


APLICATIVO PARA ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA PARA PISCICULTURA DE TILÁPIAS EM TANQUES-REDE

 <https://doi.org/10.56238/arev6n2-048>

Data de submissão: 07/09/2024

Data de publicação: 07/10/2024

Vinicius Mastelini

Mestre Egresso do Programa de Pós-Graduação em Agronegócio e Desenvolvimento
Universidade Estadual Paulista “Júlio De Mesquita Filho” Faculdades De Ciências e Engenharia

E-mail: vinicius.mastelini@unesp.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1009-4501>

LATTES: <http://lattes.cnpq.br/2123850305761267>

Mario Mollo Neto

Doutor em Engenharia Agrícola, pela Universidade de Estadual de Campinas
Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências e Engenharia, Tupã

Departamento de Engenharia de Biosistemas

E-mail: mario.mollo@unesp.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8341-4190>

LATTES: <http://lattes.cnpq.br/6037463340047597>

RESUMO

Com a capacidade de assegurar alimentação e fonte de renda para o planeta, a piscicultura e a pesca, que já são atividades muito exercidas em todo o mundo, seguem crescendo em todo o globo. A qualidade da água para esse tipo de atividade é essencial. O controle de fatores químicos e físicos da água podem garantir o sucesso ou não da criação. Muitas são as maneiras de se analisar a qualidade da água, porém, nem todas são simples ou de fácil manejo. A crescente utilização de dispositivos móveis vem buscando facilitar essa tarefa, colaborando cada dia mais com essas e outras atividades. Visando corroborar com essa evolução, o aplicativo “Water Quality Monitor” foi modelado e desenvolvido, com o objetivo de fornecer, de maneira simples, fácil e acessível, informações relevantes sobre cenários de qualidade da água para criação de peixes da espécie tilápia-do-Nilo, em meio de criação de tanque-rede. A metodologia de desenvolvimento do aplicativo se embasou no Rational Unified Process, voltada a objetos dentro da programação e estruturada por diagramas UML. A modelagem final mostrou-se capaz de embasar a construção de um aplicativo para atender aos requisitos esperados para a avaliação da qualidade da água, que durante seu uso, permitiu o controle de fatores químicos e físicos da água, garantindo o sucesso da criação, ou indicando soluções mitigadoras para as correções necessárias ao processo, sendo posteriormente validado em um estudo de caso.

Palavras-chave: Suporte a Decisão. Garantia da Qualidade. Melhoria de Processo Produtivo. Controle de Criatório. Melhoria da Competitividade.

1 INTRODUÇÃO

A piscicultura e a pesca são atividades estratégicas, que, segundo a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO, agência da ONU), podem assegurar a alimentação saudável no planeta. Com capacidade de fornecer alimento de qualidade e geração de renda (FAO, 2024).

A tilápia é uma das espécies de água doce mais criadas em cativeiro em todo o mundo, sendo considerada a mais importante, com destaque para a tilápia-do-Nilo, que é produzida em mais de 100 países, com uma produção comercial anual superior a 1.300.00 toneladas (EMATER-DF, 2009; COLEÇÃO SENAR 208, 2018).

Para o sucesso na criação de qualquer que seja a espécie de peixe e em qualquer sistema, se faz fundamental o atendimento a fatores físicos e químicos da água (qualidade). É dito que, criar peixes, antes de tudo, é “criar água” (CODEVASF, 2019).

Segundo Almeida (2012), uma das muitas formas de descrever a qualidade da água é relacionando, individualmente, todas as substâncias contidas em uma amostra. Tal relação pode gerar parâmetros comuns, como abranger parâmetros variados, dificultando a sua compreensão. Sendo uma das maneiras, a análise dos índices de qualidade da água que pode ser automatizada por meio da construção de um sistema especialista.

Sistemas especialistas, geralmente estão associados com a inteligência artificial (IA). São desenvolvidos com regras que reproduzem o conhecimento de um perito (ou especialista) e utilizados para solucionar problemas específicos (NILSON, 1982).

Para os sistemas do tipo especialistas, a base do conhecimento não é apenas uma simples coleção de informações (dados com dados). Trata-se de uma base de regras e fatos, que correspondem com o conhecimento dos especialistas, com o domínio sobre o tema (NILSON, 1982).

Segundo Mendes (1997), por tratar-se de um sistema dotado de inteligência e conhecimento, os benefícios dos sistemas especialistas são vários:

- Estender as facilidades para tomada de decisões para muitas pessoas;
- Melhorar a produtividade e desempenho dos seus usuários;
- Redução do grau de dependência que as organizações mantêm quando se veem em situações críticas;
- Ferramentas adequadas para utilização em treinamentos de grupos de pessoas.

São muitos os fatores que contribuem para que os dispositivos móveis (*tablets, notebooks, smartphones, etc.*), sejam cada vez mais utilizados. A redução do custo destes tipos de equipamentos devido ao ganho de escala e pelas novas tecnologias, tornando-os populares e acessíveis a todas as

classes sociais é apenas um deles. Além disso, a necessidade de mobilidade e conectividade necessárias na atualidade, são atendidas por eles (NETO, 2010).

Dentre os mais importantes, destaca-se o *smartphone*, que se popularizou a tal ponto que, deixou de ser um artigo de luxo para caracterizar-se como necessidade básica da vida de grande parte da população. Em uma pesquisa realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), foi constatado que 80,4% das famílias brasileiras entrevistadas utilizam-se de smartphones como principal meio de acesso à *internet*, ultrapassando a utilização de computadores, *tablets*, etc. (FONSECA e ALENCAR, 2016).

O desenvolvimento de aplicativos móveis tem facilitado o cotidiano de muitas pessoas, proporcionando portabilidade e flexibilidade para uma grande gama de negócios: automação residencial, saúde e bem-estar, armazenamento de informações em nuvem, expositor de conhecimentos, etc. Tais características são acompanhadas por uma crescente evolução no número de desenvolvimento de aplicativos móveis visando a solução (ou ao menos a facilitação), dos problemas cotidianos (PORTO, 2012).

