produtivas em curso, e para garantir que os aumentos de produção ou que a entrada de novos empreendimentos não impacte negativamente o meio ambiente (Embrapa, 2019).

## **2.9. Métodos gerais aplicados no processo de AIA**

### **2.9.1. Métodos espontâneos (*ad hoc*)**

Os métodos espontâneos ou “*Ad Hoc*” utilizam o conhecimento empírico dos profissionais envolvidos, são descritos os impactos ambientais positivos e negativos do empreendimento baseado nas experiências dos técnicos que atuam no Estudo de Impacto Ambiental (Sánchez, 2013)

### **2.9.2. Matriz de interação**

A matriz de interação consiste em uma listagem de controle bidimensional onde são relacionados os aspectos e impactos ambientais, e esse método surgiu a partir da tentativa de suprir as carências do método de checklist (listagem de controle) (Cremonez *et al.*, 2014). A eficiência desse método está na identificação dos impactos directos, ou seja, na alteração do meio que está directamente em contacto com a acção transformadora, visto a interacção entre os factores ambientais e os elementos do projecto (Finucci, 2010; Sanches, 2013,). Com isso, é possível conhecer os aspectos que proporcionam maior impacto e aqueles que afectam os factores ambientais mais relevantes.

Segundo Leopold *et al.*, (1971), existem diferentes modelos de matrizes, podendo destacar-se o modelo reconhecido mundialmente, onde as colunas da matriz correspondem as interacções entre as acções do projecto, enquanto que as linhas representam os impactos ambientais gerados. Em seguida, os resultados são valorados de 1 a 10, considerando critérios como magnitude, importância, severidade, e classificando-os em positivos ou negativos. Portanto este é um modelo que pode ser usado para classificação das relações das acções das actividades aquícolas com o meio físico, químico e biológico no ambiente aquático.

### **2.9.3. Listas de controle (*check-list*)**

O modelo consiste na identificação e enumeração dos impactos, a partir de um diagnóstico ambiental, que deverá contemplar os meios físico, biológico e socioeconómico. Após o diagnóstico, os especialistas relacionam os impactos acarretados nas fases de implantação e operação, e classificam-nos em positivo e negativo (Moraes, 2014).

O *Checklist* é dividido em 4 categorias, *Checklist* Simples, onde uma lista de parâmetros ambientais é identificada baseado em literatura e experiência dos profissionais envolvidos; b) *Checklist* Descritivo, o qual inclui uma identificação dos parâmetros e directrizes ambientais sobre a forma como medir os dados dos parâmetros identificados; c) *Checklist* Escalar, semelhante a uma lista descritiva, mas com informações adicionais sobre dimensionamento subjectivo dos parâmetros; d) *Checklist* Escalar Ponderado, semelhante a uma lista de verificação escalar, com informações adicionais para a avaliação subjectiva de cada parâmetro em relação a todos os outros parâmetros.

### **2.9.4. Redes de interacções (*networks*)**

O método de redes interactivas ou *networks* estabelece relações do tipo causa-condição-efeito, associadas a parâmetros de magnitude, importância e probabilidade, retratando as acções que possam ser desencadeadas directa ou indirectamente (Moraes, 2014).

### 2.9.5. Modelos de simulação

Os modelos são criados matematicamente para simular e reproduzir o comportamento dos parâmetros ambientais e suas inter-relações entre causas e efeito. O objectivo é fornecer diagnósticos e prognósticos da qualidade ambiental da área de influência do projecto e que pode ser aplicado em todas as fases do projecto. Os resultados são gerados em formas de gráficos representando o comportamento dos sistemas ambientais dentro dos parâmetros pré estabelecidos (Moraes, 2014).

### 2.10. Classificação das águas naturais segundo CONAMA

RESOLUÇÃO CONAMA Nº 357, DE 17 DE MARÇO DE 2005, dispõe sobre a classificação dos corpos de água e directrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. esta entidade brasileira divide as águas em três categorias. doces (águas com salinidade igual ou inferior a 0,5 ‰), salobras (águas com salinidade superior a 0,5 ‰ e inferior a 30 ‰), e salgadas (águas com salinidade igual ou superior a 30 ‰), e classificando os em quatro classes do seu enquadramento (1, 2, 3 e 4) respectivamente.

**Classe 1:** águas que podem ser destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado;
- b) à protecção das comunidades aquáticas;
- c) à recreação de contacto primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA Nº 274, de 2000;
- d) à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; e
- e) à protecção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.

**Classe 2:** águas que podem ser destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional;
- b) à protecção das comunidades aquáticas;
- c) à recreação de contacto primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA Nº 274, de 2000;
- d) à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contacto directo;
- e) à aquacultura e à actividade de pesca.

**Classe 3:** águas que podem ser destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado;
- b) à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras;
- c) à pesca amadora;
- d) à recreação de contacto secundário;
- e) à dessedentação de animais.

**Classe 4:** águas que podem ser destinadas:

- a) à navegação;
- b) à harmonia paisagística.

## 2.11. Programação usando Excel

O produto da Microsoft, "Excel" fornece muitos recursos para além das suas funções básicas já produzidas e habilitadas pela empresa Microsoft, este fornece recursos de programação: objectos de produção de novas formas de uso, lógica, algoritmo, e que esses podem ser relacionados na base visual de aplicação (VBA) inserindo códigos aplicáveis em cada caso.

O VBA é "*Visual Basic for Application*". Ele é uma linguagem de programação que permite usuários a programarem macros para executar tarefas repetitivas ou complexas automaticamente na Microsoft Excel. Com o VBA do Excel pode-se desenvolver pequenos procedimentos (macros) que tornarão a vida profissional mais fácil e permitir fazer mais em menos tempo. Sendo esta uma linguagem de programação poderosa com a qual pode-se desenvolver dentro da Microsoft Excel programas reais que executam em poucos minutos tarefas complexas (Kleina, 2022).

O VBA fornece formulários (*UseForms*) que combinam as capacidades de InputBox e MsgBox para criar uma maneira mais eficiente de interagir com o usuário. Para isso o formulário pode ser construído para receber informações, executá-las e mostrar os resultados ao usuário (Kleina, 2022).

### 2.11.1. Funções de entrada e saída de dados

As funções de entrada e saída de dados permitem que o usuário insira ou receba dados para utilizar em seu código. Tais dados podem ser atribuídos a variáveis ou variáveis podem ser impressas para o usuário visualizar (ESESP, 2018).

O comando InputBox permite que o usuário entre com uma informação e esta deve ser armazenada em uma variável. Verificar se o Excel que está usando exige que números reais sejam digitados com ponto ou vírgula (varia de versão) quando usado InputBox) (ESESP, 2018).

## 3. Metodologias

Neste capítulo são descritos os materiais, pacotes e procedimentos técnicos aplicados para produzir o sistema, e para colecta de dados no campo para teste do sistema.

### 3.1. Materiais e pacotes

Na tabela abaixo, estão listadas os materiais e ferramentas que foram usados para fazer o presente trabalho, e a aplicação de cada material e ferramentas na pesquisa.

**Tabela 1: Materiais e ferramentas usados e aplicação de cada um**

<b>Materiais</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Finalidade</b>
VBA da Microsoft Excel 2016	1	Para formatação do sistema inserindo os comandos, códigos de programação.
Internet GB	5	Para pesquisas
Multiparâmetros	2	Para medir a temperatura, oxigênio e pH

Laboratório de água	1	Para análise de água
Laboratório de solo	1	Para análise dos sedimentos
Tubo PVC	1	Para colecta dos sedimentos
Corda	1	Para tirar as medidas
Fita métrica	1	Para leitura das medidas tiradas pela corda
Frascos de vidro	9	Para conservação de amostras até o laboratório
Papel aderente	1	Para usar nos fracos de conservação de amostras
Empelama de 20L	1	Para armazenar as amostras
Caderno	1	Para lançamento de dados
Caneta	1	Para escrever
Celular com câmara	1	Para tirar fotos
Plásticos transparentes	1	Para conservação do celular da água
Papel A4	20	Para colocar etiquetas nas amostras
Fita cola	1	Para colar etiquetas nas amostras
Garrafa de Nansen	1	Para colectar água nas profundidades

Fonte: Autor, (2024)

### 3.2. Métodos

Os métodos usados são divididos em duas partes: Os usados para produzir o sistema e os aplicados no campo, na colecta de dados necessários para testar o sistema.

#### 3.2.1. Produção do sistema de avaliação do impacto ambiental

A produção do sistema de avaliação do impacto ambiental, foi com recurso a *software* Microsoft Excel versão 2016, ele foi produzido inserindo formulas matemáticas usadas para avaliação de impacto ambiental, elas foram distribuídas em cada indicador do impacto ambiental para fazer averiguação de cada indicador do impacto ambiental no tempo real e depois foram outorgados a uma fórmula única para tirar resultados de AIA final. Além disto, com o nível padrão de adequação de cada indicador fez-se uma formatação de averiguação da percentagem de adequação e valor lógico. O impacto ambiental do empreendimento aquícola foi dimensionado em função da capacidade de alteração dos cursos normais do ecossistema tendo em conta as condições hidrodinâmicas normais do ambiente e a capacidade de suporte do ambiente. O sistema foi formatado na dimensão de ter capacidade de fazer avaliação de impacto ambiental nos rios, lagoas, lagos, e reservatórios, que são corpos de água interiores adequados e mais comuns a ser usados para prática de aquacultura.

#### 3.2.2. Formatação da hidrodinâmica do ambiente

A formatação das simulações de hidrodinâmica ambiental, foi com recurso aos modelos matemáticos desenvolvidas no SisBaHiA e seleccionadas pelo Júnior, (2011) integrando dinâmicas que possibilitam classificar o ambiente de lótico e lêntico, que é o tempo de renovação.

As equações matemáticas inseridas são as listadas abaixo.

##### 3.2.2.1. Equação de quantidade de movimento, com aproximação hidrostática, na direcção x: <sup>3</sup>

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} = -\frac{g\partial\zeta}{\partial x} - \frac{1}{\rho}gx$$

$$= \int_z^\zeta \frac{\partial\rho}{\partial x} dz + \frac{1}{\rho} \left( \frac{\partial\tau_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial\tau_{xy}}{\partial y} + \frac{\partial\tau_{xz}}{\partial z} \right) + 2\phi \text{ sen } \theta v$$

**Equação 1**

Onde:

$u$ ,  $v$  e  $w$  são componentes de velocidades do escoamento nas direções  $x$ ,  $y$  e  $z$ ;

$(x, y$  e  $z)$  é a relação da superfície livre;

$g$  é a aceleração da gravidade;

$\rho$  é a densidade local do fluido;

$\rho_0$  é a densidade constante de referência;

$\Phi$  é velocidade angular de rotação da Terra no sistema de coordenadas local e os termos com  $\Phi$  são as forças de Coriolis, no qual  $\theta$  é o ângulo de latitude.

**3.2.2.2.** Equação de quantidade de movimento, com aproximação hidrostática, na direção  $y$

$$\begin{aligned} \frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} &= -\frac{g\partial\zeta}{\partial x} - \frac{1}{\rho} g_x \\ &= \int_z^\zeta \frac{\partial \rho}{\partial x} dz + \frac{1}{\rho} \left( \frac{\partial \tau_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{xz}}{\partial z} \right) - 2\phi \operatorname{sen} \theta v \end{aligned}$$

**Equação 2**

**3.2.2.3.** Equação da quantidade de movimento na direção  $z$

$$\begin{aligned} \frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} &= -\frac{g\partial\zeta}{\partial x} - \frac{1}{\rho} g_x \\ &= \int_z^\zeta \frac{\partial \rho}{\partial x} dz + \frac{1}{\rho} \left( \frac{\partial \tau_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{xz}}{\partial z} \right) - \frac{\rho}{\rho_0} g \end{aligned}$$

**Equação 3**

**3.2.2.4.** Equação da continuidade (do volume)

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0$$

**Equação 4**

**3.2.2.5.** Equação da continuidade (do volume) integrada ao longo da vertical

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \int_{-h}^\zeta u dz + \frac{\partial}{\partial y} \int_{-h}^\zeta v dz = qp - qE \pm ql$$

**Equação 5**

A seguir, são demonstrados os termos que compõe estas equações, de modo simplificado.

