



Vinícius Rodrigues de Souza

Sistema Computacional para Avaliação e Prognóstico de Crescimento de Organismos Aquáticos para Aquicultura 4.0

Recife

2022

Vinícius Rodrigues de Souza

Sistema Computacional para Avaliação e Prognóstico de Crescimento de Organismos Aquáticos para Aquicultura 4.0

Monografia apresentada ao Curso de Bacharelado em Ciências da Computação da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Ciências da Computação.

Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE

Departamento de Computação

Curso de Bacharelado em Ciências da Computação

Orientador: Obionor de Oliveira Nóbrega

Coorientadora: Juliana Ferreira dos Santos

Coorientador: Carlos Antônio Zarzar

Recife

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Sistema Integrado de Bibliotecas
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- S729s Souza, Vinícius Rodrigues de
Sistema Computacional para Avaliação e Prognóstico de Crescimento de Organismos Aquáticos para
Aquicultura 4.0 / Vinícius Rodrigues de Souza. - 2022.
24 f. : il.
- Orientador: Obionor de Oliveira Nobrega.
Coorientadora: Juliana Ferreira dos Santos.
Inclui referências.
- Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal Rural de Pernambuco,
Bacharelado em Ciência da Computação, Recife, 2022.
1. Aquicultura 4.0. 2. Prognóstico de crescimento. 3. Biometria. 4. Aquicultura Digital. I. Nobrega,
Obionor de Oliveira, orient. II. Santos, Juliana Ferreira dos, coorient. III. Título



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E DO DESPORTO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO (UFRPE)
BACHARELADO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO**

<http://www.bcc.ufrpe.br>

FICHA DE APROVAÇÃO DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Trabalho defendido por Vinícius Rodrigues de Souza às 14 horas do dia 26 de maio de 2022, no link <https://meet.google.com/zui-kuwo-vcz>, como requisito para conclusão do curso de Bacharelado em Ciência da Computação da Universidade Federal Rural de Pernambuco, intitulado “Sistema Computacional para Avaliação e Prognóstico de Crescimento de Organismos Aquáticos para Aquicultura 4.0”, orientado por Obionor de Oliveira Nóbrega e co-orientado por Carlos Antônio Zarzar e Juliana Ferreira dos Santos e aprovado pela seguinte banca examinadora:

Obionor de Oliveira Nóbrega
DC/UFRPE

Fernando Antonio Aires Lins
DC/UFRPE

Resumo

Segundo a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura, a população mundial chegará a um total de 10 bilhões de pessoas até o ano de 2050, havendo a necessidade da produção de alimentos acompanhar este crescimento. Dentre as fontes de produção de alimentos, a aquicultura 4.0 se destaca por unir o crescimento anual da aquicultura às técnicas modernas de Internet das Coisas (IoT), Inteligência Artificial, análise de dados e automação, visando minimizar custos e aumentar as produções de proteína animal em todo o mundo. Desta forma, sistemas computacionais que otimizem a produção de pescado através de análise de dados biométricos e síntese de informações para tomada de decisão possibilitam um melhor acompanhamento para estimar com maior precisão o momento de despesca, possibilitando um menor desperdício de ração, um menor gasto de energia elétrica para aeração e um menor impacto ambiental no manejo da água, resultando em maior eficiência na produção e menor custo final para população. Neste contexto, este trabalho tem como objetivo a pesquisa e o desenvolvimento do sistema CAIO - sistema de Crescimento para Aquicultura Integrado de Organismos aquáticos, que consiste em um sistema computacional Web para avaliação e prognóstico de crescimento de organismos aquáticos em ambientes de aquicultura 4.0, auxiliando os criadores a tomarem decisões mais eficientes para o manejo e despesca dos seus viveiros de criação.

Palavras-chave: Aquicultura 4.0; Prognóstico de crescimento; biometria; Aquicultura Digital.

