

Sistema de Monitoramento para ambiente de aquaponia Familiar: Estudo de caso em Carpas e Hortaliças

Éder A. Tashiro¹, Eliharison G. Gabriel², João P. Sabijon³, Lucas L. Santana⁴,
Rodrigo S. Pereira⁵.

¹Faculdade de Tecnologia do Estado de São Paulo - Registro

{eder.tashiro, eliharison.gabriel, joao.sabijon}@fatec.sp.gov.br

{lucas.santana29, rodrigo.pereiral22}@fatec.sp.gov.br

Abstract. *Aquaponics is an innovative cultivation method that combines fish farming and plant cultivation in a sustainable system. Fish generate nutrients for plants through their excretions, while plants filter the water, providing a balanced environment. This project aims to create a desktop system to monitor domestic aquaponics, tracking water conditions, fish well-being, and system development. Initially focused on a specific fish species and vegetables, the implementation of virtual sensors and usability tests seeks to promote the adoption of aquaponics, encouraging sustainable food production. (Embrapa, 2022)*

Keywords: *Aquaponics. Sustainable. Fish. Desktop. sustainability.*

Resumo. *A aquaponia é um método inovador de cultivo que combina a criação de peixes e o cultivo de plantas em um sistema sustentável. Os peixes geram nutrientes para as plantas através de suas excreções, enquanto as plantas filtram a água, proporcionando um ambiente equilibrado. Este projeto visa criar um sistema desktop para monitorar aquaponias domésticas, acompanhando as condições da água, o bem-estar dos peixes e o desenvolvimento do sistema. Inicialmente focado em uma espécie específica de peixe e hortaliças, a implementação de sensores virtuais e testes de usabilidade busca promover a adoção da aquaponia, incentivando uma produção sustentável de alimentos. (Embrapa, 2022)*

Palavras-chave: *Aquaponia. Sustentável. Peixes. Desktop. Sustentabilidade.*

INTRODUÇÃO

A Organização das Nações Unidas (ONU) é uma entidade intergovernamental fundada na década de 40, cujo principal propósito é fomentar e fortalecer as relações internacionais, com um enfoque central na promoção do desenvolvimento coletivo da sociedade global. No âmbito deste contexto, destaca-se a Agenda 2030, um ambicioso programa adotado em setembro de 2015. A Agenda 2030 representa um compromisso conjunto entre os 193 países que compõem a ONU, estabelecendo objetivos e estratégias para impulsionar o desenvolvimento sustentável até o ano de 2030. Tais ações são embasadas em 17

objetivos focados na sustentabilidade, denominados Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). Esses objetivos abrangem as dimensões sociais, ambientais e econômicas, constituindo uma iniciativa em que todos podem participar ativamente.

No Brasil, a luta para alcançar essas 17 metas é constante, a interconexão dessas metas reflete em diferentes maneiras para enfrentar esses desafios e alcançar seus objetivos. Neste contexto, destaca-se a ODS Nº 2, que almeja atingir a "Fome zero e agricultura sustentável". Além disso, a ODS Nº 14, que visa promover a "Vida na água", representa outro pilar fundamental na agenda global de desenvolvimento sustentável.

O aumento da população global e a crescente demanda por água exercem pressão significativa sobre os setores de produção de alimentos, tornando a sustentabilidade uma necessidade premente. A produção eficiente de alimentos, minimizando a perda de água e nutrientes, é essencial. A aquaponia emerge como uma solução viável, embora haja escassez de literatura acadêmica no Brasil sobre o assunto. Em contrapartida, países como Austrália, Estados Unidos, Israel e México lideram a pesquisa em aquaponia devido às suas dificuldades de oferta de água. A aquaponia tem sido amplamente adotada em escala doméstica, conhecida como "Aquaponia de Quintal", onde indivíduos utilizam recursos simples, como tambores e caixas de água, para produzir peixes e hortaliças de forma integrada. (Hundley, 2013).

A aquaponia é um sistema de cultivo que utiliza a interação entre peixes e plantas para criar um ambiente equilibrado e sustentável. Os peixes produzem nutrientes por meio de suas excreções, que são convertidos em nutrientes para as plantas. As plantas, por sua vez, filtram a água, tornando-a segura para os peixes, esta prática permite a utilização de diversas espécies de peixes, no presente estudo é utilizada a *Cyprinus carpio* (Carpa-Comum). O uso de sistemas de aquaponia pode permitir que os agricultores familiares diversifiquem suas atividades e aumentem sua renda, produzindo tanto peixes quanto vegetais em um único sistema. (Embrapa, 2017)

Uma das primeiras ações tomadas pelos pesquisadores brasileiros em 2018 foi investigar a situação atual da produção em aquaponia no Brasil, já que naquela época não se tinha notícia de qualquer organização comercial que representasse esses produtores (Unesp, 2023). "Os dados foram coletados antes da eclosão da pandemia de Covid-19 e estão sendo atualizados devido à percepção de que o cenário pode ter sofrido alterações em decorrência da pandemia", afirma a bióloga Maria Célia Portella, destacando que a pesquisa provavelmente não abrangeu todos os produtores, e até mesmo grandes empresas de aquaponia foram deixadas de fora da pesquisa.

No entanto, Portella reconhece que as informações relacionadas à localização geográfica das produções e às espécies de peixes e plantas mais cultivadas estão em sintonia

com a realidade dos produtores. Esses dados revelaram que mais de 65% dos produtores estavam situados na região Sul ou Sudeste. Embora a maioria deles (64%) esteja localizada em áreas urbanas, ou seja, dentro do escopo do projeto de pesquisa, aproximadamente um terço deles busca a subsistência e outro terço visa a produção comercial. Apesar de os dados indicarem uma ampla variedade de espécies em produção, a alface e a cebolinha foram as plantas mais cultivadas, enquanto a tilápia-do-nilo e a carpa-comum foram as espécies de peixes mais citadas.

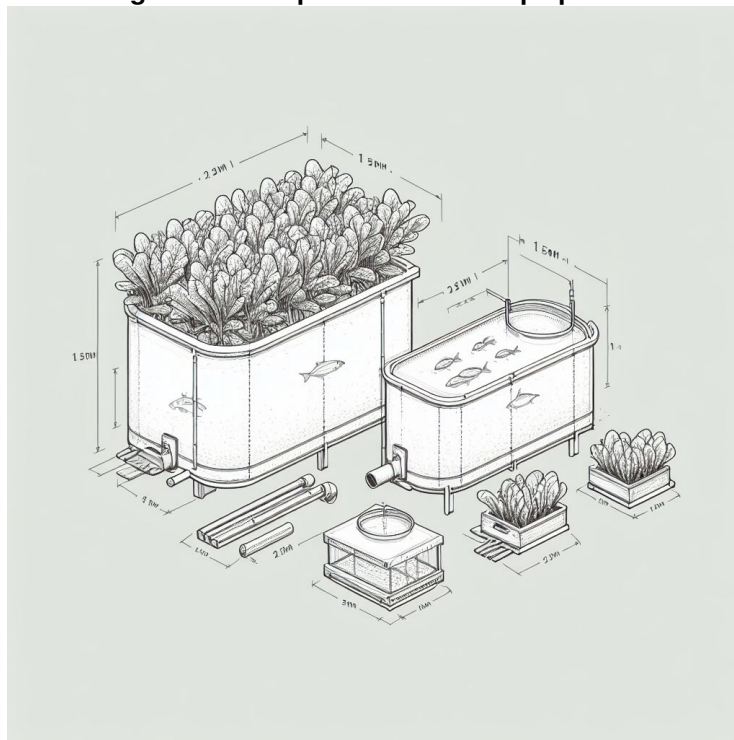
Os dados confirmaram que a aquaponia ainda é vista como uma novidade entre os produtores brasileiros, sendo o primeiro sistema implementado em 2006. Ainda assim, houve um aumento no número de produtores, especialmente nos dois anos anteriores à realização da pesquisa. Segundo os pesquisadores, a diversidade 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" que seja uniforme para todos os produtores.

A aquaponia pode ser implementada em espaços reduzidos, o que é particularmente benéfico para propriedades familiares menores. Ela utiliza menos água em comparação com a agricultura convencional, pois a água é reciclada continuamente. A produção em sistemas de aquaponia frequentemente se encaixa 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, permitindo a produção eficiente de alimentos vegetais e de origem animal em um único sistema. A Aquaponia representa um sistema de cultivo sustentável que tem visto um notável aumento na sua capacidade de produção nos últimos anos. Nesse sistema, a Aquicultura e a Hidroponia se unem em um sistema cíclico integrado, resultando em benefícios significativos para ambos os tipos de cultivo. Isso inclui a economia de água e a 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.