Para as equações de movimento:

**3.2.2.6.** Equação local de escoamento

$$\frac{\partial u}{\partial t}$$

**Equação 6**

**3.2.2.7.** Aceleração adversativa do escoamento

$$u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z}$$

**Equação 7**

**3.2.2.8.** Resultante da pressão hidrostática na direcção x devido à declividade da superfície na direcção x

$$-g \frac{\partial \zeta}{\partial x} \quad \text{Equação 8}$$

**3.2.2.9.** Resultantes das tensões turbulentas dinâmicas de escoamento

$$\frac{1}{\rho^3} \left( \frac{\partial \tau_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{xz}}{\partial z} \right) \quad \text{Equação 9}$$

Para a equação da continuidade:

**3.2.2.10.** Divergente de velocidade de escoamento nulo

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0 \quad \text{Equação 10}$$

**3.2.2.11.** Para a equação da continuidade integrada ao longo da vertical

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \int_{-h}^{\zeta} u \, dz + \frac{\partial}{\partial y} \int_{-h}^{\zeta} v \, dz = 0 \quad \text{Equação 11}$$

**3.2.3.** Taxas de decaimento e sedimentação

A simulação da taxa de decaimento e sedimentação no sistema foi formatado aplicando a formula aplicada à constante de decaimento de reacções cinéticas de primeira ordem, que são dadas através do T90, isto é:

$$\frac{C}{C} = \exp(-Kdt) \Rightarrow 0,1 = \exp(-KdT90) \therefore Kd = -\frac{\ln(0,1)}{T90} \quad \text{Equação 12}$$

Considerando a inclusão de processos de sedimentação o termo de reacção da equação de transporte fica sendo  $-(KD+KS)C$ . Para calcular a taxa de sedimentação KS foi necessário definir:

VS = velocidade de sedimentação média, constante.

$\tau$  = tensão no fundo crítica de mobilidade das partículas que sedimentam com VS.

a = tolerância entre 0 e 0,5

A partir de VS calculou-se uma taxa de sedimentação variável no tempo e espaço em função da altura da coluna de água H:

$$Ks(x,y,t) = -\ln(0,205) \times Vs/H(x,y,t) \quad \text{Equação 13}$$

**3.2.4.** Estratificação térmica

Nas condições hidrodinâmicas do ambiente foi formatado com intervalo para inserção de diferentes temperaturas em pelo menos três (3) estratos do corpo de água para satisfazer a leitura

adequada de como serão as condições hidrodinâmicas do ecossistema em função da variação da temperatura. No entanto, o sistema tem capacidade de buscar a densidade exacta da água do ambiente com base na média da temperatura nos três estratos de corpo de água.

### 3.2.5. Batimetria

Com objectivo de relacionar a superfície livre. No sistema formatou-se formas de entradas de dados de profundidade em diferentes pontos para calcular a profundidade média e efectuar estudos do desnível do fundo de qualquer ambiente aquático, com criação de ponto de referencia que é correspondente a profundidade máxima registada, avalia-se a diminuição da profundidade, devido a elevação da terra na superfície aplicando a equação abaixo:

$$ES = P_{mx} - P(x) \quad \text{Equação: 14}$$

Onde

**ES** = elevação da superfície da terra subaquática

**P<sub>mx</sub>** = profundidade máxima registada

**P(x)** = profundidade registada no ponto, onde (x) pode variar ao longo dos diferentes pontos do ambiente.

Aplicando a equação acima formatou-se o gráfico de demonstração do perfil do desnível dos ambientes com base nos resultados processados.

### 3.2.6. Formatação de averiguação dos parâmetros de qualidade de água

Os parâmetros indispensáveis como a Temperatura, oxigénio, sólidos dissolvidos, clorofila a, pH, nitratos, nitritos, nitrogénio amoniacal, fósforo, condutividade e turbidez. a análise destes parâmetros foi formatada dentro do sistema, e para isso usou se o nível padrão de adequação de cada parâmetro para estabelecer leitura da dispersão de cada indicador nas condições ambientais em causa. E os níveis máximos e mínimos pré-estabelecidas destes parâmetros foram buscadas na tabela da Resolução CONAMA.

**Tabela 2: Tabela resumo de níveis mínimos e máximos de alguns parâmetros pré-estabelecidos admissíveis para ambientes aquáticos de água doce, classe A**

<b>Parâmetros</b>	<b>Níveis mínimos e máximos pré-estabelecidos</b>
<b>Clorofila a</b>	0 a 10 µg/L
<b>Sólidos dissolvidos totais</b>	0 a 500 mg/L
<b>Nitrato</b>	0 a 10,0 mg/L N
<b>Nitrito</b>	0 a 1,0 mg/L N

<b>Nitrogénio amoniacal total</b>	3,7mg/L N, para pH $\leq$ 7,5 2,0 mg/L N, para 7,5 < pH $\leq$ 8,0 1,0 mg/L N, para 8,0 < pH $\leq$ 8,5 0,5 mg/L N, para pH > 8,5
<b>PH</b>	6,0 a 9,0.
<b>Coliformes Termo tolerantes</b>	Não deve ser excedido um limite de 200 coliformes Termo tolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais, de pelo menos 6 amostras.
<b>DBO</b>	0 a 20°C até 3 mg/L O <sub>2</sub>
<b>Turbidez</b>	0 a 40 (UNT)
<b>Oxigénio dissolvido</b>	6 mg/L a 10 mg/l
<b>Temperatura</b>	-----
<b>Condutividade (<math>\mu</math>S cm-1)</b>	-----
<b>Fósforo</b>	0 a 0,025 mg/L

Fonte: (CONAMA, 2011)

Nota: A tabela foi resumida, tirando apenas os parâmetros mais essenciais para avaliação de impacto ambiental de empreendimentos aquícolas.

### 3.2.7. Formatação da leitura da dimensão e adequação de implantação de empreendimentos aquícolas

A adequação das condições, como o empreendimento foi instalado, em função das condições do ambiente e sustentabilidade social, esse formato de análise foi feito usando como referencia as condições normais que devem ser prestadas na inserção de uma empresa no ambiente aquático, por exemplo a distância recomendada entre os tanques-rede é de uma a duas vezes o seu comprimento. Generalizando os indicadores das condições de inserção do empreendimento, formatou-se em forma de um *check-list escalar ponderado* (lista de controle), com a condição de se seleccionar os indicadores que estão adequados assim como calibrar o nível de adequação, e o sistema automaticamente faz a leitura de adequação de empreendimento e ao mesmo tempo o impacto que se causou com a inserção do empreendimento em função da sua dimensão. As caixas de selecção foram atribuídas macros desenvolvidas no VBA com aplicação da demonstração de *userforms* que contém informações para consulta e concluir o carácter do indicador.

### 3.2.8. Formatação da análise de capacidade do suporte do ambiente

A aplicação de avaliação de capacidade de suporte do ambiente foi formatada com base nos modelos matemáticos de *DILLON*, *RIGLER*, *ONNO*, *KUBITZA*, e *BEVERIDGE* que avaliam a capacidade de suporte com base na concentração de fósforo admissível ( $P_a$ ) a ser adicionada no

ambiente pelo empreendimento aquícola. Determinou-se a quantidade de fósforo admissível a ser adicionada pelo empreendimento através da equação abaixo:

$$P_a = P_{m\acute{a}x} - P_e \quad \text{Equação: 15}$$

### 3.2.8.1. Modelo de DILLON e RIGLER

O modelo de *DILLON* e *RIGLER* foi aplicado para determinação da concentração de fósforo adicionada  $P_a$  em um dado corpo hídrico, através de tamanho do ambiente (área e profundidade média), taxa de renovação da água (fracção da coluna de água perdida anualmente para jusante e a fracção de fósforo permanentemente perdida para o sedimento).

As fórmulas do modelo que foram usados são as listadas abaixo:

$$P_a = \frac{L(1-R)}{z\rho} \leq P_{m\acute{a}x} - P_e \quad \text{Equação: 16}$$

Onde:

**L** é a carga de P-total em g/m<sup>2</sup>/ano

**z** é a profundidade média em metros

**R** é a fracção do P-total retida no sedimento e

**ρ** é a taxa de renovação de água em volumes por ano.

A capacidade de suporte é atingida quando  $P_a = P_{m\acute{a}x} - P_e$ .

**V** = volume do ambiente (m<sup>3</sup>)

**t** = tempo de detenção hidráulica (ano)

**K<sub>s</sub>** = coeficiente de perda de fósforo por sedimentação (1/ano)

Para minimização do tempo e trabalho na avaliação, em função da quantidade de fósforo tirada na amostra, que foi multiplicada por volume do ambiente, multiplicou-se por 365 dias, subtraindo as quantidades de detenção e coeficiente de perda que é constante para minimizar o tempo de espera para completar a análise.

**Tabela 3: Valores de coeficiente de perda de fósforo por sedimentação – K<sub>s</sub> – usados, segundo autores**

Ambiente	K <sub>s</sub>	Referência
Temperado	$K = 1/\sqrt{t}$	Vollenweider (1976)
Tropical	$K_s = 2,5/\sqrt{t}$	Castagnino (1982),
Tropical	$K_s = 2/\sqrt{t}$	Salas e Martino (1991) ,

### 3.2.8.2. Modelo de ONNO e KUBITZA

O modelo de *ONNO* e *KUBITZA* foi aplicado para determinar a quantidade de gaiolas flutuantes que podem ser outorgados, tomando como base o volume do epilímnio, sua profundidade, as concentrações de fósforo total que a RC-357 permite para classe 1 que corresponde a categoria A de

inserção no MTA, de enquadramento desejado para as águas do manancial, a concentração desse parâmetro presente nas excretas dos peixes além da área de influência do ambiente que pode ser disponibilizada para essa actividade.

O limite de fósforo total que foi usado para o cálculo da capacidade de suporte é de 0,005g/m<sup>3</sup> estabelecido pelo modelo.

O cálculo parte dos dados iniciais de área máxima do ambiente ( $A_m$ ) e da profundidade média ( $h_m$ ), a partir disso, obtém o volume máximo a ser outorgado (Eq. 17). Esse volume máximo no sistema serviu como referencia para fazer análise da amplitude impactante dos empreendimentos inseridos.

As fórmulas de modelo usados são as listadas abaixo:

$$V = (A_m \times h_m) \quad \text{Equação: 17}$$

Onde:

**V** = volume máximo que poderá ser outorgado (m<sup>3</sup>);

**A<sub>m</sub>** = área máxima do ambiente (m<sup>2</sup>);

**H<sub>m</sub>** = profundidade media do ambiente (m).

Em seguida, foi calculada a quantidade máxima de fósforo total gerada para o ambiente ( $P_{m\acute{a}x.}$ ), multiplicando a concentração pré-estabelecida ( $C_p$ ) seguindo a relação de VOLLENWEIDER para ambientes mesotróficos, com o volume máximo a ser outorgado ( $V$ ) e dividindo o resultado por 1000, fazendo assim a transformação de unidades.

Este modelo foi formatado seguindo uma sequência de cálculos para que através da produção estimada de peixes por gaiola (Eq. 18), produção efectiva (Eq. 19), biomassa de peixes em cada tanque-rede (Eq. 20), quantidade de ração necessária por dia (Eq. 21) e do teor de fósforo total contido na ração, com isso possa a ser calculados a concentração deste nutriente na gaiola (Eq. 22) e o volume de diluição necessário para se obter uma concentração igual a 0,005 mg/m<sup>3</sup> (limite máximo de fósforo total estabelecido para ser liberado pela actividade (Eq. 23).

