



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO CEARÁ
IFCE *CAMPUS* ARACATI
BACHARELADO EM ENGENHARIA DE AQUICULTURA

ILLANA BEATRIZ ROCHA DE OLIVEIRA

**AQUASOLUTIONS: UMA APLICAÇÃO MOBILE PARA AUXILIAR CULTIVOS DO
CAMARÃO MARINHO *Litopenaeus vannamei***

ARACATI – CE

2023

ILLANA BEATRIZ ROCHA DE OLIVEIRA

AQUASOLUTIONS: UMA APLICAÇÃO MOBILE PARA AUXILIAR CULTIVOS DO
CAMARÃO MARINHO *Litopenaeus vannamei*

Trabalho de conclusão de curso apresentado à
Coordenação do Curso de Bacharelado em
Engenharia de Aquicultura do Instituto Federal
de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará
(IFCE) – *Campus* Aracati, como requisito
parcial para obtenção do Título de Bacharel
em Engenharia de Aquicultura.

Orientador: Prof. Dr. José William Alves da
Silva.

ARACATI – CE

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Instituto Federal do Ceará - IFCE
Sistema de Bibliotecas - SIBI
Ficha catalográfica elaborada pelo SIBI/IFCE, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

O48a Oliveira, Ilana Beatriz Rocha de.
AquaSolutions: uma aplicação mobile para auxiliar cultivos do camarão marinho *Litopenaeus vannamei* /
Ilana Beatriz Rocha de Oliveira. - 2023.
64 f. : il.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Instituto Federal do Ceará, Bacharelado em Engenharia
de Aquicultura, Campus Aracati, 2023.
Orientação: Prof. Dr. José William Alves da Silva.

1. Aquicultura 4.0. 2. Carcinicultura. 3. Software. 4. TDIC. I. Título.

CDD 639.3

ILLANA BEATRIZ ROCHA DE OLIVEIRA

AQUASOLUTIONS: UMA APLICAÇÃO MOBILE PARA AUXILIAR CULTIVOS DO
CAMARÃO MARINHO *Litopenaeus vannamei*

Trabalho de conclusão de curso apresentado à
Coordenação do Curso de Bacharelado em
Engenharia de Aquicultura do Instituto Federal
de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará
(IFCE) – *Campus Aracati*, como requisito
parcial para obtenção do Título de Bacharel
em Engenharia de Aquicultura.

Aprovado (a) em: ____ / ____ / ____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. José William Alves da Silva (Orientador)

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE) – *Campus Aracati*

Prof. Dr. Emanuel Soares dos Santos

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE) – *Campus Aracati*

Esp. Tarcio Gomes da Silva

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE) – *Campus Aracati*

A Deus.
À minha família.
Aos mestres.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter me dado saúde e sabedoria para aproveitar todas as oportunidades que tive durante essa longa jornada chamada graduação.

À minha família, principalmente aos meus pais e irmãos, por todo o incentivo, pelos aprendizados ao longo da vida e pela compreensão quanto à minha ausência.

Ao Guilherme, a quem sou grata por todo o amor, cuidado e paciência. E por sempre me apoiar e incentivar a ser minha melhor versão, mesmo nos dias mais sombrios. Obrigada, mozi!

Aos amigos e colegas de estudo, que vivenciaram comigo grandes batalhas ao longo dos anos. Costumo dizer que nossa turma conseguiu abrir portas onde sequer havia paredes. Mas em especial, agradeço à Ana Cláudia, que me ensinou que a vida nem sempre é fácil ou justa, mas enquanto tivermos um ombro amigo pra chorar, nunca nos sentiremos sozinhos nesse mundo. Ana, você tornou minha caminhada mais leve. Obrigada!

Ao meu orientador, José William, pela oportunidade que me foi dada no primeiro semestre do curso e pela parceria durante os últimos anos. Obrigada por ser tão paciente e por ter dado suporte para a realização deste trabalho de conclusão de curso.

Aos professores, que contribuíram imensamente com minha formação acadêmica e pessoal, agradeço os ensinamentos, as orientações, as lições de vida, os risos e a atenção. Aprendi muito com cada um de vocês.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE) – *Campus Aracati*, que me permitiram o acesso à educação pública e de qualidade, bem como possibilitando meu desenvolvimento profissional por meio da concessão de bolsas de pesquisa.

Muito obrigada a todos!

“A tarefa não é tanto ver aquilo que ninguém viu, mas pensar o que ninguém ainda pensou sobre aquilo que todo mundo vê.”

(ARTHUR SCHOPENHAUER, 1851, p.172).

RESUMO

O acesso ao conhecimento na aquicultura é considerado crítico, limitando a disseminação de informações de cunho técnico consideradas básicas para garantir a sanidade dos organismos cultivados. Isso se torna um problema, pois dificulta a adesão de novas tecnologias capazes de auxiliar na tomada de decisão em tempo hábil. Muitos pequenos produtores, por exemplo, não realizam o acompanhamento adequado dos parâmetros zootécnicos e da qualidade da água do seu cultivo, e não sabem como relacionar os resultados obtidos nas biometrias à possíveis fatores que impactam negativamente na produção. Neste contexto, este trabalho apresenta o AquaSolutions, uma aplicação *mobile* para auxiliar pequenos produtores em seus cultivos do camarão marinho *Litopenaeus vannamei*. O objetivo deste trabalho é apresentar o aplicativo e compará-lo com outras soluções similares para comprovar sua eficiência enquanto ferramenta de acompanhamento, a fim de auxiliar o pequeno produtor e os profissionais do setor na escolha daquela que atenda o maior número de demandas. Para isso, alguns parâmetros foram avaliados: alimentação diária, amônia tóxica, biomassa final, fator de conversão alimentar e ganho de peso diário. A análise comparativa realizada entre o aplicativo proposto e duas soluções similares disponíveis no mercado, mostrou que o AquaSolutions é um sistema robusto em termos de transferência de conhecimento. Além de possuir um diferencial em relação aos demais, graças ao módulo Qualidade de água.

Palavras-chave: Aquicultura 4.0. Carcinicultura. *Software*. TDIC.

ABSTRACT

Access to knowledge in aquaculture is considered critical, limiting the dissemination of technical information considered basic to ensure the health of cultivated organisms. It becomes a problem because it hinders the adoption of new technologies capable of assisting decision-making in a timely manner. Many small-scale farmers, for example, do not adequately monitor the zootechnical parameters and water quality of their ponds, and do not know how to relate the results obtained in biometrics to possible factors that negatively impact production. In this context, this work presents AquaSolutions, a mobile application to help small producers in their cultivation of marine shrimp *Litopenaeus vannamei*. The objective of this work is to present the application and compare it with other similar solutions to prove its efficiency as a monitoring tool, in order to help small producers and professionals in the sector in choosing the one that meets the greatest number of demands. For this, some parameters were evaluated: daily feeding, toxic ammonia, final biomass, feed conversion factor and daily weight gain. The comparative analysis performed between the proposed application and two similar solutions available on the market, showed that AquaSolutions is a robust system in terms of knowledge transfer. In addition to having a differential in relation to the others, thanks to the Water Quality module.

Keywords: Aquaculture 4.0. Carciniculture. Software. DICT.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	— Telas iniciais do AquaSolutions.....	30
Figura 2	— Ambiente de desenvolvimento do AquaSolutions.....	31
Figura 3	— Primeiro protótipo (<i>wireframe</i>) do AquaSolutions.....	36
Figura 4	— <i>Mock-up</i> do AquaSolutions.....	37
Figura 5	— Outra tela de ambiente de desenvolvimento do AquaSolutions.....	38
Figura 6	— Análise de oxigênio dissolvido feita no AquaSolutions.....	41
Figura 7	— Tela com apresentação dos 2 módulos principais da solução.....	44
Figura 8	— Telas do Aquímetro.....	46
Figura 9	— Telas do Blue Aqua para Android.....	47
Figura 10	— Tela do Blue Aqua para iOS.....	47
Figura 11	— Calculadora de alimentação diária do Aquímetro.....	49
Figura 12	— Calculadora de alimentação diária do Blue Aqua.....	49
Figura 13	— Calculadora de alimentação diária do AquaSolutions.....	50
Figura 14	— Calculadora de amônia tóxica do Aquímetro.....	51
Figura 15	— Calculadora de amônia livre do Blue Aqua.....	51
Figura 16	— Calculadora de compostos nitrogenados do AquaSolutions.....	52
Figura 17	— Calculadora de biomassa final do Aquímetro.....	53
Figura 18	— Calculadora de biomassa final do Blue Aqua.....	54
Figura 19	— Calculadora de biomassa final do AquaSolutions.....	54
Figura 20	— Calculadora de FCA do Aquímetro.....	55
Figura 21	— Calculadora de FCA do AquaSolutions.....	56
Figura 22	— Calculadora de ganho de peso diário do Aquímetro.....	57
Figura 23	— Calculadora de ganho de peso diário do Blue Aqua.....	57
Figura 24	— Calculadora de ganho de peso diário do AquaSolutions.....	58

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 — Produção da pesca e aquicultura mundial.....	20
Tabela 2 — Exemplos de soluções tecnológicas e suas áreas de usabilidade.....	29

LISTA DE SIGLAS

ABCC	Associação Brasileira de Criadores de Camarão
APK	<i>Android Application Pack</i>
FAO	Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação
FCA	Fator de conversão alimentar
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDE	Ambiente de desenvolvimento integrado
IFCE	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará
IoT	<i>Internet of Things</i>
i4.0	Indústria 4.0
OD	Oxigênio dissolvido
pH	Potencial hidrogeniônico
RNF	Requisito não-funcional
RF	Requisito funcional
SOFIA	<i>State of World Fisheries and Aquaculture</i>
TDIC	Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação
UI	<i>User Interface</i>
UX	<i>User Experience</i>
WSS	<i>White Spot Syndrome</i>

LISTA DE SÍMBOLOS

%	Porcentagem
° C	Grau Celsius
g	Grama
g/dia	Grama por dia
kg	Quilograma
mg/L	Miligrama por litro

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	Objetivos	17
<i>1.1.1</i>	<i>Objetivo geral</i>	17
<i>1.1.2</i>	<i>Objetivos específicos</i>	17
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	19
2.1	Aquicultura	19
<i>2.1.1</i>	<i>Carcinicultura</i>	21
2.2	Indústria 4.0 e as Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação	23
<i>2.2.1</i>	<i>Aquicultura 4.0</i>	25
<i>2.2.2</i>	<i>Aplicações web e mobile</i>	27
<i>2.2.3</i>	<i>O uso de aplicativos na aquicultura</i>	27
3	MATERIAL E MÉTODOS	30
3.1	Metodologia de desenvolvimento do software	32
<i>3.1.1</i>	<i>Identificação do problema</i>	32
<i>3.1.2</i>	<i>Validação da ideia</i>	33
<i>3.1.3</i>	<i>Definição dos requisitos funcionais e não funcionais</i>	34
<i>3.1.3.1</i>	<i>Requisitos funcionais</i>	34
<i>3.1.3.2</i>	<i>Requisitos não funcionais</i>	34
<i>3.1.4</i>	<i>Detalhamento do aplicativo ou prototipagem</i>	35
<i>3.1.5</i>	<i>Definição do design e desenvolvimento do software</i>	36
<i>3.1.6</i>	<i>Teste alfa do protótipo</i>	38
<i>3.1.6.1</i>	<i>Como foi realizado o teste</i>	38
<i>3.1.6.2</i>	<i>Levantamento de problemas</i>	39
<i>3.1.6.3</i>	<i>Insights que foram obtidos com o teste alfa</i>	39

3.1.7	<i>Planejamento e criação dos algoritmos</i>	39
3.1.8	<i>Planejamento e criação do modelo de dados pré-definido</i>	40
3.1.9	<i>Teste beta do protótipo</i>	41
3.1.9.1	<i>Como foi realizado o teste</i>	41
3.1.9.2	<i>Levantamento de problemas</i>	42
3.1.9.3	<i>Insights que foram obtidos com o teste beta</i>	42
3.1.10	<i>Coleta de feedbacks e revisão de funcionalidades</i>	42
3.2	Metodologia de análise comparativa	43
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	44
4.1	AquaSolutions	44
4.2	Soluções tecnológicas desenvolvidas para a aquicultura	45
4.2.1	<i>Delineamento da pesquisa</i>	45
4.2.1.1	<i>Aquímetro</i>	45
4.2.1.2	<i>Blue Aqua</i>	46
4.3	Análise comparativa	48
4.3.1	<i>Alimentação diária</i>	48
4.3.2	<i>Amônia tóxica</i>	50
4.3.3	<i>Biomassa final</i>	52
4.3.4	<i>Fator de conversão alimentar (FCA)</i>	55
4.3.5	<i>Ganho de peso diário</i>	56
4.4	Discussão	58
5	CONCLUSÃO	59
	REFERÊNCIAS	60

1 INTRODUÇÃO

A aquicultura é um setor que tem apresentado resultados significativos na produção de alimentos no decorrer dos últimos anos. Segundo dados da Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação (FAO, 2022), apesar do leve decréscimo, a produção aquícola mundial cresceu em média 5,3% ao ano no período de 2001 a 2018 e se saiu muito bem diante do cenário enfrentado pela pandemia por COVID-19, onde foram produzidas cerca de 88 milhões de toneladas de animais aquáticos durante o ano de 2020. É importante o acompanhamento desses dados pois é esperado que a produção de alimentos cresça proporcionalmente ao incremento populacional. Atualmente estima-se que a população mundial tenha atingido 8 bilhões em novembro do ano passado (ONU, 2022), tornando ainda mais complexa e multidimensional a relação entre crescimento populacional e oferta de alimentos.

No Brasil, um dos ramos da aquicultura que mais se destaca em termos de produção é a carcinicultura (criação de camarão em cativeiro). Foram produzidas 120 mil toneladas no país em 2021, o que representa um crescimento de 33,3% em relação ao ano anterior (ABCC, 2022). A criação de camarão em cativeiro é uma atividade em expansão no Brasil, sendo liderada pela Região Nordeste desde que o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) iniciou a pesquisa da pecuária municipal no país em 2013. A Região foi responsável por 99,7% de toda a produção e maior parte desse resultado é atribuído ao cultivo da espécie exótica de camarão marinho *Litopenaeus vannamei* (camarão branco do Pacífico), corroborando para que a carcinicultura seja considerada a principal atividade da maricultura no país (DA SILVA; PIERRI, 2022).

