

# **Visão Computacional Aplicada ao Monitoramento em Sistemas de Cultivo Sustentável de Aquaponia**

## **Computer Vision Applied to Monitoring in Sustainable Aquaponics Cultivation Systems**

Eder A. S. Tashiro	{ eder.tashiro@fatec.sp.gov.br }
Eliharison G. S. Gabriel	{ eliharison.gabriel@fatec.sp.gov.br }
Rodrigo S. Pereira	{ rodrigo.pereira.122@fatec.sp.gov.br }
Wenderson M. Cosme	{ wenderson.cosme@fatec.sp.gov.br }

### **RESUMO**

O resumo é uma descrição completa e concisa dos componentes-chave da metodologia do estudo e dos achados importantes da pesquisa. Normalmente, o resumo é o primeiro encontro do leitor com uma pesquisa ou relato, sendo algumas vezes o único elemento recuperado e/ou revisado nas bases de dados científicos. Esse elemento provê a primeira impressão, muitas vezes a mais importante, identificando o valor potencial ou a relevância do enfoque da pesquisa e dos resultados. Se o resumo for bem escrito, ele atrairá leitores para obter uma cópia do manuscrito completo que será incorporado aos que já foram encontrados, e seu trabalho será citado. Se o resumo for mal escrito, a pesquisa poderá ser ignorada ou, até mesmo, esquecida.

**PALAVRAS-CHAVE:** —; —; —.

### **ABSTRACT**

The summary is a complete and concise description of the key components of the study methodology and important research findings. Typically, the summary is the reader's first encounter with a research report or paper, and sometimes it is the only element retrieved and/or reviewed in scientific databases. This element provides the first impression, often the most important one, identifying the potential value or relevance of the research approach and findings. If the summary is well-written, it will attract readers to obtain a copy of the full manuscript that will be incorporated into those already found, and your work will be cited. If the summary is poorly written, the research may be ignored or even forgotten.

**KEYWORDS:** —; —; —.

## **INTRODUÇÃO**

A Agenda 2030 foi um programa adotado pela Organização das Nações Unidas (ONU) em setembro de 2015, em que destaca-se como compromisso conjunto entre os 193 países membros, visando impulsionar o desenvolvimento sustentável até o ano de 2030. Sob esse contexto, a ONU busca promover e fortalecer as relações internacionais com o objetivo central de fomentar o desenvolvimento coletivo da sociedade global. Esta agenda é fundamentada em 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), os quais abrangem as dimensões sociais, ambientais e econômicas, representando uma iniciativa na qual todos os países podem participar ativamente.

No Brasil, a incessante busca por alcançar as 17 metas estabelecidas pela Agenda 2030 reflete uma interconexão vital entre elas, evidenciando diferentes estratégias para enfrentar desafios e atingir objetivos. Nesse contexto, destaca-se a importância da ODS 2, que visa erradicar a fome e promover a agricultura sustentável. Paralelamente, a ODS 14 assume um papel crucial ao buscar promover a conservação e o uso sustentável dos recursos marinhos e costeiros, contribuindo assim para a construção de uma agenda global de desenvolvimento sustentável.

Uma das primeiras iniciativas dos pesquisadores brasileiros em 2018 foi investigar a situação atual da produção em aquaponia no país. Naquela época, não havia notícia de qualquer organização comercial representativa desses produtores /(Colocar no final do parágrafo)(Unesp, 2023)/. No entanto, é importante ressaltar que "os dados foram coletados antes do surgimento da pandemia de Covid-19 e estão sendo atualizados, uma vez que é percebido que o cenário pode ter sido impactado pelas consequências da pandemia", afirma a bióloga Maria Célia Portella. Ela destaca ainda que a pesquisa provavelmente não abrangeu todos os produtores, e que até mesmo grandes empresas de aquaponia podem ter sido deixadas de fora do estudo.

No entanto, Portella reconhece que as informações relacionadas à localização geográfica das produções, espécies de peixes e plantas mais cultivadas estão em concordância com a realidade dos produtores. Os dados revelaram que mais de 65% dos produtores estavam localizados nas regiões Sul ou Sudeste do Brasil. Embora a maioria deles (64%) esteja situada em áreas urbanas, ou seja, dentro do escopo do projeto de pesquisa, aproximadamente um terço busca a subsistência e outros dois terços visa à produção comercial. Apesar de os dados indicarem uma ampla variedade de espécies em produção, a alface e a cebolinha destacaram-se como as plantas mais cultivadas, enquanto a tilápia-do-nilo e a carpa-comum foram as espécies de peixes mais citadas.

Os dados confirmaram que a aquaponia ainda é percebida como uma novidade entre os produtores brasileiros, sendo o primeiro sistema implementado em 2006. No entanto, houve um aumento significativo no número de produtores, especialmente nos dois anos anteriores à realização da pesquisa. Segundo os pesquisadores, a diversidade de espécies cultivadas reflete o interesse em adaptar a produção à realidade local e às preferências dos consumidores, rejeitando a ideia de um "conjunto tecnológico" uniforme para todos os produtores.

A aquaponia pode ser implementada em espaços reduzidos, o que é particularmente benéfico para propriedades familiares menores. Além disso, ela utiliza menos água em comparação com a agricultura convencional, já que a água é reciclada continuamente. A produção em sistemas de aquaponia frequentemente se enquadra nos padrões de produção orgânica devido à redução do uso de pesticidas e fertilizantes químicos.

A Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) e o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento têm realizado pesquisas e promovido iniciativas para incentivar o uso da aquaponia na agricultura familiar. Essas instituições têm disponibilizado informações técnicas e recursos para agricultores interessados em adotar sistemas de aquaponia. Em 2018 foi apresentado um Projeto de Lei (PL 10456/2018) que "incentiva a aquaponia, com vistas ao uso integrado e sustentável dos recursos hídricos na aquicultura e na agricultura para a produção e a comercialização de produtos aquícolas e agrícolas." (camara.leg.br, 2015)

A aquaponia oferece uma abordagem inovadora e sustentável para a agricultura familiar no Brasil, possibilitando a produção eficiente de alimentos vegetais e de origem animal em um único sistema. Esse método representa um sistema de cultivo sustentável que tem experimentado um notável aumento em sua capacidade de produção nos últimos anos. Na aquaponia, a aquicultura e a hidroponia (cultivo de plantas sem utilizar o solo para nutri-las, utilizando uma estrutura para que as plantas se desenvolvam por um sistema hidráulico) se unem em um sistema cíclico integrado, resultando em benefícios significativos para ambos os tipos de cultivo, como economia de água e eliminação do uso de produtos

químicos nos cultivos. Com o apoio de instituições de pesquisa e do governo, essa prática promissora tem o potencial de melhorar a renda e a segurança alimentar das famílias rurais brasileiras.

### IMAGEM DE COMO UM SISTEMA AQUAPONICO FUNCIONA

Este projeto tem como objetivo desenvolver um sistema *web desktop* que simplifique o monitoramento em sistemas de aquaponia doméstica. Para alcançar esse fim, o sistema *web* é responsável pelo processamento dos dados enviados por sensores instalados no sistema aquapônico. Esses sensores incluirão medidores de temperatura, pH da água, níveis de oxigenação e níveis da água, os quais coletarão uma variedade de informações sobre o tanque.

## OBJETIVO

Atualmente, a aquaponia desempenha um papel crucial na produção de alimentos sustentáveis, demandando um acompanhamento meticuloso de vários parâmetros. Este sistema inovador combina o cultivo de plantas com a criação de peixes de forma simbiótica, exigindo atenção contínua para manter o equilíbrio ideal entre seus componentes. Amplamente adotada por agricultores e entusiastas da agricultura urbana, a aquaponia oferece uma abordagem promissora para a produção de alimentos saudáveis e ecológicos.

O objetivo deste projeto é desenvolver e avaliar a usabilidade de um sistema de monitoramento de aquaponia para uso doméstico, acessível através de um navegador *web* em *desktop*. O sistema será desenvolvido utilizando prioritariamente *JavaScript* com ambiente *NodeJS*, oferecendo uma interface intuitiva e prática para incentivar a adoção da aquaponia pela população. Os usuários poderão acompanhar as condições da água, a saúde dos peixes e o progresso do sistema virtualmente, com gráficos em tempo real, alertas e recomendações para otimizar o cultivo. Para facilitar o desenvolvimento inicial, o projeto se concentrará em um estudo de caso envolvendo a espécie de peixe *Cyprinus carpio* (Carpa Comum) e vegetais de folhas verdes.

Os objetivos específicos deste projeto são:

1. Projetar e desenvolver sensores virtuais de qualidade da água no ambiente de aquaponia, simulando a medição de parâmetros como temperatura, pH, níveis de oxigênio dissolvido e volume de água.
2. Desenvolver um módulo de simulação para monitorar o ambiente dos peixes, com ênfase na detecção de substâncias como amônia e nitritos, que podem afetar negativamente a saúde dos peixes em concentrações elevadas.
3. Criar um sistema web utilizando NodeJS para visualizar e monitorar em tempo real as condições da água na aquaponia. Este sistema acompanhará diversos parâmetros da água, como pH, níveis de oxigênio dissolvido, amônia, temperatura e volume, fornecendo alertas quando as condições estiverem fora do ideal.
4. Realizar testes de usabilidade no sistema web para avaliar a clareza das informações, acessibilidade e facilidade de uso, visando identificar melhorias na experiência do usuário.
5. Explorar as possíveis contribuições do sistema de monitoramento web na produtividade das culturas de hortaliças e carpas, analisando as melhorias no rendimento e desenvolvimento das plantas e dos peixes.

## ESTADO DA ARTE

Atualmente, observamos um notável crescimento no processo de disseminação de informações relacionadas à prática da Aquaponia. Nesse contexto, estão em desenvolvimento novas propostas destinadas a facilitar a implementação desse sistema. Os projetos examinados nesta seção apresentam semelhanças na criação de sistemas de monitoramento para ambientes aquapônicos. No entanto, a característica distintiva desta proposta de monitoramento é o estabelecimento de uma relação mais aprofundada entre o sistema e o usuário, proporcionando informações mais abrangentes sobre a situação atual do ambiente aquapônico e suas particularidades.

Antes de abordar as análises específicas relacionadas à aquaponia, é relevante destacar estudos conduzidos utilizando tecnologias similares às adotadas neste projeto. Um exemplo notável é a Monografia de Graduação de Ariel Luane Pereira Bentes (2023), onde foram exploradas as aplicações da linguagem de programação Java no desenvolvimento de um sistema para monitoramento de plantas domésticas através de aplicativos em dispositivos Android. Esse sistema permite a coleta em tempo real de dados provenientes de sensores associados a uma planta, com monitoramento de luminosidade, umidade, temperatura e umidade do solo. A interface do aplicativo foi projetada para ser intuitiva e fácil de usar, proporcionando uma experiência agradável ao usuário.

Diante desta proposta, Ariel desenvolveu o aplicativo de monitoramento de plantas para dispositivos Android. Isso envolveu a codificação de diferentes funcionalidades para permitir a interação do usuário com a estação de monitoramento, incluindo o layout da interface do usuário, projetado para ser intuitivo e fácil de usar, proporcionando uma experiência agradável ao usuário, como ilustrado na próxima figura (NÚMERO DA FIGURA). Além disso, a codificação abrangeu a lógica do aplicativo, como a obtenção e exibição dos dados coletados pela estação de monitoramento, envolvendo a comunicação com o ESP32, que é responsável por enviar os dados para o aplicativo. O desenvolvimento adequado dos protocolos de comunicação e o tratamento preciso dos dados recebidos foram essenciais para garantir a precisão das informações exibidas no aplicativo.