Figura 1. Exemplo de Sistema Aquapônico



Fonte: Do próprio autor, 2023

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

É importante ressaltar que, no contexto deste estudo, a implementação de sensores reais no sistema aquapônico está planejada como uma etapa futura do desenvolvimento. No momento, os dados utilizados para alimentar o sistema de monitoramento foram pré-programados e simulados. O foco principal deste projeto está na criação do sistema e nas interfaces gráficas que permitirão aos usuários acessar e visualizar informações importantes sobre o sistema aquapônico.

Esses dados serão apresentados por meio de interfaces gráficas que exibirão, de maneira clara e direta, o estado atual do tanque. A aplicação proporcionará ao usuário uma experiência intuitiva por meio de uma interface simples e objetiva. Além disso, fornecerá informações sobre o tratamento da água, o bem-estar dos peixes e o desenvolvimento geral do sistema. Isso tornará o processo de implementação desse sistema acessível a toda a população.

OBJETIVO

Atualmente a aquaponia desempenha um papel fundamental na produção de alimentos sustentáveis, exigindo um rigoroso monitoramento de múltiplos parâmetros. Esse sistema, que combina o cultivo de plantas e a criação de peixes de maneira simbiótica, requer atenção constante para garantir o equilíbrio ideal entre os elementos. Amplamente adotada por agricultores e entusiastas da agricultura urbana, a aquaponia oferece uma abordagem inovadora para a produção de alimentos saudáveis e ecologicamente corretos.

O objetivo deste projeto é desenvolver e avaliar a usabilidade de um sistema *desktop* para monitoramento em ambiente de aquaponia familiar. O sistema irá fornecer uma interface intuitiva e prática, incentivando a adoção da aquaponia pela população. Ela permitirá o acompanhamento das condições da água, o bem-estar dos peixes e o desenvolvimento do sistema de forma virtual, oferecendo gráficos em tempo real, alertas e recomendações para otimizar o cultivo, para a realização deste projeto, foi necessário identificar um estudo de caso aplicado inicialmente a uma única espécie de peixe, a *Cyprinus carpio* (Carpa Comum), e apenas vegetações de hortaliças, devido a facilidade de testar e implementar as funcionalidades deste sistema em um único caso. Além disso, os usuários poderão interagir com o sistema, ajustando parâmetros e recebendo informações sobre a manutenção adequada. Desta forma, a aplicação desempenhará um papel fundamental na promoção da produção de alimentos sustentáveis e ecologicamente corretos por meio da aquaponia. O projeto tem ainda como objetivos específicos:

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 foco na detecção de amônia e nitritos, substâncias que, em concentrações elevadas, afetam negativamente a saúde e o bem-estar dos peixes, prejudicando suas funções respiratórias e brânquias.
3. Desenvolver um sistema Java que permita visualizar e monitorar em tempo real as condições da água em um sistema aquapônico. O sistema realizará o monitoramento de diversos parâmetros da água, tais como: pH, níveis de oxigênio dissolvido, temperatura, e volume. Além disso, também mostrará tendências ao longo do tempo e enviará alertas quando as condições estiverem fora do ideal (pH inadequado, Níveis de oxigênio dissolvido baixos, Temperatura fora do intervalo desejado), auxiliando na prevenção de problemas no sistema.
4. Realizar testes de usabilidade no sistema Java simulado para avaliar a clareza das informações, acessibilidade e facilidade de uso, com o objetivo de identificar melhorias na experiência do usuário e na eficácia do sistema.

5. Explorar as possíveis contribuições do sistema de monitoramento em Java com o objetivo de investigar como ele afeta a produtividade das culturas de hortaliças e carpas. Isso será feito por meio da análise das 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.

No cenário inicial, antes de abordarmos a análise de conteúdos relacionados à aquaponia, é válido destacar estudos conduzidos utilizando a linguagem de programação empregada em nosso projeto, Java. Um exemplo desse enfoque é evidenciado na Monografia de Graduação de Ariel Luane Pereira Bentes (2023), na qual foram investigadas as aplicações dessa linguagem no contexto do desenvolvimento de um sistema para monitoramento de plantas domésticas por meio de aplicativos em dispositivos Android. Esse sistema permite a coleta em tempo real de dados provenientes de sensores de um dispositivo embarcado (ESP32) associado a uma planta. Esses sensores monitoram a luminosidade, umidade, temperatura e umidade do solo. A aplicação Android fornece uma interface simples e intuitiva para a visualização e análise dos dados coletados pelos usuários.

Diante desta proposta, Ariel utilizou da linguagem Java para o desenvolvimento do aplicativo de monitoramento de plantas em 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, que foi projetado para ser intuitivo e fácil de usar, proporcionando uma experiência agradável ao usuário, como ilustrado na próxima figura 2. Além disso, a codificação também 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. A codificação adequada dos protocolos de comunicação e o tratamento correto 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.

Figura 2. Tela aplicativo android criado por Ariel



Fonte: BENTES, Ariel, 2023

Em resumo, a linguagem Java destaca-se como uma escolha sólida no desenvolvimento de sistemas devido à sua capacidade de permitir a criação de código limpo, modular e eficiente. Essa linguagem oferece a flexibilidade necessária para desenvolver aplicativos com interfaces amigáveis, proporcionando uma experiência satisfatória aos usuários.

Além disso, a robustez e a capacidade de lidar com a comunicação eficiente com dispositivos externos, como o ESP32, demonstram a versatilidade do Java. Portanto, a linguagem Java continua a ser uma opção confiável para o desenvolvimento de sistemas, oferecendo soluções práticas e eficazes em uma variedade de contextos.

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 adequados 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 por sua unidade principal, representada pelo sistema *desktop*, o atual projeto se encontra em fase de desenvolvimento, onde os sensores mencionados são apenas para estudos futuros.

a) FIGMA - Protótipo Visual

O processo de criação de uma aplicação *desktop* se inicia com o projeto visual para representar suas funcionalidades, a ferramenta utilizada para essa finalidade é o Figma, que oferece variedades de funções para aproximar o protótipo do projeto final. O Figma é uma plataforma para construção de *design* de interfaces e protótipos, com a finalidade de criar uma ferramenta prática e gratuita para facilitar o trabalho gráfico em equipes, permite criar produtos para diversas plataformas e estabelecer suas funcionalidades (VILLAIN, Mateus., 2022). Em resumo, o Figma desempenhou um papel crucial no projeto, fornecendo as ferramentas necessárias para criar uma interface de usuário eficaz e atraente para a aplicação. Ele facilitou a colaboração da equipe, a prototipagem interativa e a adaptação do design para diferentes plataformas, contribuindo para o sucesso geral do projeto.

b) Linguagem JAVA

Para a pesquisa e desenvolvimento da plataforma proposta, a linguagem de programação escolhida é o JAVA, uma linguagem computacional amplamente reconhecida por sua versatilidade e adequação para o desenvolvimento de diversas aplicações. A linguagem JAVA foi desenvolvida pela Sun Microsystems na década de 90 com o objetivo de ser uma linguagem mais simples e eficiente em comparação com seus predecessores (INDRUSIAK, Leandro, 1996).

A escolha do JAVA para esse projeto se baseia em sua capacidade de lidar com este tipo de aplicação, onde será necessário demonstrar de diversas formas a manipulação e representação gráfica de dados, o que o torna uma escolha sólida para o desenvolvimento da plataforma. Além disso, a linguagem JAVA é conhecida por sua portabilidade e compatibilidade, permitindo que o código seja executado em várias plataformas se necessário.

O desenvolvimento será realizado na plataforma NetBeans IDE, uma ambiente de desenvolvimento integrado que oferece ferramentas otimizadas e atualizadas para o desenvolvimento de aplicativos Java. O NetBeans é amplamente reconhecido por sua interface de usuário amigável e suporte robusto à linguagem JAVA (ORACLE, 2022). Essa escolha visa proporcionar um ambiente de desenvolvimento eficiente e produtivo para a criação da plataforma.