Ainda que a carcinicultura esteja em constante crescimento e essa estatística seja positiva, os dados também apontam que 60% da produção nacional foi proveniente de micros, pequenos e médios produtores, que é algo preocupante, isso aliado ao fato de que a atividade demanda a resolução de problemas recorrentes. O principal deles está associado ao alinhamento da produção e da gestão do cultivo com a sustentabilidade. Isso se torna um problema, pois dificulta a adesão de novas tecnologias capazes de auxiliar na tomada de decisão em tempo hábil. Muitos pequenos produtores, por exemplo, não realizam o acompanhamento adequado dos parâmetros zootécnicos e da qualidade da água do seu cultivo, além de não relacionar os resultados obtidos nas biometrias a possíveis fatores que impactam negativamente na produção, devido ao conhecimento técnico limitado. Além disso, algo que também precisa ser mencionado é que o acesso ao conhecimento na aquicultura é

considerado crítico, limitando a disseminação de informações de cunho técnico consideradas básicas para garantir a sanidade dos organismos cultivados (CAMBOIM *et al.*, 2021).

Diante desse cenário, a carcinicultura apresenta potencial para o uso de aplicações inovadoras de Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDICs), movimentando a economia alinhada a tecnologias como: análise de dados, *big data*, computação em nuvem, inteligência artificial, *Internet* das Coisas (IoT), manufatura digital e robótica. Todas essas novas práticas fazem parte do conceito de Quarta Revolução Industrial, também chamada Economia ou Indústria 4.0 (i4.0), onde o mundo real e o mundo digital cooperam entre si de uma maneira flexível a nível global (SCHWAB, 2017).

A Quarta Revolução Industrial tem sido marcada pela fusão dos mundos físico, digital e biológico, cujas tendências atuais no campo da estratégia corporativa podem ser definidas pela transformação digital aliada à introdução de sistemas ciber-físicos (CORZO; ALVAREZ-AROS, 2020). Com o rápido avanço das tecnologias digitais, as iniciativas praticadas na i4.0 estão ajudando a transformar indústrias tradicionalmente adeptas da manufatura em indústrias conectadas e mais inteligentes, facilitando na tomada de decisão e na logística de seus processos (FENG; AUDY, 2020).

Ao adotar algumas dessas tecnologias, como por exemplo o uso de *softwares* de gestão e sistemas embarcados, a atividade aquícola deu início ao que chamamos de Aquicultura 4.0, uma vertente da i4.0 que viabiliza a otimização de recursos e processos, prioriza o bem-estar animal e a sustentabilidade ambiental, e possibilita ao produtor tomar decisões mais assertivas baseado no fluxo contínuo de informações resultantes da análise de dados de seu empreendimento.

O uso de *softwares* e dispositivos móveis na aquicultura não é uma prática recente. No mercado estão disponíveis sistemas *web* e *mobile* que ajudam na gestão financeira do negócio, no acompanhamento zootécnico dos animais cultivados e no controle de qualidade de água (MOREIRA; MOREIRA, 2017). Porém, embora a maioria dos *softwares* seja desenvolvida com o intuito de facilitar as atividades do produtor, a adesão dessas tecnologias ainda é considerada baixa, isso se deve ao fato de que as aplicações nem sempre são intuitivas ou totalmente gratuitas. Outro aspecto a ser considerado, é o fato de que esses sistemas *web* e *mobile* são bem nichados, quase sempre direcionados ao setor de piscicultura (criação de peixe em cativeiro) e utilizados pela carcinicultura de forma adaptada. O desenvolvimento de uma ferramenta com informações específicas para o setor da carcinicultura e que seja acessível, de fácil compreensão e sem custo ao produtor, pode contribuir para alavancar a produtividade da atividade no Estado do Ceará.

Neste contexto, este trabalho apresenta o **AquaSolutions**, uma aplicação *mobile* para auxiliar pequenos produtores em seus cultivos do camarão marinho *Litopenaeus vannamei*. Desenvolvido no Laboratório de Tecnologias Aquícolas (LTA) do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE) – *Campus Aracati*, o AquaSolutions é apresentado como uma solução que visa facilitar o acompanhamento dos parâmetros zootécnicos e de qualidade de água em cultivos de camarão marinho, através de uma interface simples e intuitiva. Com o uso do aplicativo, o usuário poderá realizar cálculos rotineiros do cotidiano para acompanhar os parâmetros zootécnicos. Já no módulo de qualidade de água, os valores obtidos pelo usuário (dados do cultivo) são comparados aos valores estipulados na literatura para o parâmetro que está sendo analisado. Caso os resultados apresentem não conformidade, o *app* mostra as possíveis causas e consequências, além de sugerir um manejo resposta e reforçar a importância de se consultar um técnico ou engenheiro de aquicultura. Trata-se, portanto, de uma aplicação capaz de facilitar a tomada de decisão, tornando o cultivo mais seguro e sustentável, possibilitando um acompanhamento adequado da atividade mesmo para aqueles que possuem pouco ou nenhum conhecimento técnico.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

Pesquisar, modelar e desenvolver uma aplicação *mobile* gratuita para dispositivos com sistema operacional Android, cuja interface seja simples e intuitiva, contendo informações específicas para o setor da carcinicultura e que possa auxiliar na tomada de decisão do produtor em tempo hábil.

1.1.2 Objetivos específicos

- Realizar um levantamento bibliográfico sobre os parâmetros de acompanhamento zootécnico e de qualidade de água na carcinicultura;
- Realizar um levantamento sobre as tecnologias disponíveis para o desenvolvimento de aplicativos e suas especificações técnicas necessárias;
- Apresentar o AquaSolutions e suas funcionalidades;

- Realizar uma análise comparativa entre o *app* AquaSolutions e as ferramentas de acompanhamento disponíveis no mercado, apresentando similaridades e diferenças entre os mesmos;
- Analisar, discutir e questionar os resultados após análise comparativa.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A metodologia deste trabalho foi pautada em uma pesquisa exploratória, buscando alinhar os objetivos do projeto à multidisciplinaridade necessária para sua execução. Para isso, foi necessário um aprofundamento nos conceitos relacionados à aquicultura e às Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDICs).

Dessa forma, esta seção disponibiliza ao leitor a explanação dos conceitos abordados durante a leitura deste trabalho, a fim de proporcionar uma absorção eficaz do conteúdo apresentado.

2.1 Aquicultura

É o termo dado à técnica de produção em cativeiro de organismos que possuem ciclo de vida parcial ou total em meio aquático, realizada em ambientes controlados ou semicontrolados, podendo ser continental ou marinha. Dentre os organismos cultivados, podemos citar plantas aquáticas, peixes, crustáceos, moluscos, anfíbios e répteis (SIQUEIRA, 2017). Os primeiros registros históricos apontam para a China como pioneira nesta modalidade com o monocultivo da espécie carpa (*Cyprinus carpio*), há cerca de quatro mil anos (VINATEA, 1995). Esse tipo de prática visa a produção racional com fins que, em sua maioria, são destinados para a alimentação humana. Isso ocorre porque tais organismos são vistos como fontes viáveis de proteína de alta qualidade e que podem ser adquiridos por um baixo custo, contribuindo para que a atividade aquícola seja considerada muito importante na promoção de segurança alimentar, principalmente em países em desenvolvimento (EL-GAYAR; LEUNG, 2000). Valenti (2002, p. 111) afirma que “a aquicultura moderna envolve três componentes: a produção lucrativa, a preservação do meio ambiente e o desenvolvimento social”.

De acordo com dados publicados no relatório SOFIA (*State of World Fisheries and Aquaculture*) (FAO, 2022), estimou-se que o consumo global de animais aquáticos atingiu cerca de 178 milhões de toneladas no ano de 2020, sendo 49% desse total (aproximadamente 88 milhões de toneladas) resultado da produção aquícola. Se comparado ao ano de 2018, que teve uma produção global de 179 milhões de toneladas (Tabela 1) e foi considerado um recorde, esse dado apresenta uma leve queda, algo que pode ser justificado pela pandemia por COVID-19. Em cima da produção total de 2020, 157 milhões de toneladas foram destinadas

ao consumo humano e o remanescente foi destinado a utilizações consideradas não-alimentares, como produção de farinha e óleo de peixe.

Tabela 1 – Produção da pesca e aquicultura mundial.

	1990's	2000's	2010's	2018	2019	2020
Média por ano						
<i>Milhões de toneladas (peso vivo equivalente)</i>						
Produção						
Pesca:						
Interior	7.1	9.3	11.3	12	12.1	11.5
Marinha	81.9	81.6	79.8	84.5	80.1	78.8
Total pescado	89	90.9	91.1	96.5	92.2	90.3
Aquicultura:						
Interior	12.6	25.6	44.7	51.6	53.3	54.4
Marinha	9.2	17.9	26.8	30.9	31.9	33.1
Total aquicultura	21.8	43.5	71.5	82.5	85.2	87.5
Total de pesca e aquicultura mundial	110.8	134.4	162.6	179	177.4	177.8

Fonte: Adaptado de FAO (2022).

Algo a ser levado em consideração, é o fato de que o pescado consumido por pescadores artesanais e seus familiares (pesca de subsistência) ou por pescadores amadores não costuma ser declarado (SILVA, 2019). Ainda segundo a publicação (FAO, 2022), a aquicultura continua em expansão e cresceu a uma média de 5,3% ao ano desde a virada do século.

Em relação ao Brasil, a aquicultura tem se consolidado por alguns motivos: o aumento no consumo de pescado no país, o alcance de pacotes tecnológicos¹ para as mais diversas espécies de pescado, e como alternativa para restaurar estoques de recursos pesqueiros prejudicados pela ação extrativista desordenada. Isso tem sido possível porque o Brasil possui variadas condições climáticas e uma vasta costa marítima, além de deter 12% das reservas de água doce do planeta e dispor de mão de obra (XIMENES, 2021). A produção aquícola nacional atingiu 551,9 mil toneladas e valor bruto de produção de R\$ 5,9 bilhões em 2020, com destaque para o Estado do Paraná, responsável por 25,4% desse montante (IBGE, 2021).

¹ Pacote tecnológico é o conjunto de informações documentadas que viabilizam a transferência de conhecimento sobre fatores como manejo, nutrição, reprodução e melhoramento genético de uma espécie, contribuindo para a otimização do cultivo.

Com isso, o país ocupa a 13^a posição no *ranking* mundial dos principais produtores de pescado (FAO, 2022). Ainda dentro do cenário nacional, a diversidade climática favorece as mais diversas criações: tambaqui e pirapitinga na Região Norte; camarão marinho e tilápia na Região Nordeste; tilápia, pintado e pacu na Região Sudeste; tambaqui, pintado e pacu na Região Centro-Oeste; e carpa, ostra, mexilhão e jundiá na Região Sul (SEBRAE, 2022).

Porém, apesar de estatísticas tão otimistas para esse setor do agronegócio, a aquicultura ainda enfrenta alguns desafios, principalmente devido à defasagem em estudos e dados científicos (SEBRAE, 2022). Sem informações científicas e recursos tecnológicos fica difícil estruturar a cadeia produtiva, ainda mais se considerarmos que grande parte dela é composta por micros, pequenos e médios produtores. A falta de conhecimento reflete em questões ligadas à biossegurança e sanidade, dificultando, por exemplo, o diagnóstico precoce de doenças nos animais de cultivo, algo que pode ser monitorado através do acompanhamento da qualidade de água (CAMBOIM *et al.*, 2021). Facilitar o acesso do produtor a ferramentas de informação o favorece, não apenas financeiramente, mas também influencia no controle sobre as etapas do processo produtivo, garantindo a qualidade do produto que vai para a mesa do consumidor final. Em resumo, o amplo acesso a informações de contexto pode contribuir para que a aquicultura continue sendo um instrumento de desenvolvimento social que visa a lucratividade do empreendimento, mas sem deixar de lado a conservação do ambiente e o uso racional dos recursos naturais.

2.1.1 Carcinicultura

A maricultura é uma ramificação da aquicultura destinada ao cultivo de organismos aquáticos em ambientes com água salgada, permitindo a criação de organismos marinhos e estuarinos (ENGEPECA, 2018). Essa atividade pode ser subdividida, de acordo com o tipo de organismo cultivado, em: piscicultura (peixes), carcinicultura (crustáceos), malacocultura (moluscos) e algicultura (algas) (SOUZA, 2017). Os dois principais setores produtivos da maricultura brasileira são a malacocultura e a carcinicultura, esta última restringida apenas ao cultivo de camarão no país (DA SILVA; PIERRI, 2022). Portanto, é correto dizer que a carcinicultura nacional é destinada à criação e exploração comercial de camarões em cativeiro.

O cultivo do camarão marinho começou na Ásia com o aprisionamento de pós-larvas em viveiros construídos na costa por pescadores da região, mas a atividade como conhecemos na atualidade surgiu na década de 30 do século XX, após o pesquisador japonês Motosaku

Fujinaga conseguir obter desovas e pós-larvas de *Penaeus japonicus* em seu laboratório através da captura de fêmeas coletadas da natureza (NATORI *et al.*, 2011). Atualmente esse tipo de cultivo domina a produção de crustáceos da aquicultura costeira realizada em viveiros de água salobra nos países produtores de pescado, além de ser uma importante fonte de renda e promoção de segurança alimentar em países em desenvolvimento na Ásia e América latina. Outro dado peculiar é que o camarão de perna branca (*Penaeus vannamei*) foi a principal espécie de animal aquático produzida no ano de 2020 (5,8 milhões de toneladas), representando ainda 51,7% do total de crustáceos produzidos mundialmente (FAO, 2022).

No Brasil, a carcinicultura comercial iniciou em 1973, no Estado do Rio Grande do Norte, com a criação do “Projeto Camarão”, uma tentativa de introduzir a espécie exótica *Marsupenaeus japonicus* como alternativa para substituir a extração de sal no Estado (BARBOSA, 2022). Porém, a espécie não se adaptou bem às condições climáticas, dificultando sua reprodução, produtividade e resistência a doenças. Somente em 1990 houve uma tentativa no país que resultou em sucesso de produção até os dias de hoje, dessa vez com a espécie *Litopenaeus vannamei*. Devido ao seu grau de rusticidade, o *L. vannamei* se adaptou e cresceu bem, apresentando bons índices de produtividade e competitividade (BARBIERI JÚNIOR; OSTRENSKY NETO, 2002).

A carcinicultura continua em expansão no Brasil, sendo liderada pela Região Nordeste desde que o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) iniciou a pesquisa da pecuária municipal no país em 2013. A Região foi responsável por 99,7% da produção nacional em 2020, com destaque para os Estados do Rio Grande do Norte e Ceará que, juntos, representam quase 70% da produção total (IBGE, 2021). Maior parte desse resultado é atribuído ao cultivo da espécie exótica de camarão marinho *Litopenaeus vannamei* (camarão branco do Pacífico), corroborando para que a carcinicultura seja considerada a principal atividade da maricultura no país (DA SILVA; PIERRI, 2022).