Em resumo, o desenvolvimento em Android para o monitoramento de plantas demandou a capacidade de criar um código claro, modular e eficaz, com o objetivo de proporcionar uma experiência agradável ao usuário e garantir resultados precisos no acompanhamento das plantas, para isso, a linguagem Java se tornou apta para garantir que todos os requisitos fossem atendidos.

Em resumo, a capacidade de criar código limpo, modular e eficiente destaca-se como uma característica essencial no desenvolvimento de sistemas. Essa qualidade possibilita o desenvolvimento de aplicativos com interfaces amigáveis, garantindo uma experiência satisfatória aos usuários. Além disso, a habilidade de lidar com a comunicação eficiente com dispositivos externos, como o ESP32, evidencia a versatilidade e a praticidade necessárias para oferecer soluções eficazes em uma variedade de contextos.

**Figura 1 – Tela aplicativo android criado por Ariel**



Fonte: BENTES, Ariel, 2023

No trabalho de conclusão de graduação de Rafael Finkelstein (2018) é dissertado que nos últimos anos, a preocupação com a produção de alimentos aumentou. A aquaponia se destaca como uma alternativa para produzir vegetais em casa e para agricultores que desejam oferecer produtos ecológicos de alto valor agregado, próximos às áreas urbanas. Relaciona também a Internet das Coisas, do inglês Internet of the Things (IoT), onde permite que objetos do mundo real se comuniquem para oferecer serviços, aplicando tecnologias de diversas áreas. Ela expande a conectividade para além de computadores e smartphones, incluindo objetos cotidianos, portanto, a IoT revela ser uma ferramenta apta para efetuar o monitoramento essencial em sistemas aquapônicos.

Diante deste cenário, Rafael identifica que o desafio central reside na necessidade de aprimorar o monitoramento e controle dos sistemas de aquaponia, aproveitando as tecnologias da Internet das Coisas. O objetivo principal de seu estudo foi desenvolver um sistema inovador que permita o acompanhamento em tempo real e o controle dos parâmetros críticos em um sistema aquapônico. Para alcançar isso, foi trabalhado na criação de uma interface web intuitiva que apresenta gráficos detalhados das variações dos parâmetros ao longo do tempo. Além disso, seu sistema oferece a flexibilidade de configurar níveis de alerta e notificar automaticamente os administradores em caso de estar fora dos parâmetros predefinidos. Como parte das funcionalidades, o sistema tem a capacidade de ativar um aquecedor dentro do tanque de peixes quando a temperatura da água estiver abaixo do limite estabelecido. Utilizando diversas tecnologias, incluindo placas de desenvolvimento Arduino Uno, ESP8266 e Raspberry Pi, o protocolo de comunicação MQTT, o banco de

dados InfluxDb e a interface web Grafana para a implementação deste sistema.

Seu projeto foi implementado e foram realizados diversos testes e com base nos resultados dos experimentos realizados, é evidente que o trabalho alcançou com êxito seu objetivo principal de monitorar os parâmetros de um sistema aquapônico. Isso inclui a capacidade de monitorar o nível de água do tanque de peixes, identificar falhas na operação da bomba de circulação e acionar o aquecimento de forma automática quando necessário.

Em outro estudo de caso, segundo Alessandro Antonioli e Edson Moacir Ahlert (2020) é crucial reconhecer a água como um recurso essencial para a vida e compreender que medidas para evitar sua escassez no futuro são fundamentais. Mais de 70% da água tratada é direcionada à agricultura, sendo um dos principais desafios o desperdício de quase metade desse recurso (FAO, 2018). Para mitigar os impactos ambientais, é necessário considerar tecnologias alternativas de baixo impacto, especialmente no âmbito da produção de alimentos e seus métodos. Esses métodos estão associados a problemas como mudanças climáticas, poluição da água e do solo, desmatamento, geração de resíduos, bem como riscos para a saúde humana devido ao uso de agrotóxicos e fertilizantes químicos.

Uma das alternativas para enfrentar esses desafios é a aquaponia, uma solução sustentável que combina aquicultura e hidroponia, permitindo que as plantas cresçam com os resíduos dos peixes, economizando cerca de 90% de água em comparação com a agricultura convencional e eliminando o uso de adubos e agrotóxicos. Os autores ainda destacam que os principais desafios na gestão de dados na aquaponia incluem o monitoramento constante de fatores ambientais como temperatura, oxigênio dissolvido, pH, nível de água e vazão, o que pode ser difícil para indivíduos. A automação do sistema busca minimizar esses desafios, reduzindo a carga de trabalho humana, mantendo os fatores biológicos e melhorando a eficiência da aquaponia, ao mesmo tempo em que reduz custos e aumenta a produtividade.

Para abordar esse desafio, a automação desempenha um papel crucial. Seu estudo propôs um sistema de automação para a aquaponia que simplifica a gestão e melhora a eficiência. O sistema envolve duas aplicações distintas: uma para centralizar os dados e outra para o gerenciamento efetivo. A aplicação centralizadora é desenvolvida na plataforma Ubidots (Plataforma de desenvolvimento IoT de baixo código) e cria uma interface web para os usuários. Ela também armazena dados coletados por meio do protocolo MQTT (Protocolo de mensagens destinado a sensores e pequenos dispositivos móveis).

A aplicação de gerenciamento é responsável por coletar e enviar dados para a aplicação centralizada. Isso permite que os usuários monitorem continuamente os parâmetros que afetam a qualidade da água. A interface da aplicação centralizadora oferece informações dos sensores, simplificando a interação do usuário por meio de uma interface gráfica intuitiva.

Para ações específicas e intervenção no sistema, os usuários podem acessar o modo manual de operação, que oferece controle detalhado sobre os relés, incluindo o aquecimento da água e o controle das bombas de água. Além disso, a aplicação centralizadora emite alertas quando os parâmetros da água estão fora da faixa de segurança ou quando o sistema está inativo. Os alertas são enviados por e-mail e por meio do aplicativo Telegram para notificar os usuários.