Em resumo, a escolha da linguagem de programação JAVA e do ambiente de desenvolvimento NetBeans IDE é fundamentada na versatilidade e eficiência dessa linguagem, bem como na robustez do ambiente de desenvolvimento escolhido. A ligação da linguagem JAVA com aplicações *desktop* é relevante para este projeto, pois possibilita uma otimização para a plataforma. Essas escolhas visam proporcionar um ambiente de desenvolvimento sólido e eficaz para a pesquisa e criação da plataforma proposta.

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, 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 (MakeHeros, 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.

I) 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

Nesta seção de resultados, iremos destacar os principais elementos do nosso projeto e discutir suas contribuições. Primeiramente, a Identidade Visual foi crucial para criar uma imagem coesa e atraente para o projeto, estabelecendo sua identidade. O Diagrama de Caso de Uso (DCU) nos permitiu compreender as interações do usuário com o sistema, ajudando a modelar as funcionalidades essenciais. O Diagrama de Classes foi fundamental para estruturar e organizar o código do sistema. O Algoritmo de Ordenação desempenhou um papel vital na organização eficiente de dados. O Banco de Dados foi responsável por armazenar e gerenciar informações essenciais. O Protótipo Figma forneceu uma representação visual tangível do sistema, facilitando o entendimento. O Sistema implementado em Java é o resultado prático de todo o trabalho, com funcionalidades reais. Por fim, o Modelo de Negócios: Canvas nos ajudou a definir claramente o plano de negócios do projeto. Cada um desses elementos desempenha um papel único e complementar, contribuindo para o sucesso e a eficácia do nosso projeto de maneira integral.

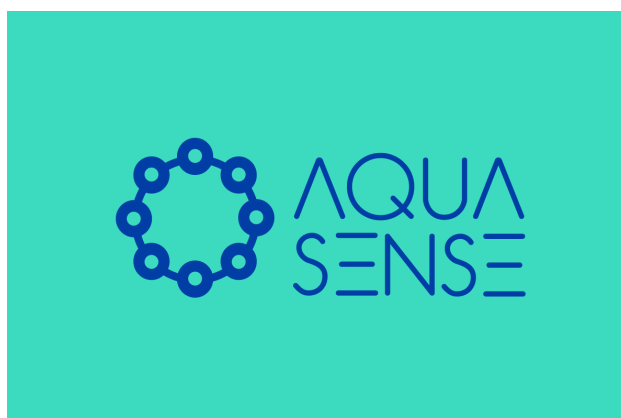
1) Identidade visual

A identidade visual do nosso sistema de monitoramento de aquaponia foi projetada para comunicar eficazmente a mensagem que queremos transmitir: incentivar a prática da aquaponia através da produção sustentável de alimentos.

O processo de criação passou por várias etapas, começando com modelos simples e progredindo até chegarmos ao modelo final. Isso resultou na criação do material que usaremos como identidade do sistema, incluindo o logotipo em cores, a versão em negativo do logotipo e algumas variações limitadas de ícones que serão usadas como representações do sistema de monitoramento de aquaponia.

a) Versão positiva

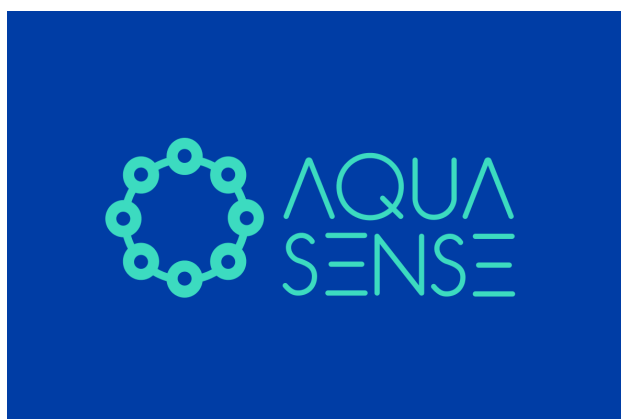
Figura 3. Logotipo Original



Fonte: Do próprio autor, 2023

b) Versão positiva - Fundo Escuro

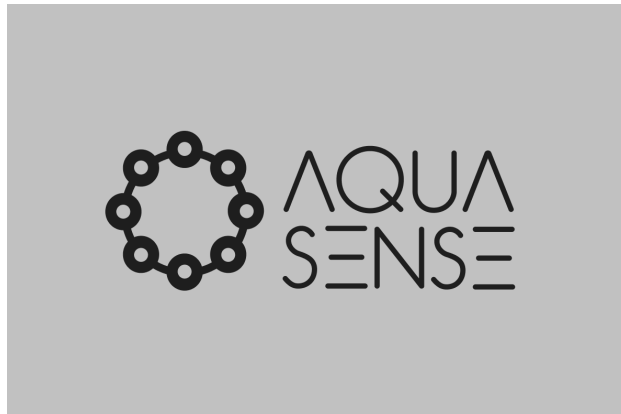
Figura 4. Logotipo Original - Fundo Escuro



Fonte: Do próprio autor, 2023

c) Versão Neutra

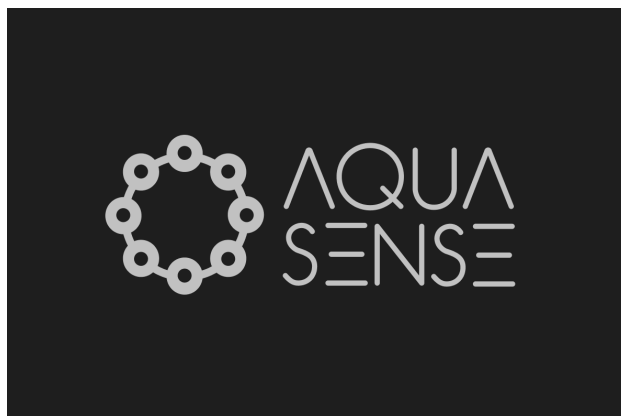
Figura 5. Logotipo Neutro



Fonte: Do próprio autor, 2023

d) Versão Neutra - Fundo Escuro

Figura 6. Logotipo Neutro - Fundo Escuro



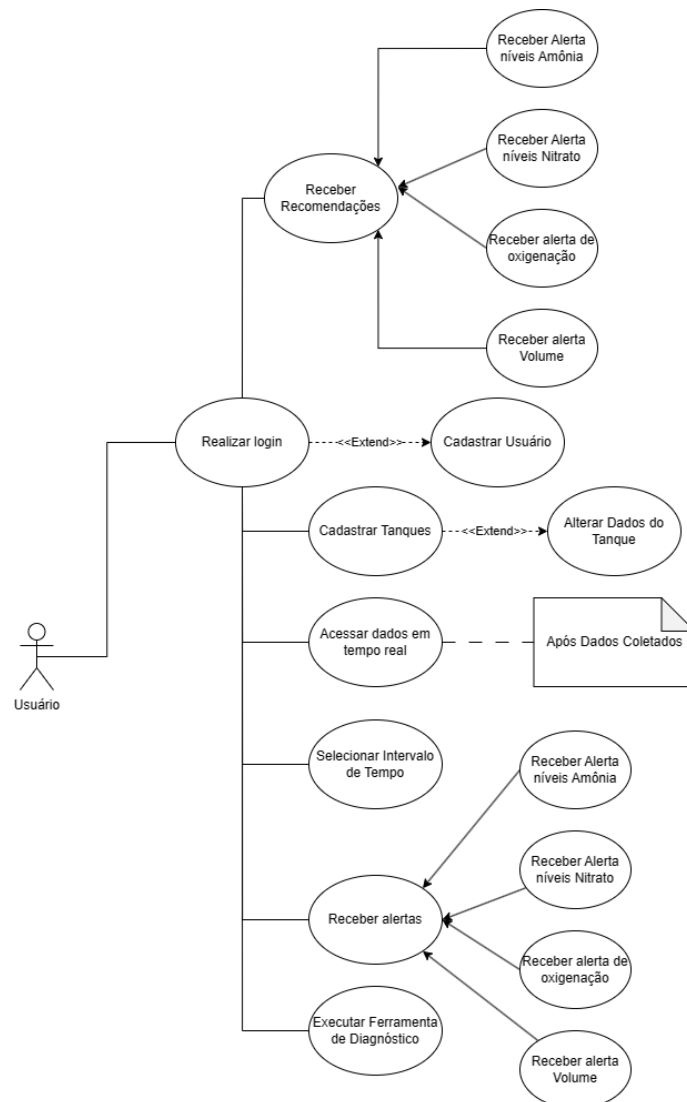
Fonte: Do próprio autor, 2023

2) Diagrama de caso de uso

As funcionalidades do sistema foram representadas por meio da UML (Unified Modeling Language), uma linguagem de notação amplamente utilizada em projetos de sistemas. A representação abrange desde o momento em que o usuário se cadastra no

aplicativo até o processamento de dados do sistema, enfocando etapas cruciais, como a coleta de informações e sua subsequente manipulação para a gestão abrangente do sistema. Para garantir a padronização do sistema, é imperativo que todos os componentes físicos estejam devidamente instalados e operando em sua plena capacidade. A coleta precisa ser realizada de maneira correta para viabilizar a monitoração eficaz do sistema. Por exemplo, no contexto da coleta de informações sobre a temperatura da água, o sistema registra variações de temperatura e conduz uma análise para determinar a temperatura ideal que o sistema deve manter. Por exemplo, caso seja identificada uma disparidade entre a temperatura atual e a temperatura recomendada, o sistema acionará alertas ou recomendações para promover a otimização do sistema.

