



UNIVERSIDADE
EDUARDO
MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA
LICENCIATURA EM ENGENHARIA DO AMBIENTE

ESTÁGIO PROFISSIONAL

**Análise Dos Parâmetros Operacionais Da Qualidade Da Água Usada
Nas Câmaras Do Cultivo Do Camarão E Tilápia: Caso De Estudo
AQUAPESCA LDA**

Autora:

Domingas Tomé Wageito

Supervisor:

Prof. Doutor Jonas Valente Matsinhe, Eng^o



Maputo, Julho de 2023



**FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA
LICENCIATURA EM ENGENHARIA DO AMBIENTE**

ESTÁGIO PROFISSIONAL

**Análise Dos Parâmetros Operacionais Da Qualidade Da Água Usada
Nas Câmaras Do Cultivo Do Camarão E Tilápia: Caso De Estudo
AQUAPESCA LDA**

Autora:

Domingas Tomé Wageito

Supervisor:

Prof. Doutor Jonas Valente Matsinhe, Eng^o

Maputo, Julho de 2023

TERMO DE ENTREGA DE ESTÁGIO PROFISSIONAL

Declaro que a estudante finalista **Domingas Tomé Wageito** entregou no dia ___/___/2023 as ___ cópias do relatório do seu trabalho de estágio profissional com referência: _____ intitulado:

Análise Dos Parâmetros Operacionais Da Qualidade Da Água Usada Nas Câmaras Do Cultivo Do Camarão E Tilápia: Caso De Estudo Aquapesca Limitada

Maputo, ___ de _____ de 2023

A Chefe da Secretaria

DECLARAÇÃO DE HONRA

Eu, Domingas Tomé Wageito, declaro por minha honra, que o presente relatório académico foi elaborado por mim própria. recorrendo aos documentos e ensinamentos adquiridos durante a formação, não se recorreu a quaisquer outras fontes, para além das indicadas, e todas as formulações e conceitos usados, quer adaptados literalmente ou adaptados a partir das ocorrências originais, encontram se devidamente identificadas e citadas.

Declaro ainda, que este relatório não foi apresentado a qualquer outra entidade ou instituição, para além da diretamente envolvida na sua elaboração, para efeitos de avaliação, apreciação ou recurso de suporte em outras pesquisas.

Maputo, Junho de 2023

A Autora

(Domingas Tomé Wageito)

DEDICATÓRIA

“Sem a direção dada por Deus, a conclusão deste trabalho não seria possível. Por isso dedico este trabalho a Ele com muita gratidão no coração.”

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus pelo dom da vida, por me capacitar com a sua mais infinita sabedoria, por me fortalecer, guardar, proteger e guiar para que eu pudesse alcançar o meu objectivo.

Aos meus pais Tome Wageito (em memoria) e Helena Jamal por acreditar em mim sempre, pelo apoio incondicional e pelos preciosos ensinamentos.

Agradecimentos especiais ao meu marido Wilson Dava pelo suporte, companheirismo, amor, carinho e cumplicidade em todos os momentos.

Ao meu supervisor Prof. Doutor Jonas Valente Matsinhe Eng^o. pelo apoio na realização do trabalho, pelo encorajamento e pelas dicas.

Aos meus colegas de turma e de grupo de estudos, em especial a Teresa Cavadias, Erica Momade, Jacinto Guibante, Nival Marcelino e Domingos Mugabe pelo apoio, conhecimento partilhado e companheirismo ao longo do curso.

As minhas amigas em especial a dr.Stella Cani (Amaga) e dr.Cerelda Nhanzilo (maza), pela motivação e força.

Ao dr. Marcell pela ajuda na coleta das amostras e realização das análises. A minha família em especial as minhas irmãs Dulce e Ângela pela confiança

À todos que direta ou indiretamente prestaram um apoio físico e emocional, vai o meu agradecimento.

RESUMO

O presente relatório foi realizado na Aquapesca, Lda, uma empresa vocacionada na produção de camarão e tilápia, localizado na província da Zambézia no distrito de Inhaassunge. A avaliação dos parâmetros físico-químicos como: temperatura, oxigénio dissolvido, potencial de hidrogénio, sólidos totais, salinidade, óxido de nitrogénio e amónia foi realizada. Os dados foram colectados em intervalo de 7 horas entre cada repetição no dia. O método de recolha de dados consistiu em amostragem não probabilística, estes resultados demonstram a importância dos estudos nesta área para definir com mais exactidão o procedimento metodológico. A avaliação dos parâmetros: temperatura, oxigénio dissolvido, e transparência foram determinadas "in situ". Para estes, utilizou-se um intervalo de amostragem de aproximadamente 15 dias, para a amostragem e a avaliação ocorreu em três níveis de profundidade da coluna de água; enquanto a avaliação dos níveis de nitrogénio, e nitrato ocorreu em intervalos de 17 dias e em dois níveis de profundidade da coluna de água. Os dados limnológicos foram colectados em intervalo de também de 7 horas entre cada repetição no dia. Durante a produção e processamento verificou-se a poluição da água por matéria orgânica e por meta bissulfito de sódio, que posteriormente houve um tratamento biológico e químico adequado. Após a realização dos ensaios conclui-se que os valores médios de pH (8,07) estiveram fora do padrão, visto que o ideal é de 6 a 7, o mesmo cenário foi verificado na concentração do oxigénio dissolvido que lugar de estar em torno de 5.0 mg/l apresentaram valores inferiores (4,87 mg/l). os parâmetros, como Temperatura, metais, TSS, salinidade e os compostos nitrogenados mostraram a normalidade, o que pode ser a responsabilidade do processo do cultivo.

Palavras-chave: Aquacultura, Parâmetros Físico-químicos e Qualidade Ambiental

ÍNDICE

DECLARAÇÃO DE HONRA	I
DEDICATÓRIA.....	II
AGRADECIMENTOS	III
RESUMO.....	IV
LISTA DE SÍMBOLOS OU ABREVIATURAS	VIII
LISTA DE FIGURAS.....	X
LISTA DE TABELAS	XI
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. PROBLEMATIZAÇÃO.....	1
1.2. OBJECTIVOS	2
1.2.1.Objectivo geral.....	2
1.2.2. Objectivos Especificos.....	2
1.3. METODOLOGIA	2
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1. CONCEITO DE AQUACULTURA	3
2.2. CONCEITO DE HIDROPONIA.....	4
2.2.1. Aquaponia.....	4
2.3. PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DA QUALIDADE DA ÁGUA.....	7
2.3.1. Temperatura.....	7
2.3.2. Transparencia.....	8
2.3.3. Turbidez.....	9
2.3.4. Oxigenio Dissolvido.....	9

2.3.5. Potencial de Hidrogeniónico (pH).....	10
2.3.6. Alcalinidade.....	11
2.3.7. Compostos Nitrogenados.....	12
2.3.8. Conductividade Eletrica.....	12
2.4. MACROINVERTEBRADOS AQUÁTICOS COMO BIOINDICADORES DE QUALIDADE DA ÁGUA	13
2.5. VALOR IDEAL PARA OS PARÂMETROS DE QUALIDADE DE ÁGUA.....	14
2.6. BIOSEGURANÇA	15
2.7. QUADRO LEGAL DA AQUACULTURA EM MOÇAMBIQUE	15
2.7.1. Legislação sobre produtos da Aquacultura.....	16
2.7.2. Legislação sobre o Meio Ambiente.....	16
2.8. CONSTITUIÇÃO DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA	17
2.9. SEQUÊNCIAS DE TRATAMENTO DA ÁGUA	17
2.9.1. Desinfecção e Aeração.....	18
3. ÁREA DE ESTUDO	20
3.1. LOCALIZAÇÃO.....	20
3.2. DESCRIÇÃO DAS INSTALAÇÕES E ACTIVIDADES CORRENTES.....	21
3.2.1. Alimentação.....	22
3.2.2. Preparação do Tanque de Cultivo.....	24
3.2.3. Controlo da Qualidade da Água.....	25
4. MATERIAIS E MÉTODOS	26
4.1. MATERIAIS	26
4.2. DESCRIÇÃO DO MÉTODO.....	27
4.2.1. Tecnica de Amostragem.....	27

4.2.2. Procedimentos para medição do pH do solo.....	28
4.3. IDENTIFICAÇÃO DE FONTES DE CONTAMINAÇÃO DA ÁGUA	29
4.4. TRATAMENTO DE EFLUENTES	30
4.4.1. Tratamento Biológico.....	30
4.4.2. Tratamento Químico.....	30
4.5. CÁLCULO DA CAPACIDADE DE PRODUÇÃO DO AMBIENTE DE CRIAÇÃO	31
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	34
5.1. VARIAÇÃO DE PARÂMETROS FÍSICOS	34
5.1.1. Análise da Temperatura.....	34
5.1.2. Análise da Salinidade.....	35
5.1.3. Análise de Total de Sólidos Suspensos.....	37
5.2. VARIAÇÃO DE PARÂMETROS QUÍMICOS	38
5.2.1. Análise do Oxigênio Dissolvido.....	38
5.2.2. Análise do pH.....	39
5.2.3. Análise da Alcalinidade.....	40
5.2.4. Análise dos Compostos Nitrogenados.....	40
6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	43
6.1. CONCLUSÕES.....	43
6.2. RECOMENDAÇÕES	43
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	45
ANEXOS	50

LISTA DE SÍMBOLOS OU ABREVIATURAS

CaCO ₃	Carbonato de Cálcio
CaO	Óxido de Cálcio
Ca(OH) ₂	Hidróxido de cálcio
Cal	Calcário
CE	Condutividade Eléctrica
CO ₂	Dióxido de Carbono
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
cv	Cavalo vapor
C/N	Carbono/Nitrogénio
cm	Centímetros
DUAT	Direito de uso e aproveitamento de terras
E	Este
FAO	Food and Agriculture Organization
g	gramas
g/m ²	Gramas por metro quadrado
GIIBS	Grupo interinstitucional da biossegurança
ha	Hectare
HACCP	Ponto crítico de controlo de análises de perigo
Km	Quilometro
Kg/m ³	Quilograma por metro cubico
Kw/h	Quilowatts por hora
KOH	Hidróxido de potássio
Lda	Limitada
MBS	Metas sulfito de sódio
Mg/L	Miligrama por litro
Na ₂ S ₂ O ₅	Metas sulfito de sódio
NaHCO ₃	Bicarbonato de sódio
NH ₄ ⁺	Amónio ionizada
NH ₃	Amónia

NO ₂ ⁺	Nitrito
NO ₃ ⁻	Nitrato
O ₂	Oxigênio
OD	Oxigênio Dissolvido
ONU	Organização das Nações Unidas
ppm	Partes por milhão
pH	Potencial Hidrogeniônico
PL's	Pois Larvas
S	Sul
S‰	Salinidade
SENAR	Serviço Nacional de Aprendizagem Rural
ton	Tonelada
T	Temperatura
TSS	Sólidos Suspensos Totais
UEM	Universidade Eduardo Mondlane
UNT	Unidade Nefelométrica de Turbidez
V	Volte
WSSV	Vírus da síndrome da mancha branca
°C	Graus celsius
µS/cm	Microsiemens por Segundo
%	Porcentagem

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Ciclo Biológico no Sistema Aquapónico.....	5
Figura 2: Funcionamento Básico de um Sistema Aquapónico.....	6
Figura 3: Tabela de pH para sistema aquapónico.....	11
Figura 4: Constituição dos Sistemas de Abastecimento de Água.....	17
Figura 5: Tanque em Aeração.....	19
Figura 6: Área de Estudo.....	20
Figura 7: Vista Aérea das Instalações.....	21
Figura 8: Variedades de Ração e Granulometria.....	22
Figura 9: Alimentação do Camarão.....	23
Figura 10: A-Aplicação de calcário com os viveiros seco B- Aplicação de calcário durante o enchimento.....	24
Figura 11: Representação do “Disco de Secchi” para medição da transparência da água.....	28
Figura 12: A- Coleta da amostra. B- Mistura da água com solo. C- Determinação de pH do solo.....	28
Figura 13: Equipamento de Aeração (Aerador do tipo Pá).....	29
Figura.14: Esquema de tratamento de efluente e abastecimento do tanque de cultivo.....	30
Figura 15: Neutralização de MBS na lagoa de estabilização.....	31
Figura 16: Resultados das análises das Temperaturas.....	35
Figura 17: Resultados das análises da salinidade.....	36
Figura 18: Resultados de análises de TSS.....	37
Figura 19: Resultados das análises do oxigénio dissolvido.....	38
Figura 20: Resultados das análises do pH.....	39
Figura 21: Resultados das análises da Alcalinidade.....	40
Figura 22: Resultados das análises dos Compostos Nitrogenados.....	41

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Avaliação do nível de eutrofização do ambiente, e produtividade esperada com o uso do disco de secchi.....	9
Tabela 2: Faixa de Tolerância dos Parâmetros de Qualidade de Água para Aquicultura.....	14
Tabela 3: Parâmetros de Qualidade de Água para Aquicultura.....	14
Tabela 4: Consumo diário de ração com base no peso e número de refeições nas fases de alevinagem e recria inicial.....	24
Tabela 5: Valores de pH do Solo, Alcalinidade Total da Água e dose de Calcário....	25
Tabela 6: Materiais, equipamentos e reagentes usados no campo e no laboratório durante o estágio.....	26
Tabela 7: Recolha de amostras durante o estágio.....	27
Tabela 8: Produtividade (kg/1.000 m ²) de acordo com a fase de crescimento para diferentes condições de criação.....	32
Tabela 9: Percentual de Consumo de ração por dia, ao final de cada fase, em relação ao peso dos peixes.....	33

1. INTRODUÇÃO

O crescimento constante da população mundial está cada vez mais a pressionar os recursos naturais, uma situação que leva a necessidade de se criar alternativas de resposta rápida como a criação de peixes em cativeiro (aquacultura). Neste contexto, a aquacultura tem-se mostrado cada vez mais como uma alternativa promissora para a redução da demanda, porém esta actividade nem somente trás aspectos positivos para o ambiente, daí que há necessidade de se potenciar os aspectos positivos e eliminar ou reduzir os aspectos adversos (negativos) de modo a equilibrar o crescimento populacional e o desenvolvimento económico associado a esta actividade, dessa forma, é fundamental estabelecer um processo de planeamento que leve em consideração as condições mais adequadas para atender às demandas socioeconómicas enquanto permite um desenvolvimento sustentável.

No caso específico de Moçambique, a aquacultura é uma actividade relativamente nova. A AQUAPESCA, LDA foi a empresa pioneira na implementação do projecto da aquacultura comercial de camarão e tilápia desde 1994 com um investimento avaliado em 50 milhões de euros.

O presente relatório foi elaborado em relação ao estágio profissional realizado na empresa AQUAPESCA, LDA, com duração de três meses, entre Junho `a Agosto de 2021. O trabalho tem como objectivo analisar os parâmetros operacionais da qualidade de água usada nas câmaras do cultivo de camarão e tilápia na empresa, de modo a reduzir ou eliminar uma eventual poluição ou contaminação do meio ambiente. Garantindo que haja um equilíbrio entre o crescimento populacional, economia, e meio ambiente.