Abstract

According to the Food and Agriculture Organization of the United Nations, the world population will reach a total of 10 billion people by the year of 2050, making it necessary for the food production rate to follow this increase. Among the food production sources, the aquaculture 4.0 stands out by joining the annual growth of the aquaculture with modern techniques of Internet of Things (IoT), Artificial Intelligence, data analytics and automations, aiming to lower the costs and increase the productions of animal protein around the world. Thus, computational systems that optimize the fishery production through biometric data analysis and information synthesis for decision making allow for a tracking to estimate with higher precision the harvesting time, lowering fish feed waste, power consumption for aeration and environment impact on the water management. Resulting in higher production efficiency and lower cost to the population. In this context, this job aims to research and develop the system CAIO - system of Integrated Growth for Aquaculture of Aquatic Organisms, a computer Web system for analytics and prediction of aquatic organisms growth in aquaculture 4.0 environments, helping the producers to make more efficient decisions for the management and harvesting of their farms.

Keywords: Aquaculture 4.0; Growth forecasting; Biometry; Digital Aquaculture.

Lista de ilustrações

Figura 1 – Crescimento da produção de peixes através da aquicultura comparado à produção pela pesca (FOOD; NATIONS, 2020).	6
Figura 2 – Diagrama da arquitetura da aplicação e suas tecnologias	13
Figura 3 – Tela para envio de arquivo no CAIO	15
Figura 4 – Tela para seleção de colunas no CAIO	16
Figura 5 – Comparativo entre uma curva de crescimento e os pontos representando os dados biométricos no CAIO	17
Figura 6 – Tela inicial da aplicação listando ambientes de cultivo e ciclos produtivos	18
Figura 7 – Gráfico obtido por (SANTOS et al., 2019) a partir dos dados biométricos	19
Figura 8 – Gráfico obtido pela aplicação a partir dos mesmos dados biométricos	20

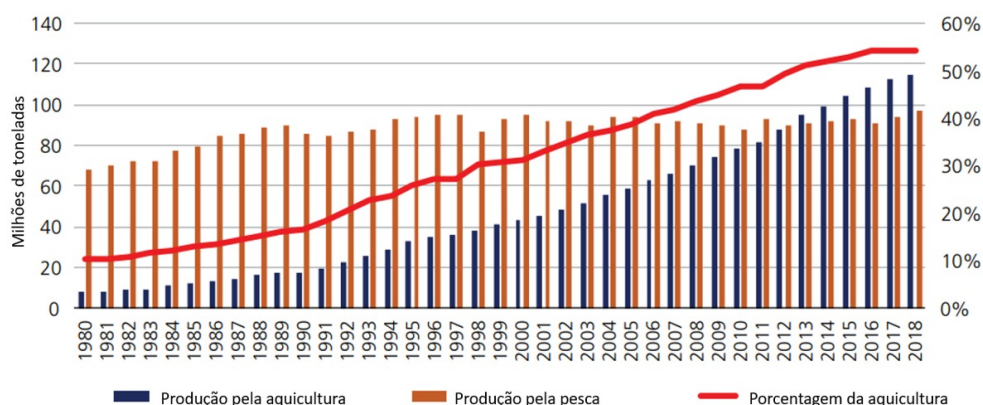
Sumário

Lista de ilustrações	4
1 INTRODUÇÃO	6
2 REVISÃO DA LITERATURA	9
3 CAIO - SISTEMA DE CRESCIMENTO PARA AQUICULTURA IN- TEGRADO DE ORGANISMOS AQUÁTICOS	11
3.1 Primeiro acesso	11
3.2 Arquitetura e tecnologias	11
3.3 Entrada e pré-processamento dos dados	15
3.4 Estimativa dos parâmetros	16
3.5 Visualização dos dados obtidos	17
4 AVALIAÇÃO	19
5 CONCLUSÃO	21
REFERÊNCIAS	22

1 Introdução

Em 2020, o número de pessoas que passaram fome no mundo estava entre 720 milhões e 811 milhões. Desses, 118 milhões chegaram a esse estado em razão da pandemia de COVID-19 (UNICEF et al., 2021). Entre toda a produção de alimentos no mundo, a aquicultura – dada pela produção de peixes alimentados por ração – é o método que mais cresce, tornando-se uma abordagem promissora no combate à fome (FOOD; NATIONS, 2021).