O Estado do Ceará registrou uma produção de 21 mil toneladas no ano de 2020, o que representa um crescimento de 18,3% em relação ao ano anterior. E é também no Ceará que fica o maior município produtor de camarão (Aracati), que registrou 3,9 mil toneladas em 2020 (SEAFOOD, 2021). Esses números podem ser ainda maiores se considerarmos que o pescado produzido e consumido pela carcinicultura familiar não costuma ser declarado (SILVA, 2019).

Embora as estatísticas apontem para a expansão da carcinicultura, ainda há muito o que ser feito para garantir o sucesso da atividade no país, por exemplo a expansão de programas de assistência ao pequeno produtor. O artigo da Aquaculture Brasil “Tendências,

desafios e perspectivas da carcinicultura brasileira” (ROCHA, 2020) destaca que as enfermidades mudaram a forma de se produzir camarão, reforçando a importância do acompanhamento das variações de parâmetros buscando entender seus efeitos sobre o cultivo, principalmente em relação à qualidade de água, e da adoção de práticas mais rígidas de biossegurança. A falta de acompanhamento se torna um problema a partir do momento que nem todos os produtores são tecnicamente eficientes (ARAUJO *et al.*, 2018).

A ausência de uma rede de fluxos de conhecimento e informação tecnológica eficiente dificulta o acesso do produtor de pequena escala à inovação e adoção de novas tecnologias (LEÓN BALDERRAMA; GUTIÉRREZ LÓPEZ; CARRAZCO ESCALANTE, 2019). Mais do que isso, sem acesso ao conhecimento básico, boa parte das enfermidades não é diagnosticada, tratada e sequer documentada pelo pequeno produtor (SCARFE; PALIC, 2020), impactando negativamente na continuidade de seu empreendimento.

Além da convivência com enfermidades, outro grande desafio desse tipo de produção diz respeito ao custo com insumos referentes à alimentação dos camarões, que chegam a representar pelo menos 60% do custo produtivo total de uma fazenda. Nesse âmbito, muitas pesquisas são realizadas com o intuito de buscar fontes proteicas eficientes e de baixo custo (ALBUQUERQUE, 2019). Só que, mais uma vez, a defasagem nos estudos e dados científicos prejudica a disseminação de informações relevantes ao setor (SEBRAE, 2022).

O ramo da carcinicultura no Ceará tem se recuperado bem dos efeitos da longa estiagem enfrentada pela Região Nordeste no período de 2012 a 2017, e da ocorrência da doença da mancha branca (*White Spot Syndrome – WSS*) surgida no país no final do ano de 2004 e que assolou muitas fazendas, levando a taxas elevadíssimas de mortalidade, em alguns casos comprometendo toda a produção (XIMENES, 2021).

Cabe a nós, da Academia, atuarmos enquanto instrumento de difusão da ciência e da inovação, contribuindo para a melhoria da atividade, proporcionando qualidade de vida aos atores envolvidos e promovendo o desenvolvimento social no meio em que estamos inseridos. Seja através da prática de projetos de extensão, ou até mesmo de patentes resultantes de novas tecnologias pensadas com o objetivo de resolver alguns desses problemas pontuais.

2.2 Indústria 4.0 e as Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação

A humanidade já passou por três revoluções industriais e atualmente vivencia a quarta e, talvez, a mais impactante dentre elas, devido à sua grande área de abrangência. A Primeira Revolução Industrial foi marcada por uma sucessão de processos que levou ao

desenvolvimento tecnológico da Inglaterra no século XVIII, marcada pela mecanização da produção fabril com o uso de máquinas a vapor, mudando todo o cenário econômico e social do país, algo que só viria repercutir no Brasil cerca de um século depois (DE LIMA; DE OLIVEIRA NETO, 2017).

A Segunda Revolução Industrial ocorreu com o progresso científico e tecnológico ocorrido em meados do século XIX na Inglaterra, França e Estados Unidos, marcada pelo desenvolvimento dentro das indústrias química, elétrica, de petróleo e de aço, resultando no desenvolvimento do motor a combustão e dos fertilizantes químicos, além dos defensivos agrícolas (ABRAMOVAY, 2012).

Já a Terceira Revolução Industrial, também chamada de Revolução Técnico-científica, surgiu no século XX após a Segunda Guerra Mundial e é caracterizada pela inserção da tecnologia no campo científico, trazendo as chamadas Tecnologias da Informação (TI), como *software* e *hardware*, o que representou um avanço nas áreas relacionadas à informática, eletrônica, robótica, telecomunicações, transportes, biotecnologia e química fina, além da nanotecnologia. Deu início ao ciclo digital que dura até os dias atuais, graças ao desenvolvimento dos semicondutores, da computação pessoal e da internet (SCHWAB; DAVIS, 2018).

Por fim, temos a Quarta Revolução Industrial, também chamada de Economia ou Indústria 4.0 (i4.0), que tem sido marcada pela fusão dos mundos físico, digital e biológico, cujas tendências atuais no campo da estratégia corporativa podem ser definidas pela transformação digital aliada à introdução de sistemas ciber-físicos (CORZO; ALVAREZ-AROS, 2020). Esse termo foi atribuído à estratégia de alta tecnologia promovida pelo governo alemão que está sendo implementada pela indústria e que “abrange um conjunto de tecnologias de ponta ligadas à internet com objetivo de tornar os sistemas de produção mais flexíveis e colaborativos” (SANTOS *et al.*, 2018, p. 112). Também pode ser caracterizada pela otimização de recursos e pela automação de processos através da integração dos setores industriais com algumas soluções tecnológicas da TI, buscando tornar os processos mais inteligentes (MENELAU *et al.*, 2020). Schwab (2017) explica que na i4.0 o mundo real e o mundo digital cooperam entre si de uma maneira flexível a nível global.

Com o rápido avanço das tecnologias digitais, as iniciativas praticadas na i4.0 estão ajudando a transformar indústrias tradicionalmente adeptas da manufatura em indústrias conectadas e mais inteligentes, facilitando na tomada de decisão e na logística de seus processos (FENG; AUDY, 2020). Permitindo, assim, movimentar a economia alinhada a tecnologias como: análise de dados, *big data*, computação em nuvem, inteligência artificial,

Internet das Coisas (IoT), manufatura digital e robótica. Isso tem sido possível graças ao uso de Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação, termo que abrange todos os meios técnicos que permitem reunir, tratar, distribuir e compartilhar informações em tempo real através do uso da internet (ANDERSON, 2010). Alguns exemplos práticos disso são: sites da *web*, *smartphones*, equipamentos de informática (*software* e *hardware*) e os balcões de serviços automatizados (MENDES, 2008).

2.2.1 Aquicultura 4.0

A Quarta Revolução Industrial possibilitou a modernização de muitas práticas nos mais variados setores da indústria, fruto das tecnologias que compõem essa revolução. Ao adotar algumas dessas tecnologias, como por exemplo o uso de *softwares* de gestão e sistemas embarcados, a atividade aquícola deu início ao que chamamos de Aquicultura 4.0, uma vertente da i4.0 que viabiliza a otimização de recursos e processos, prioriza o bem-estar animal e a sustentabilidade ambiental, e possibilita ao produtor tomar decisões mais assertivas baseado no fluxo contínuo de informações resultantes da análise de dados de seu empreendimento.

A Aquicultura 4.0 é baseada nos princípios da atividade tradicional, mas com o *upgrade* promovido pelo uso de Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação. O *blog* da empresa Sansuy, por exemplo, pontuou as *smart farming* (fazendas inteligentes), a análise de dados, o cultivo de peixes *offshore* (realizado em alto mar) e a rastreabilidade como as principais transformações dessa nova modalidade aquícola (SANSUY, 2020).

Favorecida pelos avanços técnico-científicos provenientes da i4.0, a aquicultura tem evoluído bastante com a adoção dessas tendências tecnológicas ligadas às TDICs, representando uma melhoria na produtividade e no escalonamento da produção. As principais tecnologias praticadas na chamada Aquicultura 4.0 são:

- **Big data:** pode ser conceituado como “o fenômeno em que dados são produzidos em vários formatos e armazenados por uma grande quantidade de dispositivos e equipamentos” (AMARAL, 2016, p. 7). Em resumo, *big data* é um sistema inteligente de armazenamento e análise de dados. Alguns exemplos de sua aplicação na aquicultura são a previsão de demandas e tendências, a rastreabilidade de cargas e o monitoramento de enfermidades.

- **Data analytics:** ou análise de dados, trata-se da “ciência que examina dados brutos de forma inteligente, coletados em ferramentas de *big data* e *business intelligence*” (GIROLDO, 2021). Através da extração desses dados é possível gerar modelos de gestão reaplicáveis em toda a cadeia produtiva, desde que estejam apoiados por *hardwares* e serviços de apoio (CADOMA, 2021).
- **Dispositivos móveis:** são quaisquer dispositivos cuja principal característica é a mobilidade e que se conectam por redes de comunicação. Seu uso pode ser associado “à interação social, à localização espacial, coleta de dados, rastreamento e muitas outras que poderão ser aplicadas em função da intenção do usuário” (SABOIA; VARGAS; VIVA, 2013, p. 4). Os melhores exemplos disso são os *tablets* e os *smartphones*.
- **Inteligência Artificial (IA):** do inglês *Artificial Intelligence*, refere-se à confecção de máquinas “programadas previamente, fazendo uso de algoritmos bem elaborados e complexos que proporcionem a tomada de decisões, especulações e até interações baseadas nos dados fornecidos” (DAMACENO; VASCONCELOS, 2018, p. 12). Um ótimo exemplo de sua aplicação na aquicultura são os tanques monitorados via softwares *online* e *offline*.
- **Internet das Coisas (IoT):** do inglês *Internet of Things*, pode ser definida como “uma abordagem de convergência de dados obtidos de diferentes tipos de coisas para qualquer plataforma virtual na infraestrutura de *Internet* existente” (FAROOQ *et al.*, 2015, p. 1). Ou seja, refere-se à conectividade entre dispositivos por meio de redes sem fio, como *internet* e rádio. Alguns exemplos de sua aplicação na aquicultura são os alimentadores automáticos, os sensores e também os drones.
- **Robótica:** termo criado por Asimov para definir a ciência responsável pela mecanização e automação de máquinas controladas remotamente (SCIATICCO; SICILIANO, 1995). Alguns exemplos de sua aplicação são os robôs que auxiliam no manejo e controle de criações e, o mais popular atualmente, os drones ou VANTs (veículos aéreos não tripulados).

Esse salto tecnológico tem gerado novas oportunidades ao pequeno produtor, pois o incentiva a buscar capacitação constante em sua área de atuação. Isso tende a refletir positivamente na sua qualidade de vida, na sustentabilidade de seu empreendimento e na economia do país.

2.2.2 Aplicações web e mobile

O avanço tecnológico na Indústria 4.0 é evidente, permitindo o acesso à informação e o compartilhamento de dados com apenas um clique. A *internet* está ajudando a revolucionar a indústria da comunicação como nunca vimos, possibilitando, por exemplo, que empresas usem as mais variadas plataformas digitais para alcançar clientes potenciais através da divulgação de seus produtos e serviços. Em resposta a essa estratégia surgiu o consumidor 4.0, aquele que está sempre atento às inovações e que acompanha as redes sociais de uma empresa baseado em sua missão, visão e valores (LYCEUM, 2022). Isso tudo é possível com o auxílio de aplicações *web* e *mobile*.

Um sistema *web* é um *software* hospedado em um servidor, executado diretamente no *browser* (ou navegador) e que só pode ser acessado por usuários cadastrados através de *login* e senha. A maior vantagem em seu uso é a acessibilidade, uma vez que não há necessidade de se realizar qualquer instalação na máquina do usuário, bastando o acesso à *internet* para utilizá-lo (NOLETO, 2020). É vista como uma solução para “simplificar, agilizar e aumentar a produtividade dos processos das empresas/pessoas” (ELO JÚNIOR, 2018). Twitter, YouTube e Instagram são exemplos de aplicações *web* populares na atualidade.

Aplicação *mobile* ou aplicativo é um *software* projetado especificamente para ser executado em dispositivos móveis, como é o caso dos *smartphones* e *tablets*. Seu desenvolvimento é direcionado para um sistema operacional (Android, iOS ou Windows Phone), podendo também ser multiplataforma, e uma de suas vantagens é permitir consultas *offline*. Em contrapartida, apresenta uma desvantagem em relação aos sistemas *web*: a necessidade de atualizações periódicas no dispositivo do usuário (COSTA, 2018). Twitter, YouTube e Instagram são aplicações *web* mas também possuem sua versão *mobile*.

Independente da plataforma escolhida, a solução desenvolvida certamente vai otimizar o tempo gasto na execução de tarefas e garantir a segurança dos dados armazenados.

2.2.3 O uso de aplicativos na aquicultura

Infelizmente, apesar de tantas tecnologias à disposição, o elevado custo desse tipo de inovação ainda faz com que seja uma realidade distante para muitos trabalhadores da área aquícola no Brasil, pois grande parte dos insumos tecnológicos são de outras nacionalidades, encarecendo a utilização de tecnologias emergentes devido aos custos de importação e impostos. No entanto, a tecnologia *mobile* tem se destacado no setor devido à sua

simplicidade e fácil acessibilidade. Através do uso de um *smartphone* conectado à *internet*, com uma simples busca o produtor tem acesso a um mundo de informações sobre capacitação, gestão, manejo e comércio.

O relatório *State of Mobile 2022*, realizado pela companhia App Annie (2022), mostrou que o Brasil foi o quarto país que mais baixou aplicativos no ano de 2021. Os dados publicados mostram que os brasileiros fizeram o *download* de cerca de 10.326.000.000 em *apps* só no ano de 2021. Outra pesquisa realizada em novembro de 2021 pelo site de notícias Mobile Time em parceria com a plataforma de pesquisa Opinion Box, resultou no “Panorama Mobile Time/Opinion Box – Uso de *apps*”, que apontou que, dos 2.036 usuários brasileiros entrevistados, 98% deles já haviam baixado e instalado algum aplicativo em seus *smartphones* (MOBILE TIME, 2022). Essas estatísticas confirmam que há um cenário favorável para o desenvolvimento de aplicações *mobile* para os mais diversos segmentos no país.

Na aquicultura, o uso de *softwares* e dispositivos móveis como suporte tecnológico não é uma prática recente. No mercado estão disponíveis sistemas *web* e *mobile* que ajudam na gestão financeira do negócio, no acompanhamento zootécnico dos animais cultivados e no controle de qualidade de água (MOREIRA; MOREIRA, 2017). Exemplos disso são o sistema *web* Aquisys v.1.3 (solução tecnológica desenvolvida pela Embrapa em parceria com outras instituições) e os aplicativos Aquabit, Aquímetro e Blue Aqua.