1.1. PROBLEMATIZAÇÃO

O sector de aquacultura de camarão em Moçambique foi fortemente afetado pelo surto viral do WSSV em 2011, que reduziu drasticamente os níveis de produção da empresa AQUAPESCA LDA. Sendo que a priori a empresa vinha operando num sistema de produção semi-intensivo, o qual permitia uma produção de cerca de 1.5 ton/ha em dois ciclos de produção anual, o que correspondia a cerca de 800 ton/ano de camarão,

comercializados principalmente no mercado da União Europeia. De maneira que, desde então, a empresa tem investido na implementação de novas técnicas de produção, como a prática de aquacultura de peixe tilápia e o uso da tecnologia de bioflocos em sua produção de camarão. Ambos com o objectivo de comercializar nos mercados internacionais e processamento de amêijoas éramos exportados para Japão.

No entanto, é importante questionar se essas técnicas são realmente sustentáveis e se estão sendo implementadas de maneira adequada pela empresa. Pelo que surge a seguinte questão: Qual a influência das tecnologias de produção adoptadas pela AQUAPESCA, LDA no âmbito da sustentabilidade do cultivo de camarão e tilápia?

1.2. OBJECTIVOS

1.2.1. Objectivo Geral

O objectivo geral do presente trabalho é analisar os parâmetros operacionais da qualidade da água usada nas câmaras do cultivo de camarão e tilápia na empresa AQUAPESCA, LDA de modo a mitigar eventuais impactos negativos.

1.2.2. Objectivos específicos

Para alcançar o objectivo geral, foram definidos os seguintes objectivos específicos:

- Determinar os parâmetros físico-químicos obedecidos durante o cultivo;
- Identificar fontes de contaminação da água usada no cultivo e processamento.
- Propor medidas de tratamento de águas residuais no final do cultivo.

1.3. METODOLOGIA

Para elaboração do presente relatório e com vista a alcançar os objectivos definidos observou-se os seguintes momentos: breve identificação do processo produtivo, através da observação, aplicação de questionário, busca bibliográfica; recolha de dados. Finalmente, fez-se medições dos parâmetros operacionais e uma posterior análise dos dados, sua discussão e elaboração do relatório final.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. CONCEITO DE AQUACULTURA

De acordo com autores Dias & Mariano (2015), a aquacultura é a criação de organismos aquáticos em ambiente controlado ou semi-controlado. Diversas actividades são desenvolvidas dentro da Aquacultura, destacando-se entre elas: piscicultura (produção de peixes), canicultura (produção de rãs), malacocultura (criação de moluscos), carcinicultura (criação de camarões), quelonicultura (criação de tartarugas), bem como o cultivo de plantas aquáticas. Representando fonte alimentar e fonte de renda para a população, ela é vista como uma alternativa de sustento para o ser humano, garantindo alimentos de qualidade.

A produção de alimentos no mundo e a sustentabilidade têm sido temas de grande importância na actualidade. A Aquacultura, por sua vez, é uma prática ancestral que remonta ao Egito e à China. Desde tempos remotos, essas civilizações já criavam espécies como tilápia e carpa por meio da piscicultura (Siqueira, 2017). Em regiões subdesenvolvidas, é aliada na geração de empregos e renda, por possuir baixo custo, alta produtividade e tecnologia acessível.

Segundo a FAO (2018), a Aquacultura ultrapassou a produção da pesca desde 1990 e actualmente é responsável pela metade da comercialização global de peixe. Porém, há desafios nessa actividade. As alterações climáticas que estão ocorrendo actualmente provocam mudanças físicas, com destaque na temperatura e pH da água, impactando negativamente na aquacultura. Além disso, a Aquacultura requer a adição de nutrientes aos animais, que geram efluentes e resíduos como parte dos processos naturais de sobrevivência, resultando em consequências prejudiciais para o sistema e o meio ambiente..

A remoção desses poluentes é necessária por meio da substituição periódica da água, juntamente com a implementação de práticas de manejo ambiental para garantir o sucesso do sistema. Isso se deve ao fato de impactarem no sistema de criação, podendo diminuir o oxigénio dissolvido através do aumento de matéria orgânica e

concentrações de fósforo e nitrogénio, causando impactos externos, onde há a descarga dos efluentes (HENRY-SILVA & CAMARGO,2006).

2.2. CONCEITO DE HIDROPONIA

A hidropónia conceitua-se na produção agrícola sem uso do solo, através de soluções que provém os nutrientes necessários para o sustento e o desenvolvimento das plantas (SANTOS, 2000). A hidropónia é um tipo de horticultura, um método que utiliza soluções minerais nutritivas em vez de lavoura. Os exemplos mais antigos de hidropónia remontam às pinturas nas paredes do templo egípcio Deir El Bahari, com mais de quatro mil anos (SAVAS, *et al*, 2013).

Outro autor que oferece definição sobre hidropónia é Al-Ghafri (2018), que aponta que "a hidropónia é um método de cultivo de plantas em solo, usando solução de minerais dissolvidos na água. As plantas podem ser plantadas directamente na água ou em um meio inerte, como areia, perlita ou cascalho".

Todos autores supracitados concordam na ideia de que basicamente é necessário um reservatório para armazenamento da água com os elementos minerais essenciais para o crescimento das plantas, cujas raízes ficam imersas na solução absorvendo os nutrientes presentes na água. A solução nutritiva presente no reservatório, através de uma bomba de água, é circulada até o recipiente de crescimento das plantas, onde os nutrientes são absorvidos pelas raízes das plantas e a água não utilizada volta para o recipiente.

Por outro lado, BARRETO (2012) salientam que ela possui algumas desvantagens, entre elas a dependência de energia eléctrica e um possível problema com a aglomeração de nitrato nas plantas, pelo fato da solução nutritiva por vezes não estar devidamente equilibrada e possuir um grande número de impurezas - podem ocasionar uma nutrição deficiente para os vegetais, possuindo carga elevada de compostos químicos, oriundos da solução nutritiva artificial.

2.2.1. Aquaponia

Combinando o sistema hidropónico com a Aquacultura, originou-se a aquaponia, onde

sinergicamente, os pontos fracos de ambos sistemas são transformados em pontos fortes, minimizando a produção de resíduos e o provimento da entrada de nutrientes (GODDEKERT, *et al.*, 2015).

Trata-se de um sistema de Aquacultura em que o sistema produz peixes e outras culturas. Os resíduos produzidos por peixes cultivados ou outros animais aquáticos fornecem nutrientes para plantas cultivadas hidroponicamente, que por sua vez purificam a água (Al-GHAFI, 2018).

A aquaponia integra aquacultura e a hidropónia, de maneira que ambos os sistemas se complementam em uma Inter-relação benéfica, de forma simbiótica. Através da recirculação da água, que é o componente principal de um sistema aquapónico, resíduos tóxicos produzidos pelos peixes são transmutados em matéria orgânica e produtos não tóxicos, os quais servirão como subsídio indispensável para o cultivo das plantas em um sistema hidropónico, ou seja, um sistema onde a produção das plantas dispensa o uso do solo (RAKOCY, *et al.*, 2006).

Segundo Carneiro, *et al.* (2015), o processo simbiótico na aquaponia inicia-se a partir do fornecimento da ração aos peixes, que é a entrada de insumo mais importante nesse sistema. A Figura 1 ilustra a interação entre os componentes biológicos na aquaponia em quatro passos.

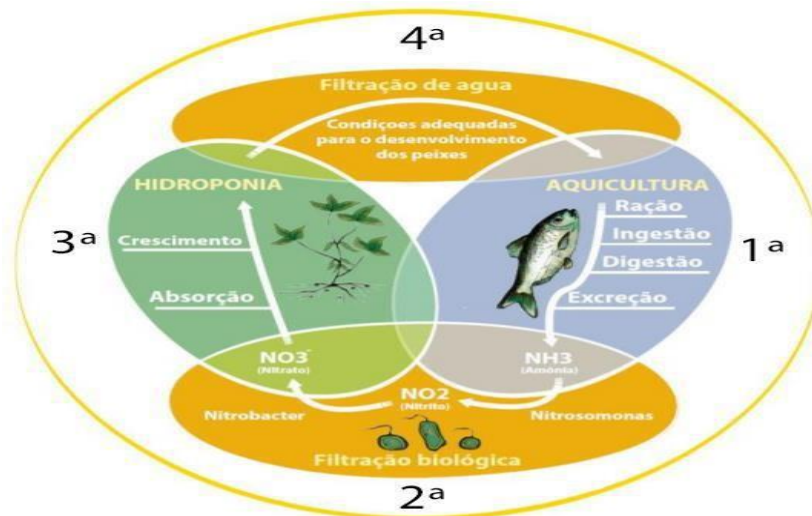


Figura 1: Ciclo Biológico no Sistema Aquapónico - **Fonte:** Canastra, 2017

A ração serve de alimento para os peixes. O resto da ração não ingerida e excreções produzidas são convertidos em nutrientes para as plantas, e o sistema de recirculação da água funciona como transporte dessas matérias orgânicas desperdiçadas dos peixes em alimentos para as plantas. Após a água com nutrientes circular e as plantas absorverem esses nutrientes, em conjunto com as bactérias, a filtragem biológica da água é realizada, tornando-a limpa e em condições apropriadas para o desenvolvimento saudável dos peixes. Podendo retornar aos tanques (WAHAP et al., 2010).

Tendo em vista que actualmente o sector agrícola é responsável por 70% da captação de água acessível no planeta, e em contrapartida, 60% da água utilizada é desperdiçada, faz-se necessária uma atenção com a provável escassez de água potável. Mitigar o desperdício da água na produção de alimentos é uma das alternativas que pode ser alcançada através da aquaponia. A Figura 2 demonstra de forma básica como funciona um sistema aquapónico, bem como a Aquacultura e a hidropónia se relacionam.

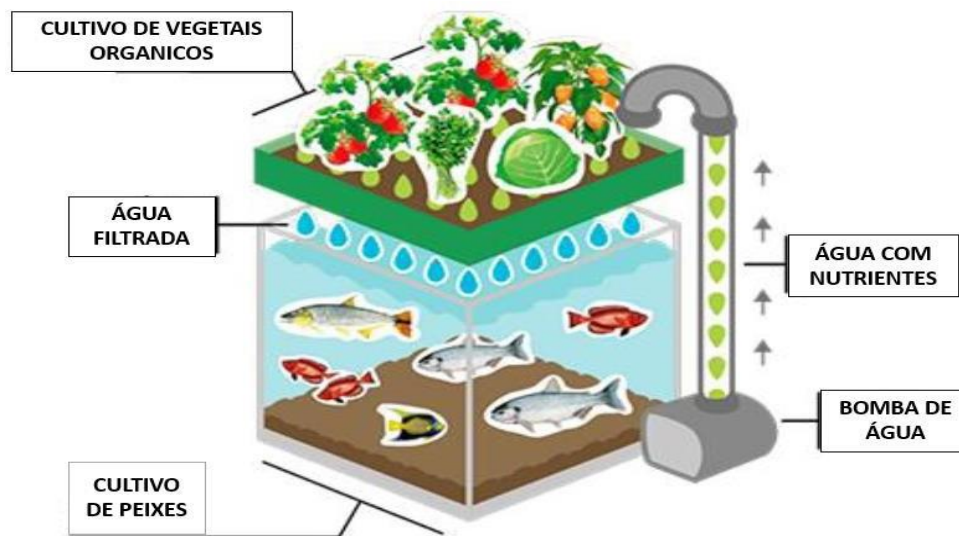


Figura 2: Funcionamento Básico de um Sistema Aquapónico - **Fonte:** Carneiro, *et al* (2015)

Pode-se dizer que um sistema aquapónico possui três componentes primordiais: a criação de pescados em fluxo contínuo, um sistema natural de filtragem e, por último, a hidropónia.

2.3. PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DA QUALIDADE DA ÁGUA

Peixes e outros organismos com potencial aquícola vivem na água, portanto, "a qualidade da água determina em grande medida o sucesso ou o fracasso de uma operação de piscicultura" (PIPER, et al., 1982). Porque a água é um requisito essencial para a aquacultura, qualquer plano de negócios devidamente elaborado para a Aquacultura deve descrever a qualidade e a quantidade de água disponível para o empreendimento proposto.

É fundamental que no momento de iniciar uma cultura em aquacultura, a sustentabilidade e a rentabilidade da atividade neste caso como os factores que influenciam e controlam parâmetros físicos-químicos e biológicos para proporcionar um ambiente seguro na qualidade da água favorável ao pescado, bem como gerar um meio lucrativo em sua produção, sejam devidamente conhecidos todos os parâmetros da qualidade da água.

De acordo com Osório (2018), pode-se classificar os parâmetros críticos de qualidade da água em dois grandes grupos: factores físicos (temperatura, transparência e turbidez) e factores químicos (pH, oxigénio dissolvido, amônia, alcalinidade e dureza total). Apontando ainda que um desequilíbrio em qualquer um desses parâmetros pode ter consequências graves, tais como baixas taxas de crescimento, estresse consequentemente podendo causar a morte dos peixes.

2.3.1. Temperatura

A temperatura é um dos factores mais relevantes na piscicultura, pois os peixes são animais de sangue frio, onde a temperatura do corpo varia com a temperatura da água e todo metabolismo dos peixes é afectado. De modo que altas temperaturas podem ser prejudiciais para a aquacultura por várias razões, não apenas porque há um limite superior de temperatura que um peixe não pode sobreviver, mas a solubilidade do oxigénio na água e sua disponibilidade para os peixes diminuem com o aumento da temperatura. Para além disso, a necessidade de oxigénio dos seres aquáticos aumenta à medida que a temperatura aumenta. Mudanças repentinas de temperatura, mais frias ou mais quentes, geralmente são prejudiciais (OSÓRIO, 2018).

Monitorar a temperatura da água da lagoa de cultivo é controlar um factor físico que sem os cuidados necessários pode adoecer a lavoura ou gerar mortalidade, a faixa adequada para o desenvolvimento e crescimento é de 22°C a 30°C. A água da lagoa naturalmente exposta à radiação solar é mais quente na superfície e mais frio no fundo para intervir melhor nesta temperatura. Uma maneira é substituir a água por um sistema de drenagem para as lagoas (ARUMENTO & ROJAS DUARTE, 1999).

A temperatura da água também pode afectar outros factores, em grau elevado, ela aumenta a taxa metabólica de todos os seres vivos que habitam na água (peixes, bactérias e plantas). Com o metabolismo acelerado, o consumo de oxigénio aumenta, isso implica, para os peixes, o aumento da excreção. Idealiza-se que, para que o sistema de filtragem tenha um rendimento óptimo, a temperatura esteja entre 25°C a 28°C (RAKOCY, et al., 2006). E dentre as alternativas para o controle da temperatura da água, para temperaturas elevadas recorre-se ao uso de sistemas de refrigeração, ou tentar aumentar a circulação da água; no caso das temperaturas baixas, o uso de resistências (aquecedores) é uma das alternativas (LOURENÇO; MALTA & SOUZA, 1999).