Crescimento da produção mundial da Aquicultura



Fonte: FAO, 2020

Figura 1 – Crescimento da produção de peixes através da aquicultura comparado à produção pela pesca (FOOD; NATIONS, 2020).

Na Figura 1, a produção de peixe proveniente da aquicultura ultrapassou, ainda em 2013, a produção proveniente da pesca. Em 2018, a aquicultura já era responsável por mais da metade da produção de peixes no mundo, com quase 120 milhões de toneladas produzidas por ano. Nas últimas três décadas este setor tem se desenvolvido. Em 1990 apenas 13% do consumo de peixes no mundo era proveniente da aquicultura. Em 2014 esse percentual já havia ultrapassado a marca de 50% de todo o consumo de peixes no mundo (BELTON; LITTLE; BUSH, 2018). Com o setor aquícola em alta e a necessidade de produção de alimentos para suprir o consumo global, métodos para monitorar e avaliar o crescimento de indivíduos neste tipo de cultura se tornam cada vez mais relevantes e necessários. Tendo em vista que auxiliam ao criador a encontrar o melhor momento para despesca, reduzindo o gasto energético, consumo de ração e, consequentemente, os custos da produção. O que resultará em um menor custo final do pescado, possibilitando um maior acesso à proteína animal pela população.

A medição do crescimento de um indivíduo pode ser feita levando em consideração as alterações nas dimensões de comprimento, largura e/ou peso. Em sistemas aquícolas, a medição é feita constantemente e é utilizada para fins de comparação entre os diferentes cultivos.

Os métodos mais comumente propostos para análises de crescimento de organismos aquáticos cultivados ou provenientes da pesca são: von Bertalanffy, Logístico sigmoidal, Gompertz, Brody, Schnute, Quadrático e linearizações de von Bertalanffy (Ford-Walford e Gulland-Holt). Tais equações fornecem dados para gerenciamento aquícola e de estoques pesqueiros, e podem estimar parâmetros capazes de fornecer indicações aproximadas do desempenho de crescimento (BURNHAM, 1998; KATSANEVAKIS; MARAVELIAS, 2008; CARMO et al., 2008; BALLAGH et al., 2011). Assim, o uso de expressões matemáticas capazes de avaliar e prover prognósticos para aquicultura de uma determinada população é fundamental, uma vez que estes dados possibilitam que os produtores tenham um melhor entendimento e visualização do desenvolvimento dos animais manejados, e com isso, um maior poder de decisão durante os procedimentos operacionais.

Dentre os modelos citados, o método mais utilizado e pesquisado para monitorar e medir o crescimento de indivíduos em um sistema é o modelo de von Bertalanffy. Entre os métodos para estimar os parâmetros para o modelo, a função média de Ford-Walford – que utiliza dados da biometria de uma amostra de população de um sistema anterior – é a mais utilizada, pois esta também deriva da função de crescimento de von Bertalanffy e possui algumas vantagens se comparada com a função original (PAULY, 1984).

Estima-se que o mercado de soluções para aquicultura através de IoT cresça 62% nos próximos 5 anos (PRAPTI et al., 2022). Com o ambiente sendo preparado por soluções IoT que facilitam a coleta de dados e proporcionam uma interface capaz de integrar com novas soluções, soluções de software em outras áreas visando extrair dos dados coletados mais informações úteis ao criador também se tornam mais viáveis.

Neste cenário, a Aquicultura 4.0 surge como o desenvolvimento e pesquisa de novas tecnologias que integrem análise e transferência de dados, computação em nuvem e computação embarcada visando obter aumento na produção e redução de custos no setor aquícola, por meio de soluções inovadoras que contribua com o crescimento do setor, levando ao pequeno e médio produtor, tecnologias de ponta só disponíveis com demasiado investimento financeiro na área. (DUPONT; COUSIN; DUPONT, 2018).

Visando suprir essa demanda, este trabalho tem como objetivo propor o sistema de Crescimento para Aquicultura Integrado de Organismos aquáticos (CAIO), uma aplicação Web para gerenciamento de ciclos produtivos através de previsão de

crescimento a fim de embasar o criador na tomada de decisão. A solução proposta permite também o acesso do aquicultor de forma remota e através de qualquer dispositivo que disponha de conexão à internet, adaptando-se, dessa forma, com mais facilidade ao cotidiano do usuário e demandando um baixo esforço adicional para a utilização.