Figura 7. Diagrama de Caso de Uso (DCU)



Fonte: Do próprio autor, 2023

No contexto do DCU (Design Centrado no Usuário), destaca-se o papel do usuário

e as formas de interação com as funcionalidades do sistema. Descreve-se o processo completo que se inicia com o login do usuário, permitindo o acesso a diversas funcionalidades. Estas incluem a obtenção de informações do sistema, a capacidade de acessar dados e a habilidade de receber respostas do sistema, as quais dependem da análise de dados realizada pelo usuário.

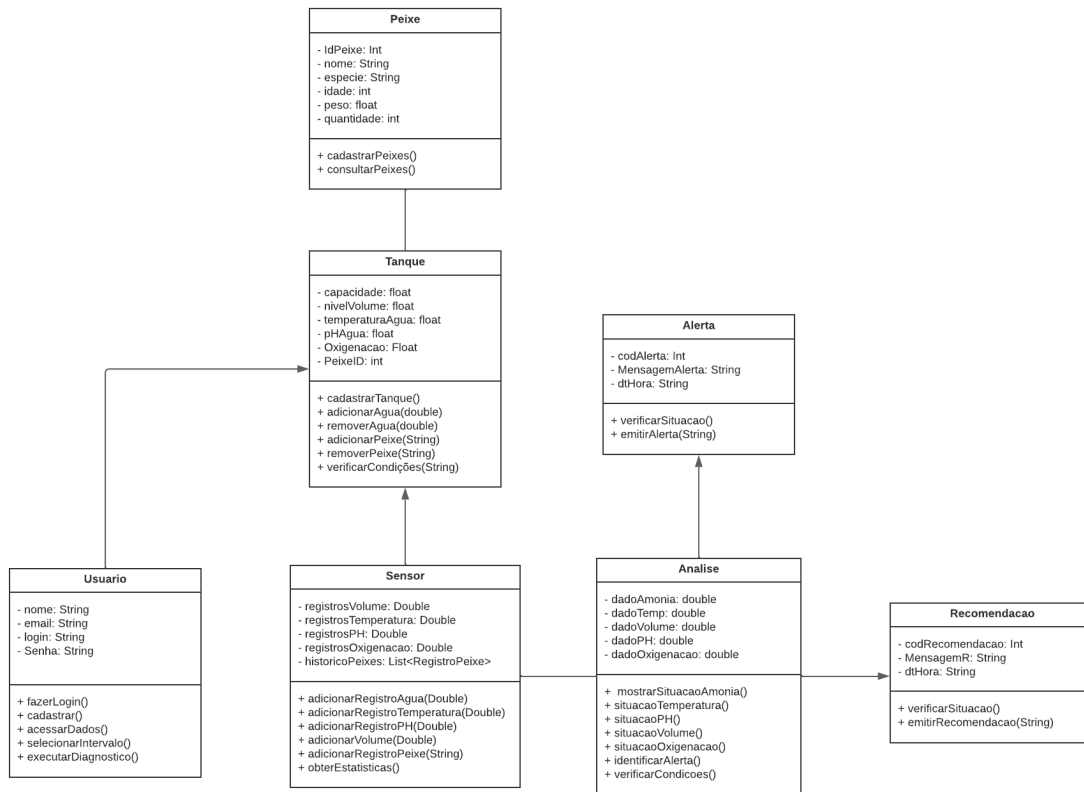
3) Diagrama de Classes

Um diagrama de classes é uma representação visual na modelagem de software que mostra classes, atributos, métodos e relacionamentos em sistemas orientados a objetos. Utiliza retângulos para classes, linhas para relacionamentos e estereótipos para informações adicionais, sendo fundamental no design de software.

Este sistema de gerenciamento de peixes e tanques de água envolve a representação de classes, como "Peixe" para informações dos peixes, "Tanque" para características dos tanques, "Alerta" para notificações de situações críticas, "Usuário" para a interação dos utilizadores, "Sensor" para coleta de dados, "Análise" para avaliação das condições e "Recomendação" para sugestões.

Os sensores coletam dados dos tanques, que são analisados para identificar alertas e condições. Os utilizadores podem realizar ações como login, cadastro, acesso a dados e execução de diagnósticos. Este sistema abrange a gestão e monitoramento de tanques de peixes, fornecendo informações, alertas e recomendações com base nas condições do sistema.

Figura 8. Diagrama de Classes



Fonte: Do próprio autor, 2023

4) Algoritmo de Ordenação

A seção de código abaixo apresenta a implementação do algoritmo de ordenação Merge Sort em Java. Este código foi empregado para ordenar uma tabela de dados relacionados aos peixes, visando explorar as diversas estruturas de dados aplicáveis ao sistema.

```

public static void mergeSort(List<Integer> lista,
int esq, int dir) {
    if (esq == dir) {
        return;
    }
    int meio = (esq + dir) / 2;
    mergeSort(lista, esq, meio);
    mergeSort(lista, meio + 1, dir);
    merge(lista, esq, meio, dir);
}

```

```

public static void merge(List<Integer> lista, int

```

```

esq, int meio, int dir) {
    int a_tam = meio - esq + 1;
    int b_tam = dir - meio;

    List<Integer> a = new ArrayList<>(lista.subList(esq,
    esq + a_tam));
    List<Integer> b = new ArrayList<>(lista.subList(meio
    + 1, meio + 1 + b_tam));

    int i = 0, j = 0, k = esq;

    for (; i < a_tam && j < b_tam; k++) {
        if (a.get(i) < b.get(j)) {
            lista.set(k, a.get(i++));
        } else {
            lista.set(k, b.get(j++));
        }
    }

    for (; i < a_tam; k++, i++) {
        lista.set(k, a.get(i));
    }

    for (; j < b_tam; k++, j++) {
        lista.set(k, b.get(j));
    }
}

```

No intuito de analisar a complexidade do algoritmo de ordenação Merge Sort em termos de n , onde n é o tamanho da lista, realizamos um desdobramento das operações executadas durante sua execução.

1. Na função 'mergeSort': - A verificação 'esq == dir' implica em 1 operação. - O cálculo de 'meio' requer 3 operações. - As chamadas recursivas 'mergeSort' resultam em $2 \times f(n/2)$ operações.

2. Na função 'merge': - Os cálculos de a_tam e b_tam demandam 5 operações. - A criação das listas "a" e "b" soma 2 operações. - A inicialização das variáveis 'i', 'j' e 'k' totaliza 3 operações. - O loop principal, com comparações e atribuições, totaliza $10 \times n/2$ operações. - Os segundos e terceiros loops contribuem com $5 \times n/2$ operações cada.

Somando todas essas operações, temos: Total de Operações = $1 + 3 + 2 \times f\left(\frac{n}{2}\right) + 5 + 3 + 10 \times \frac{n}{2} + 5 \times \frac{n}{2} + 5 \times \frac{n}{2}$

Simplificando, obtemos:

$$\text{Total de Operações} = 14 + 12 \times n$$

Consequentemente, a quantidade total de operações realizadas por esta estrutura de ordenação é $12 \times n + 14$.

A aplicação do algoritmo de ordenação Merge Sort no contexto do projeto se revela matematicamente eficiente, evidenciando uma complexidade assintótica de $O(n)$. Essa análise é embasada no cálculo do número total de operações realizadas, que se mostrou proporcional a $12 \times n + 14$, onde n representa o tamanho da lista.