A metodologia aplicada para a construção do sistema especialista desta pesquisa, foi a do *Rational Unified Process (RUP)* que, segundo Emanoele (2020) e Kruchten (2000), consiste em uma estrutura de trabalho de processos com o objetivo de do produto e assim baseado no modelo da *Unified Modeling Language (UML)*, quando se fala de uma programação orientada a objetos. A mesma autora destaca que a UML compõe uma linguagem para definir uma sequência de artefatos e auxiliar na execução das tarefas do sistema a ser desenvolvido, por meio de diferentes tipos de diagramas e que mesmo o RUP sendo utilizado para projetos complexos e com equipes extensas, ele permite que as atividades e os artefatos sejam realizados de acordo com a escolha da equipe, podendo ser adaptada, para tornar o processo mais ágil.

Assim, considerando as abordagens acima, o desenvolvimento apresentado nesta pesquisa é da modelagem, construção e teste em um estudo de caso, de um aplicativo especialista para dispositivos móveis, capaz de receber dados sobre as principais variáveis ambiente que refletem na qualidade da água para piscicultura de Tilápias, que permita o controle de fatores químicos e físicos da água, podendo, assim, garantir o sucesso da criação, ou indicando soluções mitigadoras para as correções necessárias ao processo.

2 METODOLOGIA

2.1 MODELAGEM

Esta seção mostra como o aplicativo especialista “*Water Quality Monitor*” foi modelado e desenvolvido.

Para a estruturação estática e comportamental do aplicativo foram utilizados os diagramas de Linguagem de Modelagem Unificada (UML) cuja especificação pode ser encontrada em (UML, 2024), “Diagrama de Classe”, “Diagrama de Caso e Uso” e “Diagrama de Sequência”. Segundo Rumbaugh (2004), a UML é uma linguagem de modelagem visual, utilizada para especificar, visualizar, construir e documentar sistemas.

2.2 ARQUITETURA DO SISTEMA

Classes são representações digitais de objetos do mundo real, possuem atributos, comportamentos e relacionamentos. A amostra de uma análise de água e os seus parâmetros são um exemplo de classe e foi criada a partir de um diagrama de classe UML, classe esta que representa todos os atributos e métodos necessários para a realização das análises do sistema (UML, 2024).

O “diagrama de caso e uso” da UML e as suas descrições complementam a modelagem. Representam o comportamento do sistema e as responsabilidades de seus atores componentes.

2.3 BANCO DE DADOS

Classes são representações digitais de objetos do mundo real, possuem atributos, comportamentos e relacionamentos. A amostra de uma análise de água e os seus parâmetros são um exemplo de classe e foi criada a partir de um diagrama de classe UML, classe esta que representa todos os atributos e métodos necessários para a realização das análises do sistema (UML, 2024).

Para o aplicativo “*Water Quality Monitor*”, o banco de dados foi criado seguindo a estrutura da classe “Análise” acima descrita, na arquitetura do Sistema e segundo indicações de Silberschatz, Korth e Sudarshan (2010).

2.4 PROCESSOS DO SISTEMA

Os processos necessários ao funcionamento do Sistema, foram modelados por meio de diagramas de sequência UML (UML, 2024).

2.5 LINGUAGEM E PLATAFORMA DE DESENVOLVIMENTO

Para o processo de codificação do aplicativo foi realizada a instalação do ambiente de desenvolvimento (IDE), *Android Studio*, versão *Chipmunk // 2021.2.1* (ferramenta oficial GOOGLE), bem como a configuração da linguagem *Dart* (DEVMEDIA, 2023), e do *framework Flutter* (IOPSCIENCE, 2020).

O aplicativo especialista foi desenvolvido inteiramente na linguagem de programação *Dart* em conjunto com o *framework Flutter* e alguns de seus pacotes de componentes e ferramentas (dependências):

- *SQLite*: banco de dados presente na própria linguagem de programação, com compatibilidade com dispositivos móveis);
- *INTL*: componentes do tipo “*slider*”, barra de seleção para entrada de valores;
- *CHARTS*: componentes do tipo “gráfico”, para exibição de informações.

2.6 FUNCIONALIDADES E INTERFACES GRÁFICAS

As funcionalidades do sistema para a realização das análises foram inseridas em um conjunto de *interfaces* gráficas para telas de *smartphones* que permitem aos usuários realizar análises com a possibilidade de armazenamento, edição ou criação de novas análises com alteração dos parâmetros das variáveis de entrada do sistema. O sistema ainda foi modelado de maneira a emitir recomendações mitigadoras para uma melhor performance do criatório, dado o cenário apresentado para análise.

2.7 ESTUDO DE CASO

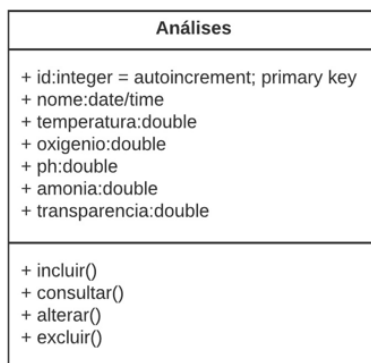
Para a realização dos testes no aplicativo especialista “*Water Quality Monitor*”, foi adicionada uma nova análise e inseridos os valores para as variáveis ambiente (temperatura, oxigênio dissolvido, pH, amônia e transparência), respeitando os valores limites levantados na revisão sistemática da literatura, em Mastelini e Mollo Neto (2022), e que receberão as regras formuladas na ferramenta MatLab do algoritmo desenvolvido e embarcado na construção deste aplicativo desta pesquisa.

3 RESULTADOS

Modelagem do Sistema:

Durante o projeto observou-se a necessidade de criar apenas uma classe para atender as funcionalidades do sistema especialista “*Water Quality Monitor*”, representada na FIGURA 1.

Figura 1: Diagrama de classe (tabela “Análises”).



Fonte: Construída pelos autores.