Este trabalho divide-se em 5 seções incluindo esta. Na seção 2 é realizada uma revisão da literatura sobre os principais métodos de predição de crescimento em sistemas de aquicultura, ferramentas computacionais utilizadas para auxiliar as métricas e trabalhos relacionados ao assunto. Na seção 3 é apresentado e descrito o CAIO, software proposto como solução para predição e acompanhamento de crescimento de sistemas de aquicultura. A seção 4 descreve as técnicas utilizadas para validar a solução e exibe os resultados obtidos. Na seção 5, por fim, é apresentada a conclusão juntamente dos trabalhos futuros.

2 Revisão da literatura

Na aquicultura, técnicas para estimar e modelar curvas de crescimento de populações são amplamente usadas para otimizar resultados em produções. O procedimento mais simples de coletar dados necessários para as estimativas é através da medição do comprimento de indivíduos de uma população. Após a coleta dos dados, utiliza-se de modelos de crescimento como o de von Bertalanffy, por exemplo, para o ajuste da curva ([GRAAF; PREIN, 2005](#)).

Segundo ([LUGERT et al., 2016](#)), a função de von Bertalanffy é provavelmente a mais usada quando se trata de modelagem de crescimento. É possível aplicá-la em dois cenários, na medição através do comprimento ou do peso dos indivíduos de uma população.

$$L_{\infty}(1 - e^{-k(t-t_0)}) \quad (2.1)$$

Os parâmetros da função de crescimento de von Bertalanffy representam abstrações de certos aspectos no crescimento de um indivíduo. Na Equação 1, o valor de L_{∞} representa o comprimento assintótico – o comprimento teórico máximo da população, cuja curva não ultrapassará. O parâmetro k representa a taxa de crescimento, indicando o quão rápido a curva se aproximará da assintota. Por fim, t_0 representa um momento teórico em que os indivíduos da população possuíam comprimento 0 ([JAMES, 1991](#)).

Na área de modelagem de crescimento, o trabalho de ([BALDAN et al., 2018](#)) propõe um pacote em R – linguagem de programação com foco em cálculos matemáticos – para estimar o crescimento de populações em cultivos. Porém, por se tratar de um pacote para ser utilizado por outras soluções, a proposta pouco se preocupa em ser de fácil uso por pessoas não técnicas, requerendo um conhecimento matemático e computacional tanto para alimentar o modelo com dados e interpretar os resultados gerados.

Similarmente, o trabalho de ([LEE et al., 2020](#)) propõe um framework para a aplicação da função de crescimento de von Bertalanffy em bases de dados. No trabalho é descrito um conjunto de passos para realizar o ajuste do modelo, porém, mais uma vez não é o foco do trabalho propor um software para o uso direto do criador, portanto conceitos como facilidade de uso, fluxo para envio dos dados em uma plataforma e opções de visualização dos resultados não são abordados pela solução.

Tendo em vista o crescimento do uso de soluções da web 4.0 na aquicultura,

nota-se porém um espaço a ser explorado no que se trata de soluções para uso do próprio produtor, focando em fácil acesso remoto, disponibilidade e interface amigável ao usuário. Percebe-se nas principais soluções de modelagem de crescimento encontradas que o foco das propostas é oferecer ferramentas técnicas das quais pode-se derivar soluções prontas para uso.

3 CAIO - Sistema de Crescimento para Aquicultura Integrado de Organismos aquáticos

A solução proposta é o CAIO, solução web de apoio à tomada de decisão em sistemas de aquicultura através da predição de crescimento e gráficos comparativos entre ciclos produtivos. A aplicação funciona através de camadas de processamento que operam recebendo os dados do usuário, enviando para um servidor para extrair informações úteis ao software e recebendo de volta os resultados para exibição ao usuário. Cada camada e etapa do funcionamento da aplicação serão explicadas nas seções seguintes.