Há uma ampla diversidade de aplicações acessíveis com o objetivo de tornar a rotina dos profissionais da aquicultura mais simples. São soluções pensadas para auxiliar em várias áreas do setor: desde uma simples conversão de unidades até o escoamento da produção.

Porém, embora a maioria dos *softwares* seja desenvolvida com o intuito de facilitar a atividade, a adesão dessas tecnologias ainda é considerada baixa. Isso se deve ao fato de que as aplicações nem sempre são intuitivas ou totalmente gratuitas, além de atender parcialmente às demandas dos produtores. Outro aspecto a ser considerado é o fato de que as soluções desenvolvidas são bem nichadas, quase sempre direcionadas ao setor de piscicultura (criação de peixe em cativeiro).

A tabela a seguir, mostra alguns exemplos de sistemas *web* e *mobile* identificados durante o levantamento bibliográfico realizado, e especificados por área de aplicação.

Tabela 2 – Exemplos de soluções tecnológicas e suas áreas de usabilidade.

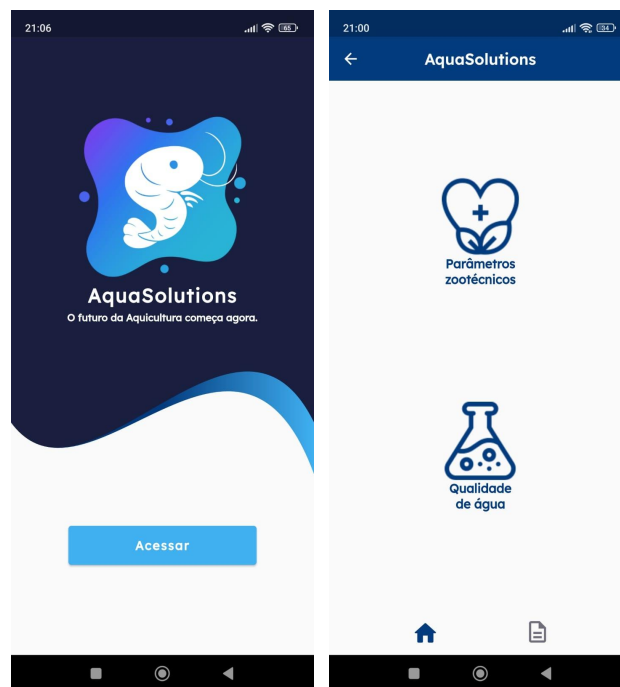
Área de aplicação	Sistema <i>web/mobile</i>
Acompanhamento de parâmetros físico-químicos	Aquabit e Aquímetro
Boas práticas de manejo	Aquisys v.1.3
Cálculos do cotidiano	Aquímetro e Blue Aqua
Conversão de unidades	Maximum Converter
Diagnóstico de enfermidades	AquaTilápia e DocFish
Gerenciar e armazenar dados de produção	Aquabit, Aquaweb e KAD
Gestão ambiental	Aquisys v.1.3
Glossário com termos técnicos	Aquisys v.1.3 e DocFish
Nutrição	Aquabit, AquiNutri e Fish Feed
Pesquisa de preços	Camarada
Plataforma de comercialização de insumos	AquaIn e LinkFish
Plataforma de comercialização de pescado	AquaIn e LinkFish

Fonte: Elaborada pela autora (2023).

3 MATERIAL E MÉTODOS

Esta seção apresenta o processo de desenvolvimento do AquaSolutions (Figura 1), uma aplicação *mobile* proposta para auxiliar na tomada de decisão em cultivos do camarão marinho *Litopenaeus vannamei*, cujo intuito é tornar o cultivo mais seguro e sustentável, possibilitando um acompanhamento adequado da atividade mesmo para aqueles que possuem pouco ou nenhum conhecimento técnico.

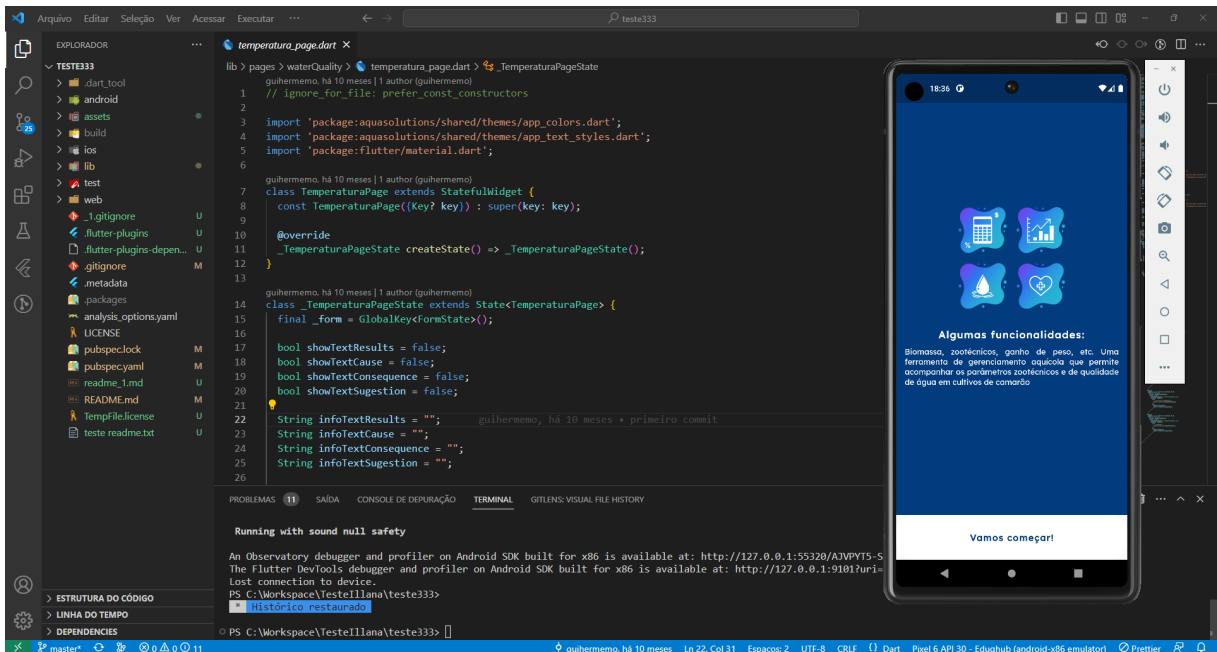
Figura 1 – Telas iniciais do AquaSolutions.



Fonte: *Print screen* da aplicação AquaSolutions (2023).

O protótipo do aplicativo foi implementado entre agosto de 2021 e abril de 2022 para atender ao Edital 2021 do Programa Clusters Econômicos de Inovação, promovido pelo Governo do Estado do Ceará por meio da Secretaria da Ciência, Tecnologia e Educação Superior (SECITECE) e da Secretaria de Desenvolvimento Econômico e Trabalho (SEDET). A fase inicial do Programa Clusters Econômicos de Inovação consistiu na validação de problemas pontuais identificados por pesquisadores regionais em diversos pontos do Estado. Após a realização desse levantamento, os problemas foram apresentados no edital para que as equipes concorrentes apresentassem suas soluções a fim de resolvê-los. Dessa forma, o *app* AquaSolutions (Figura 2) foi proposto como uma solução para ajudar com a baixa produtividade do camarão marinho cultivado, problema apresentado pelo Cluster Agronegócio – Litoral Leste.

Figura 2 – Ambiente de desenvolvimento do AquaSolutions.



Fonte: *Print screen* do IDE VS Code (2023).

A equipe de desenvolvimento foi composta pelo Doutor em Engenharia de Pesca e Professor do IFCE – *Campus* Aracati, José William Alves da Silva (orientador deste trabalho de conclusão); pelo Bacharel em Ciência da Computação, Guilherme Martins de Oliveira; e eu, Illana Beatriz Rocha de Oliveira.

Para atingir o objetivo final, algumas etapas foram seguidas:

1. Identificação de uma ideia ou problema a ser resolvido;
2. Validação da ideia;
3. Definição dos requisitos funcionais e não funcionais;
4. Detalhamento do aplicativo ou prototipagem;
5. Definição do *design* e desenvolvimento do *software*;
6. Teste alfa do protótipo;
7. Planejamento e criação dos algoritmos;
8. Planejamento e criação do modelo de dados pré-definido;
9. Teste beta do protótipo;
10. Coleta de *feedbacks* e revisão de funcionalidades.

Cada uma dessas etapas foi devidamente descrita com suas particularidades nos tópicos seguintes. Esse processo foi importante para garantir a criação de um produto com

propósito, cujo objetivo e público-alvo estivessem bem definidos. Ou seja, algo capaz de atender a uma demanda real do mercado.

3.1 Metodologia de desenvolvimento do *software*

O sistema de desenvolvimento de *software* pode utilizar metodologias tradicionais ou ágeis. Enquanto as metodologias tradicionais enfatizam a documentação de cada etapa do desenvolvimento, as ágeis visam melhorar a produção de *software* e sua qualidade (KOSCIANSKI; DOS SANTOS SOARES, 2007).

Metodologia de desenvolvimento de *software* é o nome dado ao conjunto de atividades ou abordagens que auxiliam na produção de sistemas de processamento de dados. Segundo Sommerville (2003), apesar das várias metodologias criadas, existem algumas atividades fundamentais comuns a todas elas: especificação, projeto e implementação, validação e evolução.

Para o desenvolvimento deste trabalho, foi utilizada a metodologia ágil Scrum. Esse método é baseado na divisão das tarefas em ciclos chamados de *sprints*. Cada *sprint* chegou a durar de 1 a 3 semanas, a depender da complexidade da atividade em questão. Ao término de cada *sprint*, a equipe de desenvolvimento se reunia remotamente para revisar o progresso do projeto e definir quais seriam as etapas seguintes, lembrando que sua execução teve início ainda durante a pandemia. No total foram 9 *sprints*.

3.1.1 Identificação do problema

Ao participar de dois projetos de extensão com foco nos pequenos produtores durante a graduação, alguns aspectos sociais ficaram explícitos. Em 2018, o projeto intitulado “Capacitação na Aquicultura: acompanhamento dos pequenos produtores na atividade de carcinicultura familiar na Vila Coaçu, Parajuru, Beberibe – CE” foi executado na Associação Comunitária dos Produtores de Parajuru, teve a duração de 6 meses e o objetivo foi prestar assistência técnica e capacitar os produtores envolvidos na atividade da carcinicultura familiar. Durante o período do projeto, ficou evidente a falta de acesso dos produtores às informações de contexto sobre carcinicultura, principalmente quanto às enfermidades que podem acometer o camarão cultivado e as formas de convivência com elas. No ano seguinte, o público-alvo foram as mulheres da comunidade, onde o projeto “Capacitação na

Aquicultura: capacitação das mulheres na atividade de carcinicultura familiar na Vila Coaçu, Parajuru, Beberibe – CE” teve a mesma finalidade: capacitação.

Além do difícil acesso ao conhecimento, o produtor de pequeno porte geralmente não possui condições financeiras para contratar, com frequência, o serviço de assistência técnica prestado por um técnico ou engenheiro de aquicultura. Também não investe na compra de equipamentos necessários para acompanhar os principais parâmetros de seu cultivo.

Levando essa experiência em consideração, o Professor Doutor José William Alves da Silva (orientador deste trabalho), juntamente com o desenvolvedor de *software* Guilherme Martins de Oliveira, propuseram a criação de uma ferramenta simples e intuitiva que fosse capaz de ajudar pequenos produtores a melhorar a produtividade de seus cultivos.

3.1.2 Validação da ideia

Essa etapa é vista como a mais importante, pois só a partir desse processo de validação foi possível identificar que havia demanda para o produto que estava sendo planejado.

A princípio, foram realizadas perguntas em conversas informais com 10 produtores durante visitas de apoio técnico, visando coletar dados com as seguintes informações:

- De que maneira é realizado o acompanhamento do cultivo;
- Com que frequência um técnico é acionado pela fazenda;
- Qual a opinião do entrevistado a respeito do uso de novas tecnologias, como por exemplo a utilização de um aplicativo direcionado para o cultivo de camarão marinho, em seu cotidiano.

Os resultados obtidos foram unânimes. Todos disseram que um profissional de cunho técnico é acionado apenas em último caso, devido ao custo. O acompanhamento regular dos cultivos também não é prática comum, o que dificulta a identificação e solução de problemas. Portanto, os produtores se mostraram bastante receptivos à ideia proposta por este trabalho.

O próximo passo na validação da ideia foi identificar soluções existentes que fazem algo semelhante ao AquaSolutions, buscando sempre observar os recursos utilizados pelos concorrentes e o que poderia ser o diferencial do aplicativo em relação aos demais.

3.1.3 Definição dos requisitos funcionais e não funcionais

Antes do desenvolvimento de um *software*, é necessário realizar o levantamento de requisitos que ele precisará atender. Esse procedimento faz parte da engenharia de *software* ou engenharia de requisitos, que pode ser definida como “um conjunto de técnicas empregadas para levantar, detalhar, documentar e validar os requisitos de um produto de *software*” (PAULA FILHO, 2001). Isso é importante pois leva em consideração o atendimento das expectativas dos *stakeholders*².

Segundo Rossetti (2021), um requisito é uma condição ou capacidade que deve ser atendida. Na engenharia de *software*, esses requisitos podem ser funcionais e não funcionais.

3.1.3.1 Requisitos funcionais

Os requisitos funcionais de um produto são compostos de duas partes: função e comportamento (ROSSETTI, 2021). Ou seja, um requisito funcional define como o sistema (ou um de seus componentes) deverá se comportar, mas também indica o que o sistema não deve fazer. Um exemplo prático disso no projeto AquaSolutions é que a função do sistema é realizar cálculos do cotidiano de uma fazenda de camarão. Enquanto o seu comportamento é como o aplicativo faz isso através das fórmulas dispostas em seu modelo de dados pré-definido.

Dessa forma, os requisitos funcionais do aplicativo foram definidos da seguinte forma:

1. **RF01** – O sistema deve permitir que o usuário escolha entre dois módulos disponíveis;
2. **RF02** – O sistema deve permitir que o usuário inclua/exclua dados de entrada nos campos de preenchimento;
3. **RF03** – O sistema deve realizar cálculos utilizando os dados de entrada;
4. **RF04** – O sistema deve emitir um relatório após a realização dos cálculos;
5. **RF05** – O sistema deve funcionar *offline*.

3.1.3.2 Requisitos não funcionais

Os requisitos não funcionais de um produto estão relacionados aos seus atributos de qualidade (ROSSETTI, 2021), especificando as competências e restrições que o *software* deve

² Ou partes interessadas, em tradução livre, são pessoas que impactam ou são impactadas por um projeto.

atender. Um exemplo prático disso no projeto AquaSolutions é que ele foi criado para rodar em dispositivos com o sistema operacional Android.