A automação do sistema é viabilizada por meio do uso de hardware como arduínos. O Arduino é escolhido por sua simplicidade de uso, custo acessível e ambiente de programação de código aberto.

Cada componente do sistema é cuidadosamente projetado para desempenhar sua função específica. O oxigenador permanece ligado continuamente, garantindo níveis adequa-

dos de oxigênio na água. A eletrobomba segue um padrão T15, com 15 minutos de irrigação seguidos por 15 minutos de intervalo. A resistência de aquecimento da água opera de forma lenta e gradual para manter a temperatura da água na faixa ideal entre 23 e 25 graus Celsius.

Um aspecto importante é a estabilidade e a velocidade do MQTT broker da plataforma Ubidots. Os alertas são emitidos praticamente em tempo real, permitindo correções ágeis no sistema quando necessário. Isso demonstra que a automação do sistema possibilita o monitoramento e controle eficiente dos parâmetros no sistema aquapônico. Essa eficiência resulta em alimentos mais seguros e saudáveis para os consumidores, além de simplificar a produção por meio da automação. Esses benefícios podem incentivar investimentos mais significativos na aquaponia, especialmente com foco na expansão da produção em larga escala.

O estudo mencionado destaca a importância da automação na aquaponia como uma solução para gerenciar os desafios complexos que envolvem a manutenção dos parâmetros do sistema. A combinação de tecnologias de hardware e software permite que os produtores monitorem e controlem os fatores críticos para o sucesso da aquaponia. Com a automação, a produção de alimentos saudáveis e sustentáveis se torna mais viável e eficiente, promovendo assim a expansão desse método de cultivo.

O projeto de Rafael apresenta semelhanças com o projeto atual, uma vez que ambos reconhecem a necessidade de aprimorar os sistemas de aquaponia por meio do uso de tecnologias de monitoramento para melhorar sua eficácia. No entanto, é possível identificar particularidades em cada um dos projetos que merecem análise detalhada.

Rafael enfatiza a importância da Internet das Coisas (IoT) para ampliar a conectividade entre o sistema e o usuário, proporcionando uma experiência interativa na monitorização do sistema aquapônico. Ele incorpora um controle de parâmetros críticos do sistema, embora se limite a notificações e alertas relacionados à situação do sistema, sem oferecer dados sobre o desenvolvimento do sistema ou o estado dos peixes envolvidos.

Por outro lado, Alessandro compartilha semelhanças com o projeto atual, uma vez que a automação desempenha um papel fundamental em seu desenvolvimento. Ele utiliza duas aplicações distintas para realizar as funcionalidades do sistema, destacando a importância da combinação de hardware e software para o controle eficaz. Alessandro também fornece uma ampla gama de informações relacionadas ao sistema, mas difere no aspecto em que enfatiza mais o suporte à produção de alimentos gerados pelo sistema do que o próprio desenvolvimento do sistema aquapônico.

Portanto, ao analisar esses projetos em conjunto com o atual, é possível identificar elementos comuns e diferenças significativas, cada um contribuindo de maneira única para o avanço da aquaponia e seus sistemas de monitoramento. É importante ressaltar que, embora existam aplicações semelhantes, o sistema atual se destaca ao fornecer informações mais abrangentes sobre o desenvolvimento do sistema e o cuidado com os peixes.

## **METODOLOGIA**

O projeto de monitoramento do sistema aquapônico é composto pela sua unidade principal, representada pelo sistema *desktop*. No momento, o projeto encontra-se em fase de desenvolvimento, e os sensores mencionados estão sendo considerados apenas para estudos futuros.

### **a) Prototipação do Sistema - FIGMA**

O processo de criação de uma aplicação *desktop* tem início com a elaboração do

projeto visual para representar suas funcionalidades. Para essa etapa, utilizamos o Figma, uma ferramenta versátil que oferece uma ampla gama de recursos para aproximar o protótipo do projeto final. O Figma é uma plataforma robusta voltada para o design de interfaces e prototipagem, desenvolvida com o propósito de simplificar e aprimorar o trabalho gráfico em equipe. Ele possibilita a criação de produtos para diversas plataformas, além de permitir a definição precisa de suas funcionalidades (VILLAIN, 2022).

Durante o processo de desenvolvimento, criamos um protótipo de alta fidelidade. Esse protótipo nos permitiu visualizar de forma mais precisa a aparência e a interação da aplicação, facilitando a identificação de possíveis melhorias e refinamentos antes da implementação final.

Em síntese, o Figma desempenha um papel fundamental no desenvolvimento do projeto, fornecendo as ferramentas necessárias para criar uma interface de usuário eficiente e atrativa para a aplicação. Além disso, ele facilita a colaboração entre os membros da equipe, viabiliza a prototipagem interativa e simplifica a adaptação do design para diferentes plataformas. Assim, sua utilização contribui de maneira significativa para o sucesso global do projeto.

#### **b) Linguagem JavaScript**

Para a pesquisa e desenvolvimento da plataforma proposta, a linguagem de programação escolhida é o JavaScript. Amplamente utilizada para o desenvolvimento web, o JavaScript se destaca por sua versatilidade e adequação para criar interfaces interativas e dinâmicas (MOZILLA, 2024). Sua popularidade e vasta gama de bibliotecas e frameworks o tornam uma escolha sólida para o desenvolvimento de aplicações web modernas.

A escolha do JavaScript para este projeto baseia-se em sua capacidade de lidar com a dinâmica e interatividade necessárias para a plataforma. Além disso, o JavaScript é uma linguagem de programação client-side, o que significa que pode ser executada diretamente no navegador do usuário, reduzindo a carga no servidor e melhorando a experiência do usuário (MOZILLA, 2024).

O desenvolvimento será realizado utilizando o ambiente Node.js, uma plataforma que permite executar JavaScript no servidor. O Node.js é conhecido por sua eficiência e escalabilidade, sendo amplamente utilizado para desenvolvimento de aplicações web em tempo real. Além disso, o Node.js possui uma vasta comunidade de desenvolvedores e uma ampla gama de bibliotecas disponíveis, o que facilita o desenvolvimento e a manutenção da plataforma (BESSA, 2023).