Conforme disposto na FIGURA 1, a tabela “Análises” irá conter todos os atributos necessários do aplicativo especialista, sendo eles:

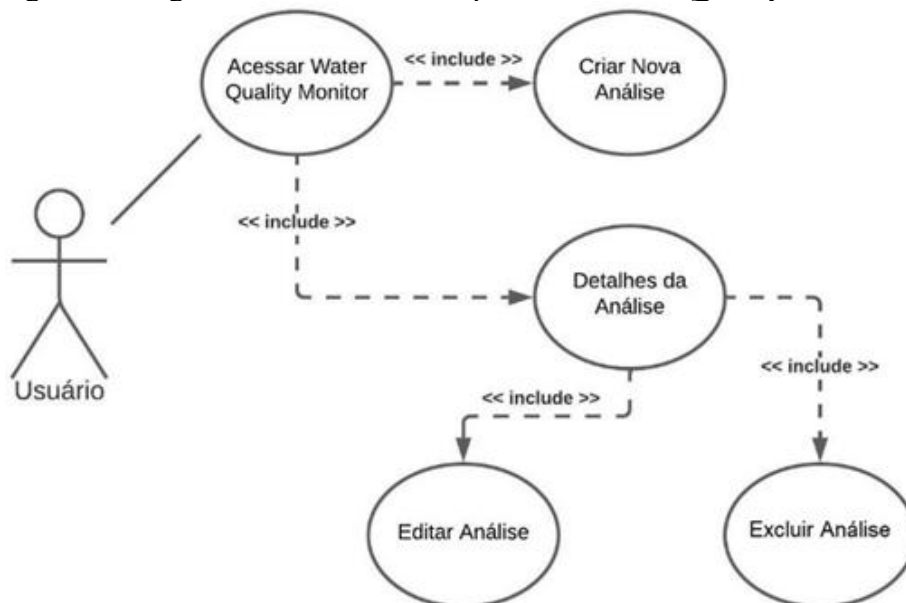
- ID: atributo do tipo numérico. Com autoincremento e classificado como chave primária da tabela (nunca se repete);
- Nome: atributo do tipo date. Pensado para que cada análise, além do seu ID (que é oculto), tenha uma informação única visível, para controle do usuário, sendo assim, cada análise terá salva em seu nome a data completa (dd/mm/aaaa) e mais o horário 00:00;
- Temperatura: atributo do tipo numérico. Campo que receberá o valor da variável temperatura da água, podendo ser um valor inteiro ou real;
- Oxigênio: atributo do tipo numérico. Campo que receberá o valor da variável oxigênio dissolvido da água, podendo ser um valor inteiro ou real;
- pH: atributo do tipo numérico. Campo que receberá o valor da variável pH da água, podendo ser um valor inteiro ou real;
- Amônia: atributo do tipo numérico. Campo que receberá o valor da variável amônia da água, podendo ser um valor inteiro ou real;
- Transparência: atributo do tipo numérico. Campo que receberá o valor da variável transparência da água, podendo ser um valor inteiro ou real.

A tabela “Análises” também contém, em si, os métodos:

- Incluir: será possível adicionar quantas análises se desejar;
- Consultar: será possível consultar, a qualquer momento, análises já realizadas;
- Alterar: será possível realizar a alterações de valores das variáveis ambientes;
- Excluir: será possível realizar a exclusão de análises já gravadas.

O “diagrama de caso e uso” da FIGURA 2 apresenta os procedimentos contidos na classe “Análise” modelada da FIGURA 1 e são os mesmos disponíveis no aplicativo como funcionalidades.

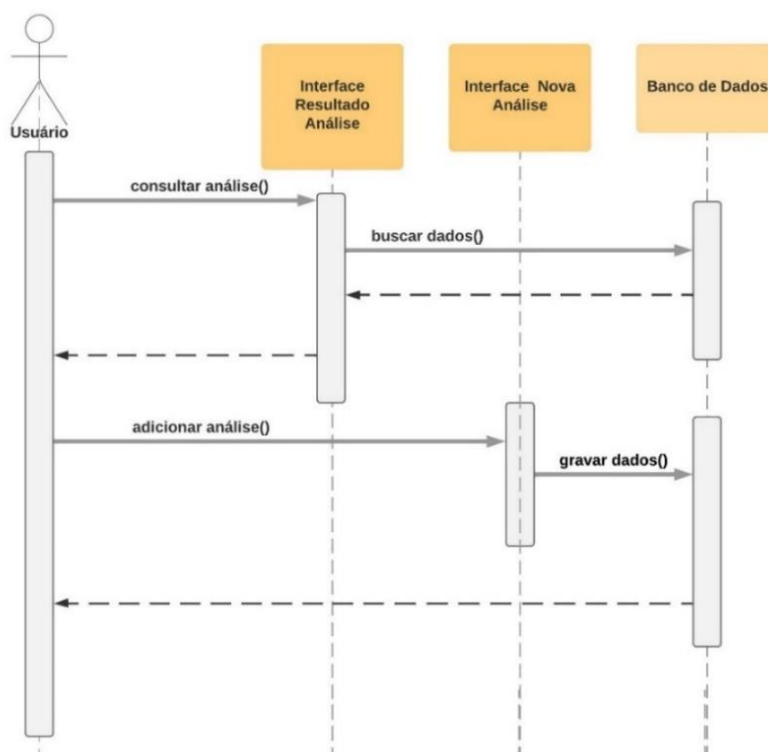
Figura 2: Diagrama de caso e uso – aplicativo “*Water Quality Monitor*”.



Fonte: Construída pelos autores.

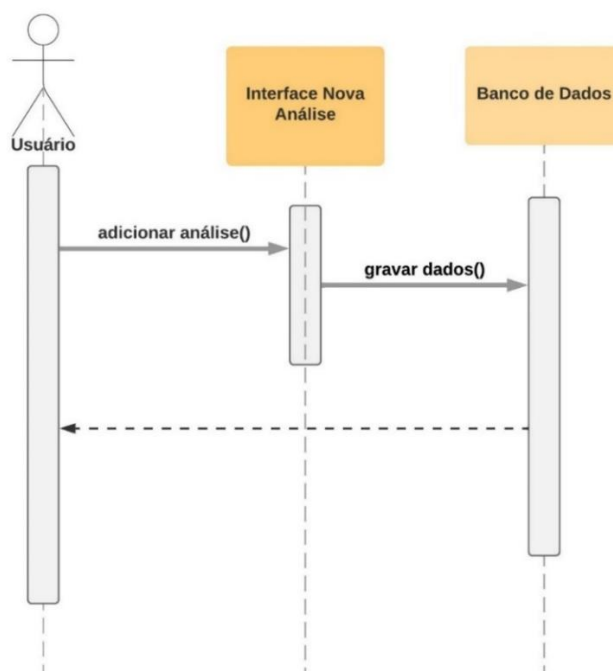
Os “diagramas de sequência” demonstram as solicitações e as respostas que cada interface do aplicativo possui, facilitando o entendimento dos processos contidos no mesmo, conforme FIGURAS 3, 4 e 5.