3.1 Primeiro acesso

Para ter acesso à plataforma o usuário fará uso de um cadastro que lhe identificará no sistema, permitindo a persistência dos dados fornecidos previamente e sua reutilização em ambientes futuros. As credenciais de acesso do usuário são armazenadas no banco de dados da aplicação e criptografadas com o algoritmo argon2, que sumariza o estado da arte no desenvolvimento de *memory-hard functions*, utilizadas em criptografias unidirecionais (BIRYUKOV; DINU; KHOVRATOVICH, 2016).

Para realizar a autorização e autenticação do usuário, a aplicação utiliza dos tokens de acesso e de atualização descritos no padrão OAuth2.0. De acordo com a especificação, os tokens são gerados no momento de cadastro e possuem um tempo de validade (HARDT et al., 2012). O token de acesso é utilizado enquanto válido para requisitar todos os recursos restritos a usuários autenticados, guardando também informações para identificar o autor das requisições. Após expirar o token de acesso, o token de atualização é usado para gerar novos tokens e invalidar os anteriores. Dessa forma, é possível garantir que o usuário acesse a aplicação de forma segura e com uma baixa janela de vulnerabilidade, pois caso o token de acesso seja exposto, o baixo tempo de vida e a necessidade do token de atualização para continuar usando garantem que o token seja inutilizado rapidamente.

3.2 Arquitetura e tecnologias

O CAIO utiliza uma implementação da arquitetura cliente-servidor, onde o cliente assume a função de coleta e exibição dos dados produzidos e o servidor contém

a implementação de todas as regras de negócio e acesso aos recursos da aplicação (HELD, 2000).

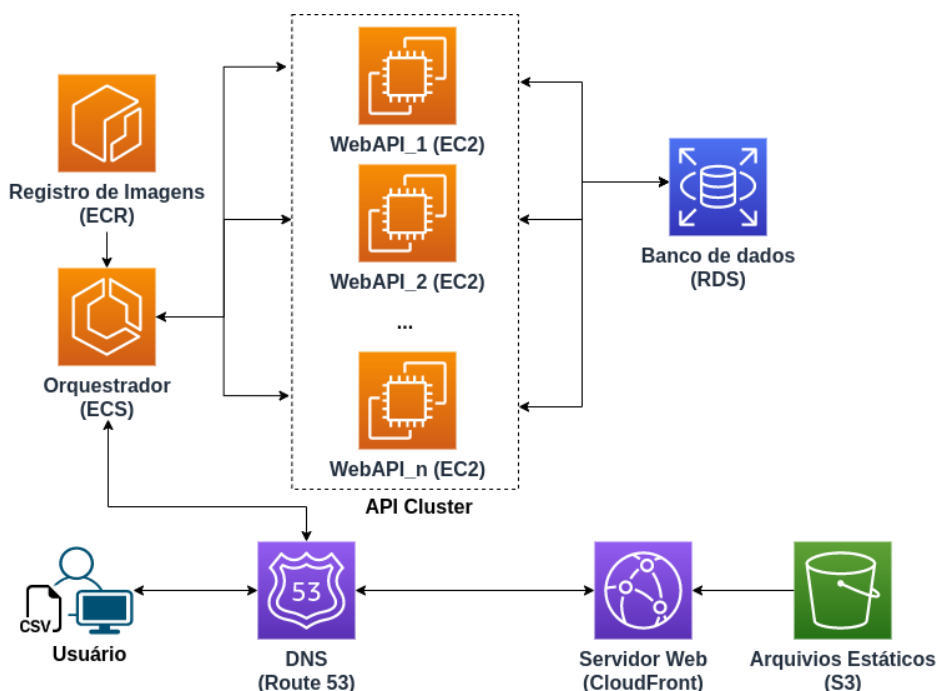


Figura 2 – Diagrama da arquitetura da aplicação e suas tecnologias

Na Figura 2 é representada a arquitetura da aplicação e as tecnologias escolhidas para cada módulo utilizado. As tecnologias baseiam-se em serviços fornecidos pela plataforma de computação em nuvem da Amazon (AWS) (SERVICES, 2022a) e serão descritas em detalhes a seguir.

DNS Servidor responsável por mapear o domínio acessado pelo usuário para o endereço IP do serviço desejado. Implementado através do serviço *Route 53* da AWS.