Depois, formatou-se o cálculo da razão entre o volume de referência e o volume de diluição da quantidade de fósforo total lançada por gaiola em um dia, obtendo o número de gaiolas que poderão ser outorgados (Eq. 24).

$$T_{px} = (V_{tq} \times D_{px}) \quad \text{Equação: 18}$$

Onde:

**T<sub>px</sub>** = total de peixes por gaiola (numero de peixes);

**V<sub>tq</sub>** = volume útil das gaiolas (m<sup>3</sup>);

**D<sub>px</sub>** = densidade de peixes por gaiola (número de peixes/m<sup>3</sup>).

$$T_e = (T_{px} \times i)/1000 \quad \text{Equação: 19}$$

Onde:

**T<sub>e</sub>** = total efectivo de peixes por gaiola (número de peixes);

**T<sub>px</sub>** = total de peixes por gaiola (número de peixes);

**i** = índice de sobrevivência dos peixes (%);

$$Btq = (Te \times Pm)/1000 \quad \text{Equação: 20}$$

Onde:

**Btq** = biomassa de peixes/gaiola (Kg de peixes/tq);

**Te** = total efectivo de peixes por gaiola (número de peixes);

**Pm** = peso médio dos peixes na despesca (gramas).

$$Rd = (Btq \times TCA)/t \quad \text{Equação: 21}$$

Onde:

**Rd** = ração consumida por dia em cada gaiola (Kg/dia/gaiola);

**Btq** = biomassa de peixes/gaiola (Kg/gaiola);

**TCA** = factor de conversão alimentar (Kg de ração/Kg de peixe);

**t** = período de cultivo (dias).

$$CPgaiola = (Pe \times Rd)/1000 \quad \text{Equação: 22}$$

Onde:

**Rd** = ração consumida por dia em cada gaiola (Kg/dia/gaiola);

**Pe** = fósforo excretado pelos peixes para cada 1000 quilos de ração consumida (Kg de fósforo);

**CP gaiola** = concentração de fósforo gerada por gaiola durante um dia de cultivo (Kg/gaiola/dia).

$$Veu = (CPD/Cp) \times Vgaiola \quad \text{Equação: 23}$$

Onde:

**Veu** = volume de água por gaiola para evitar a eutrofização (m<sup>3</sup>);

**CPD** = concentração de fósforo gerada por m<sup>3</sup> [(CPgaiola x 1000) /Vgaiola] (gramas de fósforo);

**Cp** = concentração de fósforo pré-estabelecida (0, 005 mg/m<sup>3</sup>);

**VGaiolas** = volume útil das gaiolas (m<sup>3</sup>).

$$Gaiolas = (V/Veu) \quad \text{Equação: 24}$$

Onde:

**Gaiolas** = número de gaiolas que o ambiente pode suportar (unidades).

**V** = volume máximo a ser outorgado (m<sup>3</sup>);

**Veu** = volume de água por gaiola para evitar a eutrofização (m<sup>3</sup>);

### 3.2.8.3. Modelo de BEVERIDGE

O modelo de BEVERIDGE foi usado para estimar o aporte de fósforo em ambiente onde são instalados ou avaliados empreendimentos aquícolas baseando-se nas características morfológicas do corpo de água (área total, profundidade média, capacidade de renovação de água) e nas características

do cultivo (quantidade de ração fornecida e biomassa produzida), tentando fazer, matematicamente, uma junção entre tais características.

Os passos e equações aplicados são os que seguem abaixo:

### Primeiro passo

Formatou-se o cálculo da fracção de fósforo dissolvido e perdido para o sedimento (coeficiente de retenção). Neste caso consideram-se apenas as características hidrológicas do ambiente, com relação ao período de residência da água, conforme equação abaixo

$$R = 1(1 + mr^n)^{-1} \quad \text{Equação: 25}$$

Onde:

**R** é o coeficiente de retenção; **r** é taxa anual de renovação de água do ambiente - taxa de detenção;  
**m** e **n** são constantes que variam em função de características específicas do ambiente, obtidas através das condições limnológicas em diferentes categorias de corpos de água.

### Segundo passo

Formatou-se o cálculo da fracção permissível de aporte de fósforo oriundo do cultivo. Definindo a quantidade máxima de fósforo que o ambiente poderá suportar e que é função do tempo de residência da água, segundo a equação abaixo.

$$R_{\text{peixe}} = x + (1 - x)R \quad \text{Equação: 26}$$

Onde:

**R peixe** é a fracção do aporte permissível de fósforo oriundo do cultivo, perdido para o sedimento;  
**x** é o percentual de fósforo liberado pelas gaiolas e perdido para o fundo como resultado da sedimentação (foi determinado por *DILLON* e *RIGLER* como sendo 45%);  
**R** é o coeficiente de retenção, calculado na equação (25).

### Terceiro passo

Formatou-se o cálculo da variação aceitável nas concentrações de fósforo em ambiente lântico utilizado por tanque-rede (DP). Com essa equação definiu-se a quantidade de fósforo que pode ser aportado para o ambiente, considerando a legislação ambiental para a região, equação abaixo.

$$DP = Pf - Pi \quad \text{Equação: 27}$$

Onde:

**DP** é a variação aceitável nas concentrações de fósforo;  
**Pf** é a quantidade de fósforo desejável no ambiente (definida pelos órgãos ambientais); **Pi** a quantidade de fósforo no ambiente antes de instalar as gaiolas flutuantes.

### Quarto passo

Através da equação. (27), Formatou-se o cálculo do aporte permissível de fósforo oriundo do cultivo L peixe

$$L_{peixe} = DP(z) [(1-R_{peixe})^{-1}] \quad \text{Equação: 28}$$

Onde:

**DP** é a variação aceitável nas concentrações de fósforo em ambiente lêntico utilizado pelas gaiolas flutuantes (calculado pela equação (27);

**R<sub>peixe</sub>** é a fração do aporte permissível de fósforo oriundo do cultivo, perdido para o sedimento (calculado pela equação (26);

**z** é a profundidade média do ambiente

**r** é taxa anual de renovação da água do ambiente.

#### Quinto passo

Formatou-se o cálculo da biomassa de peixe cultivável, utilizando-se a fórmula discriminada na equação abaixo:

$$Biomassa = LT(Ptq) - 1 \quad \text{Equação: 29}$$

Sendo **LT** o aporte anual de fósforo total (g/ano), que foi quantificado pela equação abaixo:

$$Lt = L_{peixe} \times (\text{área do ambiente}) \quad \text{Equação: 30}$$

**Ptq** é o percentual de fósforo liberado para o ambiente em função do percentual de fósforo digerido calculado através da equação a baixo:

$$Ptq = Pração - Ppeixe \quad \text{Equação: 31}$$

Onde:

**Pração** é percentual de fósforo na ração;

**Ppeixe** é o percentual de fósforo no músculo do peixe.

#### 3.2.9. Formatação de AIA final

A AIA final foi formatada aplicando uma fórmula única de junção de fórmulas aplicadas em cada indicador. A demonstração foi feita em números em forma de índice, percentagem e gráficos. O perfil de impacto ambiental foi demonstrado no sistema usando gráficos radar para mostrar nas condições de inserção, operação da empresa, qualidade de água e qualidade de sedimentos, depois esses resultados foram juntados e demonstrados nos gráficos de colunas para mostrar a parte que o empreendimento mais ou menos impacta no ambiente. No final formatou-se duas barras horizontais para demonstração do resultado final do impacto ambiental, as duas barras foram formatadas no formato condicional, com a possibilidade de mostrar numericamente e com o preenchimento gradual de pintura do nível do impacto, uma barra faz demonstração em índice numérico e a segunda em forma percentual.

#### 3.2.10. Formatação da matriz de interação

A matriz de interação, foi formatado inserindo acções que são feitas na inserção, e operação do empreendimento, relacionando elas com os meios físico, químico e biológico do ambiente aquático. Abriu-se intervalos com componentes de AIA que permitem classificar usando método qualitativo, cada interação, e criou se um centro de processamento de dados onde se fez a transformação de dados qualitativos para quantitativos para o sistema ter a capacidade de dimensionar quantitativamente o impacto ambiental, seleccionando a característica de interação dos componentes que interagem.

#### 3.2.11. Formatação do autocontrole de dados

Para evitar falhas no lançamento de dados, o sistema foi habilitado para fazer autocontrole de dados usando formulas condicionais e lógica matemática, para fazer notificações em caso de o sistema duvidar o dado, com esta capacidade ele notifica os dados marginais ou muito discrepantes do padrão normal, assim como inserção de letras no lugar de números.

#### 3.2.12. Formatação da dinâmica do sistema

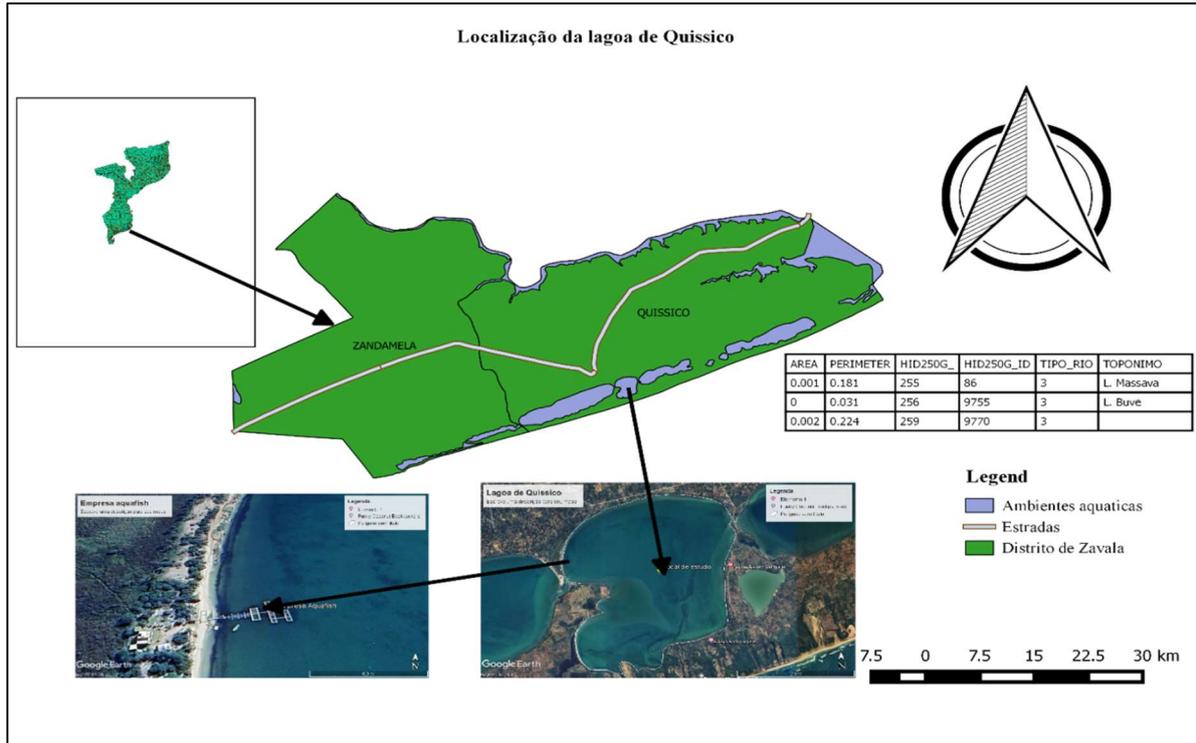
A dinâmica do sistema foi formatada fazendo gravação e criação de “macros” para desempenhar a função de movimentação rápida do sistema, e posteriormente criou-se umas formas poligonais que lhes foi atribuída as macros para desempenhar a função de tecla drive, que permite que ao ser clicado accione a macro rodar a função que foi gravada, ou criada nela.

#### 3.2.13. Formatação da privacidade e segurança do sistema

Desenvolvendo a segurança do sistema para evitar modificação da formatação original, as células foram protegidas e ocultadas, permitindo a desprotecção de apenas células que corresponde variáveis que os respectivos dados só podem ser colectados no campo e serem inseridos no sistema. Cada visualização do sistema foi bloqueada usando palavra passe, para privatizar a modificação do sistema. Usou se VBA para desabilitar algumas ferramentas do Microsoft Excel 2016 desnecessárias no funcionamento do sistema. Assegurando habilitação sem permissão, a VBA também foi bloqueada usando palavra passe. Esta segurança e privacidade é importante para garantir o bom funcionamento do sistema sem modificação acidental do mesmo.

#### 3.2.14. Colecta de dados para teste do sistema

Os dados foram colectados no mês de agosto de 2024 no distrito de Zavala, na lagoa de Quissico, onde se encontra instalado uma empresa de produção piscícola com nome Aquafish, (figura 1), empresa esta que opera no meio aquático, produzindo peixe Tilápia nilótica para o consumo. Colectou-se dados que permitem fazer simulação da hidrodinâmica local do fluído, visualizar as características física, químicas e biológicas relacionados com a qualidade de água, visualizar as características químicas relacionados com a qualidade de sedimentos do local, compreender as técnicas de manejo produtivo e ambiental que empresa aplica durante os ciclos de produção, estimar a capacidade de suporte do ambiente onde a empresa está instalada, permitindo fazer leitura do impacto ambiental negativo da empresa Aquafish na lagoa.



**Figura 1: Mapa de localização da lagoa de Quissico e empresa AQUAFISH**

Fonte: autor, (2024)



**Figura 2: Pontos de amostragem de parâmetros de qualidade de água e sedimentos**

Fonte: autor, (2024)

### 3.2.14.1. Colecta de dados geográficos da lagoa

A área da lagoa foi obtida através de uso da opção de régua graduada do *Google Earth* e se delimitou a lagoa de estudo e o *Google Earth* forneceu as medidas da área em metros assim como em quilómetros quadrados.