Figura 3: Diagrama de sequência – interface repositório.



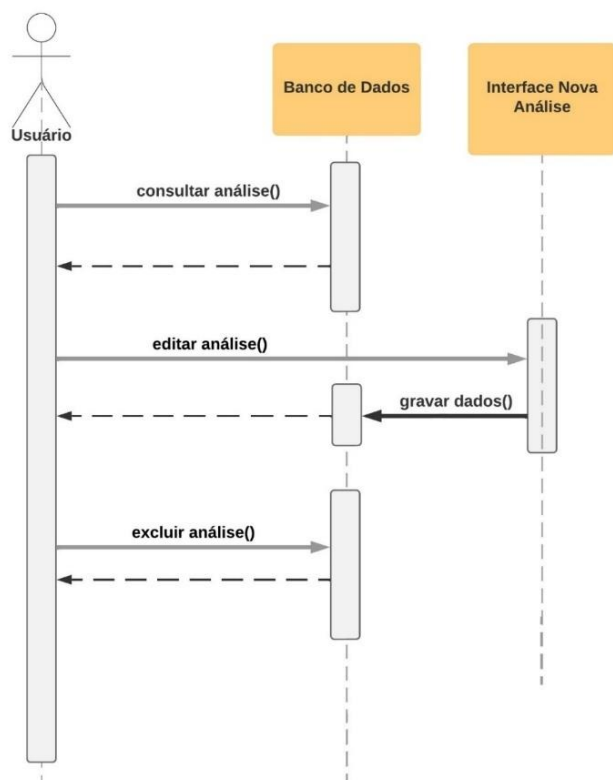
Fonte: Construída pelos autores.

Figura 4: Diagrama de seqüência – interface nova análise.



Fonte: Construída pelos autores.

Figura 5: Diagrama de seqüência – interface resultado análise.



Fonte: Construída pelos autores.

Funcionalidades e *interfaces* gráficas:

Ao executar o aplicativo especialista “*Water Quality Monitor*”, o usuário acessará a interface inicial da aplicação, contendo a logo e o nome do aplicativo, conforme FIGURA 6. A *interface* inicial é programada com a funcionalidade “*splash*”, que automaticamente chamará a próxima *interface* (repositório), depois de passados seis segundos.

Figura 6: Interface inicial “*Water Quality Monitor*”.



Fonte: Construída pelos autores.

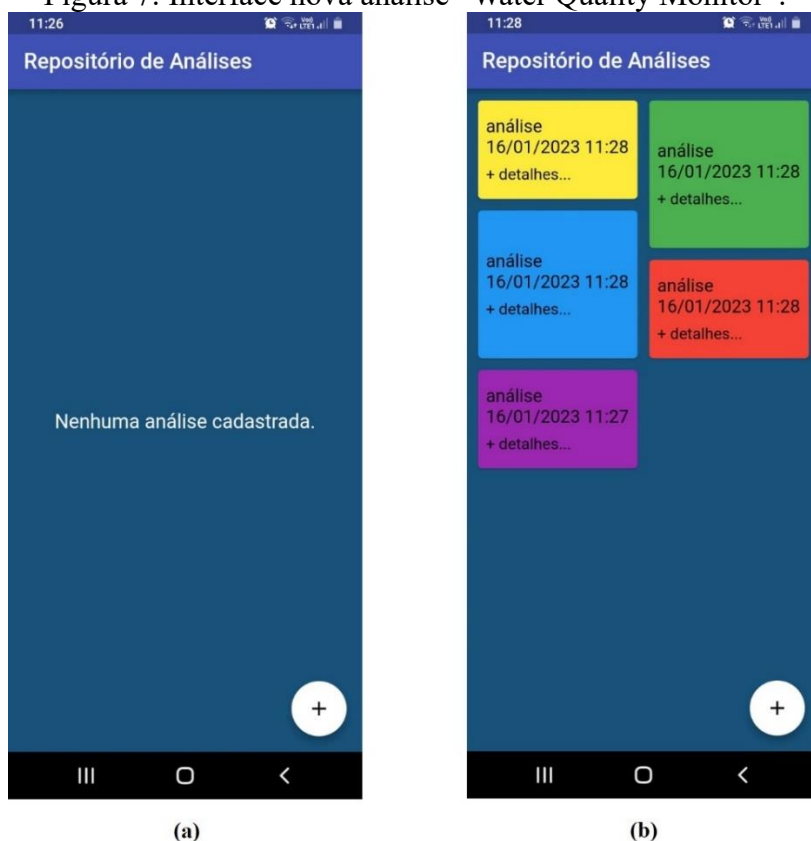
A “*interface* repositório” é a home do aplicativo especialista, que “chama” todas as funções da aplicação. É nesta *interface* que é possível ter acesso a análises já realizadas e/ou, criar uma nova análise. Suas funções são disponibilizadas na FIGURA 7.

As imagens da FIGURA 7 (a) mostra a *interface* repositório sem nenhuma análise cadastrada; e (b) apresenta a *interface* repositório com análises já cadastradas. Em ambas é possível visualizar o botão “+”, para a ação de adicionar uma nova análise.

Ao clicar sobre a opção “+”, a *interface* nova análise será chamada. Essa *interface* necessita da interação do usuário, que deve entrar com os valores das variáveis ambientes da água (coletadas naquele momento). A entrada dos valores é realizada por “*sliders*”, que são barras deslizáveis

(impedem a entrada de valores diferentes dos esperados). Cada variável possui o seu “*slider*”, que conta também com as informações de valores mínimos e máximos em suas extremidades.