Em resumo, a escolha da linguagem JavaScript e do ambiente Node.js é fundamentada na sua capacidade de lidar com a dinâmica e interatividade necessárias para a plataforma proposta. Essas escolhas visam proporcionar um ambiente de desenvolvimento sólido e eficaz para a pesquisa e criação da plataforma.

#### **c) BRMODELO - Banco de Dados Relacional e Lógico**

Para o atual desenvolvimento, também foi utilizado a ferramenta brModelo. Esta ferramenta desempenha um papel crucial na criação de um banco de dados relacional e lógico, fornecendo um modelo antecipado do sistema antes de se chegar ao modelo físico/real.

O brModelo foi criado em 2005 como parte do trabalho de conclusão do curso de especialização em banco de dados da UFSC (Universidade Federal de Santa Catarina) e UNIVAG (Centro Universitário de Várzea Grande). Trata-se de uma ferramenta de código aberto com foco no ensino de modelagem de banco de dados relacional. Uma das principais



funcionalidades do brModelo é permitir a representação gráfica dos relacionamentos entre os dados. Isso é essencial para a criação de um modelo lógico sólido, que especifica como os dados interagem entre si e como são organizados. A representação gráfica simplifica a compreensão do banco de dados e facilita a comunicação entre os desenvolvedores e as partes interessadas. Além disso, o brModelo oferece a capacidade de definir especificações detalhadas para o modelo lógico, o que é fundamental para garantir a consistência e a integridade dos dados no sistema (CÂNDIDO, Carlos, 2020).

No contexto deste projeto, a escolha do brModelo como ferramenta de modelagem de banco de dados é relevante para o desenvolvimento eficaz do sistema, pois proporciona uma base sólida para a criação e gerenciamento do banco de dados. É importante destacar que o brModelo é uma ferramenta amplamente reconhecida no campo da modelagem de banco de dados relacional e é amplamente utilizada em ambientes acadêmicos e profissionais.

#### **d) MySQL Workbench 8.0 CE**

O MySQL, inicialmente desenvolvido pela empresa sueca MySQL AB em 1994, passou por uma série de mudanças de propriedade ao longo dos anos. Em 2008, a empresa norte-americana Sun Microsystems adquiriu a MySQL AB, obtendo controle total sobre o software. Posteriormente, em 2010, a Oracle, uma gigante norte-americana da tecnologia, adquiriu a Sun Microsystems, tornando o MySQL parte de seu portfólio desde então. Quanto à sua definição, o MySQL é um Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados Relacional (RDBMS - Relational Database Management System) que opera com um modelo cliente-servidor. Um RDBMS é uma categoria de software de código aberto ou serviço usado para criar e gerenciar bancos de dados com base no modelo relacional, que se tornou um padrão amplamente aceito para o gerenciamento de dados em sistemas de informação (Andrei L, 2023).

O MySQL Workbench é uma ferramenta visual unificada destinada a arquitetos de banco de dados, desenvolvedores e administradores de banco de dados (DBAs). Este software oferece uma ampla gama de recursos essenciais para atividades relacionadas a bancos de dados (MySQL, 2023).

Através do MySQL Workbench, será possível criar um esquema de banco de dados que corresponda às necessidades específicas do projeto. Isso inclui a definição das tabelas que armazenarão informações importantes, como dados de usuários, informações sobre coleta de lixo, registros de atividades e muito mais. O MySQL Workbench oferece uma interface visual intuitiva para projetar o banco de dados, criar tabelas, definir relacionamentos entre elas e especificar as restrições necessárias para manter a integridade dos dados.

Além disso, o MySQL Workbench permite o desenvolvimento SQL, o que significa que os comandos SQL podem ser usados para inserir, recuperar, atualizar e excluir dados no banco de dados de forma eficiente.

#### **e) XAMPP Control Panel**

O XAMPP é um conjunto de software de código aberto que engloba um servidor web Apache, um sistema de gerenciamento de banco de dados MySQL e Perl. A sigla XAMPP representa as iniciais de seus principais componentes: X (significando compatibilidade com diversos sistemas operacionais), Apache, MySQL e Perl. Foi concebido para ser uma solução de fácil instalação e configuração, proporcionando aos usuários um ambiente completo de desenvolvimento web em seus computadores locais (HIGA, Paulo, 2012).

Através do XAMPP, será possível configurar um ambiente de desenvolvimento que atenda às exigências do projeto. Isso envolve a configuração de um sistema de gerenciamento de banco de dados MySQL. O XAMPP oferece uma interface de controle amigável que permite

iniciar, parar e gerenciar o servidor web e o banco de dados MySQL com facilidade. O XAMPP proporciona um ambiente seguro e isolado para o desenvolvimento e teste do projeto antes da implantação online.

#### **f) CANVAS**

O projeto conta com o modelo de negócio que visa estudar a viabilidade da aplicação do sistema, oferecendo informações gerais e técnicas considerando aspectos empresariais. Foi utilizado a ferramenta a Business Model Canvas, sendo uma ferramenta de gestão estratégica que permite o desenvolvimento do modelo de negócios de projetos. A estrutura conta com nove blocos pré-formatados que dão a base para a criação do modelo ou a adaptação de um já existente (RABELLO, Guilherme., 2023).

#### **g) Diagramas - DRAW.IO**

O draw.io é uma ferramenta de diagramação de código aberto e gratuita disponível tanto online, no [app.diagrams.net](https://app.diagrams.net), quanto offline, com a versão desktop do draw.io. É um aplicativo de diagramação que prioriza a segurança e é projetado para equipes colaborarem eficientemente. Oferecendo funcionalidades de diagramação de alta qualidade, e você tem a liberdade de escolher onde deseja armazenar os dados dos seus diagramas. Além disso, oferecem diversas integrações com outras plataformas e aplicativos populares, como Atlassian Confluence Cloud, Google Documents e GitHub (Drawio, 2023).