2.3.2. Transparência

Na aquacultura, a clareza da água é importante, pois permite a passagem de fotossíntese (raios solares) e desenvolvimento de algas naturalmente produzidas pelo lago. Este processo natural dá um alto nível de oxigénio que beneficia a respiração dos peixes. A transparência da água diminui em função da profundidade e da turbidez. Os valores de transparência variam durante o dia, interferindo directamente no teor de oxigénio dissolvido. São responsáveis por essa variação, a quantidade de plâncton, circulação de água, natureza da bacia hidrográfica e o regime de chuvas.

Na Tabela 1, está demonstrada a avaliação do nível de eutrofização do ambiente e produtividade de peixes esperada em tanques rede usando o disco de secchi. Para o manejo em tanques de terra, recomenda-se uma produção primária, com aproximadamente 40 a 80 cm de transparência da água. No entanto, deve-se suspender a adubação quando chega a 20 cm. Para apreciação do nível de oxigénio em água

completamente saturada, em relação às temperaturas variadas.

Tabela 1: Avaliação do nível de eutrofização do ambiente, e produtividade esperada com o uso do disco de secchi

Transparência da água	Nível de nutrientes	Produtividade esperada
≥2,0m	Pobre	≥200 kg/m ³
0,8–2,0m	Médio	Até 200 kg/m ³
0,4–0,8m	Rico	Até 1500 kg/m ³

Fonte: Adaptada Kubitza (2000)

2.3.3. Turbidez

A turbidez é um dos factores que influenciam na transparência da água, pois está diretamente relacionada à quantidade de partículas em suspensão. A transparência, por sua vez, é responsável por regular a penetração de luz na água. Segundo a EMBRAPA (2017), as águas turvas são inapropriadas para a Aquacultura. Os sedimentos que causam a turbidez impedem a penetração da luz solar, dificultando a fotossíntese e recobrem os ovos de peixes, além de provocar entupimento das brânquias causando a mortalidade dos mesmos.

Se a água é muito limpa, sem turbidez, a luz pode penetrar dezenas de metros na água, o que não ocorre se a água apresentar muitas partículas em suspensão. O ideal é que a luz penetre cerca de 0,4 a 0,8 metros. Manter a turbidez em torno de 100 UNT através do controlo de Sólidos Suspensos Totais (TSS) e a limpeza rotineira do sistema de filtros é uma prática indispensável.

2.3.4. Oxigénio Dissolvido

Na aquacultura o oxigénio dissolvido é um dos parâmetros mais importante. que é fornecido na forma de oxigénio dissolvido na água, através de fontes como o ar atmosférico, a processo da fotossíntese e pelo uso de aeradores. A concentração do oxigénio na água não pode ser inferior a 60% de saturação, ou 5 ppm, para que, dessa forma, garanta o bem-estar e crescimento dos peixes, e o correto funcionamento do sistema de filtragem. A falta de oxigénio acarreta numa má qualidade de vida dos peixes

e plantas, comprometendo seu desenvolvimento, podendo, em casos com níveis baixíssimos de oxigênio, levar a morte (RAKOCY, et al., 2006).

Para manter o nível de oxigênio dissolvido adequado utiliza-se aeradores, outro factor que tem grande influência na quantidade de oxigênio dissolvido é a temperatura da água, quanto mais baixa for a temperatura, mais oxigênio estará presente na água; quanto mais alta for a temperatura, menor será a quantidade de oxigênio no meio aquoso. (Vide ANEXO III)

2.3.5. Potencial de Hidrogênio (pH)

Na aquacultura, os níveis de pH devem ser monitorados, porque, sendo um dos componentes mais importantes da mesma, pode afetar sua qualidade e interferir nos processos químicos e biológicos. É um factor químico que mede o grau de acidez ou alcalinidade da água do tanque, esses níveis variam de 0 a 14 e naturalmente a água tem um pH entre 6 e 9,5, mas a água da piscicultura deve ser mantida em 7 (OSÓRIO, 2018). O pH da água é fortemente influenciado pela respiração, fotossíntese, tipo de solo adubação, calagem e pela poluição. Ao realizar a fotossíntese o fitoplâncton retira o CO₂ da água, aumentando o pH, a respiração do CO₂ contribui para a redução do pH. As alterações no pH da água podem provocar até mesmo altas mortalidades.

As águas fortemente poluídas podem tornar-se ricas em gás carbônico, além de outros gases que, se desprenderem do fundo do viveiro sob forma de bolhas, como o gás sulfídrico, provocará a ocorrência do aumento das reações da decomposição, devido ao excesso de matéria orgânica que ocorre no fundo do viveiro. Além do aumento do CO₂, pode acarretar a diminuição do pH, dissolução dos carbonatos, entre outros.

A figura 3 mostra os respectivos valores de pH relacionados aos diferentes organismos presentes no sistema aquáticos. Nota-se que entre os organismos aquáticos, o peixe é o que se adapta com mais facilidade nesse tipo de sistema.



Figura 3: Tabela de pH para sistema aquapônico - Fonte: Adaptado de ECOFILMS (2010)

De acordo com Rakocy, et al. (2006), para manter o pH no valor ótimo em um sistema de cultivo, faz-se o uso de soluções básicas como Bicarbonato de Sódio (NaHCO_3), Carbonato de Cálcio (CaCO_3) ou então com o uso de Hidróxido de Cálcio (Ca(OH)_2) e/ou Hidróxido de Potássio (KOH), suplementando assim o sistema com Cálcio e Potássio.

2.3.6. Alcalinidade

A alcalinidade é a medida da presença de bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos na água. A concentração desses íons na água tem a capacidade de tamponar o pH, de modo que quanto maior a concentração desses íons, o pH permanecerá estável. E em menor concentração, a alcalinidade pode afetar as brânquias dos peixes. O nível desejável de alcalinidade está acima de 20 mg/l de CaCO_3 , sendo que entre 200 a 300 mg/l de CaCO_3 , são os mais indicados. A maneira pela qual as condições podem ser melhoradas quando as baixas concentrações estão presentes é adicionar calcário à

água do tanque e, então, melhorar a produtividade com fertilizante orgânico (ARUMENTO & ROJAS DUARTE, 1999).

A ideia que fica é de que águas "moles" aumentam a sensibilidade dos peixes aos metais tóxicos. Portanto, é desejável alguma dureza. No entanto, às vezes a dureza excessiva de um aquário pode limitar o desenvolvimento dos peixes.

2.3.7. Compostos Nitrogenados

A maior fonte de nitrogénio amoniacal em aquacultura é a excreção realizada pelos peixes, a decomposição da matéria orgânica não consumida. A amónia na água encontra-se na forma ionizada (NH_4^+), muito pouco tóxica e NH_3 muito tóxica, sua toxicidade aumenta em função do aumento de pH e da temperatura. Os ions nitratos (NO_3^-), nitritos (NO_2^-) e amónio (NH_4^+) são as formas de nitrogénio mais utilizadas pelos produtores primários, suas concentrações são governadas pelos processos biológicos, bem como a oxidação e redução realizada pelos micro-organismos (PETERSON, et al, 2001)

2.3.8. Condutividade Eléctrica

Outro factor extremamente importante na qualidade da água é o nível de sais minerais presente na solução. Esse pode ser medido de maneira rápida através do teste de Condutividade Eléctrica (CE). É uma medida que consiste em obter a capacidade de um material carregar carga eléctrica. Quanto maior for o número de íons presente na solução, maior é o nível de CE.

Taxas altas de condutividade significam alto teor de decomposição de matéria orgânica. A condutividade eléctrica é um fator essencial para determinar a quantidade de nutrientes disponíveis e identificar possíveis problemas relacionados à poluição da água no sistema aquapônico. É importante ressaltar que a condutividade eléctrica ideal pode variar de acordo com o tipo de cultivo e o clima da região onde o sistema é utilizado. Para o desenvolvimento em aquacultura, a faixa varia entre 20 e 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (QUEIROZ, et al., 2017).

2.4. MACROINVERTEBRADOS AQUÁTICOS COMO BIOINDICADORES DE QUALIDADE DA ÁGUA

O estudo da qualidade da água é comumente realizado por meio de caracterização físico-química e parâmetros bacteriológicos. No entanto, a presença de novos poluentes descarregados às vezes quando um registro exato de sua incidência pode não ser alcançada, levou à exploração de diferentes metodologias para determinar a qualidade em um corpo de água: a bioindicação por meio de organismos aquáticos (MUSTAPHA, 2008). A utilização desses indicadores biológicos ou bioindicadores baseia-se na análise da alteração da comunidade de organismos que habitam os ecossistemas fluviais diante de uma determinada perturbação, caso da aquacultura.

Este fato contrasta com os indicadores de qualidade físico-química, uma vez que as informações fornecidas por estes são apenas representativas das condições momentâneas da água. Existem diferentes tipos de indicadores biológicos dos ecossistemas fluviais, como microrganismos, macrofilas ou peixes. No entanto, um dos grupos mais usados e estabelecidos pelas diretivas internacionais como um tipo ideal de indicador do impacto da piscicultura na água são os macroinvertebrados aquáticos. Isto acontece por diversas razões: i) sua alta diversidade; ii) são relativamente fáceis de amostrar, iii) diferentes taxas têm diferentes exigências ecológicas; iv) os protocolos de amostragem e indexação são bem padronizados; e v) têm uma vida útil relativamente longa, o que permite integrar os efeitos da poluição ao longo do tempo (FERNANDEZ, 2012).

Por definição, Pérez, et al. (2020) apontam que os macroinvertebrados aquáticos são aqueles invertebrados com um tamanho superior a 500 μm , entre animais como esponjas, planárias, sanguessugas, oligoquetas, moluscos ou crustáceos, entre onde os caranguejos são encontrados.

2.5. VALOR IDEAL PARA OS PARÂMETROS DE QUALIDADE DE ÁGUA

Segundo Carneiro, et al. (2015), para manter os parâmetros nos seus devidos valores, faz-se o uso de algumas técnicas. Por exemplo, o fluxo de água que circula no tanque dos peixes é extremamente importante. Factores como a velocidade e a taxa de renovação da água devem ser levados em conta. Resumidamente apontados na Tabela 2 a seguir.

Tabela 2: Faixa de Tolerância dos Parâmetros de Qualidade de Água para Aquacultura

Parâmetro	Faixa de tolerância	Valor ideal
pH	6.0–9	6.5-7.0
Oxigénio Dissolvido	>3,0 mg/L	≥ 5,0 mg/L
Temperatura	18-36°C	23–25°C
Condutividade eléctrica	Varia conforme o ambiente	Varia conforme o ambiente
Turbidez	100UNT	100UNT

Fonte: Adaptado de Rakocy, et al. (2006).

Segundo o conselho nacional de meio Ambiente- CONAMA 354/2005, estabelecem os seguintes parâmetros para a aquacultura intensiva como mostra na tabela 3, considerando que a água integra as preocupações do desenvolvimento sustentável, baseados nos princípios da propriedade da prevenção, da prevenção, do poluidor-pagador, do usuário pagador e da integração bem como no reconhecimento do valor intrínseco da natureza.

Tabela 3: Parâmetros de Qualidade de Água para Aquacultura

Parâmetro	Valor Limite
pH	6.0–9
Oxigénio Dissolvido	≥ 5,0 mg/L
Nitrato	≤ 10 mg/L
Nitrito	≤ 1,0 mg/L
NH ₄ ⁺	≤ 5.0 mg/L
Temperatura	≤ 40 °C
Turbidez	100 UNT

Fonte: CONAMA 354/2005.

2.6. BIOSEGURANÇA

De acordo com Aarattuthodiyla & Wise (2017), biossegurança é um conjunto de práticas usadas no cultivo ou produção para minimizar a introdução, estabelecimento e disseminação de patógenos. Como as operações de Aquacultura sempre terão que lidar com patógenos, é uma abordagem sensata adoptar práticas de biossegurança, pois é melhor prevenir doenças do que curá-las. Essas práticas variam de acordo com as partes interessadas. Embora os processadores sigam as diretrizes do Ponto Crítico de Controle de Análise de Perigos (HACCP) para garantir que seus produtos sejam seguros para os consumidores, os produtores devem considerar a implementação de práticas que reduzam o risco de surto de doenças.

De acordo com GIIBS (2005), a biossegurança é o mecanismo para reduzir o risco potencial dos procedimentos, políticas e práticas de biossegurança incluem os que são usados diariamente ou rotineiramente, bem como aqueles que são necessários em situações de surtos de doenças. Um programa de biossegurança eficaz deve: prevenir ou minimizar problemas e factores de risco de doenças antes que ocorram; Detectar problemas que ocorrem; fornecer controlos e medidas adequadas; e avaliar os resultados.

2.7. QUADRO LEGAL DA AQUACULTURA EM MOÇAMBIQUE

Embora seja vasta a legislação atinente à actividade de aquacultura, foram resumidos quatro dispositivos considerados principais, com base no tema em voga. Sendo arroladas abaixo:

De acordo com a Lei-Quadro do Ambiente (Lei nº 20/1997, de 1 de outubro), qualquer actividade cuja natureza da localização, concepção ou escala possa causar impactos ambientais relevantes deve requerer uma licença ambiental.

A Lei nº 3/90, de 26 de Setembro (Lei das Pescas): no seu artigo 12.º menciona a aquacultura marinha e de água doce como competência da Secretaria de Estado das Pescas (para definir orientações gerais para a política de gestão e de desenvolvimento, para a autorização do estabelecimento da aquacultura marinha e para em coordenação com o Ministério da Agricultura, adoptar medidas de desenvolvimento da aquacultura de

água doce);

O Decreto nº 35/2001 (Regulamento Geral da Aquacultura). Sendo que o mesmo se encontra organizado em: Disposições gerais (I), Ordenamento e gestão da actividade (II), Autorização e licenciamento (III), Condições dos produtos da aquacultura e protecção do ambiente e dos recursos naturais (IV), Taxas, fiscalização e penalidades (V) e anexos, incluindo os respectivos formulários para autorização de estabelecimentos da aquacultura, licenças e respetivas penalidades;

A Lei nº 19/97 de 1 de Outubro (Lei das Terras): sendo como principais elementos relevantes para a aquacultura as disposições de que “Todas as terras são propriedade do Estado”; “As pessoas singulares ou colectivas podem solicitar a emissão de um Direito de Uso e Aproveitamento das Terras (DUAT).

A Decisão ministerial nº 70/97: este que estabelece as taxas para utilização da água.