Figura 7: Interface nova análise “Water Quality Monitor”.



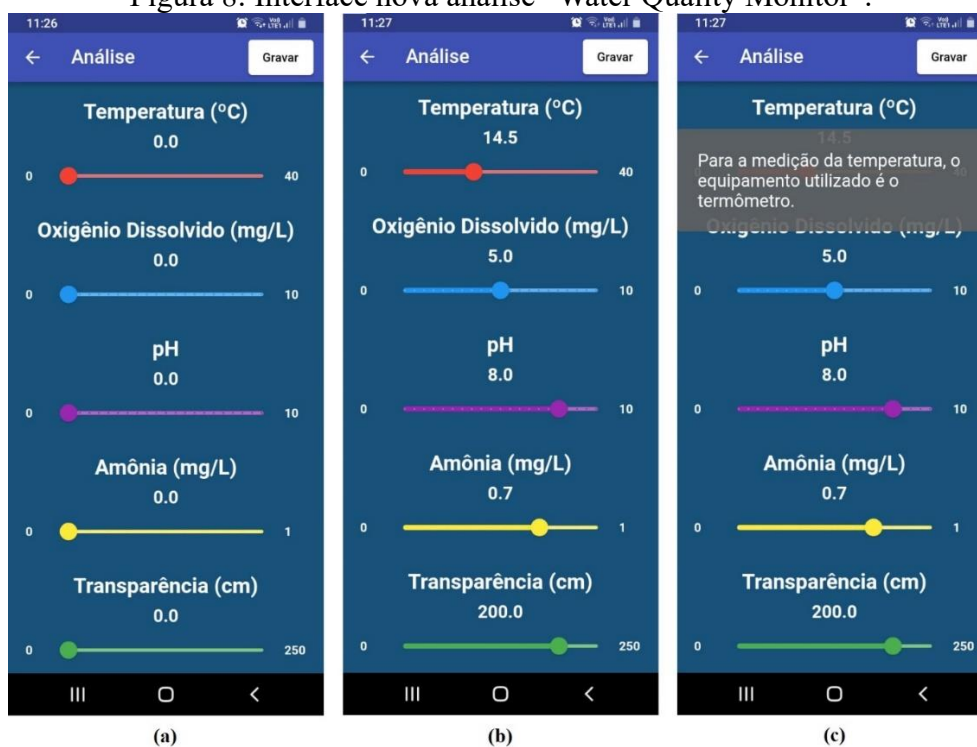
Fonte: Construída pelos autores.

As imagens da FIGURA 8 mostram as funcionalidades e opções da *interface* nova análise (a) mostra a *interface* assim que o usuário a acessa, nela, os valores das variáveis vêm por padrão, zeradas; (b) mostra a *interface* que já passou por interação do usuário, ao clicar e deslizar os “*sliders*” ou barras, os valores são destacados no campo abaixo do nome da variável; (c) mostra um outro recurso dessa *interface*, ao clicar (e segurar), sobre o nome da variável, uma caixa de diálogo é exibida, informando qual ferramenta ou instrumento de medição é utilizado para a coleta de dados sobre aquela variável. Em todas as imagens também é possível observar o botão “gravar”.

Ao acionar esse botão, o aplicativo salva os dados inseridos no banco de dados, gerando uma nova análise que será exibida na *interface* repositório (FIGURA 7). O usuário também tem a opção de retornar a *interface* repositório sem realizar o lançamento de uma nova análise, para isso, basta clicar no ícone com a “seta” voltar.

Posterior lançamento de nova análise (ou caso seja necessário consultar os resultados de uma análise já lançada), o usuário pode acessá-la pela *interface* repositório (FIGURA 7), clicando sobre a mesma, assim, a *interface* resultado análise será “chamada”.

Figura 8: Interface nova análise “Water Quality Monitor”.



Fonte: Construída pelos autores.

A interface resultado análise é onde os dados inseridos pelo usuário, que se encontram salvos no banco de dados da aplicação, são confrontados com as regras obtidas no algoritmo desenvolvido no trabalho “*Control and management of water quality for Nile tilapia fish in net tanks based on fuzzy modeling*” de Mastelini *et al.* (2023), e apresentadas ao usuário, também contém várias funções e opções. O resumo das regras construídas no MatLab para o algoritmo, podem ser conferidas no QUADRO 1, onde é possível ver a *interface* resultado análise na FIGURA 9.

O aplicativo entrega ao usuário também, informações sobre cada variável, qual o *status* de cada uma e em alguns casos, ações que podem colaborar para o controle daquela variável, junto com gráficos, que mostram o valor da variável (inserida naquela análise) e os valores de seus *status* (letal, alerta e ideal).

Na imagem (b) é possível notar que o aplicativo possui a função de gráfico interativo, ao clicar (e segurar) sobre a coluna desejada (em qualquer coluna e gráfico), o mesmo exibirá informações sobre aquele *status* (referência), para que o usuário tenha conhecimento destes.

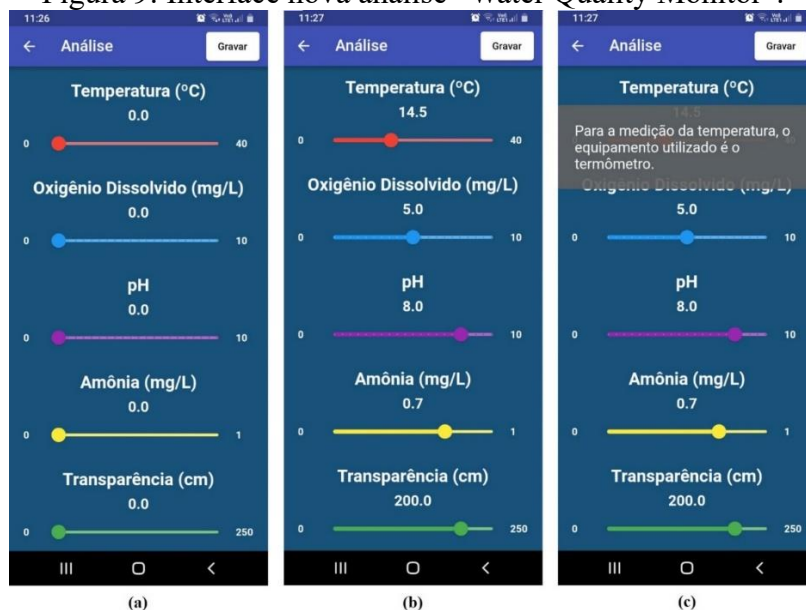
A interface resultado análise também conta com a opção de voltar para a interface repositório (FIGURA 7), ícone “setinha”; editar análise (interface nova análise, FIGURA 8), que irá sobrescrever os dados salvos daquela análise no banco de dados e a opção deletar análise, que irá excluir permanentemente aquela análise do banco de dados.