Dessa forma, os requisitos não funcionais do aplicativo foram definidos da seguinte forma:

1. **RNF01** – O sistema deve ser compatível com dispositivos com o sistema operacional Android;
2. **RNF02** – O sistema deve ser implementado utilizando a linguagem de programação Dart;
3. **RNF03** – O sistema deve ser implementado utilizando o *framework* Flutter.

3.1.4 Detalhamento do aplicativo ou prototipagem

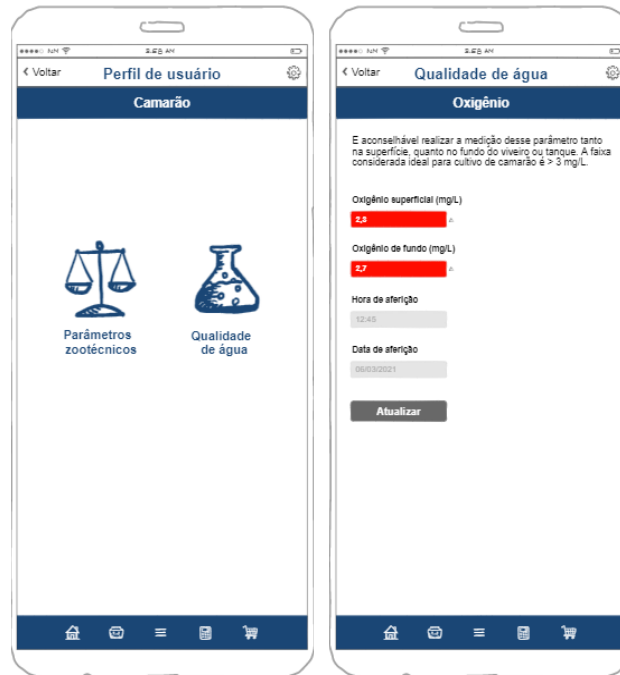
Seguindo a metodologia de desenvolvimento de *software*, após a definição dos requisitos, a próxima etapa consiste na prototipação da ideia. Essa técnica funciona tanto para levantar quanto para validar requisitos previamente sugeridos.

Prototipação, segundo Pressman (1995), é o nome dado ao processo que auxilia o desenvolvedor a entender os requisitos de um determinado sistema sob a visão do usuário, comprometendo-se a entregar um produto que atende às suas demandas. Essa atividade pode ser implementada através de *wireframe*, prototipação em papel, prototipação *storyboard* e *mock-up*.

O primeiro protótipo do AquaSolutions foi um *wireframe* de baixa fidelidade (Figura 3), que consistiu em um documento que apresentava sua estrutura e o conteúdo de sua interface. Em resumo, *wireframe* é um esquema cujo *design* representa todos os elementos que compõem a interface de maneira crua. Sua função é mais visual, pois mostra como o aplicativo deve parecer.

O *design* também deve apresentar o fluxo de navegação do usuário nas telas, já que esse documento serve de base para o desenvolvimento do código. Para atender a essa etapa do desenvolvimento do aplicativo, o esboço das telas foi criado com o auxílio da ferramenta de *wireframe online* Ninja Mock (PAREDES, 2019).

Figura 3 – Primeiro protótipo (*wireframe*) do AquaSolutions.



Fonte: *Print screen* da ferramenta online Ninja Mock (2023).

3.1.5 Definição do design e desenvolvimento do software

A partir do momento em que os requisitos do projeto foram definidos e atendidos com o primeiro protótipo, o passo seguinte foi a definição do *design*, que pode ser resumida como uma versão melhorada do protótipo inicial e que é mais voltada para a experiência do usuário ao utilizar o aplicativo.

O *design* do AquaSolutions foi aprimorado e suas telas individuais foram desenhadas no Figma (Figura 4), um *software* de prototipagem parcialmente gratuito que possibilita a criação de produtos executáveis, resultando em um protótipo de alta fidelidade (também conhecido por *mock-up*). Um protótipo do tipo *mock-up* apresenta elementos interativos em sua interface, como botões e menus, e possibilita ao usuário testar o *software*, validar hipóteses e dar *feedbacks* baseado em sua experiência (DA SILVA; SAVOINE, 2010).

Figura 4 – *Mock-up* do AquaSolutions.



Fonte: *Print screen* da ferramenta *online* Figma (2023).

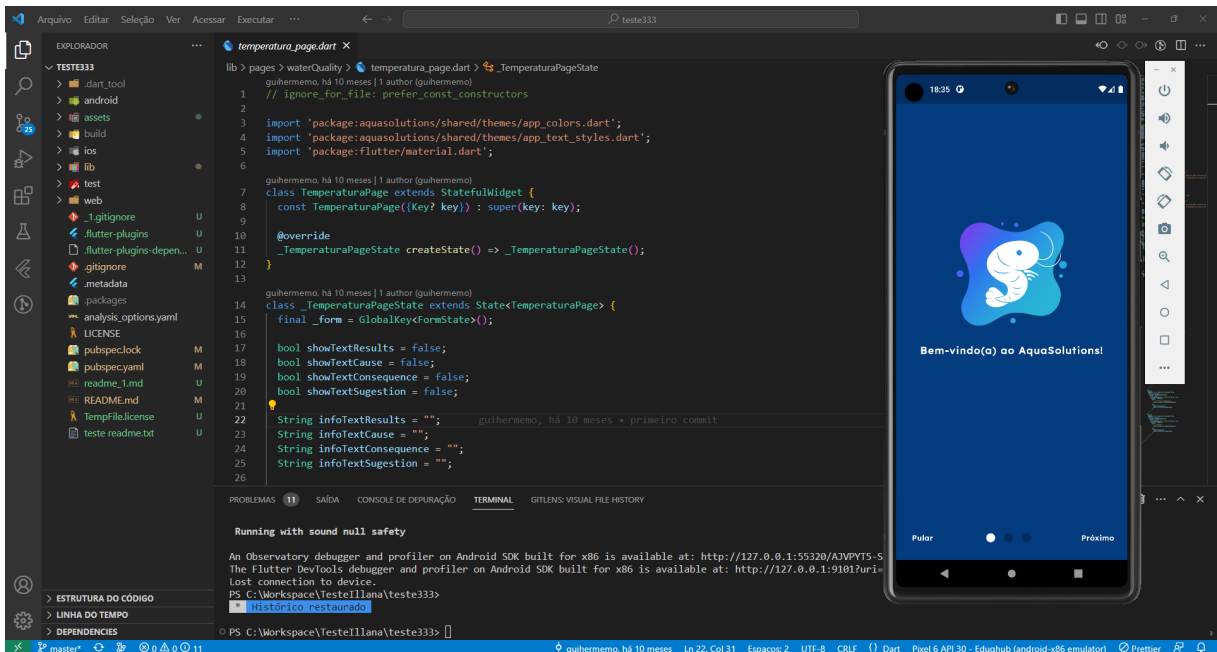
Já para o desenvolvimento do *software* de fato, foi realizado um levantamento sobre os principais *frameworks* e ambientes de desenvolvimento integrado (IDE) utilizados no desenvolvimento de aplicações *mobile*. A partir disso, foi decidido que o mais vantajoso seria trabalhar com o Flutter, por apresentar vantagens como: rápido desenvolvimento de código, *hot reload* (recarregamento a quente) e permitir a personalização da UI (interface do usuário).

Flutter é um *framework* (ferramenta) desenvolvido pela Google que usa a linguagem de programação Dart. Em resumo, trata-se de uma estrutura de código aberto que facilita o desenvolvimento de aplicações nativas multiplataforma a partir da composição de um mesmo código-base. A estrutura de interface gráfica de aplicativos desenvolvidos no Flutter é composta por *widgets* ou componentes, que são como blocos encaixados que montam as telas dos *apps* (ALBERTO, 2022).

Complementar a isso, o ambiente de desenvolvimento integrado (IDE) utilizado foi o Visual Studio Code (VS Code), um editor de código-fonte lançado em abril de 2015 pela Microsoft cujo objetivo é otimizar o processo de criação e depuração de aplicativos (ALBERTO, 2022).

Uma outra ferramenta adotada, foi o emulador de sistema operacional Android disponibilizado pela empresa Google em maio de 2013 (Android Studio), através do qual foi possível configurar e testar a aplicação (Figura 5).

Figura 5 – Outra tela de ambiente de desenvolvimento do AquaSolutions.



Fonte: *Print screen* do IDE VS Code (2023).

3.1.6 Teste alfa do protótipo

O objetivo do teste alfa foi avaliar a aceitação e coletar *feedbacks* dos usuários em relação às funcionalidades implementadas na primeira versão do AquaSolutions.

3.1.6.1 Como foi realizado o teste

Por se tratar de uma aplicação que terá sua primeira versão lançada apenas para dispositivos Android, foi gerado um APK (*Android Application Pack* ou *Android Package*) que posteriormente foi repassado a 6 usuários de interesse.

Ao receber o *link* para *download* diretamente de uma pasta no Google Drive, cada um dos usuários foi instruído a avaliar e relatar: as funções de cálculo dos parâmetros zootécnicos e análise da qualidade de água; sua experiência de usuário em relação à usabilidade e interface da aplicação; demais falhas que eventualmente tenham passado despercebidas pela equipe de desenvolvimento; e até mesmo sugestões.

3.1.6.2 Levantamento de problemas

A seguir, serão apresentados os problemas relatados pelos usuários que fizeram parte do teste alfa, bem como suas sugestões:

- **Problema 01:** algumas notações científicas não foram dispostas corretamente;
- **Problema 02:** ao gerar o resultado de alguns cálculos nos parâmetros zootécnicos, o número de casas decimais após a vírgula está aparecendo como exponencial, prejudicando a visibilidade do resultado;
- **Problema 03:** as validações no botão de *refresh* das calculadoras não resetam automaticamente.

- **Sugestão 01:** melhorar a *User Experience* (UX) em relação ao fluxo de telas;
- **Sugestão 02:** adicionar uma tela pré-*home*;
- **Sugestão 03:** incluir cadastro dos usuários.

3.1.6.3 Insights que foram obtidos com o teste alfa

- **Insight 01:** para a realização do teste alfa, não foi criada uma tela de boas-vindas pois interpretamos que o foco do teste seria o uso das calculadoras. Porém, com os relatos obtidos, vimos que ela deveria ser adicionada para o teste beta.
- **Insight 02:** o cadastro de usuário mencionado por quase todos os testadores já estava previsto para a segunda fase do projeto.
- **Insight 03:** a princípio, a aplicação foi bem aceita e a interface considerada intuitiva, algo que foi priorizado desde o *mock-up*.

3.1.7 Planejamento e criação dos algoritmos

Conforme dito anteriormente, a metodologia deste trabalho foi pautada em uma pesquisa exploratória, buscando alinhar os objetivos do projeto à multidisciplinaridade necessária para sua execução. Para isso, foi preciso um aprofundamento nos conceitos relacionados à aquicultura e às Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação.

Para atender aos requisitos funcionais do projeto, foram criados algoritmos, ou seja, conjuntos de instruções que devem ser executadas em determinada ordem. Um algoritmo é basicamente composto por 3 estruturas de controle: sequencial, condicional e comandos de repetição (GOODRICH; TAMASSIA, 2013).

Os algoritmos criados recebem uma informação de entrada e, ao ser calculada, é realizada uma verificação de acordo com os parâmetros das referências bibliográficas utilizadas, apresentando, assim, um resultado.

Por exemplo, para calcular o fator de conversão alimentar (FCA), o aplicativo pede que sejam inseridos os seguintes dados de entrada: biomassa inicial (kg), biomassa final (kg) e quantidade total de ração utilizada. Sem o preenchimento desses campos, o cálculo não será realizado.

Outro exemplo claro de algoritmo no AquaSolutions é na tela de pH (módulo Qualidade de água), onde existe uma estrutura condicional que avisa ao usuário que o dado de entrada não é compatível caso ele queira analisar qualquer número acima de 14, já que esse é o limite na escala numérica do potencial hidrogeniônico (pH).

3.1.8 Planejamento e criação do modelo de dados pré-definido

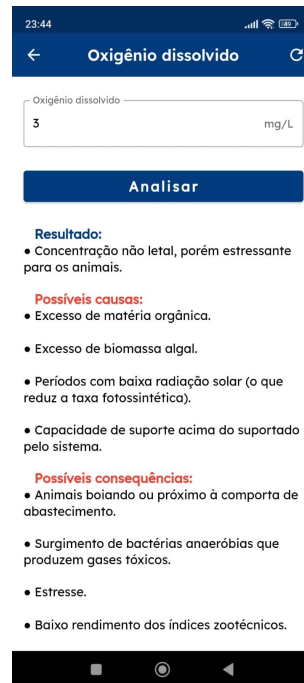
Essa etapa do trabalho precisou estar bem alinhada à descrita em 3.1.7, uma vez que a criação dos algoritmos só foi possível graças à alimentação do modelo de dados pré-definidos no sistema. Esse modelo é o que contém todo o levantamento bibliográfico realizado e que só pode ser visto na aplicação quando atende à alguma estrutura condicional do código, como um *'if'*.

O referencial bibliográfico foi embasado na literatura disponível da área de Ciências Agrárias, principalmente monografias e artigos publicados com ênfase no camarão marinho *L. vannamei*. Da mesma forma, foram consultados materiais disponibilizados pela Associação Brasileira de Criadores de Camarão (ABCC).

Por exemplo, para analisar se a concentração do oxigênio dissolvido (OD) no cultivo está dentro do desejável ou não, o aplicativo pede que seja inserido o dado de entrada oxigênio dissolvido (mg/L).

No exemplo abaixo (Figura 6), foi inserido o valor de OD 3 mg/L, considerada por Boyd e Tucker (2014) uma concentração não letal porém estressante para os animais. Baseado no modelo de dados pré-definidos, o *app* apresentou o resultado, as possíveis causas e consequências, e fez sugestões de manejos corretivos.

Figura 6 – Análise de oxigênio dissolvido feita no AquaSolutions.



Fonte: *Print screen* da aplicação AquaSolutions (2023).

3.1.9 Teste beta do protótipo

O objetivo do teste beta foi avaliar a aceitação e coletar *feedbacks* dos usuários em relação às funcionalidades implementadas na primeira versão do AquaSolutions, após sofrer alterações sugeridas no teste alfa.

3.1.9.1 Como foi realizado o teste

Por se tratar de uma aplicação que terá sua primeira versão lançada apenas para dispositivos Android, foi gerado um APK (*Android Application Pack* ou *Android Package*) que posteriormente foi repassado a 4 usuários de interesse, sendo que um deles participou do teste alfa.