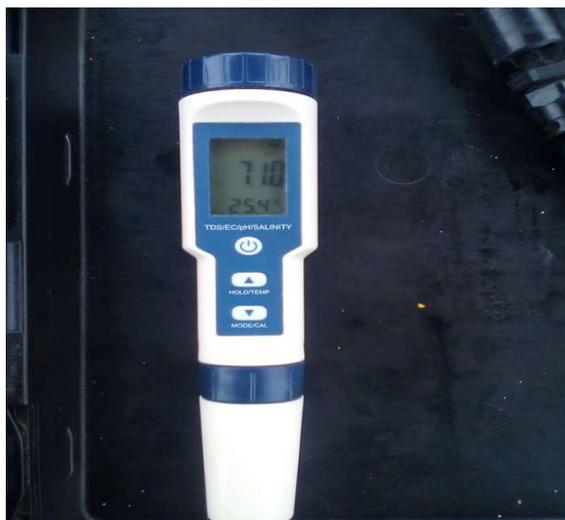
O ângulo da latitude foi obtido usando o *Google mape*, clicando na área geográfica da lagoa o *Google mape* forneceu todas coordenadas do local, permitindo extrair o ângulo da latitude que era o dado necessário juntamente como dado da área da lagoa, na simulação hidrodinâmica.

### 3.2.14.2 Medição de parâmetros de qualidade de água (pH, Temperatura e oxigénio dissolvido)

A medição de parâmetros de qualidade de água (pH, temperatura, oxigénio dissolvido) foi feita usando multiparâmetro de referência “*Incorporated Yellow Sprangs, Ohio 45387 USA*”, modelo: “85-10 FT” para medir (Oxigénio dissolvido e temperatura), usou-se multiparâmetro de marca “*Poctme*” para medir (pH), (Figuras 3, 4). A medição foi feita durante 10 dias nos períodos das 6h, 12h e 16h, nos três pontos diferentes, nomeadamente: (margem) que na posição da empresa e escoamento da água se localiza depois das instalações da empresa, onde a água desagua depois de passar das instalações da empresa; (interior) que é o ponto onde se encontra as instalações da empresa (anterior) ponto onde a água passa antes de chegar nas instalações da empresa e esse ponto foi marcado a 50 metros distante das instalações.



Figura 3: Multiparametro usado para medir oxigénio dissolvido



**Figura 4: Multiparametro usado para medir temperatura e pH**

#### **3.2.14.2.1 Medição na margem e no interior**

Na margem e no ponto interior das instalações da empresa a medição foi feita na superfície uma vez que a profundidade é muito menor para considerar a estratificação térmica.

#### **3.2.14.2.2 Medição no ponto anterior das instalações da empresa**

Este ponto tem 2 m de profundidade foi necessário considerar a hipótese de haver estratificação térmica, sendo assim fez-se a medição considerando dois estratos, a primeira leitura era feita na superfície e a segunda era feita a mais de 1 metro de profundidade, fez-se se a introdução da sonda medindo a profundidade, para outro múltiparametro usou-se a garrafa adaptada de Nansen para colectar a água na profundidade e depois faz-se a leitura.

#### **3.2.14.3 Colecta das amostras de água para análise laboratorial**

As amostras de água foram colectadas em 3 pontos onde se mediu os parâmetros acima descritos (temperatura, oxigénio dissolvido e pH) ; na margem como a profundidade é menor colectou-se apenas uma amostra na superfície, no interior das instalações da empresa fez-se colecta de duas amostras sendo uma na superfície e outra no fundo da água e no ponto anterior das instalações da empresa colectou-se 3 amostras, uma na superfície, outra na profundidade média e a última na profundidade máxima do ponto de colecta, em função da profundidade. Fez-se a colecta usando frascos de vidro para conservação onde eles foram rotulados com codificação com vista a identificar as amostras, as colectas na profundidade foram feitas usando garrafa de Nansen, e na superfície fez-se colecta manual com a introdução do frasco na água depois fechar os frascos com tampa isolada de papel aderente, depois foram armazenadas num balde de 20L para transportar até ao laboratório (Figuras 5).



**Figura 5: Coleta de amostras de água**

#### **3.2.14.4 Colecta das amostras de sedimentos para análise laboratorial**

A colecta de sedimentos foi feita em 3 pontos (margem, interior e anterior), colectou-se usando método de mergulho, onde mergulhou-se com frascos e tirou-se os sedimentos no fundo usando a mão, depois de colectar o mergulhador saia da água para fechar o frasco isolando tampa de papel aderente, e depois as amostras foram rotuladas para saber as especificações delas e foram armazenadas no plástico para transportar até o laboratório (Figura 6).



**Figura 6: Amostras de sedimentos**

#### **3.2.14.5 Medição da profundidade do corpo limnológico**

Uma vez que a lagoa não possui uma profundidade única específica, apresenta locais muito rasos e mais fundos devido a características referenciais dos ambientes aquáticos “batimetria”, sendo assim a medição da profundidade na lagoa foi feita com aplicação do método tradicional com recurso a uma corda e barco, e amarava-se peso na corda, com ajuda de um barco fazia-se a navegação em alguns pontos da lagoa e fez-se medições em 10 pontos da lagoa escolhidos aleatoriamente e depois calculou-se a média dos valores obtidos e considerou-se esse valor como a profundidade da lagoa conforme proposto pela *Environmental Protection Agency - EPA (1997)*.

### 3.2.14.6 Estudo da velocidade da água da lagoa

O estudo da velocidade da água foi conduzido, fazendo ensaios, entrando no meio da lagoa com barco, marcou-se dois pontos usando bóias e mediu-se a distância de 20m entre os pontos, e depois lançou-se, um objecto flutuador muito leve, num dos pontos olhando a direcção das ondas, e com ajuda do cronometro controlou-se o tempo que o objecto flutuador levou para alcançar o outro ponto, e depois calculou-se a velocidade do fluido dividindo a distância pelo intervalo de tempo que o objecto levou flutuando até no outro ponto, esses ensaios foram repetitivos em diferentes fenómenos, nos dias calmos e dias com ventania para simular com mais exactidão a velocidade média da água.

### 3.2.14.7 Estudo das técnicas de manejo produtivo que a empresa aplica

O manejo produtivo da empresa foi estudado usando um questionário associado a um modelo de *chek liste escalar ponderado*, aplicado no engenheiro que se encontra na empresa como técnico da produção, o sujeito a qual foram dirigidas as perguntas, foi escolhido aplicando método de amostragem não probabilística por acessibilidade, o questionário era composto de perguntas fechadas que tinha exigência de respostas de sim ou não assim como fornecimento de outros dados numéricos.

### 3.2.14.8 Medição da dimensão da plataforma

Para saber o espaço que a plataforma da empresa ocupa no ambiente, fez-se a medição das instalações, mediu-se o comprimento, largura e profundidade dos tanques, e fez-se a contagem dos tanques redes existentes, e com esses dados foi possível saber a área que empresa ocupa no ambiente, e também se mediu a largura da plataforma e a profundidade do ambiente no local das instalações para dimensionar a interferência das gaiolas na hidrodinâmica da lagoa. As medições foram feitas usando fita métrica, e corda para medir as profundidades.



Figura 7: Medição do comprimento e largura das infra-estruturas

### 3.2.14.9 Análises laboratoriais

#### 3.2.14.9.1 Análise das amostras de água

Foram colectadas seis (6) amostras de água para análise laboratorial, as quais foram analisadas no laboratório provincial de higiene de águas e alimentos, de Xai-xai, os parâmetros analisados são os Coliformes Termo tolerantes (mg/L), DBO (mg/L), Nitrato (mg/L), Nitrito (mg/L), Nitrogénio Amoniacal Total (mg/L), Fosfato (mg/L), Turbidez (mg/L) e Condutividade ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ ), em todas amostras colectadas. Os Coliformes Termo tolerantes foram analisados usando o método de membrana filtrante; a DBO e Condutividade analisou-se usando o método de electrometria; Nitrato, Nitrito usou se o método colorimétrico; Turbidez foi analisado usando método nefelométrico; e o Fosfato foi analisado usando o método de colorimetria.



Figura 8: Análise de água no laboratório

#### 3.2.14.9.2 Análise das amostras de sedimentos

Foram colectadas três (3) amostras de sedimentos, as quais foram analisadas no laboratório de solos do Instituto de Investigação Agrária de Moçambique. Os parâmetros analisados são P resina ( $\text{mg/dm}^3$ ), K trocável ( $\text{mmolc/dm}^3$ ), Ca trocável ( $\text{mmolc/dm}^3$ ), Mg trocável ( $\text{mmolc/dm}^3$ ) foram analisados usando espectrofotômetro de absorção atômica, H + Al (acidez potencial) ( $\text{mmolc/dm}^3$ ) analisado pelo método de Correlação pH SMP onde o pH foi analisado com aplicação do método de potenciômetro e Al por titulometria, a fracção do fósforo total existente nos sedimentos foi analisado usando espectrofotômetro UV/Visível (colorímetro).



**Figura 09: Análise de sedimentos no laboratório**

### **3.2.15 Análise de dados**

Usou-se Microsoft Excel 2016 para fazer pré-processamento agrupando os dados das repetições de amostras e parâmetros medidos no terreno em médias.

Depois os dados pré-processados e os não pré-processados foram inseridos no sistema de avaliação de impacto ambiental dos empreendimentos aquícolas, previamente produzido no presente trabalho, com objectivo de processar os dados e também testar a capacidade e veracidade do processamento do sistema.

#### **3.2.15.1 Análise de dados de técnicas de manejo e inserção da empresa**

Os dados de técnicas de manejo e inserção da empresa foram colectados com aplicação do inquérito associado a método *chek list*, no entanto esses dados tem o carácter qualitativo, e para serem processados foi com recurso a função *chek list* escalar ponderado do sistema que faz o dimensionamento quantitativo dos dados qualitativos.

## **4 Resultados e discussão**

### **4.1 hidrodinâmica do ambiente**

A lagoa de Quissico, onde foi instalada a empresa Aquafish, possui uma área de 7489556,76 metros quadrados. e o ângulo da latitude do centro da localização da lagoa é de 34 graus. A lagoa tem uma profundidade de 4,013 m, velocidade da água 0,075 m/s, temperatura média da lagoa é de 24 °C, e sendo que o elemento que a empresa deposita na lagoa é ração, sendo uma ração extrusada não possui um peso específico que supere a densidade da água sendo assim ela não se sedimenta, tornando a velocidade de sedimentação igual a 0 na situação da relação lagoa e a empresa instalada.

Esses dados submetidos à uma simulação hidrodinâmica, revelam que a lagoa tem taxa média de renovação anual de 0,048, sendo que a taxa média da renovação diária é igual a 0,00010 que percentualmente é igual a 0,01% de renovação diária. e porque a velocidade de sedimentação é igual a 0, a taxa de sedimentação registada na simulação hidrodinâmica também é igual a 0. Pinto *et al.*, (2019), registaram uma taxa de renovação igual a 1,64% no intervalo de 30 dias de estudo de simulação

hidrodinâmica usando “MOHID” na “Baixada de Jacarepaguá” esse dado revela que os autores tiveram uma taxa de renovação diária igual a 0,0005466 que corresponde a 0,054% de renovação por dia. em outra parte, Dalazen, (2019) registou em um estuário uma média de 94 % de renovação simulado com recurso a (SisBaHiA®), durante 90 dias, com a dedução desse dado revela que o autor registava uma média de 0,0104 corresponde a 1% de renovação de água por dia. uma vez que a hidrodinâmica das águas naturais depende de muitos factores que nela interferem como tipo do ambiente, velocidade da água, densidade da água, relação da superfície livre e a carga do próprio sistema limnológico, com os resultados obtidos nos estudos alheios, permitem acreditar a exactidão dos resultados da minha pesquisa, assim como a confiabilidade da capacidade de simulação do sistema produzido.

## **4.2 Comportamento dos parâmetros de qualidade da água (Temperatura, oxigénio dissolvido e pH) na lagoa de Quissico.**

### **4.2.1 Temperatura**

A temperatura da água na lagoa de Quissico registou-se a um nível mínimo de 20,1 °C e um máximo de 28,1 °C, média 24,38 °C, olhado os diferentes períodos do dia, no período da manhã (6:00 h) registou-se uma mínima de 20,1 °C e uma máxima de 26,9 °C, média 23,11 °C, a tarde (12: 00 h) registou-se uma mínima de 21,5 °C e uma máxima de 28,1 °C, média 24,93 °C, e a tarde das (16: 00h), registou-se uma mínima de 21,3 °C e uma máxima de 28,1 °C, média 25,10 °C olhando o comportamento a nível das diferentes profundidades não registou-se a estratificação térmica, a temperatura apresenta mesmos níveis em diferentes profundidades da lagoa. Comparando os diferentes pontos de colecta o ponto anterior regista-se temperaturas baixas com uma média de 23,99 °C em relação a ponto do interior das instalações aquícolas e posteriores e esses dois pontos possui os mesmos níveis de temperatura, 24,27 e 24,95 °C respectivamente.