Quadro 1: Conjunto de regras do algoritmo MatLab para cenários de qualidade da água.

Regra	Cenário
Se temperatura letal, ou oxigênio letal, ou pH letal 1, ou amônia letal.	Qualidade Péssima
Se temperatura letal, ou oxigênio letal, ou pH letal 1, ou amônia letal.	Qualidade Péssima
Se temperatura ideal, e oxigênio ideal, e pH ideal, e amônia ideal e transparência alta.	Qualidade Ótima
Se temperatura ideal, e oxigênio ideal, e pH não letal 1, e amônia não letal, e transparência alta, ou média, ou baixa.	Qualidade Boa
Se temperatura ideal, e oxigênio ideal, e pH não letal 2, e amônia não letal, e transparência alta, ou média, ou baixa.	Qualidade Boa
Se temperatura alerta 1, e oxigênio alerta, e pH não letal 1, e amônia não letal, e transparência alta, ou média, ou baixa.	Qualidade Ruim
Se temperatura alerta 1, e oxigênio alerta, e pH não letal 2, e amônia não letal, e transparência alta, ou média, ou baixa.	Qualidade Ruim
Se temperatura alerta 2, e oxigênio alerta, e pH não letal 1, e amônia não letal, e transparência alta, ou média, ou baixa.	Qualidade Ruim
Se temperatura alerta 2, e oxigênio alerta, e pH não letal 2, e amônia não letal, e	Qualidade Ruim

Fonte: Construída pelos autores.

Figura 9: Interface nova análise “Water Quality Monitor”.



Fonte: Construída pelos autores.

As imagens da FIGURA 10 (a), (b), (c), (d) e (e), exibem ao usuário um resumo sobre a qualidade do cenário da água daquela análise (escolhida na interface repositório), trazendo no início, a variável de saída (péssimo; ruim; bom, ótimo), variáveis resultantes do algoritmo desenvolvido na ferramenta MatLab com lógica Fuzzy, que refletem diretamente com os valores relacionados das variáveis temperatura, oxigênio dissolvido, pH, amônia e transparência.

Figura 10: Interface resultado análise “Water Quality Monitor”.



Fonte: Construída pelos autores.

O aplicativo entrega ao usuário também, informações sobre cada variável, qual o *status* de cada uma e em alguns casos, ações que podem colaborar para o controle daquela variável, junto com gráficos, que mostram o valor da variável (inserida naquela análise) e os valores de seus *status* (letal, alerta e ideal).

Na imagem (b) é possível notar que o aplicativo possui a função de gráfico interativo, ao clicar (e segurar) sobre a coluna desejada (em qualquer coluna e gráfico), o mesmo exibirá informações sobre aquele *status* (referência), para que o usuário tenha conhecimento destes. A *interface* resultado análise também conta com a opção de voltar para a *interface* repositório (FIGURA 8), ícone “setinha”; editar análise (*interface* nova análise, FIGURA 9), que irá sobrescrever os dados salvos daquela análise no banco de dados e a opção deletar análise, que irá excluir permanentemente aquela análise do banco de dados.

Os *status* resultantes dos cenários de qualidade da água do aplicativo “*Water Quality Monitor*” seguem o QUADRO 2:

Quadro 2: Status de cenários de qualidade da água.

Cenários
Qualidade Péssima
Qualidade Ruim
Qualidade Boa
Qualidade Ótima

Fonte: Construída pelos autores.

Configurações Mínimas:

Com o término no desenvolvimento do aplicativo especialista foi possível testa-lo quanto a sua otimização, utilizando-o em dispositivos diferentes (entre *smartphones* e *tablets*), onde foi possível comprovar uma utilização satisfatória em configurações já abaixo das atualmente encontradas em mercado. Com isso, o QUADRO 3 visa disponibilizar as configurações mínimas recomendadas de dispositivos móveis para o correto funcionamento do aplicativo “*Water Quality Monitor*”.

Quadro 3: Configurações mínimas.

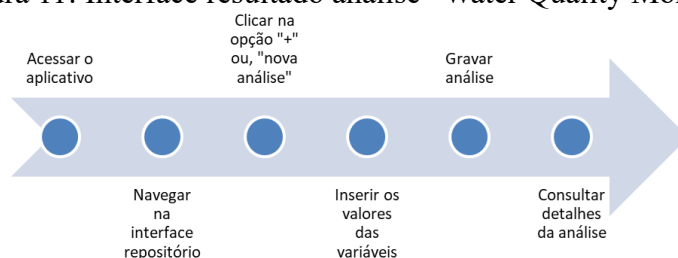
Versão Android OS:	9.0 (Pie)
Memória RAM:	1GB
Armazenamento:	16GB
Tamanho Tela:	4.7

Fonte: Construída pelos autores.

Estudo de Caso:

Para testar e validar o funcionamento do aplicativo, um cenário de teste, retirado de uma situação real de um criatório de Tilápias em tanque rede foi inserido no sistema. As sequências de processos e os valores lançados neste teste seguem as informações da FIGURA 11 e do QUADRO 4.

Figura 11: Interface resultado análise “Water Quality Monitor”.



Fonte: Construída pelos autores.