Ao receber o *link* para *download* diretamente de uma pasta no Google Drive, cada um dos usuários foi instruído a avaliar e relatar: as funções de cálculo dos parâmetros zootécnicos e análise da qualidade de água; sua experiência de usuário em relação à usabilidade e interface da aplicação; demais falhas que eventualmente tenham passado despercebidas pela equipe de desenvolvimento; e até mesmo sugestões.

3.1.9.2 Levantamento de problemas

A seguir, serão apresentados os problemas relatados pelos usuários que fizeram parte do teste beta, bem como suas sugestões:

- **Problema 01:** ausência de legenda ou texto explicativo sobre o que se destina a aplicação;
- **Problema 02:** não foram estipulados limites em alguns parâmetros no módulo Qualidade de água.
- **Sugestão 01:** dividir o módulo Compostos nitrogenados;
- **Sugestão 02:** 2 usuários sugeriram alterar termos utilizados no módulo Parâmetros zootécnicos.

3.1.9.3 Insights que foram obtidos com o teste beta

- **Insight 01:** após a realização dos testes alfa e beta, foi possível notar que o produto teve uma receptividade positiva, com *feedbacks* e contribuições construtivas.
- **Insight 02:** não houve sugestões em relação a interface. Ou seja, as avaliações reafirmaram o quão simples e intuitivo o *app* está.

3.1.10 Coleta de *feedbacks* e revisão de funcionalidades

A realização dos testes alfa e beta foi essencial para validar os requisitos especificados no escopo do projeto e para revisar as funcionalidades implementadas. Ainda mais, se considerarmos que os *stakeholders* foram pessoas que compõem o público-alvo da aplicação proposta.

A maioria das sugestões foi acatada e implementada, pois fazia sentido para o projeto naquele momento. Já outras, estão guardadas para a segunda fase.

3.2 Metodologia de análise comparativa

A fim de se estabelecer uma análise comparativa entre o aplicativo AquaSolutions e outras ferramentas similares, foram realizadas pesquisas com o intuito de identificar e estudar as principais aplicações *web* e *mobile* disponíveis. O principal método utilizado foi a análise de aplicativos disponíveis na Google Play Store (serviço de distribuição digital oficial de conteúdos digitais, como por exemplo aplicativos, do sistema operacional Android), juntamente com um levantamento bibliográfico de trabalhos e publicações científicas com objetivos equivalentes ou bem parecidos ao proposto por este trabalho.

As primeiras pesquisas resultaram em algumas opções viáveis de *softwares* que atendem parcialmente às necessidades do produtor, um total de vinte soluções tecnológicas entre sistemas *web* e *mobile*, sendo que destas: uma realiza a conversão de medidas genéricas, cinco foram descontinuadas, duas aparentemente funcionam mas não foi possível acessá-las, e um *software* é pago. As demais estão em funcionamento, porém algumas estão desatualizadas.

Após essa etapa, foi realizada uma seleção cujo critério se deu pela similaridade de parâmetros avaliados em cada uma das soluções, levando em consideração os módulos de Parâmetros zootécnicos e Qualidade de água destinados ao cultivo do camarão marinho *L. vannamei* que constituem o *app* AquaSolutions.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 AquaSolutions

A versão atual do aplicativo possui no total 16 calculadoras, distribuídas em dois módulos principais: Parâmetros zootécnicos e Qualidade de água (Figura 7).

Figura 7 – Tela com apresentação dos 2 módulos principais da solução.



Fonte: *Print screen* da aplicação AquaSolutions (2023).

O módulo de Parâmetros zootécnicos é composto basicamente por calculadoras que buscam facilitar a realização de cálculos do cotidiano do produtor, e que geralmente o auxiliam para entender a relação custo-benefício de seu empreendimento. Este módulo é capaz de auxiliar com os cálculos de: Biomassa final, Fator de conversão alimentar, Ganho de peso diário, Peso médio, Produtividade e Quantidade de ração diária.

O módulo de Qualidade de água, por outro lado, é um recurso que analisa os dados de entrada inseridos pelo produtor e, baseado no modelo de dados pré-definidos da aplicação, informa se esses valores estão em conformidade com o previsto na literatura (BOYD; TUCKER, 2014). Este módulo é capaz de analisar os parâmetros: Alcalinidade total, Compostos nitrogenados (amônia tóxica, nitrito e nitrato), Dureza total, Fósforo total, Oxigênio dissolvido, pH, Salinidade e Temperatura.

4.2 Soluções tecnológicas desenvolvidas para a aquicultura

4.2.1 Delineamento da pesquisa

Após aplicada a metodologia descrita no tópico 3.2, foi constatado que as melhores alternativas disponíveis gratuitamente (que poderiam satisfazer a maior quantidade de demandas apresentadas) e que foram estudadas são: Aquímetro e Blue Aqua.

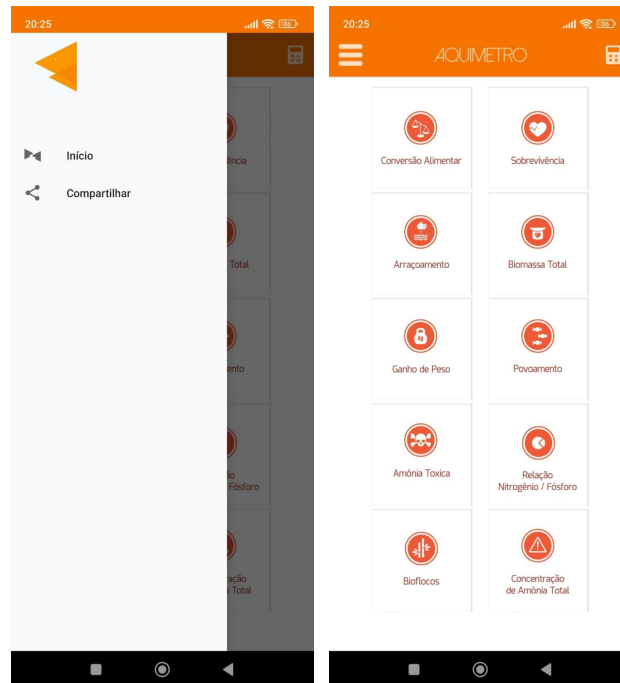
4.2.1.1 Aquímetro

Desenvolvido pela Farm Tech, o Aquímetro é um *software mobile* gratuito disponível no idioma português para dispositivos com o sistema operacional Android, cujo objetivo é facilitar e agilizar atividades de campo por meio do uso de ferramentas simples de cálculos. Apresenta-se com uma interface simples e bastante intuitiva em termos de UX (experiência do usuário) e UI (interface do usuário), sendo basicamente composto por calculadoras. Apesar de ser promovida como uma solução que faz distinção entre peixe e camarão, durante os testes ficou claro que se trata de algo direcionado para a carcinicultura. Exemplo disso, é que no módulo para cálculo de biomassa total são utilizados os termos “peso médio dos camarões” e “número de camarões estocados”.

Com o Aquímetro (Figura 8) podem ser realizados os seguintes cálculos: fator de conversão alimentar (FCA), taxa de sobrevivência, taxa de arraçoamento, biomassa total, ganho de peso e povoamento. Também é possível avaliar alguns fatores que influenciam na qualidade de água, tais como: amônia tóxica, relação nitrogênio/fósforo, bioflocos e concentração de amônia total.

A descrição da Google Play Store também afirma que é possível agendar biometrias e ser informado com as principais notícias e atualizações relevantes ao setor, tudo em tempo real. Porém, essas funções ainda não estão presentes no aplicativo. O *download* do Aquímetro pode ser feito na Play Store e sua última atualização aconteceu no dia 10 de setembro de 2019.

Figura 8 – Telas do Aquímetro.



Fonte: *Print screen* da aplicação Aquímetro (2023).

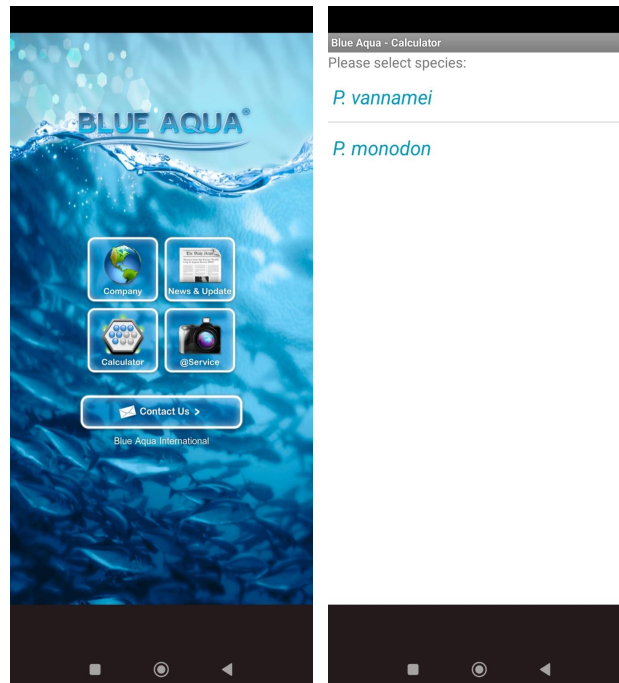
4.2.1.2 Blue Aqua

Desenvolvido pela Owamo Company Limited, o Blue Aqua é um *software mobile* gratuito disponível no idioma inglês para dispositivos com os sistemas operacionais Android (Figura 9) e iOS (Figura 10), cujo objetivo é o cálculo rápido dos parâmetros importantes na aquicultura. Apresenta-se com uma interface simples e bastante intuitiva em termos de UX e UI, e é uma solução direcionada para o cultivo das espécies de camarão *Penaeus vannamei* e *Penaeus monodon*.

O sistema é composto por 4 módulos principais: *Company* (Companhia), *News & Update* (Novidades & Atualizações), *Calculator* (Calculadora) e *@Service* (Serviço). Com o módulo *Calculator* (Calculadora) do Blue Aqua podem ser realizados os seguintes cálculos: fator de conversão alimentar (FCA), taxa de sobrevivência, biomassa total, alimentação diária e ganho de peso diário. Também é possível avaliar alguns fatores que influenciam na qualidade de água, tais como: amônia livre e relação nitrogênio/fósforo.

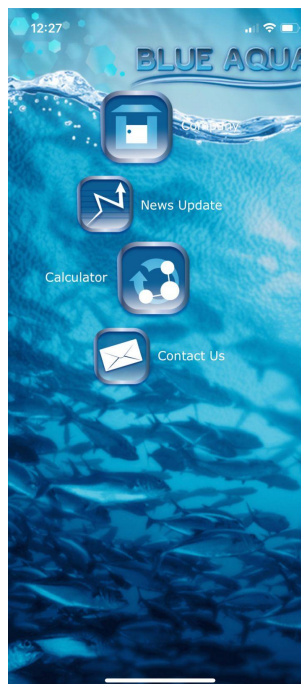
Possibilita, ainda, o cálculo de performance da aeração (dividido em dois submódulos: produção em kg/hp e alimentação diária em kg/hp), custos com aeração e custos com bombeamento de água.

Figura 9 – Telas do Blue Aqua para Android.



Fonte: *Print screen* da aplicação Blue Aqua (2023).

Figura 10 – Tela do Blue Aqua para iOS.



Fonte: *Print screen* da aplicação Blue Aqua (2023).

A descrição da Google Play Store também afirma que é possível ser informado com as principais notícias, atualizações relevantes ao setor e preços de camarão, tudo em tempo real.

Porém, essas funções ainda não estão presentes no aplicativo. O *download* do Blue Aqua pode ser feito na Play Store e sua última atualização aconteceu no dia 31 de janeiro de 2014.

4.3 Análise comparativa

Os parâmetros levados em consideração a fim de se realizar uma análise comparativa entre o aplicativo proposto neste trabalho e as outras duas soluções similares, foram as funcionalidades que cada aplicação possui em comum com o AquaSolutions e entre si, bem como as diferenças existentes entre elas.

Dessa forma, os módulos de parâmetros zootécnicos avaliados foram: alimentação diária, biomassa final, fator de conversão alimentar (FCA) e ganho de peso diário. Enquanto a amônia tóxica foi o único parâmetro de qualidade de água possível de ser comparado.

Segue abaixo as comparações, dispostas em ordem alfabética.

4.3.1 Alimentação diária

Este módulo permite que o produtor calcule a quantidade de ração diária que deve ser ofertada, baseado no número de tratamentos e na taxa de arraçamento utilizada. É válido ressaltar que o arraçamento, quando realizado sem o controle adequado da quantidade ofertada, resulta em custos onerosos para a fazenda e controle reduzido do FCA.

Para exemplificar, será calculada nos três aplicativos a alimentação diária de uma fazenda com estocagem inicial de 750.000 larvas de *L. vannamei*, considerando uma taxa de sobrevivência de 100% em 35 dias de cultivo, com uma biomassa total de 5.270 kg, taxa de arraçamento 4,44% e oferta de ração com 6 tratamentos/dia.

No Aquímetro, o cálculo de oferta de ração diária pode ser encontrado com o título Arraçamento e os dados de entrada solicitados são: número de arraçamentos, biomassa total (kg) e taxa de arraçamento (%). Após o cálculo, o resultado é expresso em kg de ração por tratamento (Figura 11). Além disso, o aplicativo também mostra dicas com o intuito de conscientizar o produtor acerca de alguns parâmetros de seu cultivo.

Figura 11 – Calculadora de alimentação diária do Aquímetro.

16:44 16:37

Quantidade de ração em kg ofertada por dia

Você usará 39,00 kg de ração por trato.

39,00

Numero de Arraçamentos
6

Biomassa Total (kg)
5270

Taxa de Arraçamento (%)
4.44

CALCULAR

Dica:
Evite alimentar em dias nublados, pois os peixes aumentam o consumo de oxigênio porém há uma redução na produção de O₂ pelas algas.

Fonte: *Print screen* da aplicação Aquímetro (2023).

Já no Blue Aqua, o módulo *Daily Feed* (kg) solicita os seguintes dados de entrada: estoque inicial (número de animais), taxa de alimentação (%), peso médio (g) e taxa de sobrevivência (%). Após o cálculo, o resultado é expresso em kg de ração por dia (Figura 12).

Figura 12 – Calculadora de alimentação diária do Blue Aqua.

Blue Aqua - Daily Feed (kg)

Initial Stocking 750000 No

Feeding Rate 4.44 %

ABW 7 g

SR 100 %

Calculate

Daily Feed 233,10 kg

Fonte: *Print screen* da aplicação Blue Aqua (2023).