Esta ferramenta foi utilizada para a criação de um diagrama de caso de uso, da linguagem UML. Na UML (Unified Modeling Language), os diagramas de caso de uso têm a finalidade de modelar o comportamento de um sistema e desempenham um papel fundamental na captura dos requisitos desse sistema. Esses diagramas têm como principal objetivo a descrição de funções de alto nível e do escopo do sistema em questão, permitindo também a identificação das interações entre o sistema e os agentes externos que o utilizam. Vale destacar que os diagramas de caso de uso se concentram em descrever o que o sistema faz e como os agentes o utilizam, mas não adentram em detalhes sobre o funcionamento interno do sistema.

Os diagramas de casos de uso fornecem uma representação visual que ilustra e define o contexto e os requisitos de um sistema como um todo ou de partes significativas dele. Dependendo da complexidade do sistema em questão, é possível optar por criar um único diagrama de caso de uso abrangente ou múltiplos diagramas para modelar os diversos componentes do sistema de maneira mais detalhada. Normalmente, esses diagramas são desenvolvidos nas fases iniciais de um projeto e continuam a ser uma referência importante ao longo de todo o processo de desenvolvimento do sistema (IBM, 2015).

O diagrama de caso de uso desempenhou um papel essencial no desenvolvimento do sistema de monitoramento para aquaponia. Ele foi utilizado para modelar as interações entre o sistema, os usuários e os agentes envolvidos, definindo os requisitos, funcionalidades e escopo do projeto. Além disso, o diagrama de caso de uso serviu como um guia ao longo de todas as fases do desenvolvimento, facilitando a comunicação com a equipe e assegurando a implementação das funcionalidades necessárias.

#### **h) Sensor de Volume da Água (HC-SR04)**

O sensor HC-SR04 é um dispositivo de medição de distância ultrassônica. Ele utiliza ondas sonoras de alta frequência para determinar a distância entre o sensor e um objeto (ou, no caso de um sistema aquapônico, a superfície da água). O sensor HC-SR04 é composto por um emissor ultrassônico (transdutor) e um receptor ultrassônico. O emissor emite um pulso ultrassônico, que se reflete na superfície da água e retorna ao receptor. A distância

é calculada com base no tempo que leva para o pulso ultrassônico viajar para a superfície da água e voltar (MakeHerors, 2023). No contexto de um sistema aquapônico, o sensor HC-SR04 é utilizado para monitorar o nível da água em um reservatório ou tanque. Colocando-o de forma estratégica, você pode medir a distância da superfície da água até o sensor. A partir disso, é possível calcular o volume de água, que é uma informação crucial para o gerenciamento do sistema.

#### **i) Sensor de Temperatura da Água (DS18B20)**

O sensor DS18B20 é um sensor digital à prova d'água projetado para medir a temperatura com alta precisão. Ele opera com base na variação da resistência elétrica com a temperatura. Imerso na água, o sensor DS18B20 fornece leituras de temperatura precisas e estáveis (Analog, 2023). No contexto de um sistema aquapônico, o monitoramento da temperatura é essencial, pois afeta diretamente a saúde dos peixes e o crescimento das plantas. A temperatura da água influencia o metabolismo dos peixes e a disponibilidade de nutrientes para as plantas, tornando o sensor DS18B20 uma ferramenta valiosa para manter as condições ideais.

#### **j) Sensor de pH (Atlas Scientific pH Kit)**

O Atlas Scientific pH Kit é um conjunto que inclui um sensor de pH altamente preciso e uma placa de circuito específica para medição de pH. Ele é calibrado e ajustado para oferecer leituras precisas de acidez ou alcalinidade da água (AtlasScientific, 2022). Em um sistema aquapônico, o monitoramento do pH é crucial, pois afeta a absorção de nutrientes pelas plantas e a saúde dos peixes. O sensor de pH permite que os aquaponistas ajustem e mantenham os níveis ideais de pH para otimizar o crescimento de plantas e a saúde dos peixes.

#### **k) Sensor de Oxigenação (YSI ProDSS ou Hach HQ40d)**

Sensores ópticos de oxigênio dissolvido, como YSI ProDSS e Hach HQ40d, medem o nível de oxigênio dissolvido na água com alta precisão. Eles utilizam tecnologia de fluorescência para determinar a concentração de oxigênio dissolvido (Hach, 2022). O oxigênio dissolvido é um fator crítico na saúde dos peixes e no crescimento das plantas. O monitoramento contínuo do oxigênio dissolvido ajuda a evitar problemas de hipóxia que podem prejudicar a vida aquática. Os sensores de oxigênio dissolvido, como YSI ProDSS e Hach HQ40d, fornecem leituras precisas e estáveis e são fundamentais para o sucesso de um sistema aquapônico.

#### **l) Placa de Arduino UNO**

A placa Arduino UNO é uma plataforma de prototipagem eletrônica amplamente utilizada e altamente versátil. Ela é projetada para facilitar o desenvolvimento de projetos eletrônicos e incorpora uma variedade de entradas e saídas digitais e analógicas. A placa é conhecida por sua facilidade de uso, tornando-a ideal para coletar dados de sensores e controlar sistemas em diversas aplicações (Docs.Arduino, 2021). No contexto de um sistema aquapônico, a placa Arduino UNO desempenha o papel central no sistema de monitoramento. Ela atua como o "cérebro" do sistema, recebendo informações dos sensores, processando esses dados e executando o código de controle.

## **RESULTADOS PRELIMINARES**

O propósito da seção de resultados, como o próprio nome indica, é revelar o que foi encontrado na pesquisa. Essa parte do artigo estará composta dos dados relevantes obtidos e sintetizados pelo autor.