Arquivos Estáticos Arquivos de código da aplicação Web, além de imagens e mídias auxiliares. Armazenado em uma instância (*bucket*) do *Simple Storage Service* (S3).

Servidor Web Responsável por servir ao usuário os arquivos para exibir a aplicação cliente. O *CloudFront* da AWS é responsável por distribuir arquivos estáticos armazenados em uma instância do S3.

Instâncias da API Máquina virtual criada a partir de uma imagem base. Contém o servidor que implementa as regras e rotas da aplicação. Cada instância executa através de uma máquina virtual criada pelo *Elastic Cloud Computing* (EC2).

Registro de Imagens Responsável por armazenar as imagens que produzem as instâncias da API. Uma imagem descreve as dependências e sequências de passos necessários para inicializar e pôr em execução uma instância da API. Imagens são armazenadas no *EC2 Container Registry* (ECR).

Orquestrador Módulo responsável por redirecionar requisições para diferentes instâncias da API, além de inicializar e finalizar instâncias de acordo com a demanda da aplicação. Implementado a partir do *Elastic Container Service* (ECS).

Banco de dados Serviço que fornece uma instância de banco de dados relacional onde serão persistidos os dados da aplicação. Gerenciado pelo *Relational Database Service* (RDS).

Dado que JavaScript tornou-se o padrão para o desenvolvimento de aplicações para a web, suportado pelos navegadores mais populares e com um enorme gama de ferramentas para auxiliar no desenvolvimento de interfaces (WIRFS-BROCK; EICH, 2020), React foi a biblioteca de interface gráfica escolhida para o desenvolvimento da aplicação cliente (PLATFORMS, 2022), levando em conta também a alta adesão da biblioteca pela comunidade e, por consequência, um maior ecossistema de solução e bibliotecas auxiliares disponíveis para uso (WOHLGETHAN, 2018).

Quanto ao servidor, tendo em vista que representa o núcleo da aplicação e contém toda a validação e processamento dos dados, dois pontos precisam ser levados em consideração: A existência de ferramentas para análise de dados pré-prontas visando aumento na produtividade, onde a linguagem Python se destaca pelas suas várias bibliotecas de manipulação de dados e estatística (LIN, 2012). Além de uma ferramenta que disponha de funcionalidades que permitam acelerar o ciclo inicial de desenvolvimento que não contribui diretamente para a solução, mas é necessário para o funcionamento do servidor, como criação de usuários, autenticação, etc. Para isso, o framework Django (FOUNDATION, 2022) com o banco de dados relacional PostgreSQL (SERVICES, 2022b), capazes de abstrair acesso direto ao banco de dados e rapidamente criar rotas de comunicação da API, mostraram-se opções viáveis para as necessidades de produtividade e confiabilidade da aplicação (VINCENT, 2021).

3.3 Entrada e pré-processamento dos dados



Figura 3 – Tela para envio de arquivo no CAIO

O primeiro passo do usuário para acessar os recursos do CAIO é a inserção conjunto de dados biométricos pré-existent. A aplicação espera que os dados sejam inseridos através de um arquivo no formato CSV que contenha ao menos as seguintes colunas:

Identificador do viveiro Espera-se que essa coluna possua identificadores únicos definidos pelo usuário para representar cada viveiro. Ao realizar o processamento do arquivo, cada novo identificador encontrado nessa coluna será mapeado para um novo registro na tabela de viveiros no banco de dados.

Identificador do ciclo produtivo Semelhante à coluna anterior, espera-se que essa coluna possua identificadores únicos para cada ciclo produtivo em um determinado viveiro, porém, identificadores que se repetirem em viveiros distintos serão também tratados como ciclos distintos.

Métrica temporal Esta coluna deverá conter o momento da realização da biometria através de alguma métrica arbitrária escolhida pelo usuário, desde que seja a mesma para todas as linhas. Exemplo: Contagem de semanas desde o início da criação até a biometria.

Comprimento médio Nesta coluna o usuário deverá informar o resultado obtido pela biometria em um determinado momento, ciclo e viveiro definido pelas colunas anteriores.