Almeida, (2013) registou temperatura qua varia dos 27°C para 25°C em diferentes pontos de colecta na lagoa dos patos, e ele justifica ter registado temperaturas óptimas na lagoa por ter sido realizada a medição no mês de Abril, onde já se iniciou o outono, o mesmo autor na quarta colecta, registou uma queda brusca das temperaturas, de 25°C para 14°C, pois esta foi realizada no mês de Junho, o que caracteriza temperaturas bem mais baixas.

A elevação da temperatura nos corpos limnológicos geralmente é provocada por despejos industriais, (Almeida, 2013). Sendo assim os resultados obtidos nas medições comprovaram a não variação da temperatura, indicando assim que não ocorreu contaminação ambiental térmica pela empresa instalada na lagoa.

### **4.2.2 Oxigénio dissolvido**

O oxigénio dissolvido na lagoa de Quissico, registou-se nível mínimo de 5,1mg/l e o máximo de 5,18 mg/l, média 5,12mg/l, nos diferentes períodos de colecta não se verificou uma diferença significativa dos níveis do oxigénio, mas se comportou diferente nos diferentes pontos de colecta, tendo se registado os níveis altos do oxigénio dissolvido no ponto anterior, das instalações da empresa com 5,18 mg/l, diferentemente do ponto interior das instalações com 5,4 mg/l e posterior com o nível mais mínimo de 5,1 mg/l.

Almeida, (2013) registou uma média da concentração de OD nas colectas 1 e 3, superiores a 5mg/L O<sub>2</sub>, na colecta 2, não foi inferior a 4mg/L O<sub>2</sub> e somente na colecta 4 registou-se concentração não inferior a 3mg/L O<sub>2</sub>. e ele fez um enquadramento das concentrações com o padrão pré-estabelecida pelo CONAMA N° 357, tendo classificado as colectas 1 e 3 contendo enquadramento dos níveis de oxigénio para águas classe 1, colecta 4 classe 2 e a colecta 4 tendo enquadramento na classe 3. Aplicando o mesmo método nos resultados obtidos no presente trabalho, permitem inferir que os níveis do oxigénio dissolvido da lagoa de Quíssico, são enquadrados nos níveis desejados nas águas classe 1.

ANA, (2013), quando fez estudos nas lagoas visando entender a medida certa da água, relata que as baixas concentrações de oxigénio dissolvido indicam que a água pode estar poluída por efluentes, pois o OD é consumido no processo de decomposição da matéria orgânica, e juntamente com outros factores, pode ocasionar a mortalidade de peixes e redução da biodiversidade dos corpos hídricos. Seguindo e aplicando este raciocínio na lagoa de Quíssico permite inferir que a quantidade de organismos que a empresa produz assim como as existentes na sua ecologia, não demandam o oxigénio dissolvido a nível de chegar nos níveis críticos na lagoa, assim como a quantidade da matéria orgânica existente. sendo assim indica que não ocorreu contaminação ambiental do OD pela empresa instalada na lagoa.

#### 4.2.3 pH

Na lagoa de Quíssico registou-se os níveis do pH, com um mínimo 8,35 e um máximo de 8,66, média 8,56. Olhando para os diferentes períodos da colecta este parâmetro se comportou uniforme com diferenças muito menores, assim como na comparação dos diferentes pontos de medição.

Almeida, (2013) no trabalho realizado de avaliação do índice de qualidade da água na lagoa dos Patos, em pelotas Brasil, registou uma concentração média de pH encontrada nas colectas, variaram de 6,5 a 8,5, e que segundo ele, se enquadra no padrão de classificação de Classe 1.

Os níveis do pH obtidos na presente pesquisa estão próximos a nível neutro, e também com a classificação do seu enquadramento se encontra nas águas classe 1.

Segundo ANA, (2013), afirma que as alterações nos valores de pH podem aumentar o efeito de substâncias químicas que são tóxicas para os organismos aquáticos, tais como os metais pesados. esses riscos não são registados na lagoa de quíssico porque não se regista a alteração do pH na lagoa ela se comporta quase uniforme em todos pontos de colecta assim como estar nos níveis óptimos para cultivo de espécies tropicais.

#### 4.3 Concentrações de (Coliformes Termo tolerantes, DBO, Nitrato, Nitrito, Nitrogénio Amoniacal Total, Fosfato, Turbidez e Condutividade), nos deferentes pontos da colecta na água da lagoa de quíssico

**Tabela 4: Concentrações de parâmetros de qualidade de água da lagoa de Quissico**

Parâmetros	Ponto anterior	Ponto Interior	Ponto posterior
Coliformes Termo tolerantes	0 mg/L	0 mg/L	0 mg/L
DBO	3,08 mg/L	3,02 mg/L	2,93 mg/L
Nitrato	0,59 mg/L	0,61 mg/L	0,55 mg/L
Nitrito	0,037 mg/L	0,0315 mg/L	0,039 mg/L
Nitrogênio Amoniacal Total	0,82 mg/L	0,815 mg/L	0,83 mg/L
Fosfato	0,03 mg/l	0,03 mg/l	0,03 mg/l
Turbidez	0,87 mg/L	0,885 mg/L	0,74 mg/L
Condutividade	11999,6667 cm-1	12005 μS cm-1	12019 μS cm-1

Fonte: autor, (2024)

Com o processamento de dados acima (tabela 4), regista-se uma alteração significativa excedente a 100% na condutividade da água como mostra o gráfico 1, é o parâmetro que sofre uma alteração a ponto de se registar um impacto negativo de nível de 8% na água superficial.

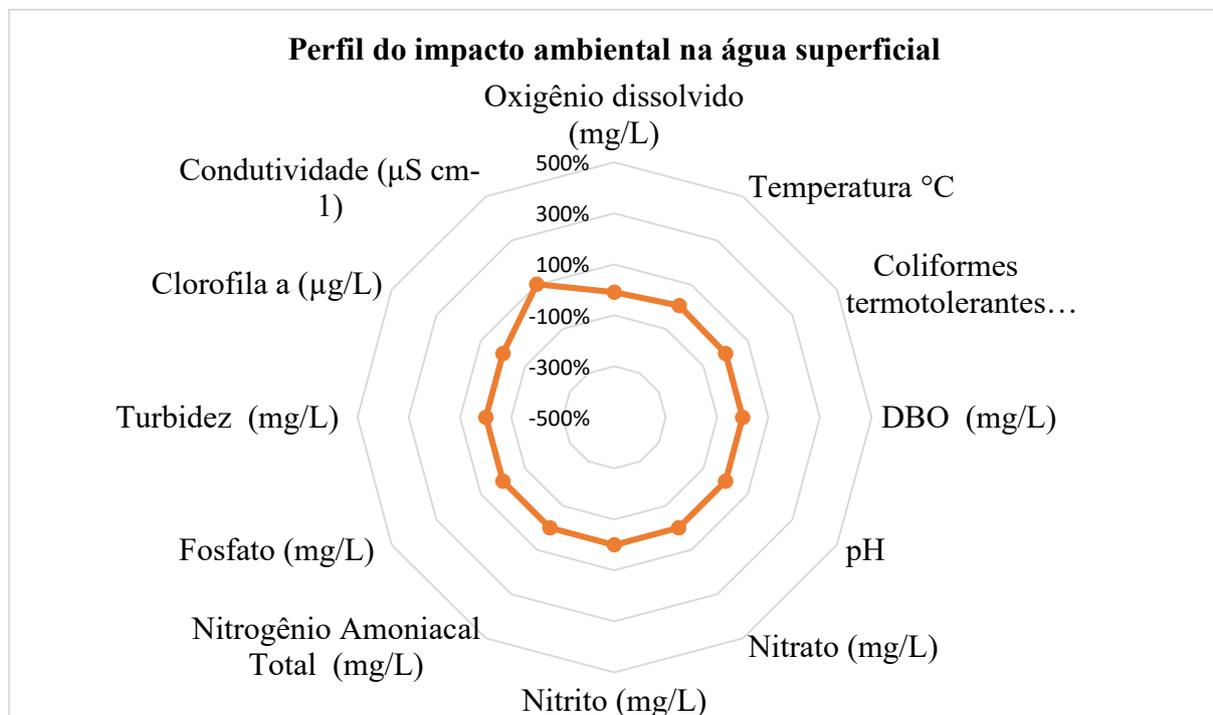


Gráfico 1: Este gráfico foi produzido com o processamento de dados de qualidade água, usando sistema previamente produzido no presente trabalho. (O gráfico demonstra que a variação da maioria dos parâmetros de qualidade de água na lagoa em diferentes pontos é neutra, ou por outra não representa níveis muito discrepante na deficiência ou no aumento, tornando os neutros, sem impacto negativo registado, com excepção da condutividade que excedeu o limite, (102%) daquilo que deve ser a variação deste parâmetro na condição ambiental).

Lima, (2019) relata que uma boa avaliação para o conhecimento da qualidade da água de origem pode fornecer informações que determinem a natureza de sua utilização e manutenção no ambiente de criação na aquicultura. o autor, registou resultados que demonstram que há baixo interesse deste factor no controle dos empreendimentos analisados, e se que caracterizava de resultados com risco na condução da actividade no estado.

Os resultados obtidos não demonstram nenhum risco na condição da actividade na lagoa de Quissico, mas devendo se aplicar os cuidados referentes a evitar o aumento da condutividade eléctrica da água no local do cultivo. Lacerda *et al.*, (2015) ao avaliar a condutividade da água como indicador de eficiência do processo de eletrodialise, relatam que a condutividade eléctrica relaciona-se ao teor de salinidade, e indica a capacidade da água de transmitir a corrente eléctrica em função da presença de substâncias dissolvidas que se dissociam em aniões e catiões, sendo, por consequência, directamente proporcional à concentração iónica. Com este raciocínio não se admira os níveis elevados da condutividade na lagoa de quissico é o resultado de níveis elevados de salinidade que esta lagoa possui. Oliveira, (2006) registou uma heterogeneidade espacial da condutividade eléctrica na lagoa de Batoque. A razão que permite pensar que a heterogeneidade registada na lagoa de Quissico pode ser uma razão da variação espacial da própria lagoa. No entanto com os resultados obtidos permitem classificar a lagoa de Quissico como águas classe 1, com qualidade de água que permite integrar a severidade ambiental de classe 1 da Resolução CONAMA N° 357.

#### 4.4 Concentrações de parâmetros de qualidade de sedimentos da lagoa de Quissico

As concentrações de P resina ( $\text{mg}/\text{dm}^3$ ) nos três diferentes pontos de colecta são (0,03; 0,02 e 0,00) respectivamente, para K trocável ( $\text{mmolc}/\text{dm}^3$ ) são (0,20; 0,16 e 0,11) respectivamente, Ca trocável ( $\text{mmolc}/\text{dm}^3$ ) (27,06; 19,82; e 12,60) respectivamente, Mg trocável ( $\text{mmolc}/\text{dm}^3$ ) (1,02; 1,94; e 0,54) respectivamente, e a concentração de H+Al ( $\text{mmolc}/\text{dm}^3$ ) é igual a 0 em todos três pontos da colecta.

Com o processamento desses dados usando o sistema não se regista nenhum impacto negativo significativo nos sedimentos da lagoa. Os resultados indicam que não se deu um efeito significativo na alteração dos sedimentos na área de produção da empresa Aquafish na lagoa, embora tenha se registado alteração 4% no magnésio trocável, como mostra o gráfico abaixo.