2.7.1. Legislação Sobre Os Produtos Da Aquacultura

Resumiu-se dois dispositivos legais, sendo o Decreto nº 17/2001 (Regulamento de Inspeção e Garantia de Qualidade dos Produtos da Pesca), que aprova o regulamento relativo aos produtos pesqueiros e ao controlo da qualidade. Basicamente, este dispositivo legal define os procedimentos de inspeção do peixe, os requisitos de saúde e de licenciamento de infra-estruturas relacionadas com a pesca e as embarcações, a rotulagem dos produtos de peixe e os requisitos de embalagem;

Outra legislação é o Decreto nº 76/2009 (Regulamento geral do controlo higiénico-sanitário dos produtos alimentares de origem aquática).

2.7.2. Legislação sobre o Meio Ambiente

A Lei nº 20/91, de 23 de Agosto (Lei sobre o Ambiente), que ainda não menciona expressamente a aquacultura, estabelece as bases para a gestão do ambiente em todas as actividades públicas e privadas que possam ter repercussão ambiental, como é o caso da aquacultura, e estabelece as medidas de prevenção de danos e de protecção ambiental.

O Decreto nº 18/2004, 2 de Junho (Regulamento sobre Padrões de Qualidade

Ambiental e de Emissão de Efluentes) e Decreto nº 67/2010 (alteração a alguns artigos e anexos do Decreto nº 18/2004) que estabelecem os parâmetros de qualidade da água para piscicultura.

2.8. CONSTITUIÇÃO DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

Um sistema de abastecimento e distribuição de água é constituído por um conjunto de infraestruturas (vide Figura.4). A cada uma destas partes correspondem-lhe órgãos, constituídos por obras de construção civil, equipamentos eléctricos e electromecânicos, acessórios, instrumentação e equipamentos de automação e controlo. Cada órgão num sistema de abastecimento e distribuição de água tem uma função (SOUSA, 2001).

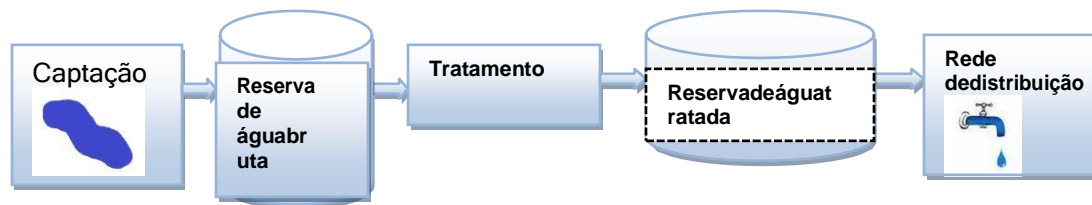


Figura 4: Constituição dos Sistemas de Abastecimento de Água - **Fonte:** A autora

O sistema de abastecimento de água é um sistema em "alta" se é constituído por um conjunto de componentes a montante da rede de distribuição de água, fazendo a ligação do meio hídrico ao sistema em "baixa". O sistema de abastecimento de água presta um serviço em "alta" e em "baixa" sempre que vincula o meio hídrico a um utilizador final (IP, 2008).

2.9. SEQUÊNCIAS DE TRATAMENTO DA ÁGUA

Os sistemas de tratamento de água para o cultivo primeiramente a água é captada e por sua vez passa por um processo de gradagem para a retirada de sólidos de maior dimensão, a posterior passam por filtração para a retenção de sólidos, seguida da "clorização". A partir do qual são mortos os microrganismos patogénicos. De salientar, no entanto, que apesar de haver um sistema "modelo", a sua implementação está sempre dependente de inúmeros factores, tais como a qualidade da água na origem, volume e caudal de água a tratar. Segundo SIMAS, *et al.* (2005), os processos de tratamento variam consoante a origem e qualidade da água, sendo que normalmente as águas superficiais necessitam de processos de tratamento mais complexos que as

águas subterrâneas.

2.9.1. Desinfecção e aeração

Antes do povoamento e após a pesca, os tanques de cultivo (engorda) passam por um período de secagem, o qual pode estender-se entre 7 a 30 dias, dependendo da época do ano, sendo mínimo durante a época chuvosa. Para manter o solo em condições adequadas que garantam um bom ambiente de cultivo, são feitas análises do solo para determinar a percentagem de matéria orgânica e o pH, sendo feitas correcções com aplicação de cal, caso se detectem níveis baixos de pH. Os ciclos de produção anteriores mostraram que as argilas presentes, ricas em carbonetos, processam muito bem a matéria orgânica e que o pH é muito estável na área de exploração.

Aproximadamente 30 dias antes do povoamento, os tanques são enchidos através de bombas, usando-se bolsas feitas de malha de 150 μ para filtrar a água que entra nos tanques. Após o enchimento, a água dos tanques é desinfectada com cloro a uma concentração de 40 ppm para eliminar todos os organismos que possam estar presentes na água. Após um período de 24 a 48 horas de *clorinação*, inicia-se o processo de fertilização da água.

O sistema de produção baseia-se na tecnologia de bioflocos, a qual tem como princípio o desenvolvimento de um meio de cultivo onde predominam as bactérias heterotróficas, responsáveis pela degradação da matéria orgânica produzida no tanque. A degradação dos produtos nitrogenados no tanque (amónia, nitrito e nitrato) pelas bactérias heterotróficas permite a manutenção de boa qualidade de água de cultivo, não sendo necessária a introdução de água de renovação, fazendo-se somente a compensação das perdas pela evaporação e infiltração. Observe-se o processo de aeração na Figura 5.



Figura 5: Tanque em Aeração - **Fonte:** A autora

O processo de preparação da água integra o uso de fertilizantes (ureia e superfosfato) para permitir o desenvolvimento da flora algas no tanque, e a suplementação com melaço de cana-de-açúcar para aportar o carbono necessário para o desenvolvimento das bactérias heterotróficas. A aeração dos tanques é feita através de aeradores tipo pá, posicionados de forma a garantir a circulação da água. O sistema de aeração permite o aporte de oxigênio, ao mesmo tempo que garante a homogeneização da coluna de água e a concentração dos resíduos na parte central do tanque, de onde são posteriormente retirados.

3. ÁREA DE ESTUDO

3.1. LOCALIZAÇÃO

O presente trabalho foi realizado na empresa AQUAPESCA, LDA, localiza-se nas seguintes coordenadas: latitude 17°53'31.62"S e longitude 36°52'32.38"E, em Licunguma, posto administrativo de Mucupia, distrito de Inhassunge, província da Zambézia.

A AQUAPESCA LDA foi pioneira na aquacultura comercial de camarão, operando desde 1994 com um investimento avaliado em 50 milhões de euros. A empresa iniciou a produção em regime piloto em 1997, com uma área de 20 hectares de viveiros, tendo ampliado a área de produção no ano de 2003 para 350 hectares de viveiros. A figura 6 ilustra o Mapa Aéreo da Área de Estudo.

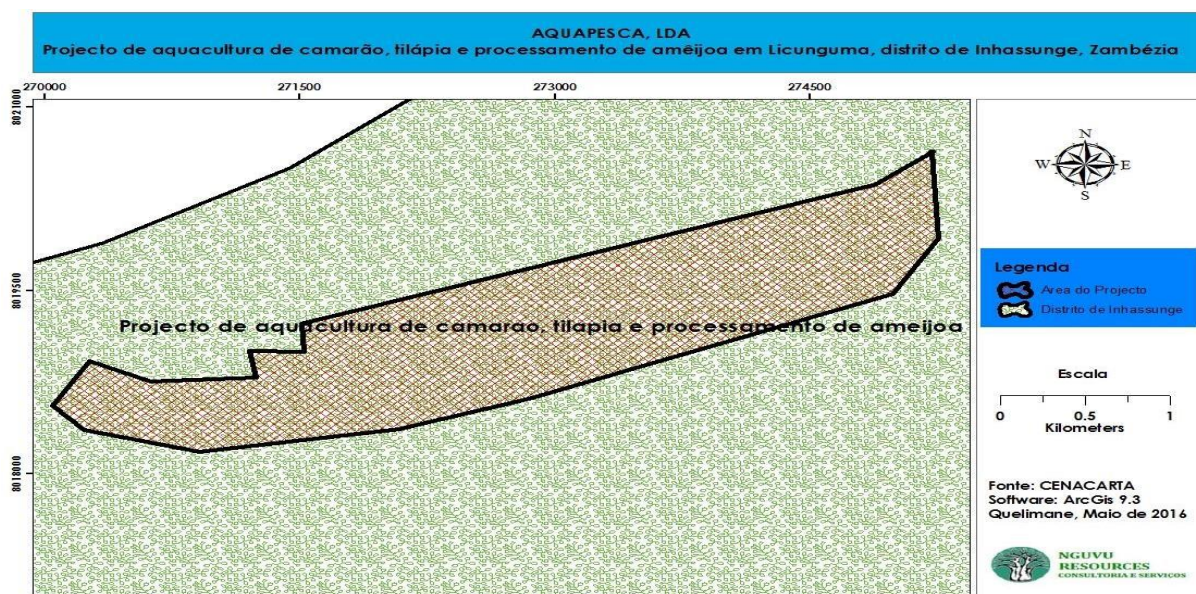


Figura 6: Área de Estudo - **Fonte:** Retirado de Castro Rassule (2021)

A empresa é uma sucursal do grupo francês OCEINDE (100% familiar), que iniciou as suas actividades em Moçambique em 1994. Trata-se do maior operador do sector, que integra verticalmente toda a indústria de aquacultura, desde o incubatório à exportação, através da ampliação, acondicionamento e armazenagem, atualmente com uma área de aproximadamente 403,82 hectares, como ilustra a figura 7 abaixo. A AQUAPESCA emprega normalmente cerca de 700 trabalhadores, sendo 400 do Distrito de

Inhassunge, e atingiu no ano de 2011 uma produção máxima total de 505 toneladas. Destas, 450 toneladas foram processadas e 426 exportadas.

A seleção do local para o estudo foi baseada no fato desta empresa possuir uma instalação de alta qualidade e funcionalidade, mantendo-se sempre na vanguarda da busca de novas tecnologias para o ramo.



Figura 7: Vista Aérea das Instalações - **Fonte:** IMPACTO (2012)

Por outro lado, importa salientar que se trata da primeira fazenda de camarão orgânico em Moçambique, sendo até então a mais experiente e bem estruturada instalação do tipo, tanto a nível provincial como nacional. Estando instalada numa zona com boa qualidade de águas, possuindo um rio com 8 metros de profundidade e solo argiloso a 10 km da foz; a AQUAPESCA se beneficia do importante fluxo das marés.

3.2. DESCRIÇÃO DAS INSTALAÇÕES E ACTIVIDADES CORRENTES

Para além dos viveiros concebidos para a engorda do camarão, a empresa possui, como parte de sua infraestrutura de produção, um laboratório para a reprodução e produção de larvas de camarão, com capacidade para 100 milhões de larvas ao ano e uma planta de processamento com capacidade para processar por congelamento em salmoura 10 toneladas de camarão por dia. Possui, ademais, laboratórios para análises

microbiológicas e de qualidade da água e outras infraestruturas ilustradas no Anexo III.

Para manter a qualidade da água e a sanidade dos animais, o fundo do tanque é limpo por *sifoneamento* 3 vezes por semana. Durante a limpeza, é observada a quantidade de resíduos presentes na água, incluindo sobras de ração, PL's mortas e flocos bacterianos depositados no fundo do tanque. Após permanecerem o período necessário para a estabilização e aclimatação, o qual pode variar entre os 7 e os 30 dias, as PL's são transferidos para os tanques de engorda. A transferência é realizada nas primeiras horas da manhã, quando a temperatura da água é ainda baixa. 24 horas antes da transferência para os tanques de engorda faz-se a observação dos animais para confirmar o peso médio e o estágio de muda.

3.2.1. Alimentação

A nutrição do camarão em crescimento baseia-se principalmente na administração de rações balanceadas, contendo um perfil nutricional adequado para o crescimento do camarão. As rações administradas são em forma granuladas, com teor proteico que varia entre 38 a 44%, sendo os valores mais altos correspondentes às etapas iniciais. Além da composição, o tamanho da ração deve ser adequado para que os alevinos capturem e engulam o alimento sem dificuldade. Na Figura 8 a seguir são apresentadas as diferentes granulometrias das rações utilizadas durante o cultivo (SENAR, 2017).



Figura 8: Variedades de Ração e Granulometria - **Fonte:** A autora

O cálculo da quantidade de ração é feito tomando em conta a biomassa existente no tanque e obedecendo a taxa de nutrição de acordo com o tamanho do camarão. A ração diária é distribuída em várias refeições, fazendo-se monitoramento do consumo através

de comedores, onde é colocada uma percentagem da ração através de alimentador automático (Anexo II).

O controlo do consumo (figura 9) permite reduzir as perdas e o desperdício de ração, com o qual se incrementa a eficiência económica da operação, ao tempo que se reduz o risco ambiental pelos níveis excessivos de matéria orgânica no fundo dos tanques e nas águas rejeitadas.



Figura 9: Alimentação do Camarão - **Fonte:** A autora.

A quantidade de ração a ser fornecida aos alevinos varia em relação à fase de crescimento e é baseada em uma proporção do próprio peso do animal. Porém, deve-se respeitar o apetite deles, bem como a condição da água do viveiro. Na Tabela 4 é possível ter referência da taxa de alimentação em relação ao peso dos alevinos e ao número de refeições diárias durante a alevinagem e recria inicial. Para saber o consumo diário de ração e o número de refeições que serão ministradas por dia é necessário saber a quantidade de peixes na alevinagem e qual o peso final desejado em cada fase de crescimento.

Tabela 4: Consumo diário de ração com base no peso e número de refeições nas fases de alevinagem e recria inicial.

Peso na fase de crescimento (g)	Tilápias		Camarão	
	Taxa de alimentação (%)	Refeições por dia	Taxa de alimentação (%)	Refeições por dia
0`a 1	15`a 10	6	15`a 10	6`a 5
1`a 20	10`a 6	6`a 5	10`a 6	5`a 4
20`a 50	6`a 5	5	6	4

Fonte: A autora

3.2.2. Preparação do Tanque de Cultivo

A limpeza do viveiro tem por objectivo eliminar os possíveis parasitas e/ou peixes invasores que competem pela ração com os peixes criados ou podem se alimentar deles. Seca-se o viveiro, abre-se a saída de água (tubo ou monge), retira-se o máximo da água do viveiro, se possível, até secar totalmente. Retira-se qualquer planta aquática, folhas, galhos presentes no viveiro. É importante a aplicação da cal (figura 10) onde, pelo fundo do viveiro, é distribuída a cal virgem nas poças de água na quantidade de 150 g/m² ou, se for a cal hidratada, a quantidade é de 200 g/m². A cal deve ser aplicada, pois esta permite a redução da acidez do solo, ou seja, aumenta o seu pH, além de fornecer cálcio e magnésio para o fitoplâncton.



Figura 10: A- Aplicação de calcário com os viveiros seco B- Aplicação de calcário durante o enchimento- **Fonte:** A autora

A cal virgem ou hidratada não deve ser aplicada em toda a extensão do fundo do viveiro, especialmente se estiver seco, pois isso pode resultar em desequilíbrio no pH da água, prejudicando o povoamento adequado do viveiro e podendo até levar à mortalidade dos alevinos. É importante ressaltar que o efeito da cal é imediato, portanto, o viveiro só deve ser reabastecido com água no dia seguinte à aplicação.