Após o envio do arquivo, o servidor inicia a etapa de pré-processamento, onde informações do arquivo são extraídas para uso futuro, como quantidade de colunas,

files/biometria-tilapias.csv
4 colunas, 8 linhas

Coluna do comprimento: 4

Coluna do ambiente: 1

Coluna temporal: 1, 2, 3, 4

Coluna do ciclo: 2

CARREGAR

Figura 4 – Tela para seleção de colunas no CAIO

linhas, tamanho em bytes etc. Feito o pré-processamento, o usuário pode solicitar a extração das métricas, onde informará o índice de cada uma das colunas acima no arquivo selecionado e o cliente enviará ao servidor os dados serializados através de uma requisição HTTP para a rota disponibilizada pela API.

3.4 Estimativa dos parâmetros

Com o arquivo contendo as biometrias e o índice de cada coluna necessária, o servidor inicia de forma assíncrona o processo de extração dos parâmetros para a função de crescimento de von Bertalanffy, que será utilizada como modelo para ajuste das curvas de crescimento estimadas, dado que utiliza dados biométricos e é a função mais usada na análise de crescimento (LUGERT et al., 2016). Dado que a taxa de crescimento é maior inicialmente e desacelera conforme o indivíduo atinge o tamanho máximo, o uso de regressão não linear é comumente aplicado nos casos onde há uma razão física para que o resultado do problema não varie linearmente (SMYTH, 2002; KÜHLEITNER et al., 2019).

Integrada ao Django, a biblioteca SciPy, que possui uma implementação de algoritmo para regressão não linear (VIRTANEN et al., 2020), foi utilizada para o cálculo dos parâmetros. Para modelar os dados, a função de crescimento de von Bertalanffy (conforme Equação 01) e os dados biométricos em série temporal foram fornecidos para a biblioteca.

3.5 Visualização dos dados obtidos

Com a estimativa dos parâmetros, a aplicação cliente define um Δt arbitrário – 0.1 foi adotado nos testes – e deriva uma série temporal aplicando a função de von Bertalanffy com os parâmetros calculados em intervalos de Δt .

A partir da série temporal, utiliza-se então a biblioteca javascript *d3.js*, que dispõe de um conjunto de funções para representação gráfica de dados, para sobrepor um conjunto de gráficos de linha onde um representa a série temporal derivada e outros gráficos opcionais gerados a partir de dados biométricos de outros ciclos que fornecem um meio de comparar resultados.