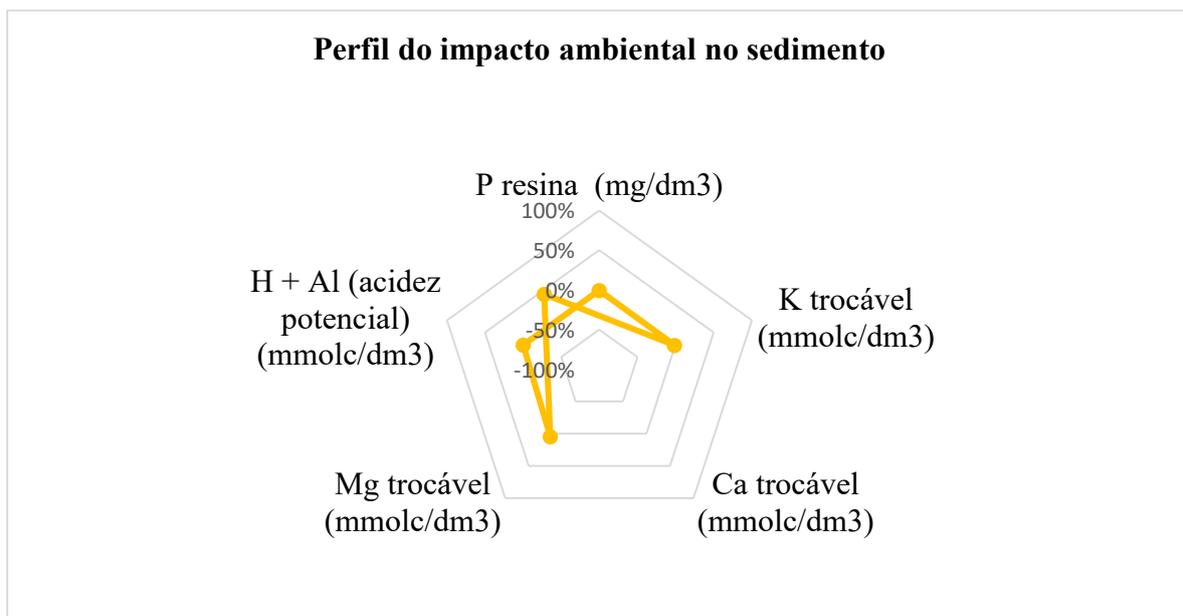


Gráfico 2: Este gráfico foi produzido com o processamento de dados de qualidade dos sedimentos, usando sistema previamente produzido no presente trabalho. (O gráfico demonstra que a variação da maioria dos parâmetros de sedimentos se encontra numa condição de neutralidade, (variação não significativa) tornando os nulos para impactos ambientais negativos da lagoa, com excepção do magnésio trocável, que a variação dele é significativa (4%) para dimensionar como impacto ambiental).

O cálcio trocável demonstras uma variação, mas na tendência negativa, por isso não se regista impacto negativo neste parâmetro.

Ramos *et al.*, (2012) relatam que as áreas dos sedimentos, próximas aos sistemas de aquacultura em tanques –redes recebem grande parte dos afluentes gerados por esta actividade que são depositados na forma de sedimentos orgânicos. Alves *et al.*, (2004), relatam que 66% do fósforo aportado pelo arraçamento será depositado no sedimento, podendo causar mudanças em suas características físico-químicas e consequentemente mudanças na comunidade bentônica.

#### 4.5 Dimensão da empresa

As infra-estruturas da empresa Aquafish estão acopladas numa única plataforma que ocupa uma área de 790,15 m<sup>2</sup>, ocupada de 26 gaiolas sendo 17 delas são as que se encontra operacional, as medidas das gaiolas variam de 6,5 a 8,06 m<sup>2</sup>, a profundidade das gaiolas é 1,9 metros, sendo que a profundidade do ambiente onde estão instaladas as gaiolas são iguais à profundidade das gaiolas (1,9 metros).

A empresa aplica 250 peixes/m<sup>3</sup> como densidade de povoamento, esperando ter o peso final da venda 500 gramas, cultivados num período de 5 meses, a empresa tem como factor de conversão alimentar 1,2, e no ciclo de produção a taxa de sobrevivência garantida pela empresa é de 95%.

A ração é administrada 4 vezes ao dia para fase dos alvinos até juvenis e três vezes ao dia para engorda, sendo que quantidade da ração é calculada usando as tabelas de arraçamento.

A ração a ser administrada no cultivo deve obedecer correctamente às quantidades determinadas em cada horário (Teixeira, 2006). O mesmo autor relata que o momento do arraçamento, o produtor deve observar o consumo em cada tanque-rede para evitar sobras de ração, e enfatiza que normalmente a ração deve ser consumida pelos peixes num prazo entre 5 a 10 minutos. Caso haja sobras, recomenda-se reduzir em 10% a quantidade nas próximas refeições até que o consumo retome ao normal.

A frequência alimentar deve variar de 3 a 8 vezes / dia, a depender do peso e a idade dos peixes em cultivo. Peixes mais novos comem mais vezes, e a ração deve ser ofertada paulatinamente, devido a sua forma física, enquanto os adultos de 2 a 4 vezes ao dia' (Teixeira, 2006)

#### 4.6 Capacidade do suporte da lagoa de Quissico

Aplicando dados da dimensão e manejo produtivo da empresa , relacionando com as condições hidrodinâmicas do ambiente regista-se que a empresa gera uma alteração na quantidade de fósforo na lagoa, sendo que a lagoa possui uma concentração do fósforo de 0,03 mg/l, enquanto a empresa gera 0,119 kg de fósforo gerado durante um dia de produção, sendo que o fósforo gerado por cada gaiola é de 0.007 kg, sendo assim, a empresa gera 17,85 Kg de fósforo por cada ciclo de produção, por isso regista-se um impacto na capacidade de suporte. E esse impacto é sensivelmente registado pelo facto de haver uma administração de ração excessivamente (14 kg/gaiola) no pequeno espaço de circulação da água (14,57m<sup>3</sup>) devido a alta densidade de estocagem aplicada (250 peixes/m<sup>3</sup>), no entanto ele pode ser reduzido aumentando o tamanho das gaiolas para aumentar o volume de água nas gaiolas evitando eutrofização, assim diminui-se o impacto negativo gerado, sem diminuir a dimensão da produção e comprometer o rendimento económico da empresa.

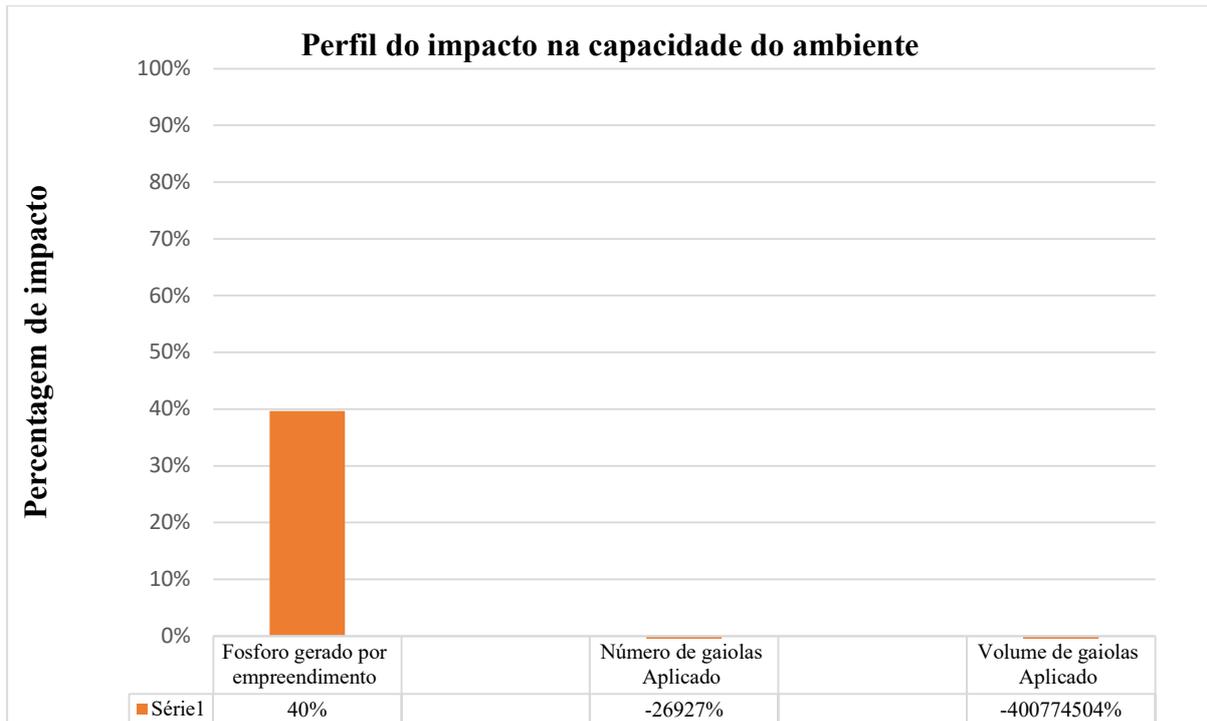


Gráfico 3: Este gráfico foi produzido com o processamento de dados da capacidade do suporte do ambiente, usando sistema previamente produzido no presente trabalho. (o gráfico demonstra que na capacidade do suporte do ambiente, a empresa impacta negativamente a nível de 40%, resultante do fósforo gerado por empreendimento, mas não se regista nenhum impacto negativo relacionado com quantidade de gaiolas alocadas assim como o volume aplicado).

Pereira, (2015) registou um aumento de  $5 \text{ mg/m}^3$  ao índice de fósforo total no corpo hídrico, e com este índice de aumento, fez um cálculo de estimativa da capacidade de suporte da lagoa e registou suporte de 268,97 toneladas de peixes por ciclo de produção.

No presente estudo registou-se que a lagoa de Quissico com o aumento de fósforo registado, possui uma capacidade de suportar 8589 de gaiolas, pode se outorgar  $12023235,11 \text{ m}^3$  de volume das gaiolas, considerando o volume mínimo de água para evitar eutrofização igual a  $1400 \text{ m}^3$ .

#### 4.7 Impacto final

Com integração de todos indicadores ambientais e de manejo produtivo, regista-se que a empresa gera 0,01378 que corresponde a 1% do impacto negativo na lagoa. Esse perfil do impacto é observado com aplicação de averiguações a nível das condições normais do ambiente.

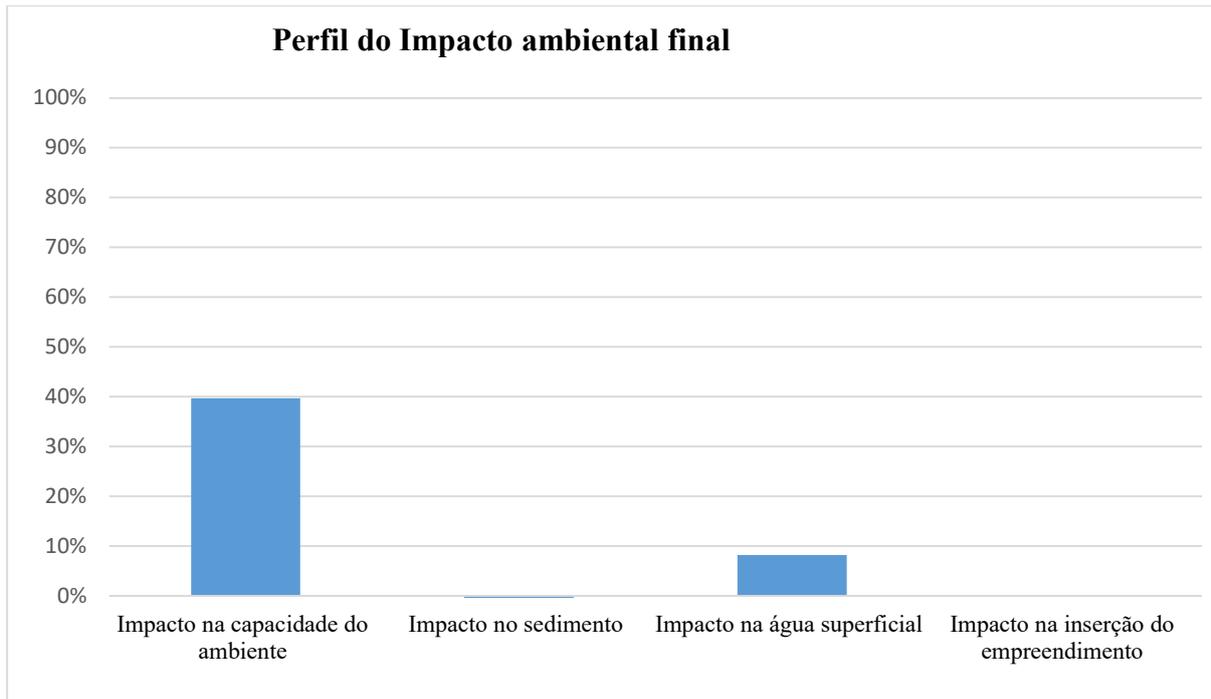


Gráfico 4: Este gráfico demonstra os impactos ambientais em todas as partes de interferência da empresa no ambiente, ele foi produzido com o processamento de dados globais de indicadores ambientais, usando sistema previamente produzido no presente trabalho. (O gráfico demonstra que na dimensão da empresa e manejo produtivo da empresa, na sua relação com o ambiente, registra-se impacto de nível de 40% na capacidade de suporte do ambiente, e 8% do impacto na água superficial).

Aplicando padrões legislativos estabelecidas pelo CONAMA Nº 357, para ambientes aquáticos não se registra nenhum impacto negativo. Isto revela que aplicando as condições normais do ambiente como padrão para leitura da alteração do ambiente há mais severidade na conservação ambiental do que aplicando padrões pré-estabelecidas pela legislação ambiental.