É importante ressaltar que a aplicação de calcário em excesso pode causar danos aos peixes e prejudicar a qualidade da água do tanque. Por isso, é fundamental seguir as recomendações e orientações de um profissional especializado em aquacultura para garantir o sucesso do cultivo de peixes em tanques de viveiro. Caso seja necessário aplicar o calcário, se deve calcular a dose com base no pH do solo e alcalinidade da água. Ou usando as informações da Tabela 5.

Tabela 5: Valores de pH do Solo, Alcalinidade Total da Água e dose de Calcário.

pH do solo	Alcalinidade total (mg/LdeCaCO₃)	Dose de calcário (g/m²)
4 a 5	< 10	300
5 a 6	10 a 20	200
6 a 7	20 a 30	100

Fonte: Adaptado do SENAR (2017)

3.2.3. Controlo de Qualidade da Água

Os parâmetros de qualidade da água nos tanques de produção (oxigénio, temperatura, pH, salinidade, amónia e nitrito) são monitorados periodicamente, para ter indicação da qualidade ambiental do meio de cultivo. Regulamente, são recolhidas amostras da água para realização de análises mais completas, incluindo parâmetros microbiológicos e químicos.

A matéria orgânica não digerida no tanque de cultivo será direcionada por bombeamento para os tanques de sedimentação, os quais serão povoados com peixes tilápia (*Oreochromis mossambicus*) os quais poderão consumir os resíduos, contribuindo para a depuração dos efluentes, ao tempo que convertem esses produtos em alimento para consumo humano.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. MATERIAIS

Para a prossecução da investigação no local de estudo, foram necessários alguns instrumentos para o controlo de parâmetros físicos e químicos que valem mencionarem na tabela 6

Tabela 6: Materiais, equipamentos e reagentes usados no campo e no laboratório durante o estágio.

Materiais usados no tanque	Utilidade	Materiais usados no laboratório	Utilidade
Copo plástico de 100ml	Medir as amostras	Oxímetro YSI® 550 ^a	Medir o oxigénio dissolvido e a temperatura.
Balde plástico de 20l	Conservar a terra para na medição do pH.	Salinómetro YSI30	Medir a salinidade.
Garrafa pet de 2l	Manter as substancias nas amostras.	pH metro	Medidor de pH
Enxada	Usada na escavação da terra para análise.	Espectrofotómetro HATCH DR3900	Determinar amónio e nitrito no laboratório.
Disco de Secchi	Medir a transparência e o nível de turbidez da água	Cuvete	Analisar amostra no espectrofotómetro.
Aerador do tipo pá	Permitir a incorporação do oxigénio.	Seringa	Regular as amostras nas cuvetes.
Termómetro	Medir a temperatura das amostras.	Agua destilada	Calibrar os instrumentos.
Caneta e caderno	Anotar as leituras feitas	Balança	Medir a massa em kg
Colmam	Conservar as amostras em temperatura ambiente	-----	-----

Fonte: A autora

4.2. DESCRIÇÃO DO MÉTODO

4.2.1. Técnica de amostragem

O processo de amostragem ocorreu, em virtude da visita à sede da AQUAPESCA, LDA num período de três meses, com uma periodicidade de 1 a 2 vezes por dia segundo mostra a tabela 7. No presente relatório foi aplicada a Amostragem não-probabilística. Ao contrário do método de amostragem probabilística, a técnica de Amostragem não-Probabilística utiliza métodos não aleatórios para extrair a amostra. Este método de amostragem envolve principalmente o julgamento. Em vez de harmonização, os participantes são selecionados porque são de fácil acesso (GIL, 1995).

Tabela 7: Recolha de amostras durante o estágio

Parâmetro	Periodicidade
Oxigénio	2 vezes por dia (7:00 e 1400h)
Temperatura	2 vezes por dia (7:00 e 1400h)
pH	1 vez por dia (7:00h)
Compostos Nitrogenados	1 vez por semana
SST	1 vez por semana
Salinidade	1 vez por dia (7:00h)

Fonte: A Autora

Para medição da transparência da água foi utilizado o “Disco de Secchi”. É um instrumento de medição em forma de disco, usado para estimar a transparência da água, figura 11. O instrumento fornece os resultados mais consistentes em condições de sol, meio-dia e águas calmas do lado sombreado de um barco para minimizar o reflexo na água. A profundidade de Secchi corresponde à profundidade na qual permanece aproximadamente 10% da luz da superfície (WETZEL, 1983).

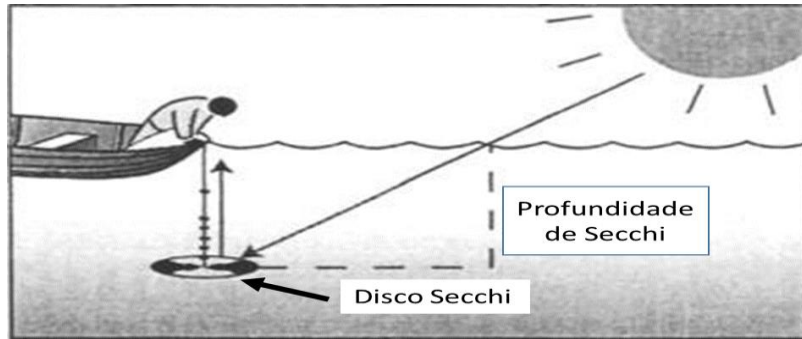


Figura 11: Representação do “Disco de Secchi” para medição da transparência da água- **Fonte:** Adaptado de <https://www.sciencedirect.com/topics/agricultural-and-biological-sciences/secchi-disk>

4.2.2. Procedimento para Medição do pH do Solo

A medição do pH compreendeu duas fases, a medição pH do solo dos tanques de cultivo e a medição do pH da água. O procedimento para medição do pH do solo em tanques de aquacultura é relativamente simples e pode ser realizado com a ajuda do pH metro ferramentas básicas. Usando a enxada, retira-se 5 amostras de 100 g de solo em diferentes locais dentro do viveiro, colocando-as num balde limpo e seco - É importante lembrar que as amostras devem ser coletadas em profundidades onde ocorre a maior concentração de sedimentos e onde os organismos aquáticos estão presentes. Mistura-se as amostras no balde e adiciona-se 200 mL de água destilada, como ilustram a figura 12 abaixo.



Figura 12: A- Coleta da amostra. B- Mistura da água com solo. C- Determinação de pH do solo- **Fonte:** A autora

O processo de aeração dos tanques é feito através de aeradores do tipo pás figura 13, modelo AGT-P-1, com uma potência de 1 CV e uma voltagem de 220v, consumo energético de 0,75 kw/h, capacidade de incorporação de oxigênio de 1,9 kg/h, com uma área de abrangência de 1000 a 2500 m², posicionados de forma a garantir a circulação da água. O sistema de aeração permite o aporte de oxigênio, ao tempo que garante a homogeneização da coluna de água e a concentração dos resíduos na parte central do tanque, de onde são posteriormente retirados.



Figura 13: Equipamento de Aeração (Aerador do tipo Pá) - **Fonte:** A autora

Para a medição da temperatura e do oxigênio dissolvido (OD), foi feita usando o oxímetro YSI® 550A. É um instrumento automático multi parâmetro e com uma configuração portátil, que fornece leituras simultâneas do oxigênio dissolvido e da temperatura (vide Anexo I).

Para a medição da salinidade, foi usado o Salinômetro YSI Pro30. É um instrumento multi parâmetro de fácil calibração que apresenta valores precisos.

4.3. IDENTIFICAÇÃO DE FONTES DE CONTAMINAÇÃO DA ÁGUA

Durante o cultivo e processamento, é possível verificar-se duas formas de contaminação, nomeadamente biológica ou por matéria orgânica oriunda da ração excessiva dos peixes durante a alimentação e contaminação química por meta bissulfito de sódio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$) durante o processamento do camarão.

4.4. TRATAMENTO DE EFLUENTES

4.4.1. Tratamento biológico

Nos empreendimentos de aquacultura de camarão, é indispensável o tratamento dos efluentes, devido principalmente à baixa capacidade de o ambiente natural absorver e diluir os efluentes gerados nos tanques de cultivo. Muitas das soluções usadas para o tratamento dos efluentes da aquacultura são técnica e financeiramente onerosas ou pouco eficientes para a maioria dos sistemas como mostra a figura 14. A tecnologia de bioflocos constitui um excelente método de cultivo, pois permite reduzir ao mínimo a geração de efluentes, e, por usar fontes naturais de carbono orgânico, para criar um ambiente em que os microrganismos presentes, particularmente as bactérias hipotróficas, usam os nutrientes para incrementar sua biomassa, contribuindo para a redução dos resíduos gerados.

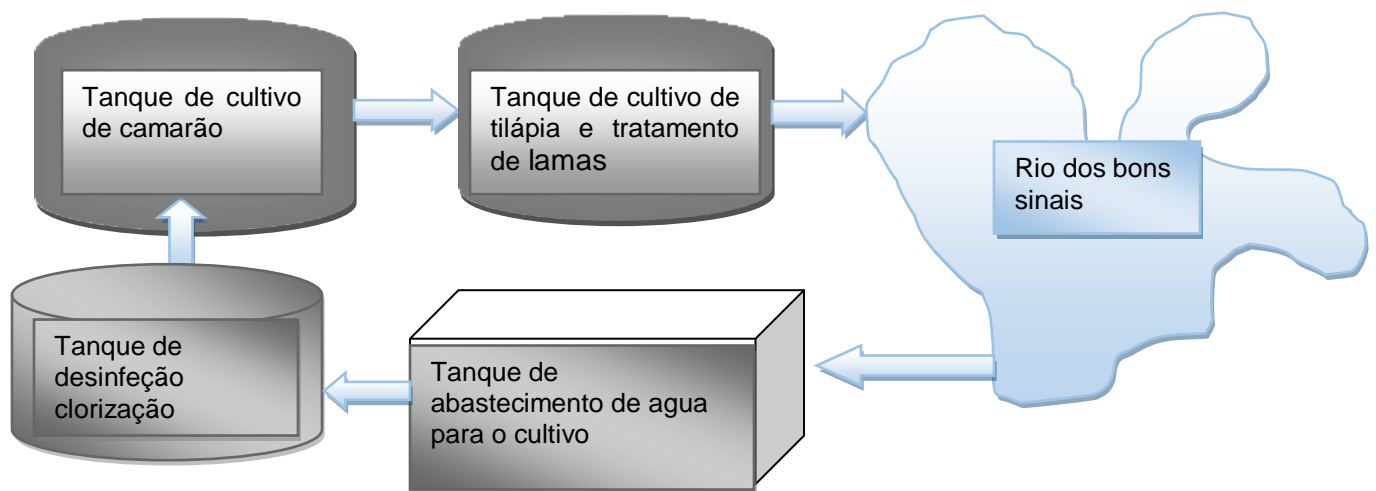


Figura 14: Esquema de tratamento de efluente e abastecimento do tanque de cultivo-

Fonte: A autora

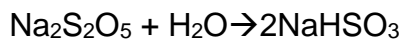
4.4.2. Tratamento químico

O Meta bissulfito de sódio (MBS) é um pó cristalino de coloração branca. Na aquacultura, é usado para prevenir a formação de melanose (manchas negras) em camarões durante a fase de processamento. Logo após a despesca, a solução de meta bissulfito de sódio não consumida durante o processo de despesca é o rejeito que quase sempre é descartado no ambiente sem nenhum tratamento.

Segundo Albuquerque (2005), este rejeito pode causar impactos negativos nos corpos de água natural, pois consome o oxigênio dissolvido, diminuindo a capacidade total, o que é ocasionado pela queda do pH. Cada miligrama de meta bissulfito de sódio pode consumir 0,15g de oxigênio dissolvido e também pode resultar em íons de hidrogênio suficientes para reduzir a alcalinidade total em torno de 0,48mg. O tratamento da meta bissulfito de sódio consiste na neutralização com uma base, neste caso o hidróxido de sódio, a partir da equação 1 e 2., e como é mostra a figura 15 abaixo.

Equação 1: **Hidrólise de Meta bissulfito de sódio**

Hidrólise de Meta bissulfito de sódio



Equação 2: **Redução da acidez da água** - Neutraliza-se hidrogenossulfito HSO_3^- por hidróxido de sódio

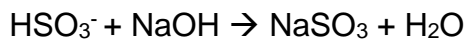


Figura 15: Neutralização de MBS na lagoa de estabilização – **Fonte:** A autora

4.5. CÁLCULO DA CAPACIDADE DE PRODUÇÃO DO AMBIENTE DE CRIAÇÃO

A quantidade de camarão ou peixes que se pode colocar em uma câmara de cultivo é variável. Mas, depende de factores, como: Qualidade da água do ambiente, principalmente pH e oxigênio dissolvido; Quantidade de resíduos depositados (fezes

dos peixes e restos de ração); e Troca de água ou sistema artificial de oxigenação, conhecido como aeração. Assim, cada um desses ambientes pode apresentar uma capacidade diferente de produção, dependendo da fase de crescimento dos peixes. Na Tabela 8 é recomendada a capacidade de produção (produtividade em quilogramas por 1.000 m²) em diferentes situações para as principais espécies produzidas.

Tabela 4: Produtividade (kg/1.000 m²) de acordo com a fase de crescimento para diferentes condições de criação

Condição da criação	Produtividade em quilogramas por 1.000m ²		
	Alevinagem	Recria	Engorda
Sem uso de aeradores em troca de água, repondo apenas as perdas por infiltração e evaporação.	100 a 120	200 a 250	500 a 600
Com uso de aeradores em troca de água, repondo apenas as perdas por infiltração Evaporação.	140 a 180	280 a 330	800 a 1.000
Com uso de aerador mais 5 a 10% de troca de água por dia.	200 a 350	350 a 600	1.000 a 2.000

Fonte: A autora

Para a fase de *alevinagem*, é comum criar os alevinos até atingirem 20 a 30g de peso em média, o que pode levar de 30 a 50 dias, dependendo da espécie e do clima local. No final desta fase, geralmente, os peixes consomem diariamente ao redor de 5% do próprio peso em quantidade de ração, conforme apresentado na Tabela 9. Na fase de recria, adoptada por muitos piscicultores, os peixes são criados até atingirem 300 a 400g. Em geral, no final desta fase, os peixes consomem cerca de 3% do próprio peso em quantidade de ração diariamente.