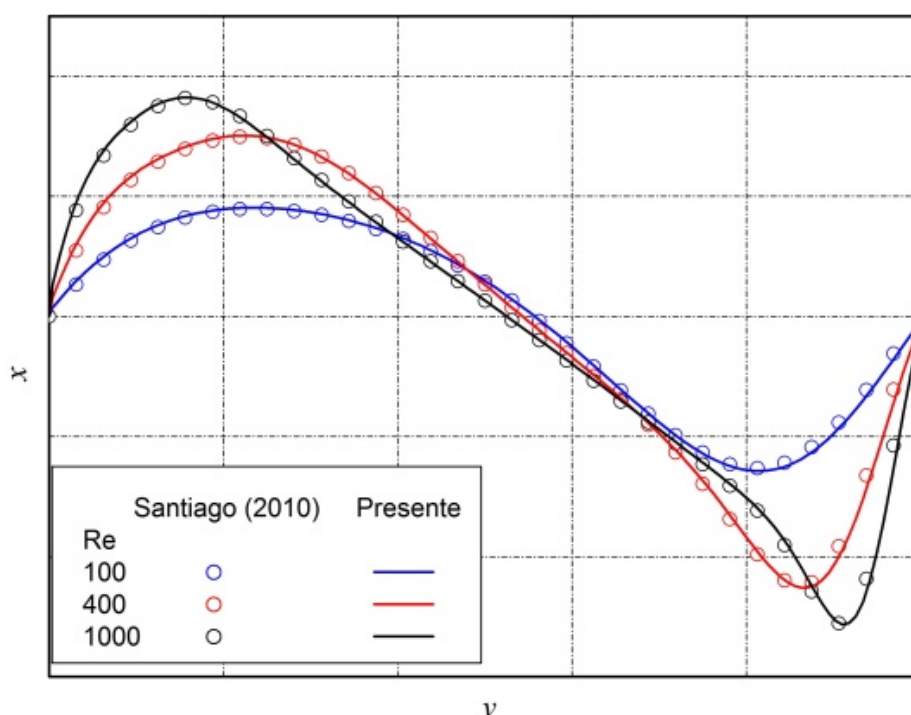
Nesta seção, você deverá apresentar todos os elementos solicitados no mapa mental relacionados ao seu projeto: diagramas, protótipos, modelo de negócios, principais funções e componentes desenvolvidos. Para tanto, na subseção a seguir, você poderá consultar como é feita a inserção de figuras, fluxogramas, fotografias, gráficos, tabelas e quadros.

## ILUSTRAÇÃO E TABELA

Independentemente da ilustração (figura, fluxograma, fotografia, gráfico, quadro, entre outras) ou tabela inserida no trabalho, sua identificação deve aparecer na parte superior. Esta identificação deve ser precedida da palavra designativa, seguida de seu número de ordem de ocorrência no texto, em algarismos arábicos, travessão e do respectivo título.

Após a ilustração ou tabela, na parte inferior, indicar a fonte consultada (mesmo sendo produção do próprio autor), legenda, notas e outras informações necessárias à sua compreensão (se houver). A ilustração deve ser citada no texto e inserida o mais próximo possível do trecho a que se refere. A seguir, encontra-se um exemplo para a inserção de um elemento do tipo Gráfico, o Gráfico 1.