O AquaSolutions possui o módulo Ração diária, que solicita dados de entrada similares ao Aquímetro: biomassa final (kg), taxa de arraçamento (%) e quantidade de tratos/dia. Porém, após o cálculo, o resultado é expresso de duas formas: tanto a quantidade total de ração diária quanto a quantidade total de ração por trato (Figura 13).

Figura 13 – Calculadora de alimentação diária do AquaSolutions.

16:40

Ração diária

Biomassa final
5270 kg

Taxa de arraçamento
4.44 %

Quantidade de tratos/dia
6

Calcular

Quantidade total de ração diária:
234.0 kg

Quantidade total de ração por trato:
39 kg

Fonte: *Print screen* da aplicação AquaSolutions (2023).

4.3.2 Amônia tóxica

Este módulo permite ao produtor analisar se a quantidade de compostos nitrogenados presentes em seu tanque ou viveiro é prejudicial. Isso porque a quantidade de amônia presente no cultivo pode afetar diretamente o desempenho e a sobrevivência dos animais estocados, por isso é indicado que haja esse controle (FONSECA; MENDONÇA, 2021).

Para exemplificar, será analisada nos três aplicativos a quantidade de amônia tóxica 0,3 mg/L, considerada como um limite a não ser ultrapassado (FONSECA; MENDONÇA, 2021).

No Aquímetro, a quantidade de amônia tóxica no cultivo pode ser calculada no módulo Amônia Tóxica e os dados de entrada solicitados são: temperatura (° C), pH e nitrogênio amoniacal total (mg/L). Após o cálculo, o resultado é expresso em mg/L de amônia não ionizada (Figura 14).

Figura 14 – Calculadora de amônia tóxica do Aquímetro.

17:47

17:47

Calcular a quantidade de amônia tóxica no cultivo

Em seu cultivo existem 0,00 mg/L de Amônia Tóxica (não ionizada).

0,00

Temperatura °C
23

pH
6

Nitrogênio Amoniacoal Total (mg/L)
0.3

Calcular

Dica:
A produção de amônia não é fruto exclusivo da decomposição e reciclagem de resíduos orgânicos. O próprio metabolismo proteico dos peixes tem como resíduo final a amônia.

Fonte: *Print screen* da aplicação Aquímetro (2023).

No Blue Aqua, o módulo *Free Ammonia* (mg/L) solicita os mesmos dados de entrada que o Aquímetro: temperatura (° C), pH e nitrogênio amoniacoal total (mg/L). Após o cálculo, o resultado é expresso em mg/L de amônia e apresenta o grau de toxicidade (Figura 15).

Figura 15 – Calculadora de amônia livre do Blue Aqua.

Blue Aqua - Free Ammonia (mg/l)

Temp 23 °C

pH 6

TAN 0.3 mg/l

Calculate

Free Ammonia 0,000 mg/l

Toxicity Negligible

Fonte: *Print screen* da aplicação Blue Aqua (2023).

Por sua vez, o AquaSolutions possui o módulo de Compostos nitrogenados, que analisa as concentrações de amônia tóxica (mg/L), nitrito (mg/L) e nitrato (mg/L), sendo estes os dados de entrada. Após a análise, o aplicativo retorna um modelo de dados pré-definidos que mostra se as concentrações estão dentro do desejável, do não letal com ressalvas ou da letalidade. Além de informar as possíveis causas e consequências, bem como sugerir manejos corretivos (Figura 16).

Figura 16 – Calculadora de compostos nitrogenados do AquaSolutions.

17:46

← Compostos nitrogenados →

Amônia tóxica
0.5 mg/L

Nitrito
0.1 mg/L

Nitrato
0.2 mg/L

Analisar

Resultado (amônia total):

- Concentração não letal, porém estressante para os animais.

Resultado (nitrito):

- Concentração desejável para águas com baixa salinidade.

Resultado (nitrato):

- Concentração desejável.

Possíveis causas:

- Excesso de matéria orgânica proveniente de sobras de ração e excretas, por exemplo.
- pH elevado aumenta a concentração de amônia.

Fonte: *Print screen* da aplicação AquaSolutions (2023).

4.3.3 Biomassa final

Este módulo permite que o produtor calcule a quantidade de biomassa (ou peso total da população de um tanque ou viveiro) remanescente ao final do ciclo produtivo.

Para exemplificar, será calculada nos três aplicativos a biomassa final de uma fazenda com dados similares ao tópico **5.1**: estocagem inicial de 750.000 larvas de *L. vannamei*, taxa de sobrevivência de 100% em 35 dias de cultivo, peso médio de 7 g, taxa de arraçoamento 4,44% e alimentação diária de 234 kg.

No Aquímetro, o cálculo de biomassa final pode ser encontrado como Biomassa Total e os dados de entrada solicitados são: alimentação diária (kg), peso médio dos camarões (g), taxa de arraçoamento (%) e número de animais estocados. Após o cálculo, o resultado é expresso em kg e mostra, ainda, a taxa de sobrevivência do ciclo (Figura 17).

Figura 17 – Calculadora de biomassa final do Aquímetro.

18:11

←

Calcula o peso da população de animais presentes no viveiro/tanque

Alimentação Diária (kg)
234

Peso Médio dos Camarões (g)
7

Taxa de Arraçoamento (%)
4.44

Número de Camarões Estocados
750000

CALCULAR

18:11

←

Sua Biomassa Total é de 5.270 kg.
Sua Taxa de Sobrevivência é de 100,39 %.

5,270

Dica:
Em tanques de cultivo, a taxa de alimentação diária aumenta em função do aumento da biomassa de peixes estocados.

Fonte: *Print screen* da aplicação Aquímetro (2023).

Já no Blue Aqua, o módulo *Total Biomass / SR / FCR* (kg) solicita os seguintes dados de entrada: peso médio (g), taxa de arraçoamento (%), estoque inicial (número de animais), alimentação diária (kg) e alimentação total (kg). Após o cálculo, o resultado é dividido em 3 partes: biomassa total (kg), taxa de sobrevivência (%) e fator de conversão alimentar (Figura 18) (módulo encontrado separadamente tanto no Aquímetro quanto no AquaSolutions).

Figura 18 – Calculadora de biomassa final do Blue Aqua.

Blue Aqua - Total Biomass/ SR/ FCR

ABW	7 g
Feeding Rate	4.44 %
Initial Stocking	750000 pcs
Daily Feed	234 kg
Total Feed	1638 kg

Calculate

Total Biomass	5.270 kg
SR	100,39 %
FCR	0,31

Fonte: *Print screen* da aplicação Blue Aqua (2023).

O AquaSolutions possui o módulo Biomassa final, e solicita os mesmos dados de entrada do Aquímetro. Após o cálculo, o resultado é expresso em kg e mostra a taxa de sobrevivência do ciclo (Figura 19).

Figura 19 – Calculadora de biomassa final do AquaSolutions.

18:17

Biomassa final

Quantidade de ração diária

234 kg

Peso médio dos camarões

7 g

Taxa de arrastamento

4.44 %

Quantidade de animais povoados

750000

Calcular

A biomassa final do seu cultivo foi:
5270 kg

A taxa de sobrevivência do seu cultivo foi:
100,4 %

Fonte: *Print screen* da aplicação AquaSolutions (2023).

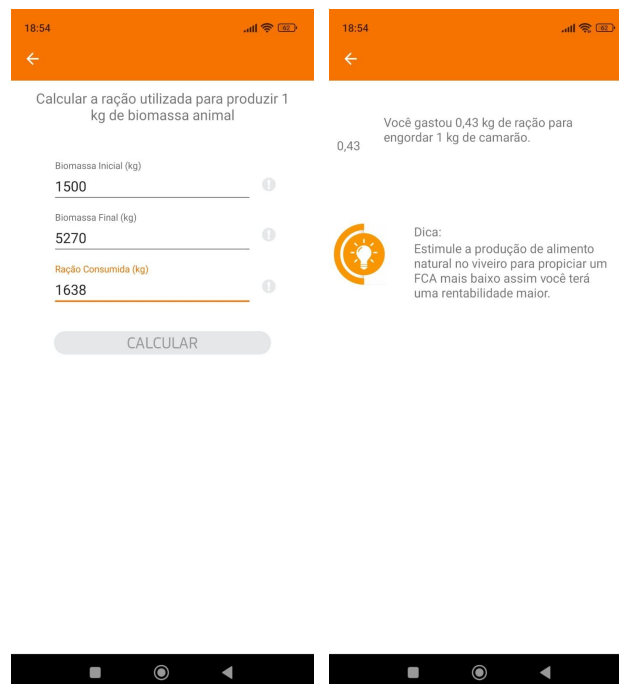
4.3.4 Fator de conversão alimentar (FCA)

Este módulo permite que o produtor calcule a quantidade de ração necessária para produzir 1 kg de biomassa de pescado vivo, ou seja, esse parâmetro mostra a eficiência do animal em converter alimento em produto final. Quanto menor for o FCA, menor será o custo com ração.

Para exemplificar, será calculado nos três aplicativos o FCA de uma fazenda com biomassa inicial de 1.500 kg, biomassa final de 5.270 kg e alimentação total de 1.638 kg.

No Aquímetro, o cálculo de biomassa final pode ser encontrado como Conversão Alimentar e os dados de entrada solicitados são: biomassa inicial (kg), biomassa final (kg) e ração consumida (kg). Após o cálculo, o resultado é expresso em kg de ração gasta para engordar 1 kg de camarão (Figura 20).

Figura 20 – Calculadora de FCA do Aquímetro.



Fonte: *Print screen* da aplicação Aquímetro (2023).

O cálculo do FCA no Blue Aqua está inserido no módulo *Total Biomass / SR / FCR*, previamente descrito no tópico **5.3**.

Por sua vez, o AquaSolutions possui o módulo Fator de conversão alimentar, que solicita dados de entrada similares ao Aquímetro: biomassa inicial (kg), biomassa final (kg) e ração consumida (kg). Após o cálculo, o resultado é expresso em kg de ração para obter 1 kg de camarão (Figura 21).

Figura 21 – Calculadora de FCA do AquaSolutions.

Fonte: *Print screen* da aplicação AquaSolutions (2023).

4.3.5 Ganho de peso diário

Como o próprio nome diz, este módulo permite ao produtor estimar o ganho de peso diário durante todo o período de cultivo. Esse parâmetro é fundamental porque permite avaliar o desempenho dos animais ao longo do ciclo, verificando se a quantidade de ração ofertada e o crescimento dos camarões está conforme o esperado.

Um aspecto que deve ser considerado é a importância da realização periódica de biometrias, pois é através dessa amostragem regular que são feitas as estimativas de peso médio utilizados como dado de entrada na calculadora do aplicativo.

Para exemplificar, será calculado nos três aplicativos o ganho de peso diário de uma fazenda com peso médio inicial de 2 g, peso médio final de 7 g e 35 dias de cultivo.

No Aquímetro, o cálculo de biomassa final pode ser encontrado como Ganho de Peso e os dados de entrada solicitados são: peso médio inicial (g), peso médio final (g) e número de dias de cultivo. Após o cálculo, o resultado é expresso em g/dia e em g/semana (Figura 22).

Figura 22 – Calculadora de ganho de peso diário do Aquímetro.

19:17 19:17

Calcula o ganho de peso médio diário e semanal

Peso Médio Inicial (g)
2

Peso Médio Final (g)
7

Número de Dias de Cultivo
35

CALCULAR

O ganho de peso dos camarões é de 0,14 gramas por dia, 1,00 gramas por semana.

Dica:
Acompanhar o Ganho de Peso Diário faz uma enorme diferença na margem de lucro de seu cultivo. Se suas margens são apertadas, você precisa acompanhar os indicadores e tomar ações simples que alinhão seu negócio com o aumento de lucro.

Fonte: *Print screen* da aplicação Aquímetro (2023).

Já no Blue Aqua, o módulo *ADG (g/day)* solicita os mesmos dados de entrada que o Aquímetro: peso médio inicial (g), peso médio final (g) e número de dias de cultivo. Após o cálculo, o resultado é expresso apenas em g/dia (Figura 23).

Figura 23 – Calculadora de ganho de peso diário do Blue Aqua.

Blue Aqua - ADG (g/day)

ABW initial 2 g

ABW final 7 g

Number of Days 35


Calculate

ADG 0,14 g/day

Fonte: *Print screen* da aplicação Blue Aqua (2023).

O AquaSolutions possui o módulo Ganho de peso diário, que solicita dados de entrada similares ao Aquímetro e ao Blue Aqua: peso médio inicial (g), peso médio final (g) e número de dias de cultivo. Após o cálculo, o resultado é expresso apenas em g/dia (Figura 24).

Figura 24 – Calculadora de ganho de peso diário do AquaSolutions.



The image shows a mobile application interface for calculating daily weight gain. At the top, the status bar shows the time 19:17 and various icons. Below that, a blue header bar contains a back arrow, the title "Ganho de peso diário", and a refresh icon. The main content area has three input fields: "Peso médio inicial" with the value "2" and unit "g", "Peso médio final" with the value "7" and unit "g", and "Tempo de cultivo" with the value "35" and unit "dias". Below these fields is a blue button labeled "Calcular". Underneath the button, the result is displayed: "Seu ganho de peso diário foi: 0.14 g/dia". At the bottom, there is a black navigation bar with three icons.

Fonte: *Print screen* da aplicação AquaSolutions (2023).

4.4 Discussão

Após a realização de análise comparativa foi possível notar que, embora Aquímetro e Blue Aqua possuam módulos de acompanhamento dos parâmetros zootécnicos similares ao AquaSolutions, o atendimento às necessidades do usuário ocorre de maneira parcial, pois são insuficientes quanto ao acompanhamento da qualidade de água, igualmente importante para o cultivo. Enquanto o AquaSolutions possui um módulo exclusivo para essa finalidade.

Outro aspecto a ser considerado, é o fato de que Blue Aqua é uma solução totalmente no idioma inglês, o que dificulta seu uso por parte de pessoas com pouco conhecimento no idioma.

5 CONCLUSÃO

Neste trabalho foi apresentada a metodologia de desenvolvimento de *software* que resultou na aplicação *mobile* AquaSolutions, além de apresentar alguns de seus módulos com o intuito de exemplificar as funcionalidades implementadas.

A análise comparativa realizada entre o aplicativo proposto e duas soluções similares disponíveis no mercado, mostrou que o AquaSolutions é um sistema robusto em termos de transferência de conhecimento. Além de possuir um diferencial em relação aos demais, graças ao módulo Qualidade de água. Que não só calcula o dado de entrada, como também retorna ao usuário o grau de concentração e o risco inerente aos animais cultivados.