Tabela 9: Percentual de Consumo de ração por dia, ao final de cada fase, em relação ao peso dos peixes

%de consumo/dia	Ciclos		
Percentual de Consumo de ração Por dia, ao final de	Alevinagem	Recria	Engorda
Cada fase, em relação Ao peso dos peixes.	5%	3%	1%

Fonte: Sousa (2000)

A fase final, geralmente chamada de engorda, os peixes partem da recria e seguem até o tamanho de mercado, que varia de acordo com a espécie e o desejo do consumidor. Em geral, ao final da fase de engorda, os peixes consomem ao redor de 1% do próprio peso em quantidade de ração por dia.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A AQUAPESCA desenvolveu um sistema de produção revolucionário que, graças à economia de água, prefigura novos modelos resilientes às mudanças climáticas. A monitoria da qualidade de água é feita em dois pontos, nomeadamente no rio e no canal. Este procedimento é feito uma vez por semana e é baseado na consulta da tabela de maré, na qual está descrito o período de amostragem e altura de maré. Para o rio, considerou-se dois períodos que contemplam a pré-maré e baixa maré. E para o canal, foi considerado o primeiro período para medição do rio. (Vide ANEXO VI).

Para o bom desenvolvimento e uma boa produtividade, é necessário que os parâmetros operacionais como oxigénio dissolvido, a temperatura, o pH, os óxidos de nitrogénio, a salinidade, os sólidos totais e a transparência sejam monitoradas de uma forma rotineira. (Vide ANEXO VII).

5.1. VARIAÇÃO DE PARÂMETROS FÍSICOS

5.1.1. Análise da Temperatura

A temperatura tem impacto grande no desenvolvimento dos peixes, já que eles não têm capacidade de regular a temperatura do próprio corpo. Quando são mantidos em temperaturas abaixo ou acima do ideal, o apetite, o crescimento e a saúde podem ser prejudicados. Para os peixes tropicais, bons resultados na produção são alcançados em temperaturas da água entre 26 e 30°C (AFONSO & QUEIROZ, 2017). Ao passo que (ROKOCY, *et al*, 2006) afirma que a faixa de tolerância da temperatura varia entre 18 a 30°C, idealiza-se que para que o sistema de cultivo tenha um rendimento ótimo a faixa da Temperatura esteja entre 25 a 28°C. A figura 16 ilustra valores da variação da Temperatura ao longo das análises, que tiveram máximo de 32,6°C e mínimo de 21,4°C.

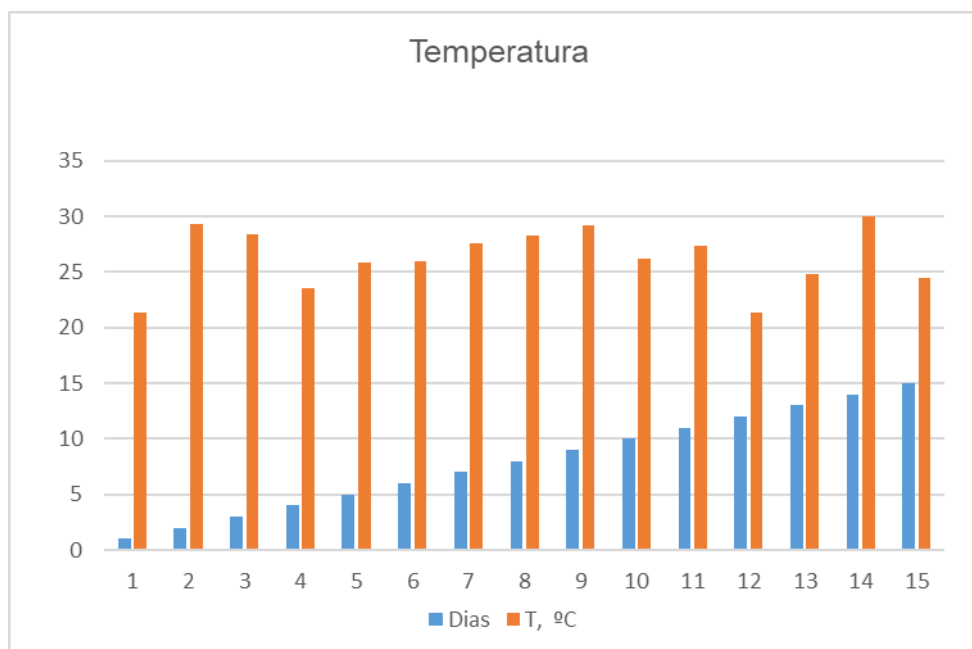


Figura 16: Resultados das análises das Temperaturas - Fonte: A Autora

Em relação ao parâmetro temperatura na figura 16, apresentou valores mínimos aceitáveis. Porém registou-se o aumento da temperatura para valores fora do padrão aceitável para o cultivo das espécies em causa. O aumento da T deveu-se ao aumento da taxa do metabolismo (alimentação), dos organismos que consequentemente levou o maior consumo do oxigénio. Factor que também é explicado pela mudança da temperatura do ar.

5.1.2. Análise da Salinidade

A Tilápia de Moçambique é uma espécie que se destaca por sua capacidade de tolerar ambientes salinos. De acordo com MACUÁCUA (2015), essa tilápia pode suportar salinidades de até 120 ppm, o que representa um grande diferencial em relação a outras espécies. Além disso, o valor ótimo de salinidade para essa tilápia em águas salgadas é superior a 20 ppm, o que mostra a sua grande adaptabilidade a esses ambientes. Com isso, torna-se uma opção bastante interessante para a aquicultura em áreas costeiras, desde que sejam mantidos os parâmetros ideais de salinidade na água. A figura 17 mostra os resultados obtidos da análise da salinidade, que variaram entre 6,6 a 41ppm, sendo o máximo e o mínimo respetivamente.

É importante ressaltar que um monitoramento constante da salinidade é fundamental para garantir o sucesso da produção. Ela pode afetar significativamente o comportamento dos peixes, afetando a sua fisiologia e até mesmo levando à morte. Isso ocorre porque a salinidade afeta a osmoregulação dos peixes, processo pelo qual eles mantêm a quantidade correta de sais e água em seus corpos.

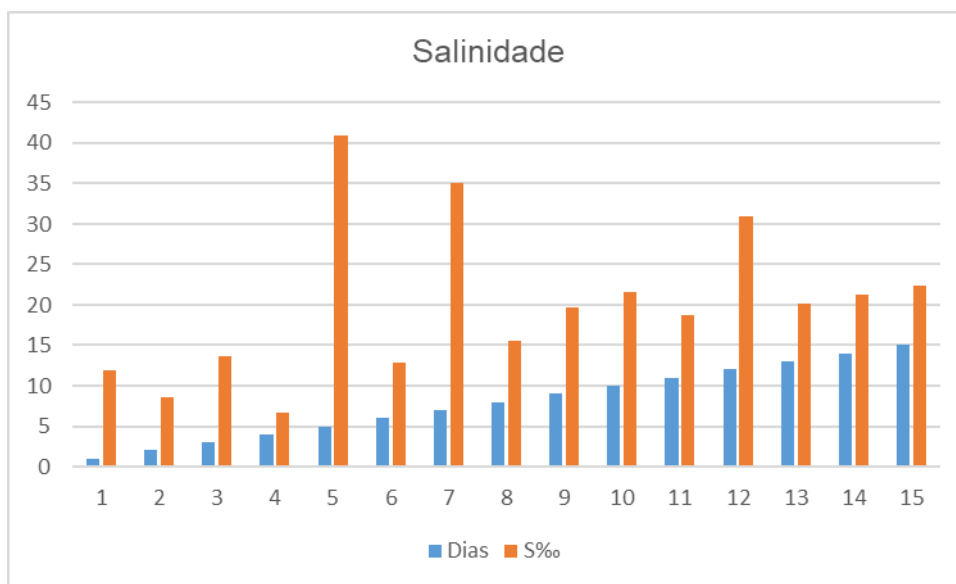


Figura 17: Resultados das análises da salinidade - **Fonte:** A Autora

De acordo com os resultados ilustrados na figura 17 acima, os parâmetros da salinidade nos tanques da AQUAPESCA se colocam dentro dos níveis aceitáveis de produção. No estudo em questão, a salinidade média registrada (25,66 ppm) ficou dentro da faixa ideal (25-35 ppm) para a criação de camarões marinhos, como apontado em outros estudos (COHEN, SAMOCHA & FOX, 2005). No entanto, é possível que a estabilização da salinidade tenha sido influenciada pelas reposições de água realizadas para compensar o volume perdido com a retirada de sólidos e pela evaporação da água.

5.1.3. Análise de Total de Sólidos Suspensos

Na aquacultura, resíduos sólidos são produzidos a partir de alimentos não consumidos, matéria orgânica fecal, fitoplâncton, zooplâncton, biofilme despreendido e bioflocos. O acúmulo de sólidos suspensos pode ter um impacto negativo significativo em todos os aspectos de um sistema de cultivo, especialmente naqueles com recirculação. O acúmulo de sólidos pode afetar a eficiência de outras unidades de tratamento e comprometer a saúde dos organismos cultivados, prejudicando suas brânquias e fornecendo nutrientes para organismos patogênicos. Para peixes, recomenda-se um limite superior de 25 mg/L de sólidos suspensos totais (TIMMONS, *et al.*, 2002). A figura 18 abaixo mostra os resultados da análises do sólidos suspensos totais, que variaram entre 10 a 254 mg/L TSS, sendo o mínimo e o máximo respectivamente.

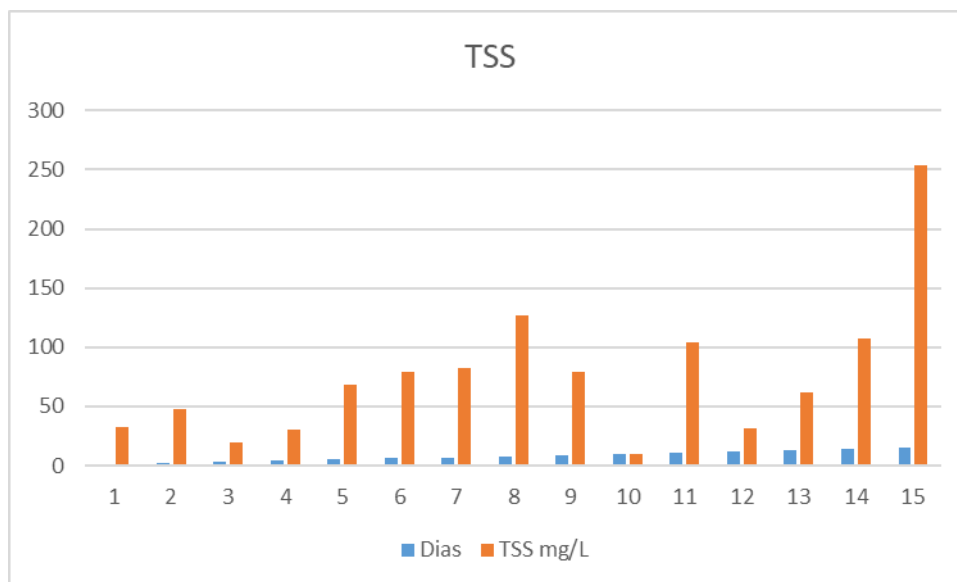


Figura 18: Resultados de análises de TSS - **Fonte:** A Autora

De acordo com os resultados obtidos na figura 18, os sólidos suspensos totais estiveram dentro dos níveis aceitáveis, porém apresentaram variações abaixo da media recomendada, factor este que pode ser explicado pela elevada taxa do metabolismo.

5.2. VARIAÇÃO DE PARÂMETROS QUÍMICOS

5.2.1. Análise do Oxigênio Dissolvido

O oxigênio dissolvido deve ser considerado o parâmetro mais importante na aquicultura, sendo recomendado pela (CONAMA 354/2005) níveis superiores ou iguais a 5 mg/L de oxigênio. Na figura 19 abaixo ilustra as variações dos níveis do oxigênio onde tiveram o máximo de 8.16 mg/L de O₂, o mínimo de 2,3 mg/L de O₂.

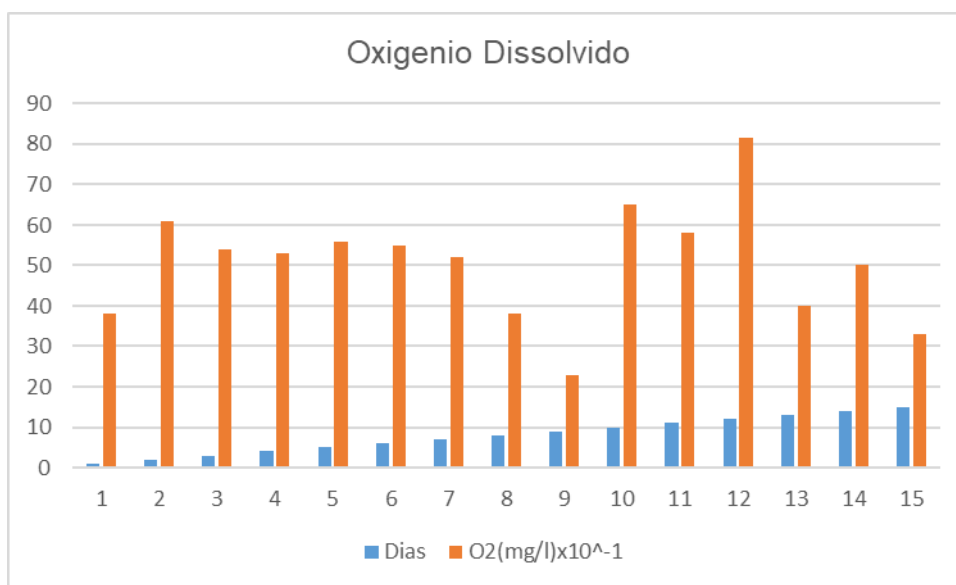


Figura 19: Resultados das análises do oxigênio dissolvido - **Fonte:** A autora

Os níveis de OD analisados apresentaram valores fora dos padrões aceitáveis. Segundo (URBINATI & CARNEIRO, 2004; MALLASEN, *et al.*, 2012, RAKOCY, *et al.*2019) concordam que para corpos de água destinados à Aquicultura, é estipula que os níveis de oxigênio dissolvido não devem ser inferiores a 3 mg/L de O₂, com valor ideal superior ou igual a 5mg/L de O₂, porem houveram baixas concentrações de oxigênio devido a vários factores com a elevada concentração de TSS, elevada concentração de nutrientes assim como um leve aumento da temperatura.

5.2.2. Análise do pH

De acordo com Queiroz (2017), o pH indica se a água é ácida ou básica, sendo o pH 7 considerado neutro. Quando é menor que 7, é ácido e, acima de 7, alcalino ou básico. O pH da água é influenciado directamente pelo solo do viveiro. Assim, quanto mais ácido for o solo do local, mais ácida tende a ser a água. Porém, o pH também fica mais ácido por causa da respiração dos organismos aquáticos, principalmente à noite. Durante o dia, devido à fotossíntese realizada pelo fitoplâncton, ocorre um aumento do pH na água, o que resulta em variações ao longo do ciclo diurno e noturno. No caso do cultivo de peixes, é recomendável que o pH da água seja mantido dentro da faixa de 6,5 a 8, e que a variação diária seja limitada a menos de 2 unidades, proporcionando um ambiente mais confortável para os animais, especialmente para os alevinos. A figura 20 mostra a variação de pH do meio de cultivo que teve o seu máximo de 8,7 e o seu mínimo 7,2.