Quadro 4: Valores variáveis ambiente.

Nova Análise	
Temperatura	26
Oxigênio Dissolvido	5
pH	4.5
Amônia	0.2
Transparência	158

Fonte: Construída pelos autores.

Teste do Aplicativo:

O primeiro passo é abrir o aplicativo “*Water Quality Monitor*” e aguardar o carregamento da *interface* repositório (onde todas as análises se encontram), posteriormente, selecionar a opção “+” (nova análise), conforme FIGURA 12.

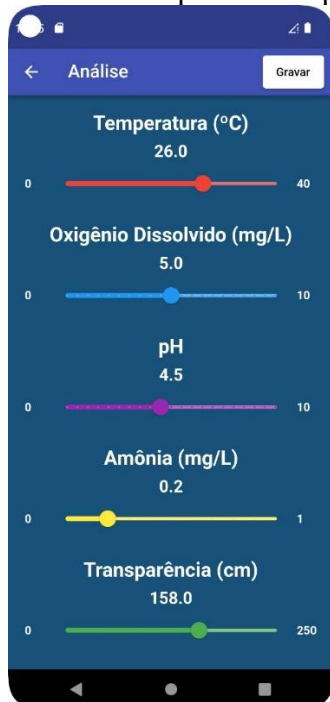
Figura 12: Teste do aplicativo – parte 01.



Fonte: Construída pelos autores.

Ao acionar a opção da FIGURA 12, a *interface* “nova análise” será exibida. Nesta etapa serão inseridos os valores classificados no QUADRO 2. Finalizando o processo de entrada dos dados, a opção “gravar” deve ser acionado, para salvar a análise no banco de dados e retornar (automaticamente para a *interface* repositório), conforme FIGURA 13 e 14.

Figura 13: Teste do aplicativo – parte 02.



Fonte: Construída pelos autores.

Figura 14: Teste do aplicativo – parte 03.

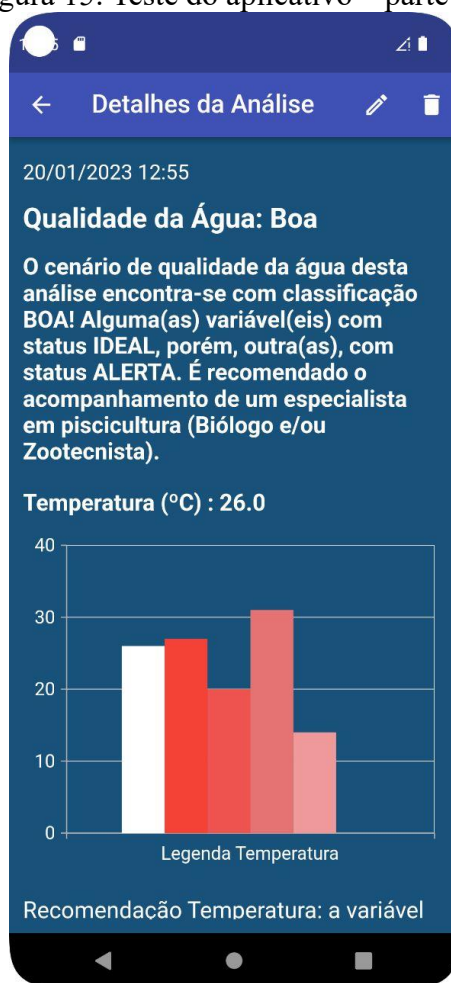


Fonte: Construída pelos autores.

Caso o processo anterior ocorra bem, a análise recém inserida será exibida na *interface* repositório (a lista é decrescente, ou seja, a última análise incluída será exibida em primeiro), conforme FIGURA 14.

Para consultar a análise (seja a última inserida ou qualquer outra salva no banco de dados do aplicativo), basta clicar sobre a análise desejada que o aplicativo irá fazer a chamada da *interface* resultado análise, que trará as informações referentes ao cenário da qualidade da água e suas variáveis, exibidas na FIGURA 15

Figura 15: Teste do aplicativo – parte 04.



Fonte: Construída pelos autores.

É possível visualizar pela FIGURA 15 que o resultado do cenário de qualidade da água da análise criada para o teste foi considerado pelo algoritmo como Boa.

A *interface* resultado análise trás, além da situação do cenário inserido, informações relevantes do contexto como um todo e também das variáveis individuais, como o *status* que cada variável se encontra (naquela análise), os possíveis *status* que cada variável pode possuir dentro do aplicativo

(juntamente com seus valores de referência) e como podem ser tratadas, caso necessário. Para a visualização, basta “rolar” a tela, conforme FIGURA 16.

Figura 16: Teste do aplicativo – parte 05.



Fonte: Construída pelos autores.

4 DISCUSSÃO

De fácil utilização, com *interfaces* amigáveis e uma boa interação, o aplicativo especialista demonstrou ser uma ferramenta funcional, entregando informações relevantes e de qualidade para seus usuários, como apresentado nos trabalhos de Neto (2010), Fonseca e Alencar (2016) e Porto (2012), sobre análises de cenários da qualidade da água para piscicultura e detalhes individuais de cada uma das variáveis que a aplicação considera, sem a necessidade de um *hardware* robusto e/ou com acesso à *internet*, e com a possibilidade da mobilidade, conforme discutido nos trabalhos de Mendes (1997) e Nilson (1982).

Contribuindo com a identificação e descrevendo as características das variáveis que refletem na qualidade da água para a criação de tilápias-do-Nilo, não só quanto a valores positivos, mas também de alerta, a revisão da literatura, também colaborou com informações e detalhes sobre a estrutura básica e diferencial entre os métodos de criação em tanque-rede e tanques escavados (EMATER-DF, 2009; COLEÇÃO SENAR 208, 2018; CODEVASF, 2019; ALMEIDA, 2012).

Foi possível a aplicação de métodos matemáticos, como a lógica Fuzzy e o sistema de inferência de Mamdani na ferramenta MatLab, recebendo os valores das variáveis de entrada e aplicando-se regras a estas, que por fim, entregaram valores descritivos de variáveis de saída, possibilitando a leitura do cenário de qualidade da água daquela análise. Criando assim, como resultado, o algoritmo que foi embarcado no aplicativo especialista desenvolvido em Mastelini e Mollo Neto (2022) e Mastelini *et al.* (2023).