Usando o método de matriz de interação programado no sistema registra-se que o impacto ambiental total da empresa é igual a 0,04922, o que corresponde em termos percentuais a 5% do impacto negativo.

Confrontando os dois resultados mostram uma diferença, mas isto se deve a desvantagem do método da matriz de interação (subjectividade), sendo assim é muito confiável e cientificamente muito aplicável, usar método de simulação quantitativa dos indicadores ambientais e de manejo produtivo.

No entanto, a matriz de interação também é um método aplicável, mas precisa muita atenção e habilidades de compreensão técnica, e ser aplicado nos estudos não muito sensíveis em termos das exigências da verdade, sendo adequado para estudos com conclusões de estimativas aproximadas.

#### 4.8 Funcionamento do sistema

Usou-se o sistema para processamento de dados do campo, e com o processamento feito e resultados obtidos permitem acreditar que o sistema possui um bom funcionamento na aplicação de fórmulas matemáticas e lógica, e a dinâmica do sistema também é uma das potências, que ele possui, pois foi observado durante o emprego para processamento de dados do campo.

## 5 Conclusões

### 5.1 Sobre o funcionamento do sistema

O sistema possui uma capacidade de análise de dados de indicadores ambientais de forma quantitativa e qualitativa dimensionando assim o impacto ambiental final, ele tem a capacidade de visualizar o comportamento de cada indicador assim tornado fácil identificar o indicador ambiental que é mais afectado e menos afectado pela actividade aquícola num certo ambiente aquático, a desvantagem do sistema é de ser dependente da instalação da Microsoft Office no computador para poder executar as funções, pois foi desenvolvido dentro da Microsoft Office como base de aplicação, ele possui necessidades funcionais que só podem ser regidos geridos por Microsoft Office tornando incapacitado para ser gerido e regido com Windows cod, ele aceita ser regido e gerido em todas versões da Microsoft Office, mas sendo mais eficiente e dinâmico nas versões mais actualizadas (2016 e 2019).

### 5.2 Sobre as condições do ambiente, o manejo produtivo da empresa Aquafish e impactos ambientais registados

A lagoa de Quissico, possui uma capacidade de renovação de 0,01% por dia que corresponde a 4,8% de renovação anual, a variação da temperatura, oxigénio dissolvido e pH, da água, é igual a  $(20,1 \pm 28,1 \text{ } ^\circ\text{C})$ ,  $(5,15 \pm 5,18 \text{ mg/l})$ ,  $(8,35 \pm 8,66)$  respectivamente, a concentração de Coliformes Termo tolerantes, DBO, Nitrato, Nitrito, Nitrogénio Amoniacal Total, Fosfato, Turbidez e Condutividade, no ponto anterior das instalações da empresa é igual a  $(0 \text{ mg/l}; 3,08 \text{ mg/l}; 0,59 \text{ mg/l}; 0,82 \text{ mg/l}; 0,87 \text{ mg/l}; 0,03 \text{ mg/l}; 11999,6667 \text{ } \mu\text{S cm}^{-1})$  respectivamente, no ponto interior das instalações é igual a  $(0 \text{ mg/L}; 3,02 \text{ mg/L}; 0,61 \text{ mg/L}; 0,0315 \text{ mg/L}; 0,815 \text{ mg/L}; 0,03 \text{ mg/L}; 0,885 \text{ mg/L}; 12005 \text{ } \mu\text{S cm}^{-1})$  respectivamente e no ponto posterior das instalações é igual a  $(0 \text{ mg/L}; 2,93 \text{ mg/L}; 0,55 \text{ mg/L}; 0,039 \text{ mg/L}; 0,83 \text{ mg/L}; 0,03 \text{ mg/L}; 0,74 \text{ mg/L}; 12019 \text{ } \mu\text{S cm}^{-1})$ , respectivamente. Na relação entre as instalações da empresa e a água superficial da lagoa regista-se 8% do impacto negativo. A concentração de P resina  $(\text{mg/dm}^3)$ , K trocável  $(\text{mmolc/dm}^3)$ , Ca trocável  $(\text{mmolc/dm}^3)$ , Mg trocável  $(\text{mmolc/dm}^3)$ , H + Al (acidez potencial) nos sedimentos nos três diferentes pontos é igual a  $(0,03; 0,02 \text{ e } 0,00)$ ;  $(0,20; 0,16 \text{ e } 0,11)$ ;  $(27,06; 19,82; \text{ e } 12,60)$ ;  $(1,02; 1,94; \text{ e } 0,54)$ ;  $(0,00; 0,00; 0,00)$ , respectivamente. Na relação entre as instalações com os sedimentos da lagoa, não se regista nenhum impacto negativo. A concentração do fósforo na lagoa de quissico é igual a  $0,03 \text{ mg/l}$  e a empresa aquafish tem capacidade de gerar  $0,119 \text{ kg}$  de fósforo por cada dia de cultivo, com a capacidade de assimilação da lagoa, regista se que a empresa impacta 40% negativamente na capacidade de suporte do ambiente, em contrapartida regista se que a lagoa possui uma capacidade de suportar 8589 gaiolas para operação nas condições do manejo produtivo da empresa Aquafish. E no balanceamento total do impacto negativo relacionando todos indicadores ambientais e de manejo produtivo registou-se que a empresa Aquafish impacta negativamente na lagoa de Quissico a nível de 1% do impacto ambiental.

## 6 Recomendações

- Para a eficiência no uso do sistema, recomenda-se a instalação das versões mais actualizadas do Microsoft Office a partir da versão 2016 em diante no computador e que o mesmo durante a aplicação esteja ligado a internet.
- Como observado no presente estudo que aplicando os dados das condições normais do ambiente há mais severidade na filtragem do resultado do impacto ambiental negativo do que quando aplicar os dados pré-estabelecidos, recomenda-se que quando a avaliação do impacto ambiental requerer mais rigorosidade dos resultados, crie-se condições de obter os dados das condições normais do ambiente.
- Para AQUAFISH.

Uma vez que a profundidade das gaiolas é igual a profundidade da lagoa no local das instalações (1,9 m) recomenda-se afastamento das instalações a 10 metros de distancia para interior da lagoa para evitar contacto directo das redes com o fundo da lagoa, para evitar apodrecimento rápido das redes e interferência das redes na renovação dos sedimentos.

Com a quantidade de fósforo gerado por empreendimento sugere-se se que aumente pelo menos 4 vezes mais o volume das gaiolas, assim vai facilitar a circulação continua da água dentro das gaiolas condicionando a interacção da água da gaiola com a água do ambiente para os seus processos físico químicos e biológicos de renovação com ambiente evitando eutrofização e diminuindo o nível de impacto negativo gerado na capacidade de suporte, sem causar decadência na dimensão da produção e rendimento económico da empresa.

- Recomenda se que se faça estudos das condições físicos químicos e biológicos dos nossos ecossistemas aquáticos naturais que ainda não foram usadas para instalação de empresas aquícolas, para estabelecer o nível de utilidade da água para outros fins económicos e sociais, isso facilita para quando haver necessidade de instalação de um empreendimento aquícola no ecossistema, se estabeleça de imediato os projectos de gestão ambiental que a empresa deve aplicar consoante a importância social e económica do ambiente. em caso de se registar um impacto negativo os mesmos dados poderão ser úteis para avaliar o nível do impacto ambiental causado.
- Recomenda se ao Ministério De Mar Águas Interiores e Pesca para que elabore e publique uma legislação de padrões de níveis mínimos e máximos de afluentes que são admissíveis para cada classe de consideração dos nossos ambientes aquáticos para estabelecer-se a conservação do ambiente de acordo com o seu valor para outros fins garantido a exploração sustentável dos recurso hídricos. A legislação será um recurso importante para as próximas actualizações do sistema, aplicando análise com recurso às nossas realidades ambientais.

## REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS. **Água na medida certa**. Brasília: Agência Nacional Das Águas, 2012.
- ALMEIDA, J. C. **Avaliação do Índice de Qualidade da Água na Lagoa dos Patos**. 2013. TCC (Bacharel) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS, 2013.
- ARARIPE, E. **Cultivar de ciclo anual destinada ao semi-árido do Nordeste do Brasil**. [S. l. n.: s. n.], 2006.
- ASSAD, B. **Aquicultura sustentável**. Brasília: Ministério de Ciência e Tecnologia. 2000.
- BEVERIDGE, M. **Cage Aquaculture**. Nova Jersey: Wiley-Blackwell, 2004. 380 p.
- BURSZTYN, M. **Aquicultura no Brasil: bases para um desenvolvimento sustentável**. Brasília: CNPq, Ministério da Ciência e Tecnologia, 2000.
- CARVALHO, R. S. **Empreendimentos aquícolas regulares e sustentáveis**. 2016. Monografia (especialização) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Curso de Especialização em Direito Ambiental, Curitiba, PR, 2016.
- CAVERO, B. A. Efeito da densidade de estocagem na homogeneidade do crescimento. **Pesq. agropec. bras.**, v. 38, n. 1, jan. 2002.
- CHO, C.; BUREAU, D. A review of diet formulation strategies and feeding systems to reduce excretory and feed wastes in aquaculture. **Aquaculture Researche**, v. 32, 2001.
- CONAMA. **Resolução conama nº 357, de 17 de março de 2005\*** (retificada – ao final). Brasília: Conama, 2011.
- DALAZEN, J. P. **Determinação das taxas de renovação das águas no complexo estuarino de Paranaguá**. [S. l.: s. n.], 2019.
- DILLON E RIGLER, P. J. **A Test of a Simple Nutrient Budget Model Predicting the Phosphorus Concentration in Lake Water**. [S. l.: s. n.], 1974.
- EMBRAPA. **Apoia-Aquicultura fornece indicadores para avaliação de BPM na produção de tilápia em tanques-rede**. [S. l.]: Embrapa, 2000.
- EMBRAPA. **Monitoramento ambiental da aquicultura em águas da união**. [S. l.]: Embrapa, 2019.
- EMBRAPA. **Sistema de avaliação ponderada de impacto ambiental de atividades rurais- apoia-novo rural, modelo complementar para boas práticas de manejo na aquicultura**. [S. l.]: Embrapa, 2000.
- ESESP. **Apostila excel avançado, eixo conhecimento em rede**. [S. l.: s. n.], 2018.
- ESTEVES, F. D. **Fundamentos de Limnologia**. 2. ed. Rio de Janeiro: [s. n.], 1998.
- FELISARDO, R. J. A.; SILVA, G. M.; RODRIGUES, R. J. **Determinação de sólidos totais em suspensão na água produzida: uma análise a partir de uma prática laboratorial**. [S. l.: s. n.], 2019.
- GAGG, G. **Apostila de levantamentos hidrográficos – noções gerais**. [S. l.: s. n.], 2016
- HAAKANSONEN ET AL., L.; ERVIK, A.; MAKINEN, T.; MOLLER, B. **Basic concepts concerning assessment of environmental effects of marine fish farms**. [S. l.: s. n.], 1988.
- ITUASSÚ, D. R. **Cálculo de povoamento de viveiros e tanques-rede**. [S. l.: s. n.], 2015
- JUNIOR, M. G. Uso de modelagem na avaliação da capacidade de suporte de reservatórios com projetos de aquicultura, tendo o fósforo como fator limitante. [S. l.: s. n.], 2011.