Embora ainda não tenha sido publicado na Google Play Store, o AquaSolutions está pronto e deve ser lançado brevemente. A aplicação é resultado da união entre dois Eixos Tecnológicos do IFCE – *Campus* Aracati: o curso superior de Engenharia de Aquicultura e o curso superior de Ciência da Computação. Isso possibilitou a criação de um produto com interface simples e intuitiva, capaz de transformar a realidade social de pequenos produtores, dando a oportunidade do acesso gratuito ao conhecimento. Dessa forma, o objetivo do trabalho foi alcançado.

Como trabalhos futuros, podem ser realizados estudos de caso com a utilização do *app* AquaSolutions, buscando verificar e comparar o seu desempenho com a utilização de outros sistemas.

Para a continuação deste trabalho, almeja-se a implementação de um módulo que permita o armazenamento e gerenciamento de informações do usuário a partir do próprio aplicativo.

REFERÊNCIAS

ABCC. Entraves, desafios e oportunidades para a carcinicultura brasileira. **Revista da Associação Brasileira dos Criadores de Camarão**, Natal, ano 24, n. 1, p. 4, mai./2022.

ABRAMOVAY, R. O poder é partilhado na revolução do século XXI. **Jornal Valor**, v. 24, n. 01, 2012.

ALBERTO, M. Flutter: o que é e tudo sobre o framework. **Alura**, nov./2022. Disponível em: <<https://www.alura.com.br/artigos/flutter>>. Acesso em: 14 jan. 2023.

ALBUQUERQUE, L. F. G. **Desempenho zootécnico e econômico do cultivo de *Penaeus vannamei* usando o sistema aquamimicry**. 2019. 75 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Pesca) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2019.

AMARAL, F. **Introdução à ciência de dados: mineração de dados e big data**. Rio de Janeiro: Alta Books Editora, 2016.

ANDERSON, J. **ICT transforming education: A regional guide**. 2010. Disponível em: <<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000189216.locale=en>>. Acesso em: 10 out. 2022.

APP ANNIE. *State of Mobile 2022*. **App Annie**, 2022. Disponível em: <<https://www.data.ai/fr/go/state-of-mobile-2022/>>. Acesso em: 11 out. 2022.

ARAÚJO, J. A. *et al.* Eficiência produtiva das fazendas de carcinicultura no estado do Ceará. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 56, p. 35-50, 2018.

BARBIERI JÚNIOR, R. C.; OSTRENSKY NETO, A. **Camarões marinhos: engorda**. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2002.

BARBOSA, A. B. R. **História e evolução da carcinicultura no Rio Grande do Norte**. 2022. 32 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Aquicultura) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2022.

BOYD, C. E.; TUCKER, C. S. **Handbook for aquaculture water quality**. Craftmaster, Auburn, USA: Springer, 2014. 439p.

CADOMA. Aquicultura 4.0, sim, já estamos atrasados! **Cadoma Aquicultura Inteligente**, 2021. Disponível em: <<https://pt.linkedin.com/pulse/aquicultura-40-sim-j%C3%A1-estamos-atrasados->>. Acesso em: 18 out. 2022.

CAMBOIM, E. S. S. *et al.* **Desenvolvimento de aplicativos para dispositivos móveis na área de aquicultura**. Porto Alegre, 2021.

CORZO, G. D.; ALVAREZ-AROS, E. L. Estrategias de competitividad tecnológica en la conectividad móvil y las comunicaciones de la industria 4.0 en Latinoamérica. **Información tecnológica**, v. 31, n. 6, p. 183-192, Dec. 2020. Disponível em: <https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-07642020000600183&script=sci_arttext>. Acesso em: 04 mai. 2021.

COSTA, M. S. Sistemas *web* e *mobile*: uma visão geral para negócios empresariais. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**, São Paulo, ano 3, ed. 8, vol. 9, p. 82-99, ago./2018.

DAMACENO, S. S.; VASCONCELOS, R. O. Inteligência artificial: uma breve abordagem sobre seu conceito real e o conhecimento popular. **Caderno de Graduação – Ciências Exatas e Tecnológicas – UNIT SERGIPE**, v. 5, n. 1, p. 12, 2018.

DA SILVA, H. J. H.; PIERRI, N. A retomada da carcinicultura no Brasil (2012–2020): flexibilização das normativas e impactos socioambientais. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 60, 2022.

DA SILVA, S. S.; SAVOINE, M. M. Análise comparativa de ferramentas computacionais para prototipação de interfaces. **Revista Científica do ITPAC**, v. 3, 2010.

DE LIMA, E. C.; DE OLIVEIRA NETO, C. R. Revolução Industrial: considerações sobre o pioneirismo industrial inglês. **Revista Espaço Acadêmico**, v. 17, n. 194, p. 102-113, 2017.

ECLONIQ. O que pode ser encontrado em um campo? Confira isto | o que pode ser encontrado em um campo agropecuário. **EclonIQ**, 2022. Disponível em: <<https://eclonIQ.com/o-que-pode-ser-encontrado-em-um-campo-confira-isto-o-que-pode-ser-encontrado-em-um-campo-agropecuário-2/>>. Acesso em: 14 out. 2022.

EL-GAYAR, O. F.; LEUNG, P. ADDSS: a tool for regional aquaculture development. **Aquacultural Engineering**, v. 23, n. 1-3, p. 181-202, 2000.

ELO JÚNIOR. Sistema web, aplicativo e site: Qual a diferença?. **Elo Júnior**, 2018. Disponível em: <<https://elojr.com.br/solucoes-em-tecnologia/sistema-web-aplicativo-e-site-qual-a-diferenca>>. Acesso em: 11 out. 2022.

ENGEPESCA. Maricultura: Tudo que você precisa saber sobre o mercado. **EngePesca**, 2018. Disponível em: <<https://engepesca.com.br/post/maricultura-tudo-que-voce-precisa-saber-sobre-o-mercado>>. Acesso em: 09 out. 2022.

FAO. **The State of World Fisheries and Aquaculture 2022**. Towards Blue Transformation. Rome, FAO, 2022.

FAROOQ, M. U. *et al.* A review on internet of things (IoT). **International journal of computer applications**, v. 113, n. 1, p. 1, 2015.

FENG, Y.; AUDY, J. Forestry 4.0: a framework for the forest supply chain toward Industry 4.0. **Gestão & Produção**, v. 27, n. 4, 2020.

FONSECA, C. S.; MENDONÇA, C. **Manual de boas práticas de manejo e de biossegurança para a carcinicultura brasileira: Código de conduta de qualidade e segurança alimentar para as indústrias de beneficiamento de camarão**. Natal: ABCC, 2021, 127p.

- GIROLDO, B. Data Science, Big Data e Data Analytics: qual é a diferença? **Blog Pós PUCPR Digital**, 2021. Disponível em: <<https://posdigital.pucpr.br/blog/diferenca-data-science-big-data-data-analytics>>. Acesso em: 18 out. 2022.
- GOODRICH, M. T.; TAMASSIA, R. **Estruturas de Dados & Algoritmos em Java**. Bookman Editora, 2013.
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa da pecuária municipal**. IBGE, 2021.
- KOSCIANSKI, A.; DOS SANTOS SOARES, M. **Qualidade de Software-2ª Edição: Aprenda as metodologias e técnicas mais modernas para o desenvolvimento de software**. Novatec Editora, 2007.
- LEÓN BALDERRAMA, J. I.; GUTIÉRREZ LÓPEZ, L. V.; CARRAZCO ESCALANTE, J. C. Análisis comparativo de la red de flujos de conocimiento e información tecnológica en dos regiones líderes en el cultivo de camarón en México. **Revista Facultad de Ciencias Económicas: Investigación y Reflexión**, v. 27, n. 2, p. 9-32, 2019.
- LYCEUM. Consumidor 4.0: conheça as características e o que ele espera. **Blog Lyceum**, 2022. Disponível em: <https://blog.lyceum.com.br/consumidor-4-0/#Quais_sao_as_caracteristicas_do_consumidor_40>. Acesso em: 11 out. 2022.
- MACHADO, G. A. Agronegócio, Agropecuária e Agricultura: Quais as principais diferenças?. **Portal Agrolink**, 2020. Disponível em: <https://www.agrolink.com.br/colunistas/agronegocio--agropecuaria-e-agricultura--quais-as-principais-diferencas-_441381.html>. Acesso em: 11 out. 2022.
- MENDES, A. TIC – Muita gente está comentando, mas você sabe o que é?. **iMasters**, 2008. Disponível em: <<https://imasters.com.br/devsecops/tic-muita-gente-esta-comentando-mas-voce-sabe-o-que-e>>. Acesso em: 10 out. 2022.
- MENELAU, S. *et al.* Mapeamento da produção científica da Indústria 4.0 no contexto dos BRICS: reflexões e interfaces. **Cadernos EBAPE. BR**, v. 17, p. 1094-1114, 2020.
- MOBILE TIME. Panorama Mobile Time/Opinion Box – Uso de apps. **Mobile Time**, 2022. Disponível em: <<https://www.mobilettime.com.br/pesquisas/uso-de-apps-no-brasil-dezembro-de-2021/>>. Acesso em: 11 out. 2022.
- MOREIRA, A. G. L.; MOREIRA, R. T. *Softwares* e aplicativos na aquicultura: ferramentas disponíveis e tendências futuras. **Aquaculture Brasil**, out./2017. Disponível em: <<https://www.aquaculturebrasil.com/artigo/76/softwares-e-aplicativos-na-aquicultura:-ferramentas-disponiveis-e-tendencias-futuras>>. Acesso em: 04 mai. 2021.
- NATORI, M. M. *et al.* Desenvolvimento da carcinicultura marinha no Brasil e no mundo: avanços tecnológicos e desafios. **Informações econômicas**, v. 41, n. 2, p. 62, 2011.

NOLETO, C. Aplicações *web*: entenda o que são e como funcionam. **Blog Trybe**, 2020. Disponível em: <<https://blog.betrybe.com/desenvolvimento-web/aplicacoes-web/>>. Acesso em: 11 out. 2022.

ONU. População mundial chegará a 8 bilhões em novembro de 2022. **Nações Unidas Brasil**, 2022. Disponível em: <<https://brasil.un.org/pt-br/189756-populacao-mundial-chegara-8-bilhoes-em-novembro-de-2022>>. Acesso em: 06 out. 2022.

PAREDES, A. 20 ferramentas de prototipagem, UX e usabilidade na web. **IEBS**, mai./2019. Disponível em: <<https://www.iebschool.com/pt-br/blog/analitica-web/usabilidade-e-ux/20-ferramentas-de-prototipagem-e-usabilidade-na-web/>>. Acesso em: 14 jan. 2023.

PAULA FILHO, W. P. **Engenharia de software: fundamentos, métodos e padrões**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 2001.

PRESSMAN, R. **Engenharia de Software**. Makron Books, 1995.

ROCHA, D. M. Tendências, desafios e perspectivas da carciniocultura brasileira. **Aquaculture Brasil**, jan./2020. Disponível em: <<https://www.aquaculturebrasil.com/coluna/12/tendencias,-desafios-e-perspectivas-da-carciniocultura-brasileira>>. Acesso em: 09 out. 2022.

ROSSETTI, M. L. Requisitos de Software: funcionais e não-funcionais. **SoftDesign**, jun./2021. Disponível em: <<https://softdesign.com.br/blog/requisitos-de-software-funcionais-e-nao-funcionais>>. Acesso em: 14 jan. 2023.

SABOIA, J.; VARGAS, P. L.; VIVA, M. A. A. O uso dos dispositivos móveis no processo de ensino e aprendizagem no meio virtual. **Revista Cesuca Virtual: conhecimento sem fronteiras**, v. 1, n. 1, p. 4, 2013.

SANSUY. Aquicultura 4.0: o que é e como se adaptar às transformações?. **Blog Sansuy**, 2020. Disponível em: <https://blog.sansuy.com.br/aquicultura-4-0/?gclid=CjwKCAjwkaSaBhA4EiwALBgQaH87VhdHBHFZiPEbtCPsP9rJ136iAY8fDIKgn_KAH-j0Sjc_ek3QxhoCL1AQAvD_BwE>. Acesso em: 14 out. 2022.

SANTOS, B. P. *et al.* Indústria 4.0: desafios e oportunidades. **Revista Produção e Desenvolvimento**, v. 4, n. 1, p. 112, 2018.

SCARFE, A. D.; PALIĆ, D. Aquaculture biosecurity: Practical approach to prevent, control, and eradicate diseases. In: **Aquaculture Health Management**. Academic Press, 2020. p. 75-116.

SCIAVICCO, L.; SICILIANO, B. **Robotica Industriale: modellistica e controllo di manipolatori**. McGraw-Hill Libri Italia, 1995.

SCHWAB, K. **The fourth industrial revolution**. Currency, 2017.

SCHWAB, K.; DAVIS, N. **Shaping the future of the fourth industrial revolution**. [S.l.]: Currency, 2018.

SEAFOOD. PPM 2020: Carcinicultura em crescimento pelo terceiro ano consecutivo. **Seafood Brasil**, 2021. Disponível em: <<https://www.seafoodbrasil.com.br/ppm-2020-carcinicultura-em-crescimento-pelo-terceiro-ano-consecutivo>>. Acesso em: 09 out. 2022.

SEBRAE. Aquicultura: um mercado em crescimento no Brasil e no mundo. **Portal SEBRAE**, 2022. Disponível em: <<https://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/aquicultura-um-mercado-em-crescimento-no-brasil-e-no-mundo,ac99bb738c910810VgnVCM100000d701210aRCRD>>. Acesso em: 08 out. 2022.

SILVA, J. J. **Análise investigatória do método de reversão sexual da tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus*), linhagem Chitralada, na piscicultura Mar Doce do Nordeste**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso. Brasil.

SIQUEIRA, T. V. **Aquicultura: a nova fronteira para aumentar a produção mundial de alimentos de forma sustentável**. p. 53-60, 2017.

SOMMERVILLE, I. **Engenharia de Software**. Addison Wesley, 2003.

SOUZA, G. O que é Maricultura?. **Bate-papo com Netuno**, 2017. Disponível em: <<https://www.batepapocomnetuno.com/post/o-que-%C3%A9-maricultura>>. Acesso em: 09 out. 2022.

VALENTI, W. C. Aquicultura sustentável. *In*: Congresso de Zootecnia, 12º, 2002, Vila Real. **Anais [...]** Vila Real: Associação Portuguesa dos Engenheiros Zootécnicos, 2002. p. 111.

VINATEA, L. Aquicultura: evolução histórica. **Panorama da Aquicultura**, ed. 30, ago./1995. Disponível em: <<https://panoramadaaquicultura.com.br/aquicultura-evolucao-historica/>>. Acesso em: 05 mai. 2022.

XIMENES, L. F. Produção de pescado no Brasil e no Nordeste brasileiro. **Caderno Setorial ETENE**, ano 5, n. 150, p. 2, jan./2021.