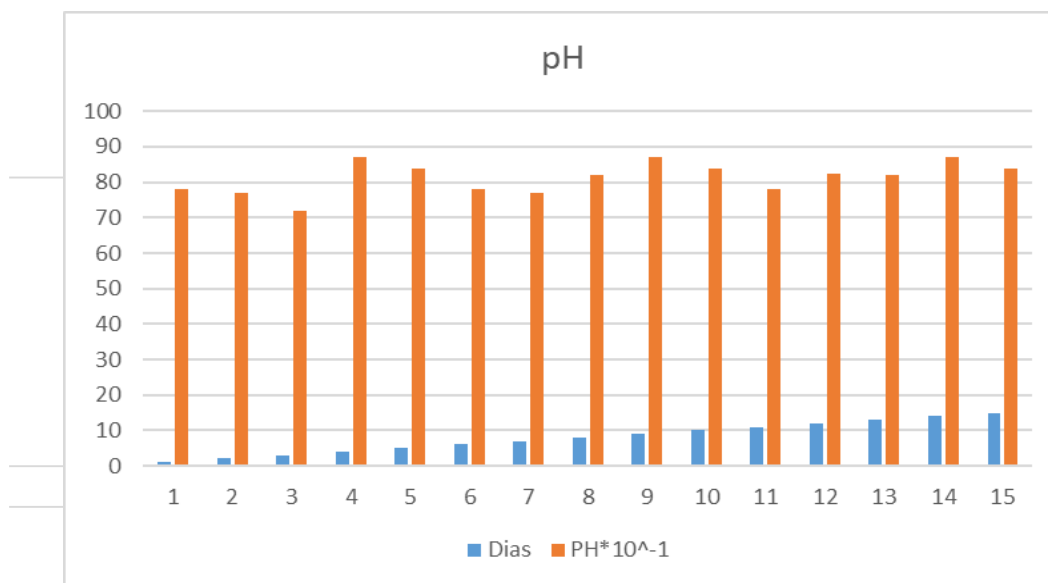


Figura 20: Resultados das análises do pH - **Fonte:** A Autora

Com relação ao pH esteve acima da faixa aceitável devido a alcalinidade do solo, porém dentro da faixa de tolerância para o cultivo dos peixes que varia de 6,5 a 8,5 (ECOFILME, 2010), mas para o crescimento de camarões marinhos e apresentou valores próximos, da faixa de 7,4 a 8,0, a qual favorece o desenvolvimento das bactérias nitrificantes, que actuam na manutenção da qualidade da água (AVNIMELECH, 2009).

5.2.3. Análise da Alcalinidade

A alcalinidade da água é um parâmetro importante para regular o pH. Durante as análises apresentou valor máximo de 245mg/L de CaCO_3 e mínimo de 98 mg/L de CaCO_3 . como ilustra a figura 21 abaixo.

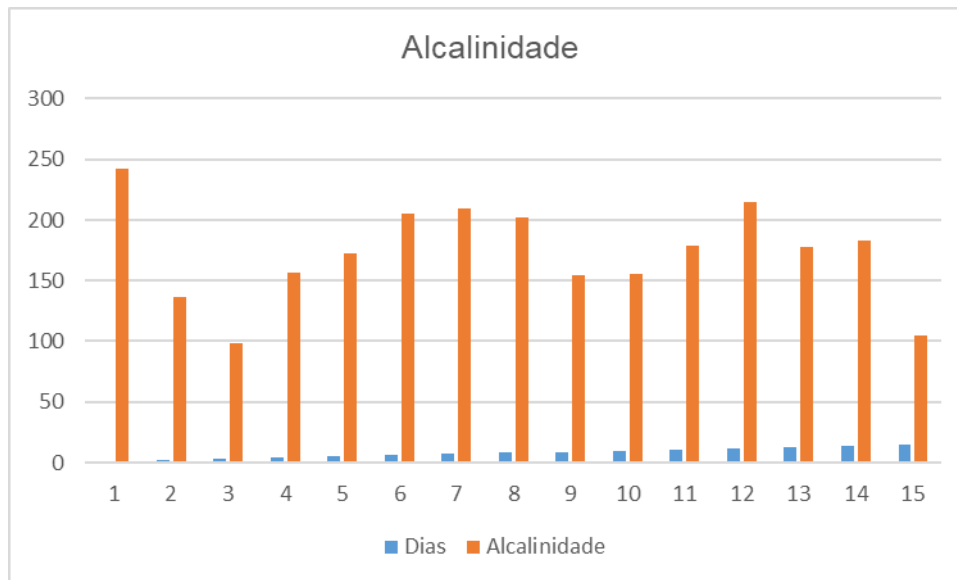


Figura 21: Resultados das análises da Alcalinidade - **Fonte:** A Autora

A alcalinidade esteve dentro da faixa ótima recomendada para o cultivo de camarão e Tilápia estimada em 20 a 300mg/L de CaCO_3 segundo Arumento & Rojas Duarte (1999). Os valores máximos e mínimos obtidos durante as análise se mostraram satisfatório de acordo com os estudos anteriores. De referir que a alcalinidade funciona como um tampão capaz de manter o equilíbrio do pH.

5.2.4. Análise dos Compostos Nitrogenados

Os óxidos de nitrogénio são compostos que podem afetar a qualidade da água em aquicultura. A presença desses compostos na água pode ser resultado de processos biológicos ou químicos, como a atividades bacteriana ou a decomposição de materiais orgânicos. `Uma alta concentração destes elementos na água pode variar dependendo de vários factores, como a alimentação dos peixes, a quantidade de biomassa na água, o pH e a temperatura da água; para além de que podem levar a problemas de saúde para

os peixes, como doenças respiratórias e danos nas brânquias.

De acordo com CONAMA nº 345, (2005), estabelece o nível de tolerância para os nitritos inferior ou igual a 1,0 mg/L, para nitratos inferior ou igual a 10 mg/L e para a amónia inferior ou igual a 5 mg/L de nitrogénio. A figura 22 mostra os resultados das análises dos compostos nitrogenado, relativamente aos nitritos os valores se mantiveram dentro da faixa de tolerância tendo um máximo aceitável de 0,37mg/L e um mínimo aceitável de 0 mg/L. que culminara com a alimentação dos peixes e a digestão dos peixes.

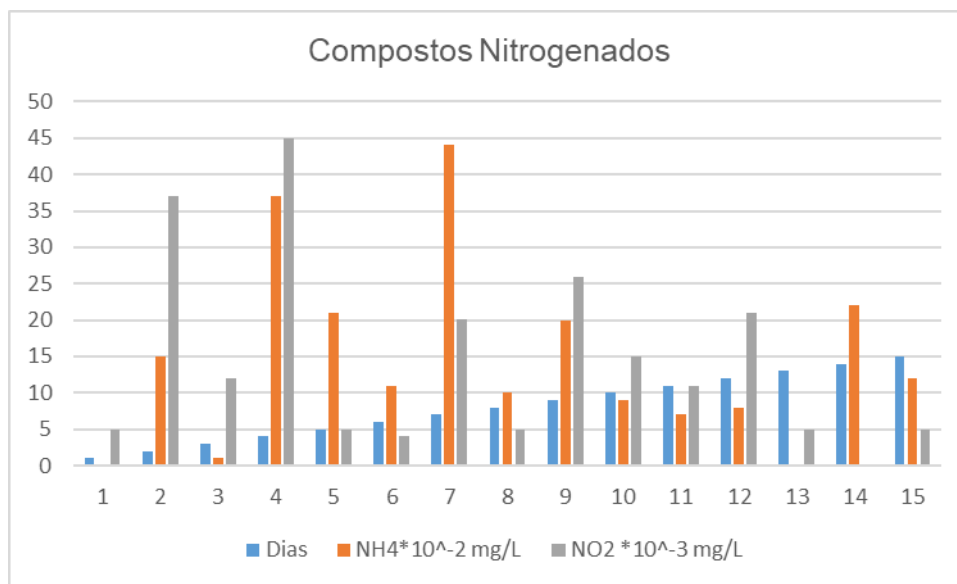


Figura 22: Resultados das análises dos Compostos Nitrogenados - **Fonte:** A Autora

De acordo com os dados da figura 22 acima, os parâmetros de amónia nos tanques da AQUAPESCA se colocam dentro dos níveis aceitáveis de produção. Os valores evidenciam que os parâmetros de Amónio apresentam valores normais na mediana, máximo e mínimo. Este resultado reflecte-se assim, constantes apesar da alimentação, sendo um factor muito importante no crescimento dos peixes, sendo uma das principais fontes de contaminação devido a partículas que não são digeridas e acompanhadas de resíduos de urina e fezes causarem alterações nos parâmetros de despejo, mas a maioria deles fica no fundo do lago, gerando sedimentos que, ao monitorar o despejo, não podem ser evacuados devido à distância do tubo de descarga próprio fundo do lago.

Os valores baixos de amônia encontrados na figura 21 podem ser atribuídos à fertilização com melaço de cana-de-açúcar, o que possibilitou a manutenção de uma relação C/N que estimulou a produção. A manutenção dos compostos nitrogenados inorgânicos dentro das faixas de segurança nesse estudo demonstra a eficiência do processo de assimilação dos nitrogenados inorgânicos, para formação da biomassa bacteriana heterotrófica, favorecendo a manutenção da qualidade de água (Avnimelech, Kochva, & Diab, 2004).

6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

6.1. CONCLUSÕES

Com o presente estudo, realizado no âmbito do trabalho de estágio profissional, que tem como base aliar a teoria as práticas laboratoriais foi possível concluir o seguinte:

- A qualidade da água usada na aquacultura é um fator chave para o sucesso ou fracasso na produção de espécies aquáticas. Pois esta directamente ligado a produtividade do sistema do cultivo;
- O pH e o oxigénio dissolvido apresentaram valores médios de 8,07 e 4,87 mg/L de O₂ respetivamente, valores estes que estiveram fora dos padrões ideais, no entanto a temperatura, a alcalinidade, TSS, salinidade e os compostos nitrogenados mostraram a normalidade, isto é, não houve comprometimento do cultivo por conta da ligeira alteração dos parâmetros.
- Das fontes de contaminação identificadas, tem muito a haver com o excesso de ração dada aos peixes por falta de dimensionamento da quantidade da ração, assim como ao produto químico usado na despesca para a conservação do pescado;
- Como método de tratamento mostrou se eficientes o tratamento bioquímico, aliado ao método de neutralização do MBS.

6.2. RECOMENDAÇÕES

De modo a aprofundar o tema em causa, recomenda-se que estudos futuros verifiquem outros parâmetros como a condutividade eléctrica, a dureza e fosfatos. Este parâmetro é bastante importante na aquicultura porque o entendimento da complexidade e dinâmica eléctrica da água é um factor inerente às boas práticas de manejo na piscicultura.

Utilizar os macroinvertebrados aquáticos como bioindicadores eficientes para o monitoramento ambiental, a fim de minimizar o impacto da actividade de aquacultura no meio ambiente. Esses organismos podem ser utilizados para avaliar a qualidade da

água, identificando possíveis alterações decorrentes da actividade de piscicultura. Dessa forma, a empresa pode tomar medidas para minimizar o impacto ambiental, garantindo a sustentabilidade da actividade a longo prazo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AFONSO, A. C., & QUEIROZ, M. S. (2017). Aquaculture: the environmental impact. Monografia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis;
- AARATTUTHODIYLA, S.; WISE, D. Biossegurança na Aquacultura. Universidade de Arkansas, Departamento de Agricultura e Recursos Naturais. 2017;
- ALBUQUERQUE, Liana Figueira (2005). Estudo de oxidação do Metabissulfito de sódio contido no efluente da piscicultura. Dissertação de Mestrado, UFRN, Programa de pós-graduação em Engenharia Química, área de concentração: Engenharia Ambiental, Natal/RN, Brasil.
- AL-GHAFRI, H. M. Hydroponic Systems for Agricultural Applications: A Review. *Agronomy*, v. 8, n. 12, p. 287, 2018;
- ARUMENTO, C. A.; ROJAS DUARTE, O. F. Manual de técnicas de cultivo de tilápia. Brasília, DF: Sebrae, 1999;
- AVNIMELECH, Y. (2009). Nitrification in aquaculture: a review. *Aquaculture*, 295(1-4), 1-13;
- AVNIMELECH, Y., KOCHVA, M., & DIAB, S. (2004). *Development of controlled intensive aquaculture systems with a limited water exchange and adjusted carbon to nitrogen ratio*. *Aquaculture*, 233(1-4), 31-46;
- BARRETO, G. F. S. Hidroponia: Uma técnica de cultivo em expansão. 2012. 48 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) - Universidade Estadual de Goiás, Goiânia, 2012;
- CANASTRA, M. Aquaponia: criação de peixes e hortaliças. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/3201019/aquaponia-criacao-de-peixes-e-hortalicas>. Acesso em: 02 maio 2023;
- CANOMA nº 357 .(17 de Março de 2005).Conselho Nacional do Meio Ambiente.
- CARNEIRO, Paulo C. Falanghe; MORAIS, Carlos A. R. S.; NUNES, Maria U. C.; MARIA, Alexandre N. e FUJIMOTO, Rodrigo Y. (2015). Produção integrada de peixes e vegetais em aquaponia. Documento 189/2015 - Embrapa. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros;
- CASTRO RASSULE (2021). Estudo de impacto ambiental do projeto de

- exploração da Aquapesca, Lda. Licunguma, posto administrativo de Mucupia, distrito de Inhassunge, província da Zambézia, Moçambique;
- COHEN, J., SAMOCHA, T. M., & FOX, J. M. (2005). The effect of salinity on the survival and growth of *Litopenaeus vannamei* postlarvae in a recirculating nursery system. *Aquaculture*, 247(1-4), 147-154;
 - DIAS, E. R., & MARIANO, W. S. (2015). *Aquacultura*. Editora UFLA;
 - ECOFILMS. Aquaponics – pH Management. Disponível em: <<https://www.ecofilms.com.au/aquaponics-ph-management/>>. Acesso em: 02 maio 2022;
 - EMBRAPA. (2017). Parâmetros físicos, químicos e biológicos. Recuperado em 2 de maio de 2023, de <https://www.embrapa.br/aquicultura-e-pesca/producao-de-peixes/criacao-de-tilapias/infraestrutura-e-manejo/parametros-fisicos-quimicos-e-biologicos>;
 - FAO. (2018). *The State of the World Fisheries and Aquaculture 2018 – Meeting the Sustainable Development Goals*. Rome. Recuperado de <http://www.fao.org/3/i9540en/i9540en.pdf>;
 - FERNANDEZ, M. (2012). Aquatic macroinvertebrates as bioindicators of water quality for aquaculture. *Aquaculture Engineering*, 50 (1), 1-14;
 - GIIBS (2005), proposta do quadro legal e institucional sobre biossegurança em Moçambique. Maputo
 - GIL, A. C. (1995). *Métodos e técnicas de pesquisa social*. Atlas;
 - GODDEKERT, G.; KRESZIES, T.; KUHN, M.; SCHLÜTER, O. *Recirculating Aquaponic Systems – A Review on Aquaculture Integration and Fish and Plant Production*. *Ecological Engineering*, v. 91, p. 569-583, 2016;
 - HENRY-SILVA, G. G., & Camargo, A. F. M. (2006). Avaliação de impacto ambiental da carcinicultura em regiões tropicais e subtropicais. In *Diagnóstico da carcinicultura no Brasil* (pp. 77-97). Ministério da Pesca e Aquicultura;
 - IMPACTO (2012). *Aquapesca*. Disponível em: <<https://www.impacto.co.mz/aquapesca/>>. Acesso em: 02 maio 2023.
 - IP (2008). *Water supply and distribution systems*. In: *International Plumbing Code*. International Association of Plumbing and Mechanical Officials, Falls Church, VA,

pp. 1–22;