- KAUTSKY, N. *et al.* Ecological footprint for assessment for resource use and development limitations in shrimp and tilapia aquaculture. **Aquaculture Research**, v. 28, 1997.
- KLEINA, M. **Apostila de programação em vba**. Curitiba: [s. n.], 2022.
- KUBITZA, F. **Cultivo de peixes em tanques-rede**. [S. l.: s. n.], 2003.
- Lacerda, A. B. *et al.* **A condutividade da água como indicador de eficiência do processo de eletrodialise**. [S. l.: s. n.], 2015.
- LEOPOLD *et al.* **A Procedure for Evaluating Environmental Impact in Geological**. [S. l.: s. n.], 1917.
- LIMA, C. A. **Avaliação do programa de monitoramento ambiental de empreendimentos aquícolas no Estado do Amazonas, Brasil**. [S. l.: s. n.], 2019.
- MASTELINI, V. *et al.* **Control and management of water quality for Niletilapia fish in net tanks based on fuzzy modeling**. 2023.
- MESTRE, P. M. **Elaboração de um projecto de uma unidade de**. [S. l.: s. n.], 2008
- MIMAIP. **Estratégia para o Desenvolvimento da Aquicultura 2020 – 2030**. [S. l.]: MIMAIP, 2020.
- MIMAIP. **Programa para a promoção da pesca**. [S. l.]: MIMAIP, 2021.
- MORAES, C. D. **Avaliação de impacto ambiental: uma revisão da literatura sobre as principais metodologias**. [S. l.: s. n.], 2014.
- OLIVEIRA, E. C. **Aspectos limnológicos e sanitários de uma lagoa costeira no litoral leste do Ceará-lagoa de Batoque**. [S. l.: s. n.], 2006.
- ONO, E.; KUBITZA, E. A. **Cultivo de peixes em tanques-rede**. [S. l.: s. n.], 2003.
- PEARSON, T.; GOWEN, R. **Impact of caged farming on the marine environment**. [S. l.: s. n.], 1990.
- PENCZAK, T.; LEK, S.; GODINHO, F.; AGOSTINHO, A. **Patterns of fish assemblages in tropical streamlets using som algorithm and conventional statistical methods**. [S. l.: s. n.], 2004.
- PEREIRA, J. Á. **Avaliação da capacidade de suporte de reservatório para operação de parque aquícola através de modelo de estimativa – aplicação no braço são francisco verdadeiro do reservatório de itaipu**. [S. l.: s. n.], 2015.
- PINTO, L. R. *et al.* **Estimativa do Tempo de Renovação da Água do Complexo Lagunar da Baixada de Jacarepaguá Através de Modelagem Numérica**. [S. l.: s. n.], 2019
- RAMOS, I. P. *et al.* **Impactos ambientais de pisciculturas em tanques-rede sobre águas continentais brasileiras: revisão e opinião**. [S. l.: s. n.], 2012
- ROSMAN, P. C. **Referência Técnica do SisBaHiA®**. [S. l.: s. n.], 2011.
- SÁNCHEZ, L. E. **Avaliação de impacto ambiental**. 2. ed. [S. l.: s. n.], 2013.
- TEIXEIRA, R. N. **Cultivo de peixes em tanques-rede e/ou gaiolas flutuantes de pequeno volume, em água doce**. [S. l.: s. n.], 2006
- TIAGO, G. G. **Gestão ambiental no agronegócio da aquicultura da região metropolitana de São Paulo**. [S. l.: s. n.], 2005.
- TOVAR, A. *et al.* Environmental implications of intensive marine aquaculture in earthen ponds. **Marine Pollution Bulletin**, 2000.

TROELL, M.; BERG, H. **Cage fish farming in the tropical Lake Kariba, Zimbabwe: impact and biogeochemical changes in sediment.** [S. l.: s. n.], 1997.

## 7 Apêndices



**Figura 10: Instrumentos usados para colecta de amostras de água.**

Comprovativos de parâmetros de qualidade de água analisados no laboratório



REPÚBLICA DE MOÇAMBIQUE  
PROVINCIA DE GAZA  
SERVIÇO PROVINCIAL DE SAÚDE  
LABORATÓRIO PROVINCIAL DE HIGIENE DE ÁGUAS E ALIMENTOS

BOLETÍM DE ANÁLISE DE ÁGUA

Ficha nº	Registo nº	ES/LPHAA/SPS-GZ/2023
Código: BS	Início da análise: 04/10/2023	
Coleta: 04/10/2023	Data fim da análise 10/10/2023	
Recepção: 04/10/2023	Motivo da colheita: Estudo	
Volume: 500 ml		
Requisitante: Lazio Chihanhe		

Parâmetros	Resultado	Método	Limite		Unidades	Tipos de Análises
			Mínimo	Máximo		
C.fecais	Ausente	Membrna filtrante	-	Ausente	UFC/100ml	Microbiológicas
Cond. eléctrica	12008	Electrometria	50	2000	µs/cm	Físico-Químicas
Turvação	0.92	Nefelométrico	-	5	NTU	
Nitratos	0.58	Colorimétrico	-	50	mg/l	
Nitritos	0.033	Colorimétrico	-	3.0	mg/l	
Nitrogénio	0.81	Diferença	-	-	mg/l	
DBO	3.04	Electrometria	-	-	mg/l	
Fosfatos	0.03	Colorimetria	-	-	mg/l	

JUIZO

A água analisada é imprópria de acordo com o regulamento de águas para o consumo humano. Diploma ministerial n° 180/2004 de 15 de Setembro.

**OBSERVAÇÕES:** o resultado refere-se apenas a amostra analisada.





REPÚBLICA DE MOÇAMBIQUE  
PROVINCIA DE GAZA  
SERVIÇO PROVINCIAL DE SAÚDE  
LABORATÓRIO PROVINCIAL DE HIGIENE DE ÁGUAS E ALIMENTOS  
BOLETIM DE ANALISE DE ÁGUA

Ficha nº	Registo nº	ES/LPHAA/SPS-GZ/2023
Código: CS	Início da análise: 04/10/2023	
Coleta: 04/10/2023	Data fim da análise: 10/10/2023	
Recepção: 04/10/2023	Motivo da colheita: Estudo	
Volume: 500 ml		
Requisitante: Lázio Chihanhe		

Parâmetros	Resultado	Método	Limite		Unidades	Tipos de Análises
			Mínimo	Máximo		
C. fecais	Ausente	Membrana filtrante	-	Ausente	UFC/100ml	Microbiológicas
Cond. eléctrica	12019	Electrometria	50	2000	µs/cm	
Turvação	0.74	Nefelométrico	-	5	NTU	Físico-Químicas
Nitratos	0.55	Colorimétrico	-	50	mg/l	
Nitritos	0.039	Colorimétrico	-	3.0	mg/l	
Nitrogénio	0.83	Diferença	-	-	mg/l	
DBO	2.92	Electrometria	-	-	mg/l	
Fosfatos	0.03	Colorimetria	-	-	mg/l	

**JUIZO**

A água analisada é imprópria de acordo com o regulamento de águas para o consumo humano. Diploma ministerial nº 180/2004 de 15 de Setembro.

**OBSERVAÇÕES:** o resultado refere-se apenas a amostra analisada.

*(Assinatura)*  
Chefe do Laboratório  
*(Tit. Laboratório)*



REPÚBLICA DE MOÇAMBIQUE  
PROVINCIA DE GAZA  
SERVIÇO PROVINCIAL DE SAÚDE  
LABORATÓRIO PROVINCIAL DE HIGIENE DE ÁGUAS E ALIMENTOS  
BOLETIM DE ANALISÉ DE ÁGUA

Ficha nº		Registo nº	ES/LPHAA/SPS-GZ/2023
Código: AM		Início da análise: 04/10/ 2023	
Coleta: 04/10/2023		Data fim da análise 10/10/2023	
Recepção: 04/10/2023		Motivo da colheita: Estudo	
Volume: 500 ml			
Requisitante: Lázio Chihanhe			

Parâmetros	Resultado	Método	Limite		Unidades	Tipos de Análises
			Mínimo	Máximo		
C.fecais	Ausente	Membena filtrante	-	Ausente	UFC/100ml	Microbiológicas
Cond. eléctrica	11987	Electrometria	50	2000	µs/cm	Físico-Químicas
Turvação	1.13	Nefelométrico	-	5	NTU	
Nitratos	0.60	Colorimétrico	-	50	mg/l	
Nitritos	0.031	Colorimétrico	-	3.0	mg/l	
Nitrogénio	0.79	Diferença	-	-	mg/l	
DBO	3.14	Electrometria	-	-	mg/l	
Fosfatos	0.03	Colorimetria	-	-	mg/l	

**JUIZO**

A água analisada é imprópria de acordo com o regulamento de águas para o consumo humano. Diploma ministerial nº 180/2004 de 15 de Setembro.

**OBSERVAÇÕES:** o resultado refere-se apenas a amostra analisada.





REPÚBLICA DE MOÇAMBIQUE  
PROVINCIA DE GAZA  
SERVIÇO PROVINCIAL DE SAÚDE  
LABORATÓRIO PROVINCIAL DE HIGIENE DE ÁGUAS E ALIMENTOS  
BOLETIM DE ANÁLISE DE ÁGUA

Ficha nº	Registo nº /e 3 ES/LPHAA/SPS-GZ/2023
Código: BM	Início da análise: 04/10/2023
Coleta: 04/10/2023	Data fim da análise 10/10/2023
Recepção: 04/10/2023	Motivo da colheita: Estudo
Volume: 500 ml	
Requisitante: Lázio Chihanhe	

Parâmetros	Resultado	Método	Limite		Unidades	Tipos de Análises
			Mínimo	Máximo		
C.fecais	Ausente	Membrana filtrante	-	Ausente	UFC/100ml	Microbiológicas
Cond. eléctrica	12002	Electrometria	50	2000	µs/cm	
Turvação	0.85	Nefelométrico	-	5	NTU	Físico-Químicas
Nitratos	0.64	Colorimétrico	-	50	mg/l	
Nitritos	0.03	Colorimétrico	-	3.0	mg/l	
Nitrogénio	0.82	Diferença	-	-	mg/l	
DBO	3.0	Electrometria	-	-	mg/l	
Fosfatos	0.03	Colorimetria	-	-	mg/l	

**JUIZO**

A água analisada é imprópria de acordo com o regulamento de águas para o consumo humano. Diploma ministerial nº 180/2004 de 15 de Setembro.

**OBSERVAÇÕES:** o resultado refere-se apenas a amostra analisada.

O Chefe do Laboratório  
  
(Téc. Laboratório)



REPÚBLICA DE MOÇAMBIQUE  
 PROVINCIA DE GAZA  
 SERVIÇO PROVINCIAL DE SAÚDE  
 LABORATÓRIO PROVINCIAL DE HIGIENE DE ÁGUAS E ALIMENTOS  
 BOLETIM DE ANALISÉ DE ÁGUA

Ficha nº	Registo nº 169 ES/LPHAA/SPS-GZ/2023
Código: AS	Início da análise: 04/10/ 2023
Coleta: 04/10/2023	Data fim da análise 10/10/2023
Recepção: 04/10/2023	Motivo da colheita: Estudo
Volume: 500 ml	
Requisitante: Lázio Chihanhe	

Parâmetros	Resultado	Método	Limite		Unidades	Tipos de Análises
			Mínimo	Máximo		
C.fecais	Ausente	Membrana filante	-	Ausente	UFC/100ml	Microbiológicas
Cond. eléctrica	12007	Electrométria	50	2000	µs/cm	Físico-Químicas
Turvação	0.69	Nefelométrico	-	5	NTU	
Nitratos	0.55	Colorimétrico	-	50	mg/l	
Nitritos	0.04	Colorimétrico	-	3.0	mg/l	
Nitrogénio	0.80	Diferença	-	-	mg/l	
DBO	2.99	Electrometria	-	-	mg/l	
Fosfatos	0.03	Colorimetria	-	-	mg/l	

**JUIZO**

A água analisada é imprópria de acordo com o regulamento de águas para o consumo humano. Diploma ministerial nº 180/2004 de 15 de Setembro.

**OBSERVAÇÕES:** o resultado refere-se apenas a amostra analisada.

*(Assinatura)*  
 (Téc. Laboratório)



REPÚBLICA DE MOÇAMBIQUE  
 PROVINCIA DE GAZA  
 SERVIÇO PROVINCIAL DE SAÚDE  
 LABORATÓRIO PROVINCIAL DE HIGIENE DE ÁGUAS E ALIMENTOS  
 BOLETIM DE ANÁLISE DE ÁGUA

Ficha nº	Registo nº 105ES/LPHAA/SPS-GZ/2023
Código: AP	Início da análise: 04/10/ 2023
Coleta: 04/10/2023	Data fim da análise 10/10/2023
Recepção: 04/10/2023	Motivo da colheita: Estudo
Volume: 500 ml	
Requisitante: Lázio Chihanhe	

Parâmetros	Resultado	Método	Limite		Unidades	Tipos de Análises
			Mínimo	Máximo		
C.fecais	Ausente	Membra filtrante	-	Ausente	UFC/100ml	Microbiológicas
Cond. eléctrica	12005	Electrometria	50	2000	µs/cm	Físico-Químicas
Turvação	0.81	Nefelométrico	-	5	NTU	
Nitratos	0.63	Colorimétrico	-	50	mg/l	
Nitritos	0.04	Colorimétrico	-	3.0	mg/l	
Nitrogénio	0.87	Diferença	-	-	mg/l	
DBO	3.11	Electrometria	-	-	mg/l	
Fosfatos	0.03	Colorimetria	-	-	mg/l	

**JUIZO**

A água analisada é imprópria de acordo com o regulamento de águas para o consumo humano. Diploma ministerial nº 180/2004 de 15 de Setembro.

**OBSERVAÇÕES:** o resultado refere-se apenas a amostra analisada.



Xai-Xai- rua da praia-bairro patrice lumamba-unidade 6 (zona da USTM) ao lado do SPS - Tel: 841650825 / 878653555