**Gráfico 1 – Exemplo de gráfico**

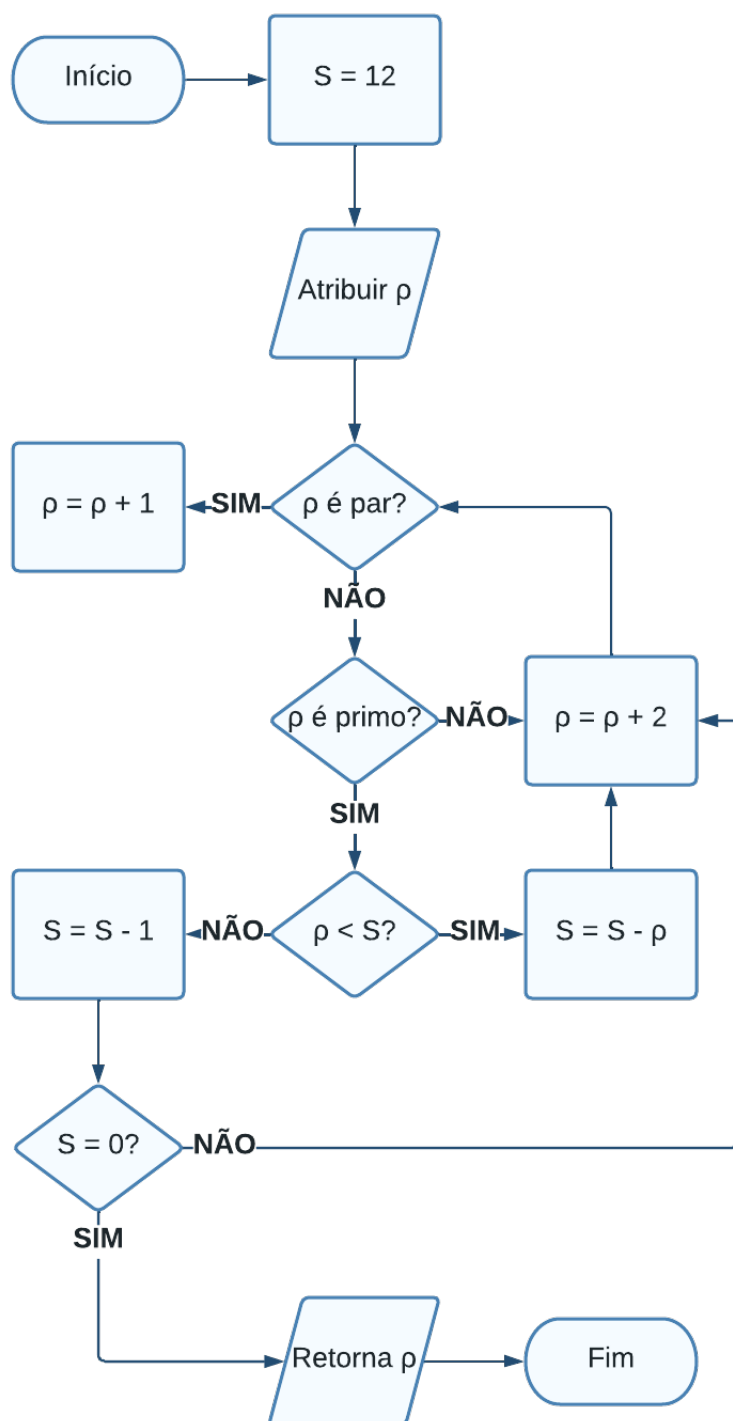


**Fonte: Autoria Própria (2024)**

Em computação, é muito comum a utilização de fluxogramas, para documentar, estudar, planejar, melhorar e comunicar processos complexos por meio de diagramas claros e fáceis de entender. Um fluxograma é um diagrama que descreve um processo, sistema ou algoritmo de computador. O Fluxograma 1 é um dos vários exemplos deste tipo de ilustração que pode ser gerado ou editado na ferramenta *online* Lucidchart, entre outras.

O LaTeX tem uma biblioteca específica para utilizar imagens no documento. O pacote graphicx habilita um ambiente chamado figure, que permite que você insira imagens de uma forma simples no texto. A Figura 2 é um exemplo deste tipo de ilustração.

**Fluxograma 1 – Exemplo de fluxograma de algoritmo**

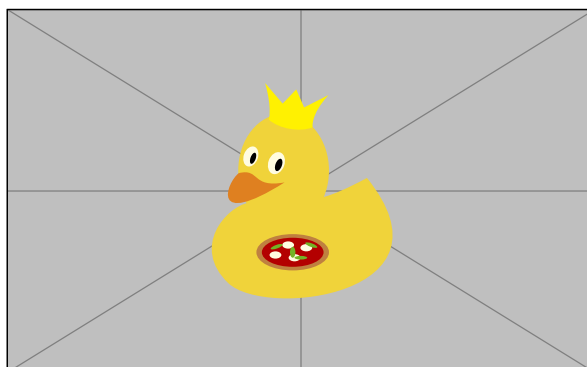


**Fonte: Autoria Própria (2024)**

Caso seja necessário, você ainda poderá inserir fotografias, por meio do ambiente *photograph*, conforme ilustrado na Fotografia 1.

Outro elemento visual bastante utilizado na seção de Resultados são as tabelas, pois elas fornecem uma estrutura visualmente organizada para apresentar dados, tornando a leitura e a compreensão do conteúdo mais fácil para o leitor. As células, linhas e colunas

**Figura 2 – Exemplo de figura**



**Fonte: Autoria Própria (2024)**

**Fotografia 1 – Fachada da Fatec de Registro**



**Fonte: Autoria Própria (2024)**

ajudam a alinhar informações de maneira sistemática.

Para conjuntos de dados comparativos, as tabelas são particularmente úteis. Elas possibilitam a disposição lado a lado de informações relacionadas, facilitando a comparação direta entre diferentes elementos.

Tabelas e quadros devem estar centralizados e conter apenas dados imprescindíveis, evitando-se que sejam muito extensos, não repetindo dados já inseridos no texto, ou vice-versa. O formato de tabela pode ser observado na Tabela 1.

No caso de quadros, deve ser seguida a estrutura demonstrada no Quadro 1. Caso os dados sejam inéditos e provenientes de uma pesquisa realizada pelos próprios autores do trabalho, essa especificação deve constar na fonte com o ano da pesquisa de campo. Nesse caso, a fonte deve ser: Autoria Própria (2024).

Quadros e tabelas podem ser inseridos neste documento usando os ambientes `tab-framed` e `table`, respectivamente, conforme exemplos no arquivo-fonte deste modelo. A

**Tabela 1 – Exemplo de tabela**

Idade	Percentual (%)
Até 20 anos	0
De 21 a 30 anos	10
De 31 a 40 anos	20
De 41 a 50 anos	30

**Fonte: Adaptada de Beltrano (2021)**

**Quadro 1 – Tipografia das seções**

Seção	Tipografia	Exemplo
Primária	Letras maiúsculas em negrito	<b>1 SEÇÃO PRIMÁRIA</b>
Secundária	Letras maiúsculas sem negrito	1.1 SEÇÃO SECUNDÁRIA
Terciária	Letra inicial de todas as palavras em maiúscula, sem negrito	1.1.1 Seção Terciária
Quaternária	Letra inicial da primeira palavra em maiúscula, sem negrito	1.1.1.1 Seção quaternária
Quinária	Letra inicial da primeira palavra em maiúscula, sem negrito e em itálico	<i>1.1.1.1.1 Seção quinária</i>

**Fonte: Autoria Própria (2024)**

geração ou edição desses elementos visuais pode ser realizada por meio de ferramentas *online*, tais como: Tables Generator e Latex Tables Editor, entre outras.

## EQUAÇÕES

Equações podem ser inseridas neste documento usando o ambiente `equation`, como ilustrado na Equação (1).

$$u = \beta \operatorname{sen}(\pi x) \frac{(e^{2x} - 1)(e^y - 1)}{(e^2 - 1)(e - 1)} \quad (1)$$

Símbolos matemáticos (ou equações mais simples) podem ser inseridos ao longo do texto de um parágrafo usando o ambiente do Latex `math`. É possível ainda, a utilização de ferramentas online para a geração ou edição de equações, tais como: Formula Sheet e Latex Equation Editor.

## CONCLUSÃO

Apresente aqui as conclusões do seu trabalho, verifique se o objetivo foi cumprido, apresenta respostas para o problema da pesquisa, relate as limitações e as recomendações do estudo. Por fim, coloque sugestões para trabalhos futuros.

## REFERÊNCIAS

BELTRANO, P. **Título do trabalho do Beltrano**. Edição: P. Sicrano. [S. l.: s. n.], 2021.