O Merge Sort destaca-se pela sua abordagem de "dividir para conquistar", caracterizada pela divisão recursiva da lista original em partes menores, seguida pela combinação ordenada dessas partes na fase de junção. Essa estratégia resulta em um desempenho eficiente para grandes conjuntos de dados, proporcionando uma complexidade de tempo linear.

Portanto, a conclusão matemática é que o Merge Sort é uma escolha vantajosa para o projeto em questão, oferecendo uma eficiência notável na ordenação de dados, especialmente quando comparado a algoritmos com complexidades quadráticas. Essa análise reforça a robustez do algoritmo e sua capacidade de lidar eficientemente com volumes significativos de informações, alinhando-se com os objetivos de desenvolvimento do sistema proposto.

5) Banco de dados

Os diagramas desempenham um papel essencial na concepção do projeto, fornecendo representações visuais detalhadas da estrutura, incluindo os componentes do banco de dados, entidades e conexões fundamentais para o sistema. Eles desempenham uma função vital ao identificar as etapas do sistema e mapear as informações necessárias, servindo como alicerce sólido para o desenvolvimento dos modelos conceituais e lógicos. Essa abordagem oferece uma compreensão abrangente da arquitetura do sistema, proporcionando uma visão clara das interações entre os elementos.

Após a elaboração metódica desses diagramas, deu-se origem à concretização do banco de dados físico, consolidando-se como a estrutura base essencial para o sistema em análise. O banco de dados físico desempenha um papel central, armazenando e organizando os dados críticos necessários para o funcionamento integral do sistema.

O processo de construção foi guiado pelas representações predefinidas de classes e relacionamentos nos diagramas, resultando em uma integração coesa entre a visão con-

ceitual e a implementação prática. Essa abordagem garantiu que a implementação refletisse com precisão a estrutura visualmente concebida, promovendo coerência e eficácia na operacionalização do sistema.

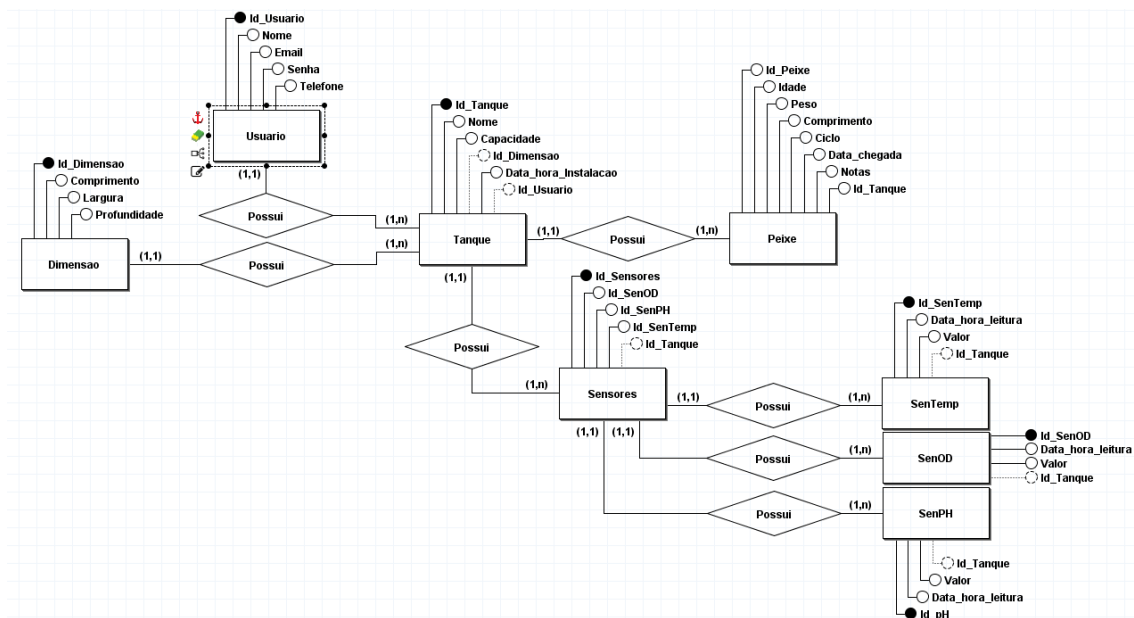
Após pesquisas, obtivemos os seguintes resultados: um modelo conceitual, representando uma visão abstrata; um modelo lógico, delineando estrutura de dados; e um modelo físico, traduzindo a implementação operacional do sistema.

a) Modelo conceitual

O modelo conceitual assume uma função crucial ao representar os atores-chave envolvidos no sistema, proporcionando uma visão abrangente de como os dados serão introduzidos e processados no ambiente específico. Funcionando como um mapa conceitual, este modelo identifica os agentes envolvidos, suas interações, e esboça o fluxo de informações, viabilizando uma compreensão minuciosa da estrutura e operação do sistema.

Confira abaixo o modelo conceitual do banco de dados:

Figura 9. Diagrama de Modelo Conceitual do Banco de Dados



Fonte: Do próprio autor, 2023

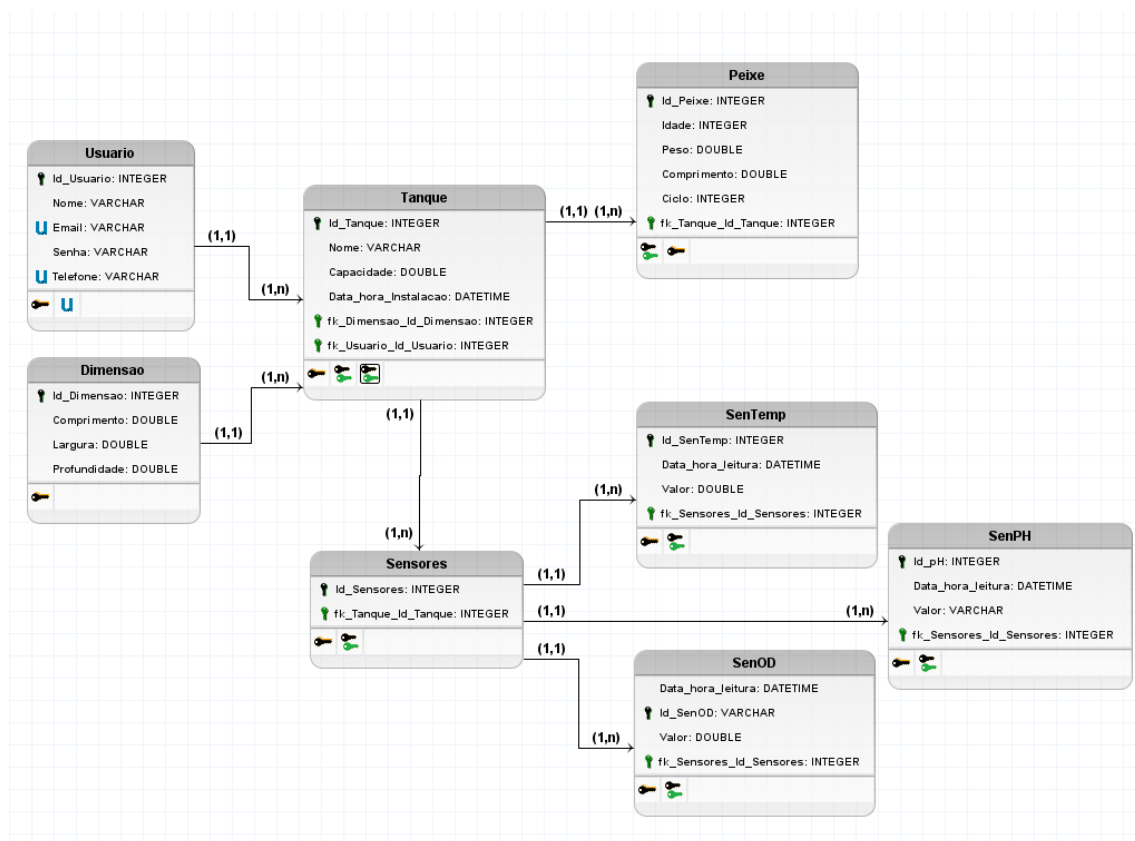
b) Modelo lógico

O modelo lógico esboça uma representação abstrata da estrutura de dados, integrando elementos como entidades, atributos, relacionamentos e regras de integridade, sem estar vinculado a detalhes específicos de implementação.