Melhorias de processos e inclusão de novas funcionalidades são previstas em pesquisas futuras ao aplicativo especialista, incorporando novas possibilidades de análises por meio do aprimoramento das modelagens e análises segundo disposto por Emanoele (2020), UML (2024) e Rumbaugh (2004).

Foi realizado, também, processo de registro do aplicativo “*Water Quality Monitor*”:

Patente: Programa de Computador. Número do registro: BR512023000989-0, data de registro: 29/08/2022, título: “*WATER QUALITY MONITOR - FISH FARMING*”, Instituição de registro: INPI - Instituto Nacional da Propriedade Industrial.

5 CONCLUSÃO

O aplicativo especialista “*Water Quality Monitor*”, modelado e desenvolvido neste trabalho de pesquisa, demonstrou-se funcional e capaz de entregar o que foi proposto em seu objetivo principal, com informações rápidas e de qualidade a respeito dos cenários de qualidade da água com suas principais variáveis ambiente. Confirmando, assim, que a utilização de tecnologias como um *software*,

junto ao conhecimento de especialistas, pode corroborar para uma melhora nos processos de análise e planejamento ajudando o criador, utilizador da solução, na tomada de decisões. Além disso, tem fácil utilização, não necessita de *hardware* potente e pode ser utilizado em campo, por se tratar de um aplicativo móvel e sem a necessidade de conexão com a *internet*.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Programa de Pós-Graduação em Agronegócio e Desenvolvimento (PGAD) da Unesp, unidade Tupã/SP, pelo suporte à pesquisa.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA R. A. S. Índice de qualidade de uso da água subterrânea (e- IQUAS): uma metodologia de modelagem numérica flexível. Tese (Doutorado) Centro Int Energia e Ambiente (CIEnAm) Federal da Bahia. Salvador, 2012. 334 f.
- EMANOELE, A. Descubra o que é RUP e veja como usar as 4 fases desse método na criação de softwares. Grupo Voitto, 2020. Disponível em: <<https://www.voitto.com.br/blog/artigo/o-que-e-rup>> Acesso em 30/03/2023.
- CODEVASF. Manual de Criação de Peixes em Tanques-Rede. Ministério do Desenvolvimento Regional. 3º ed. Distrito Federal, Brasília, 2019.
- COLEÇÃO SENAR 208. Piscicultura: Criação de Tilápias em Tanques-Rede. Serviço Nacional de Aprendizagem Rural. Brasília – DF, 2018.
- DEVMEDIA. Primeiros passos com a google dart. Disponível em: <https://www.devmedia.com.br/primeiros-passos-com-a-google-dart/32954>. Acessado em: 12/01/2023.
- EMATER-DF. Criação de Tilápias. 2º ed. Governo do Distrito Federal. Brasília, 2009.
- FAO. Informe da FAO: A produção mundial de pesca e aquicultura atinge novo recorde histórico. FAO no Brasil, 2024. Disponível em: < <https://www.fao.org/brasil/noticias/detail-events/pt/c/1696371/> > Acesso em outubro de 2024.
- FONSECA, ANA RACHEL. ALENCAR, MARIA SIMONE de MENEZES. O uso de aplicativos de saúde para dispositivos móveis como fontes de informação e educação em saúde. XIX Seminário Nacional de Bibliotecas Universitárias – SNBU. 2016.
- IOPSCIENCE. A Freights Status Management System Based on Dart and Flutter Programming Language. Disponível em: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1530/1/012020/pdf/>. Acessado em: 02/10/2020.
- KRUCHTEN, P. The Rational Unified Process – An Introduction. AddisonWesley 2a edição. 2000.
- MASTELINI, V.; MOLLO NETO, M. Indicadores de qualidade da água para criação de tilápias-do-Nilo em tanque-rede: uma revisão das práticas de análises de criação (2010 – 2021). *RECIMA21 - Revista Científica Multidisciplinar* - ISSN 2675-6218, [S. l.], v. 3, n. 12, p. e3122363, 2022. DOI: 10.47820/recima21.v3i12.2363. Disponível em: <https://recima21.com.br/index.php/recima21/article/view/2363>. Acesso em: 18 jan. 2023.
- MASTELINI, V., RAMOS QUEIROZ, T., ALMEIDA GABRIEL FILHO, L. R., & MOLLO NETO, M. Control and management of water quality for Nile tilapia fish in net tanks based on fuzzy modeling. *Revista Brasileira De Engenharia De Biosistemas*, 17, 2023. <https://doi.org/10.18011/bioeng.2023.v17.1197>
- MENDES, RAQUEL DIAS. Inteligência Artificial: Sistemas Especialistas no Gerenciamento da Informação. *Ci. Inf.* vol. 26 no. 1, Brasília, 1997.

NETO, PEDRO M. de C. Estudo do Uso de Dispositivos Móveis Pessoais em Ambiente Corporativo no Âmbito da Segurança da Informação. Universidade do Sul de Santa Catarina, Santa Catarina, 2010.

NILSON, NEILS S. Principles of Artificial Intelligence. Berlin, Springer Verlag, 1982.

PORTO, FABIANO. Aplicativos mobile: definições, história e previsões. Disponível em: <http://tectriadebrasil.com.br/blog/mercado-de-midias-sociais-blog/aplicativosmobile-definicoes-historia-e-previsoes/>. Acessado em: 02/10/2020.

RUMBAUGH, J.; JACOBSON, J.; BOOCH, G. The unified modeling language reference manual. Addison Wesley, 2nd edition, 2004.

SILBERSCHATZ, A., KORTH, H. and SUDARSHAN S. Database system concepts. Sixth Edition, McGraw Hill Book Co., 2010.

UML. About the Unified Modeling Language Specification Version 2.5.1. Unified Modeling Language, Object Management Group ®, OMG ®, 2024. Disponível em: < <https://www.omg.org/spec/UML/> > Acesso em: 09 de 2024.