- JALBA, D. I.; Cromar, N. J.; Pollard, S. J. T.; Charrois, J. W.; Bradshaw, R.; Hrudey, S. E. Safe drinking water: Critical components of effective inter-agency relationships. *Environment International*, v.36, n. 1, p. 51-59, Jan. 2010.
- KUBITZA, F. *Aquicultura: aprendendo com as experiências do passado para ter sucesso no futuro*. 2. ed. rev. e ampl. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2000;
- LOURENÇO, J. L.; MALTA, J. C. O.; SOUZA, L. C. *Criando tilápia: tecnologias e resultados*. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 1999;
- MACUÁCUA, E. *Tilápia de Moçambique: uma opção para a aquicultura em águas salgadas*. Agroinfo, 2015;
- MALLASEN, M., PRAMUAL, P., JITRAKON, S., & TAENGPHEU, S. (2012). Water quality and phytoplankton in shrimp ponds at various stocking densities in Thailand. *Songklanakarin Journal of Science and Technology*, 34(1), 1-8;
- MARCONI, M. de A., & Lakatos, E. M. (2010). *Fundamentos de metodologia científica*. Atlas;
- MUSTAPHA, M. (2008). Bioindication of water quality using aquatic macroinvertebrates. In: *Water quality monitoring and assessment: a practical guide* (209-230). Springer, Dordrecht;
- OSÓRIO, F. A. *Aquicultura: fundamentos e técnicas*. 2ª ed. Santa Maria: UFSM, 2018;
- OSÓRIO, J. S. *Sistemas de tratamento de efluentes de piscicultura e uso agrícola do lodo*. Brasília, DF: Embrapa, 2018;
- PÉREZ, S., FERNÁNDEZ, M., & GARCIA-GUTIÉRREZ, C. (2020). Aquatic macroinvertebrates: a review of their use as bioindicators of water quality. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(14);
- Peterson, Peterson, B. J., Wollheim, W. M., Mulholland, P. J., Webster, J. R., Meyer, J. L., Tank, J. L., Marti, E., Bowden, W. B., Valett, H. M., Hershey, A. E., McDowell, W. H., Dodds, W. K., Hamilton, S. K., Gregory, S., & Morrall, D. D. (2001, April 6). Control of nitrogen export from watersheds by headwater streams. *Science*, 292(5514), 86-90. <https://doi.org/10.1126/science.1056874>;
- Piper, R.G., McElwain, I.B., Orme L.E., McCraren J.P., Fowler L.G. (1982). *Fish*

- Hatchery Management. Washington: US Fish and Wildlife Service;
- PROENÇA, L. A. O.; BITTENCOURT, R. F. Oxigenação em viveiros de piscicultura. Boletim Técnico, 6, p. 15-21, 1994;
 - QUEIROZ, A. C., OLIVEIRA, R. S., & CARVALHO, P. C. (2017). Aquaponics: A sustainable alternative for food production. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 21(1), 1-7. doi:10.1590/1807-1929/agriambi.v21n1. 1-7;
 - RAKOCY, J. E.; MASSER, M. P.; LOSORDO, T. M. Recirculating Aquaculture Tank Production Systems: Aquaponics – Integrating Fish and Plant Culture. Southern Regional Aquaculture Center, v. 454, p. 1-16, 2006;
 - SANTOS, O. J. G. (2000). Hidroponia: fundamentos e aplicações. UEPB;
 - SAVAS, S. E., TOPAL, E., & AYDIN, O. (2013). The history of hydroponics. In Hydroponics—a standard methodology for plant biological researches (pp. 303-354). InTech;
 - Serviço Nacional de Aprendizagem Rural - SENAR. Piscicultura: fundamentos da produção de peixes. Coleção SENAR, 2017
 - SIMAS, A., MORES, R., STEFFENS, J., DALLAGO, R. M., KUNZ, A., MICHELON, W., FONGARO, G., & VIANCELLI, A.. (2005). Treatment processes for water supply systems. In: Water Supply Systems. Springer, Berlin, Heidelberg;
 - SIQUERIA, A. C. A. (2017). Aquicultura: uma alternativa de negócio para a região de abrangência do Campo das Vertentes. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal de São João Del-Rei;
 - SOUSA, A. (2001). Water supply and distribution systems. In: Handbook of Water Supply and Treatment. Taylor & Francis, London, 1–22;
 - TIMMONS, M.B.; EBELING, J.M.; WHEELLOCK, T.; TOTHOVA, S.R. Recirculating Aquaculture Systems, 2nd ed. New York: Cayuga Aqua Ventures, 2002;
 - URBINATI, E. C.; FRACALLOSSI, D. M.; CASTAGNOLLI, N. (Ed.). Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical intensivam. São Paulo: TecArt, 2004;
 - WAHAP, M. M.; SEO, J. W.; KIM, J. W.; JO, J. Y. An innovative integrated fish-vegetable aquaponic system in Korea. Aquaponics Journal, v. 54, p. 26-37, 2010;
 - Wetzel, R. G. (1983). Limnology (2nd ed.). Saunders College Publishing;

- DECRETO Nº 35/2001 (Regulamento Geral da Aquicultura). IMPRENSA NACIONAL DE MOÇAMBIQUE;
- DECRETO N.º 18/2004, de 2 de junho (Regulamento de Normas de Qualidade Ambiental e Emissão de Efluentes). IMPRENSA NACIONAL DE MOÇAMBIQUE;
- DECRETO N.º 67/2010 (alteração de alguns artigos e anexos do Decreto n.º 18/2004). IMPRENSA NACIONAL DE MOÇAMBIQUE;
- DECRETO N.º 76/2009 (Regulamento Geral do Controlo Higiénico-Sanitário dos Produtos Alimentares Aquáticos). IMPRENSA NACIONAL DE MOÇAMBIQUE;
- LEI n.º 3/90, de 26 de Setembro (Lei das Pescas). IMPRENSA NACIONAL DE MOÇAMBIQUE;
- Lei nº 20/91, de 23 de agosto (Lei do Ambiente);
- Lei nº 20/1997, de 1 de Outubro (Lei –quadro do Ambiente)
- PORTARIA N.º 70/97, que estabelece taxas pelo uso da água.

ANEXOS

ANEXO I: INSTRUMENTOS DE MEDIÇÃO DE PARÂMETROS QUÍMICO-FÍSICOS DA QUALIDADE DA ÁGUA DO CANAL DE ABASTECIMENTO



D- Disco de secchi

Fonte: A autora

ANEXO II: ALIMENTADOR AUTOMATICO



Fonte: A autora

ANEXO III: NÍVEL DE OXIGÉNIO EM ÁGUA COMPLETAMENTE SATURADA EM RELAÇÃO A TEMPERATURAS VARIADAS

Temperatura(°C)	Níveis de oxigénio(ppm)	Temperatura(°C)	Níveis de oxigénio(ppm)
10	11,10	20	9,00
11	10,83	21	8,82
12	10,61	22	8,67
13	10,38	23	8,41
14	10,15	24	8,36
14	9,96	25	8,22
16	9,76	26	8,02
17	9,55	27	7,79
18	9,35	28	7,76
19	9,16		

Fonte: PROENÇA & BITTENCOURT (1994)

ANEXO IV: TABELA DE DESCRIÇÃO DAS UNIDADES DE APOIO AO PROJECTO E AS CAPACIDADES

Quantidades	Descrição da infra-estrutura	Capacidade (m ²)
2	Tanques de preparação de água para os genitores.	2500
6	Tanques para genitores e seleção genética.	200
47	Tanques de aquacultura.	5000
1	1Tanque de aquacultura.	50000
7	Tanques de preparação de água.	5000
1	Armazéns de ração	585
1	Posto de primeiros socorros	40
2	Refeitório dos funcionários	366
2	Casas para piquete	80
1	Lata de processamento de produtos de pesca	1.474
1	Armazém para equipamentos	189
1	Segundo Berçário/Viveiro	960
1	Primeiro Berçário/Viveiro	364
1	Escritório do Sindicato	24
1	Escritório da PRM e Escritório da segurança	82
1	Armazém de material de pesca	50
3	Laboratórios I	200
1	Armazém de outros insumos	200
1	Área de reprodução de tilápia	269
1	Área administrativa/escritórios	420
1	Local de acondicionamento e gestão de resíduos	160
1	Oficina de reparação e manutenção de equipamentos	320
1	Guarita para segurança na entrada	10
1	Contentor de acondicionamento de combustíveis, óleos e lubrificantes	30
1	Contentores para armazenar produtos diversos não perigosos	130

Fonte: A autora

ANEXO V ENTREVISTA PARA RECOLHA DE DADOS PARA ELABORAÇÃO DO RELATÓRIO FINAL

Está entrevista é meramente académica, sendo que os dados não serão fornecidos a terceiros excepto a Faculdade de Engenharia da UEM			
Quais são as espécies cultivadas	Tilápia e	Camarão	
Onde são produzidos os alevinos	Nampula	Inhaassunge	
Que parâmetros são observados no processo de cultivo	Químicos	Físicos	Físicos-Bioquímicos
Quais são as condições operacionais?			
Quantas vezes são feitas as medições dos parâmetros? Porquê?			
Que horas são feitas as medições? Porquê?			
Quais são as fontes de contaminação da água?	Biológica	Química	
Que métodos de tratamento de efluente são usados?	Biológica	Química	
Como é garantida a biossegurança			
Em que época do ano a maior produtividade? Porquê?	Verão	Inverno	
Já houve algum surto? Qual?			
Em caso de surto como é controlado?			
Como é tratada a água com excesso de matéria orgânica?			
Sabendo que durante o processamento do camarão usa-se MBS. Como é tratado os efluentes contendo este produto?			
Os trabalhadores conhecem os perigos do mau uso do MBS?	Sim	Não	
Já tiveram algum caso de acidente causado por MBS	Sim	Não	
Em caso de contacto do MBS na pele ou nas vistas como minimizar os danos?			
Tem ideia do problema ambiental causado por MBS no corpo de água?	Sim, se sim qual?	Não	
Qual é a principal fonte de contaminação?	Física, química, biológica	Cruzada	

Fonte: A autora

ANEXO VI: TABELA DE VALORES MÉDIOS DA QUALIDADE DA ÁGUA

Parâmetros físicos-químicos da água			
Variável	Rio	Canal de abastecimento	Camaras De Cultivo
Temperatura	25,7	24,2	26,2
pH	7,9	7,5	8,07
NH4 (mg/l)	0,07	0,036	0,073
NO2 (mg/l)	0,034	0,018	0,026
OD	4,8	5,6	4,87
S‰	18,4	17,9	25,66
TSS	186	87	73,7
Alcalinidade	205	245	245

Fonte: A autora

ANEXO VII: DADOS DOS PARÂMETROS QUÍMICOS-FÍSICOS DA QUALIDADE DA ÁGUA USADA NO CULTIVO.

O2 (mg/l)	T°C	S‰	pH	TSS (mg/l)	NH4 (mg/l)	NO2 (mg/l)	Alcalinidad e
3,8	28	11,9	7,8	33	0,00	0,005	242
6,1	29	8,5	7,7	48	0,00	0,000	137
5,4	28,4	13,6	8,2	19	0,00	0,000	98
5,3	23,5	6,6	8,7	30	0,00	0,000	157
8,10	21	31,0	8,23	31	0,08	0,021	157
5,6	25,9	6,6	8,4	68	0,21	0,005	172
5,5	26	12,8	7,8	79	0,00	0,004	205
5,2	27,6	11,2	7,7	82	0,44	0,000	210
3,8	28,3	15,6	8,2	81	0,00	0,005	202
2,3	32,6	19,7	8,7	79	0,20	0,000	154
6,5	26,2	21,6	8,4	70	0,00	0,005	156
5,8	27,4	18,8	7,8	104	0,00	0,000	179
3,8	25,7	21,5	7,7	184	0,00	0,005	196

4,0	24.8	20,2	8,2	62	0,00	0,005	178
5,0	24.1	21,6	8,7	107	0,00	0,000	183
3,4	24.5	22,5	8,4	254	0,12	0,005	105
5,1	25.8	23,1	7,8	51	0,00	0,000	179
3,6	23.9	23,8	7,7	158	0,20	0,005	215
5,5	23.2	24,0	8,2	37	0,00	0,000	157
5,1	24	25,0	8,7	59	0,00	0,010	242
4,3	25.5	24,9	8,4	36	0,00	0,000	137
5,3	21.8	25,8	7,8	70	0,00	0,000	98
5,2	24.2	25,0	7,7	109	0,00	0,000	157
3,9	23.9	23,9	8,5	103	0,00	0,000	172
6,8	26.4	29,0	7,2	41	0,01	0,010	196
6,0	25.5	27,0	6,6	127	0,00	0,000	242
3,5	28.1	29,1	7,6	92	0,37	0,370	137
4,7	30	24,2	8,0	89	0,12	0,120	98
8,16	25.6	31,0	8,23	31	0,08	0,021	157
5,34	22	30	7,8	62	0,05	0,03	172
6	23	31	7,7	32	0,08	0,009	205
4,75	22.3	34	8,2	88	0,12	0,045	210
5,5	27	36	8,7	98	0,11	0,007	202
3,8	28.6	33	8,4	94	0,1	0,045	154
3,3	30.8	34	7,8	45	0,22	0,026	156
3,5	27.2	34	7,7	27	0,2	0,057	157
5,8	27	37	8,2	50	0,08	0,036	196
3,8	27.3	38	8,7	73	0,07	0,03	178
4,0	26.6	37	8,4	89	0,09	0,009	183
4,0	29.3	35	7,8	105	0,08	0,045	105
4,4	30	41	7,7	48	0,07	0,007	179
5,1	25.3	35	8,2	101	0,02	0,201	215
3,6	27.4	31	8,7	31	0,08	0,021	157

5,5	25.7	34	8,4	10	0,02	0,015	159
3,8	28.4	35	7,8	31	0,08	0,011	158

Fonte: A autora