Operando como uma camada intermediária, ele promove a ligação entre o modelo conceitual e o modelo físico do banco de dados, oferecendo uma perspectiva que conserva a abstração conceitual ao mesmo tempo em que prepara o terreno para a implementação prática eficaz do sistema.

Confira abaixo a estrutura completa do modelo lógico do banco de dados:

Figura 10. Diagrama de Modelo Lógico do Banco de Dados



Fonte: Do próprio autor, 2023

c) Modelo Físico

O modelo físico representa a implementação concreta do banco de dados, considerando todos os detalhes técnicos necessários para armazenar e acessar os dados no sistema. Ele descreve como as tabelas e relacionamentos são realmente armazenados em dispositivos de armazenamento físicos, como discos rígidos ou unidades de estado sólido. O modelo físico considera questões como tipos de dados, tamanhos de campo,

índices, partições, restrições de integridade e otimizações de desempenho. Em resumo, é a camada mais baixa da estrutura de um banco de dados que lida com a implementação real dos objetos e dados do banco de dados no hardware físico, garantindo a eficiência e confiabilidade do sistema.

A seguir, o código do banco de dados:

```
CREATE DATABASE IF NOT EXISTS aquasense;  
use aquasense;
```

```
CREATE TABLE IF NOT EXISTS Usuarios (  
    Id_Usuario INTEGER PRIMARY KEY AUTO_INCREMENT,  
    Nome VARCHAR(250),  
    Email VARCHAR(250),  
    Senha VARCHAR(250),  
    Telefone VARCHAR(20),  
    UNIQUE (Email, Telefone)  
);
```

```
CREATE TABLE IF NOT EXISTS Dimensao (  
    Id_Dimensao INT PRIMARY KEY AUTO_INCREMENT,  
    Comprimento DOUBLE,  
    Largura DOUBLE,  
    Profundidade DOUBLE  
);
```

```
CREATE TABLE IF NOT EXISTS Tanque (  
    Id_Tanque INT PRIMARY KEY AUTO_INCREMENT,  
    Nome VARCHAR(250),  
    Capacidade DOUBLE,  
    Data_hora_Instalacao DATETIME,  
    fk_Dimensao_Id_Dimensao INT,  
    fk_Usuario_Id_Usuario INT,  
    CONSTRAINT fk_TanqueDimensao  
    FOREIGN KEY (fk_Dimensao_Id_Dimensao)  
    REFERENCES Dimensao (Id_Dimensao),  
    CONSTRAINT fk_TanqueUsuario  
    FOREIGN KEY (fk_Usuario_Id_Usuario)  
    REFERENCES Usuarios (Id_Usuario)
```

```
);
```

```
CREATE TABLE IF NOT EXISTS Sensores (  
    Id_Sensores INT PRIMARY KEY AUTO_INCREMENT,  
    fk_Tanque_Id_Tanque INT,  
    CONSTRAINT fk_SensoresTanque  
    FOREIGN KEY (fk_Tanque_Id_Tanque)  
    REFERENCES Tanque (Id_Tanque)  
);
```

```
CREATE TABLE IF NOT EXISTS SenPH (  
    Id_pH INT PRIMARY KEY AUTO_INCREMENT,  
    Data_hora_leitura DATETIME,  
    Valor DOUBLE,  
    fk_Sensores_Id_Sensores INT,  
    CONSTRAINT fk_SenPHSensores  
    FOREIGN KEY (fk_Sensores_Id_Sensores)  
    REFERENCES Sensores (Id_Sensores)  
);
```

```
CREATE TABLE IF NOT EXISTS SenOD (  
    Id_SenOD INT PRIMARY KEY AUTO_INCREMENT,  
    Data_hora_leitura DATETIME,  
    Valor DOUBLE,  
    fk_Sensores_Id_Sensores INTEGER,  
    CONSTRAINT fk_SenODSensores  
    FOREIGN KEY (fk_Sensores_Id_Sensores)  
    REFERENCES Sensores (Id_Sensores)  
);
```

```
CREATE TABLE IF NOT EXISTS SenTemp (  
    Id_SenTemp INTEGER PRIMARY KEY AUTO_INCREMENT,  
    Data_hora_leitura DATETIME,  
    Valor DOUBLE,  
    fk_Sensores_Id_Sensores INTEGER,  
    CONSTRAINT fk_SenTempSensores  
    FOREIGN KEY (fk_Sensores_Id_Sensores)  
    REFERENCES Sensores (Id_Sensores)
```

```
);
```

```
CREATE TABLE IF NOT EXISTS Peixe (  
    Id_Peixe INT PRIMARY KEY AUTO_INCREMENT,  
    Idade INT,  
    Peso DOUBLE,  
    Comprimento DOUBLE,  
    Sexo CHAR(1),  
    Data_chegada DATE,  
    Notas VARCHAR(500),  
    Ciclo INT,  
    fk_Tanque_Id_Tanque INT,  
    CONSTRAINT fk_PeixeTanque  
    FOREIGN KEY (fk_Tanque_Id_Tanque)  
    REFERENCES Tanque (Id_Tanque)  
);
```

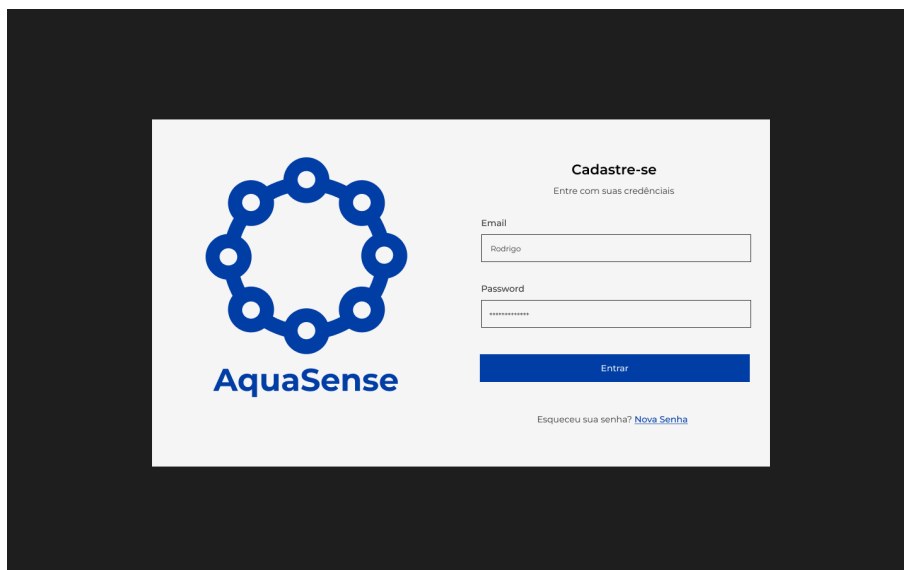
6) Protótipo Figma

Para facilitar a criação do sistema, foram criados protótipos interativos no Figma para três interfaces distintas: a tela de login, a tela inicial e a tela de dados. Estes protótipos proporcionam uma visão tangível e dinâmica das funcionalidades propostas, permitindo uma avaliação mais prática e uma experiência imersiva com as distintas fases de interação do usuário. Este conjunto de protótipos no Figma representa um passo significativo na materialização das ideias concebidas, fornecendo uma perspectiva mais concreta do design e funcionalidades do sistema em desenvolvimento.

Na tela de login, destacam-se campos específicos para inserção de e-mail e senha, acompanhados por um botão "Entrar" proeminente. Essa interface foi meticulosamente projetada para refletir nossa identidade visual, incorporando uma paleta de cores coesa, tipografia alinhada à marca e ícones discretos.

Cada elemento foi cuidadosamente pensado para proporcionar uma experiência de usuário intuitiva e esteticamente alinhada com a identidade visual do sistema.

Figura 11. Tela de Login - Protótipo Figma



Fonte: Do próprio autor, 2023

A tela inicial do sistema assume o papel central, proporcionando uma experiência visualmente rica e informativa para os usuários. Aqui, apresentamos de forma clara e intuitiva os dados fundamentais do ambiente aquapônico, incluindo os níveis de pH, temperatura, amônia, nível da água e oxigenação.

Cada elemento é cuidadosamente disposto para garantir uma compreensão imediata, utilizando ícones visuais que facilitam a interpretação das informações.

Além disso, incorporamos um campo de texto dinâmico que não apenas aprimora a estética da interface, mas também oferece recomendações ou alertas personalizados, enriquecendo a interação visual do usuário.

Essa abordagem visualmente atraente não apenas melhora a estética da interface, mas também visa tornar a experiência do usuário mais envolvente e informativa. Utilizando de fatores do design, ao proporcionar uma representação visual clara do estado do ambiente aquapônico, buscamos oferecer aos usuários uma experiência visual coesa e intuitiva, promovendo uma compreensão instantânea e uma interação mais significativa com o sistema.

Figura 12. Tela de Inicio - Protótipo Figma



Fonte: Do próprio autor, 2023

Figura 13. Painel de Dados - Protótipo Figma



Fonte: Do próprio autor, 2023

Na tela do painel de dados, proporcionamos aos usuários uma representação visualmente organizada e detalhada dos principais dados do sistema aquapônico. Uma tabela estruturada é apresentada, abrangendo informações essenciais, como o ciclo do peixe, características do tanque, temperaturas, níveis de pH e outros dados relevantes.

A disposição meticulosa da tabela foi pensada para garantir a legibilidade e acessibilidade, oferecendo aos usuários uma visão abrangente e fácil de interpretar das métricas essenciais do sistema. Cada entrada na tabela é projetada de forma a destacar-se, permitindo uma rápida identificação e compreensão dos dados.

As telas elaboradas no Figma desempenharam um papel crucial como referência visual na materialização do sistema aquapônico. Cada design, desde a tela de login até o

painel de dados, serviu como fundamento para a implementação prática em Java, destacando a transição suave do conceitual para o operacional. Esta abordagem visa não apenas assegurar a coerência visual, mas também otimizar a experiência do usuário, alinhando-se às expectativas delineadas inicialmente. Na próxima sessão, destacamos o processo de transformação do design no Figma para a execução concreta em Java, ilustrando como as ideias concebidas foram efetivamente traduzidas em um sistema funcional e esteticamente envolvente.

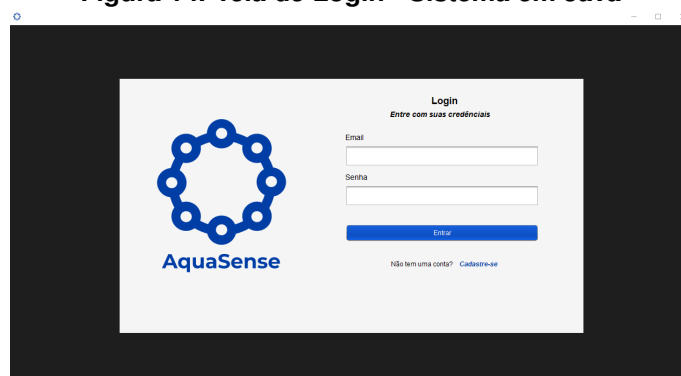
7) Sistema em Java

A seção de resultados proporciona uma visão abrangente da implementação do sistema aquapônico em Java, baseado nos protótipos concebidos no Figma. A transição das interfaces projetadas para uma aplicação funcional revela a fidelidade ao design inicial, evidenciando o cuidado na integração visual e operacional das telas de login, inicial, dados e cadastro.

A tela de login oferece uma experiência simplificada e intuitiva, enquanto a tela de cadastro proporciona uma funcionalidade para novos usuários. A tela proporciona uma visão panorâmica e detalhada do ambiente aquapônico, enquanto a tela de dados apresenta informações cruciais de maneira organizada.

A consistência e eficiência na transição dos protótipos para o ambiente operacional são evidenciadas nos resultados apresentados, ilustrando como o sistema agora reflete com precisão as expectativas concebidas durante a fase de design. Este segmento destaca a realização concreta das ideias, ressaltando a coerência visual e funcional do sistema aquapônico em sua forma final em Java.

Figura 14. Tela de Login - Sistema em Java

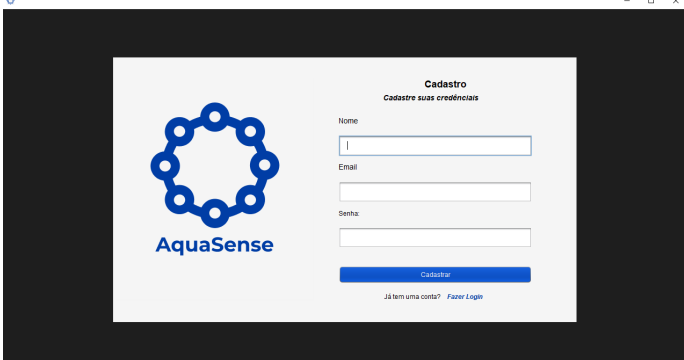


Fonte: Do próprio autor, 2023

A transição da tela de login do Figma para a implementação em Java foi conduzida com atenção aos detalhes visuais e funcionais. Cada elemento, desde os campos de entrada de e-mail e senha até o botão "Entrar", foi meticulosamente adaptado para garantir

consistência visual e coerência com a identidade visual proposta. Além disso, foram incorporadas funcionalidades de validação para assegurar a integridade dos dados inseridos pelos usuários. A suavidade dessa transição não apenas resultou em uma experiência de usuário contínua, mas também demonstrou a aplicabilidade prática e a fidelidade à visão conceitual original, refletindo o compromisso com a qualidade e a eficácia do sistema em desenvolvimento.

Figura 15. Tela de Cadastro - Sistema em Java

A screenshot of the registration screen for the AquaSense system. It features a dark blue header with the AquaSense logo on the left. The main content area is white and contains a registration form with fields for 'Nome', 'Email', and 'Senha'. Below the fields is a blue 'Cadastrar' button. At the bottom, there is a link that says 'Já tem uma conta? Fazer Login'.

Fonte: Do próprio autor, 2023

A implementação da tela de cadastro foi realizada com êxito, mantendo a essência do design concebido. Os campos de nome, e-mail e senha foram integrados de forma coesa, proporcionando uma experiência de usuário intuitiva. Além disso, foi implementada uma validação eficaz para evitar registros duplicados no banco de dados, reforçando a integridade das informações armazenadas. Esse processo de transição assegurou não apenas a funcionalidade do sistema, mas também a consistência visual, destacando a atenção aos detalhes na adaptação do design para a aplicação real.

Figura 16. Tela de Início - Sistema em Java



Fonte: Do próprio autor, 2023

A tela inicial oferece uma visão abrangente e intuitiva do ambiente aquapônico, refletindo as informações essenciais para os usuários. Os dados, como o nível de pH,

temperatura, amônia, nível da água e oxigenação, são apresentados de forma organizada e de fácil leitura. A implementação destas funcionalidades foi cuidadosamente executada, utilizando uma abordagem que integra a coleta de dados com a atualização dinâmica da interface gráfica. Além disso, a inclusão de um campo de texto que exibe recomendações ou alertas, dependendo dos dados coletados, adiciona um componente interativo e informativo à experiência do usuário, contribuindo para a eficácia do monitoramento do ambiente aquapônico. Essa integração entre funcionalidade e design destaca o compromisso com uma experiência de usuário completa e informativa.

Figura 17. Tela de Dados - Sistema em Java

Ciclo	Tanque	pH	Temperatura C°	Oxigenação	Data e Hora
1	Tanque1	7.2	5	28	2023-01-01 10:10:00.0
2	Tanque2	7.5	4.8	27.5	2023-01-02 12:45:00.0
1	Tanque3	7	5.2	26.2	2023-01-03 14:30:00.0
3	Tanque4	6.8	5.5	26.8	2023-01-04 16:55:00.0
2	Tanque5	7.3	4.9	27.9	2023-01-05 18:40:00.0

Fonte: Do próprio autor, 2023

A tela de dados proporciona uma representação organizada e acessível dos principais dados relacionados ao ambiente aquapônico. Nesta interface, os usuários podem visualizar informações cruciais, como o ciclo do peixe, o tanque associado, os valores de pH, temperatura e outros dados relevantes. A implementação dessa funcionalidade enfatiza a clareza na apresentação dos dados, utilizando recursos visuais que tornam a análise mais intuitiva. A tabela oferece uma visão consolidada das variáveis críticas, contribuindo para uma compreensão holística e eficiente do estado do sistema. Essa abordagem na apresentação dos dados reforça a ênfase na usabilidade e na capacidade do usuário tomar decisões informadas sobre o gerenciamento do ambiente aquapônico.

A implementação em Java das diversas telas do sistema proporciona uma experiência robusta e amigável para os usuários. As funcionalidades de login e cadastro foram desenvolvidas com foco na segurança e na prevenção de dados duplicados, enquanto a tela de início oferece uma visão geral detalhada do ambiente aquapônico em tempo real, com indicadores ambientais e alertas personalizados. A tela de dados, por sua vez, representa as principais informações de maneira organizada e acessível. A aplicação em Java integra esses elementos de forma coesa, garantindo uma experiência eficaz e intuitiva para os usuários do sistema.

8) Modelo de negócios Canvas

O Modelo de Negócios Canvas tem como principal proposta de valor utilizar da tecnologia para automatizar o monitoramento de sistemas aquapônicos. O projeto visa atender a população interessando em se tornar pequenos agricultores instalando seu próprio sistema aquapônico, este sistema também atende necessidades de escolas e instituições de ensino. O relacionamento com o cliente se dará, a partir do *chat* para conversa entre usuários e suporte, recebendo *feedback* dos sistemas implementados. Com a finalidade de que o projeto seja realizado, é necessário o desenvolvimento de uma plataforma *desktop* e oferecer informações relevantes referentes ao monitoramento da qualidade do sistema. Os parceiros são fundamentais para o bom desenvolvimento do produto, sendo eles as instituições de pesquisa e fornecedores de equipamentos aquapônicos. As despesas para a concretização deste trabalho, seriam os custos operacionais e custos para aquisição e instalação de instrumentos de monitoramento. E por fim, a geração de renda a partir deste produto se dará através da oferta de uma consultoria e treinamento referente a prática da aquaponia, e a taxa de assinatura para manutenção cosntante do sistema.

Figura 18. Modelo de negócios Canvas



Fonte: Do próprio autor, 2023

CONCLUSÃO

O presente sistema tem como objetivo primordial apoiar a realização das ODS 2 "Fome zero e Agricultura Sustentável" e 14 "Vida na Água". Ambas estas metas trabalham de forma sinérgica em prol de um futuro sustentável. Dessa maneira, o sistema busca promover a preservação ambiental por meio de um aplicativo destinado a monitorar e aprimorar a qualidade da água em sistemas aquapônicos. Esse aplicativo viabiliza o monitoramento em tempo real das condições da água, contribuindo assim para o desenvolvimento sustentável no setor da aquicultura.

Com este propósito, o sistema desenvolvido proporciona ao usuário uma plataforma abrangente para gerenciar seu sistema aquapônico doméstico de maneiras diversas, por meio de uma interface simples e eficiente. Essa interface oferece informações cruciais para auxiliar na manutenção da água, dos peixes e das plantas do sistema de forma eficaz e descomplicada. Além disso, o sistema se baseia em recomendações e alertas gerados com base nos dados dos sensores em tempo real.

Atualmente, o sistema está direcionando seus esforços para futuras melhorias, concentrando-se na integração de diversas formas de recomendações e alertas para o usuário. Isso inclui um aprofundamento no processamento dos dados coletados pelos sensores, visando oferecer um sistema ainda mais robusto e confiável. Para os trabalhos futuros, há um interesse em explorar a capacidade de identificar fatores além daqueles atualmente considerados, proporcionando um suporte mais abrangente ao usuário. Por exemplo, a detecção de possíveis problemas de saúde nos peixes, como doenças, ou identificação de eventuais dificuldades que os peixes possam enfrentar em seu ambiente, são áreas que merecem investigação mais aprofundada.

REFERÊNCIAS

ANALOG. DS18B20. Disponível em: <<https://www.analog.com/en/products/ds18b20.html>> Acesso em 03 de Novembro. 2023

ANDREI, L. O Que É MySQL? Guia Simples e Direto para Iniciantes? Disponível em: <<https://www.hostinger.com.br/tutoriais/o-que-e-mysql>> Acesso em 05 de Outubro. 2023

ANTONIOLLI, Alessandro. SISTEMA DE MONITORAMENTO AUTOMATIZADO PARA CONTROLE DE QUALIDADE DE ÁGUA EM SISTEMA AQUAPÔNICO. Disponível em: <<http://www.univates.br/revistas/index.php/destaques/article/viewFile/2388/1765>> Acesso em 15 de Outubro. 2023

ATLASSCIENTIFIC. PH KIT. Disponível em: <<https://atlasscientific.com/kits/ph-kit/>> Acesso em 03 de Novembro. 2023

BENTES, Ariel. Sumaúma: estação de monitoramento de plantas domésticas utilizando android e esp32. Disponível em: <<http://riu.ufam.edu.br/handle/prefix/6977>> Acesso em 07 de Novembro. 2023.

CAMARA.LEG. PROJETO DE LEI N.º 10.456-A, DE 2018 (Do Senado Federal). Disponível em: <<https://jornal.unesp.br/2023/02/14/centro-de-aquicultura-integra-projeto-internacional-para-investigar-producao-de-alimentos-em-cidades/>> Acesso em 25 de Agosto. 2023.

CANDIDO, Carlos. brModelo: An Initiative for Aiding Database Design. Disponível em: <https://www.academia.edu/69664068/brModelo_An_Initiative_for_Aiding_Database_Design> Acesso em 14 de Outubro. 2023

DRAWIO. Draw.io Documentation. Disponível em: <<https://www.drawio.com/doc/>> Acesso em 19 de Outubro. 2023

DOCSARDUINO. UNO R3. Disponível em: <<https://docs.arduino.cc/hardware/uno-rev3>> Acesso em 04 de Novembro. 2023

EMBRAPA. Boas práticas de manejo para sistemas de aquaponia. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1092012/boas-praticas-de-manejo-para-sistemas-de-aquaponia>> Acesso em 20 de Agosto. 2023.

FINKELSTEIN, Rafael. Um Sistema de Monitoramento para Aquaponia Baseado em Internet das Coisas. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/184970>> Acesso em 15 de Outubro. 2023.

HACH. HQ40d Portable pH, Conductivity, Dissolved Oxygen, ORP, and ISE Multi-Parameter Meter. Disponível em: <<https://my.hach.com/hq40d-portable-ph-conductivity-dissolved-oxygen-orp-and-ise-multi-parameter-meter/product-details?id=59428349688>> Acesso em 03 de Novembro. 2023

HIGA, Paulo. O que é XAMPP e para que serve. Disponível em: <<https://www.techtudo.com.br/noticias/2012/02/o-que-e-xampp-e-para-que-serve.ghtml>> Acesso em 19 de Outubro. 2023

HUNDLEY, Guilherme. AQUAPONIA: A INTEGRAÇÃO ENTRE PISCICULTURA E A HIDROPONIA. Disponível em: <<https://periodicos.ufv.br/rbas/article/download/2809/1292>> Acesso em 20 de Agosto. 2023.

IBM. Diagramas de Caso de Uso. Disponível em: <<https://www.ibm.com/docs/pt-br/rsm/7.5.0?topic=diagrams-use-case>> Acesso em 25 de Outubro. 2023

INDRUSIAK, Leandro. Linguagem Java. Disponível em: <<https://www.cin.ufpe.br/arfs/introjava.pdf>> Acesso em 08 de Outubro. 2023

MAKERHERO. Como conectar o Sensor Ultrassônico HC-SR04 ao Arduino. Disponível em: <<https://www.makerhero.com/blog/sensor-ultrassonico-hc-sr04-ao-arduino/>> Acesso em 02 de Novembro. 2023

MYSQL. MySQLWORKBENCH. Disponível em: <<https://www.mysql.com/products/workbench/>> Acesso em 09 de Outubro. 2023

ORACLE. NetBeans IDE. Disponível em: <<https://www.oracle.com/br/tools/technologies/netbeans-ide.html>> Acesso em 08 de Outubro. 2023

RABELLO, Guilherme. METODOLOGIAS DE GESTÃO Modelo Canvas: saiba o que é, para que serve e como fazer. Disponível em: <<https://www.siteware.com.br/metodologias/modelo-canvas/>> Acesso em 18 de Outubro. 2023

UNESP. Centro de aquicultura integra projeto internacional para investigar produção de alimentos em cidades. Disponível em: <<https://jornal.unesp.br/2023/02/14/centro-de-aquicultura-integra-projeto-internacional-para-investigar-producao-de-alimentos-em-cidades/>> Acesso em 27 de Agosto. 2023.

VILLAIN, Mateus. Figma: o que é a ferramenta, Design e uso. Disponível em: <<https://www.alura.com.br/artigos/figma>> Acesso em 17 de Outubro. 2023.