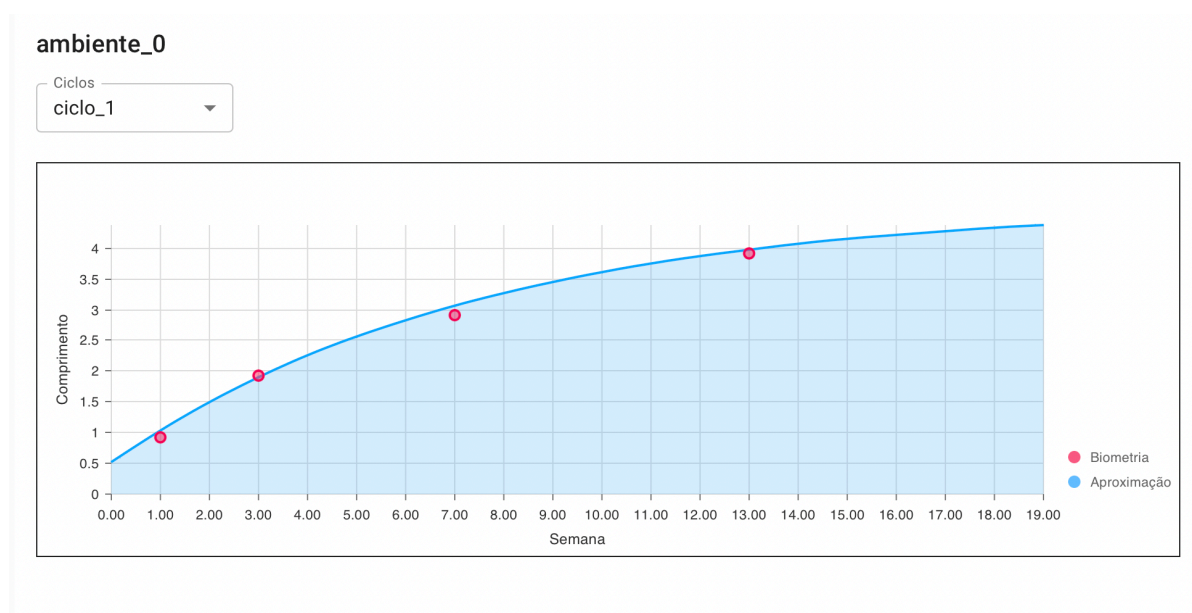


Figura 5 – Comparativo entre uma curva de crescimento e os pontos representando os dados biométricos no CAIO

Na figura acima é possível visualizar em azul a curva da função de crescimento com os parâmetros estimados aproximando-se dos pontos em vermelho, que representam os valores originais dos dados biométricos utilizados no ajuste do modelo.

Na tela de visualização o usuário pode alternar entre diferentes ciclos produtivos, exibir todos em uma visualização única ou, na visualização padrão, escolher ver a curva estimada de apenas um dos ciclos em comparação com suas análises biométricas.

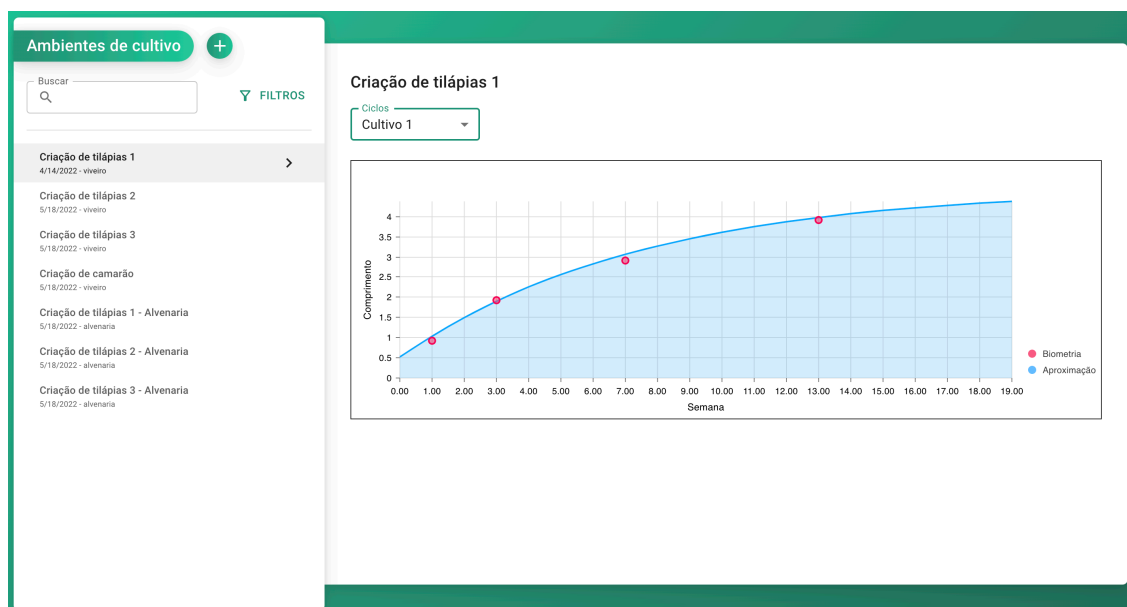


Figura 6 – Tela inicial da aplicação listando ambientes de cultivo e ciclos produtivos

Com os dados submetidos, a aplicação exibe ao usuário uma lista de todos os ambientes de cultivo criados, onde é possível navegar entre ambientes, ciclos e alternar entre gráficos de cada ciclo. Podendo nomear seus ambientes para melhor organização e visualizar a data exata de criação.

4 Avaliação

Como método avaliativo da proposta, foi realizado um comparativo com o trabalho de (SANTOS et al., 2019), onde uma curva foi estimada através da função de crescimento de von Bertalanffy aplicada numa base de biometrias de criações de tilápias em um sistema semi-intensivo.

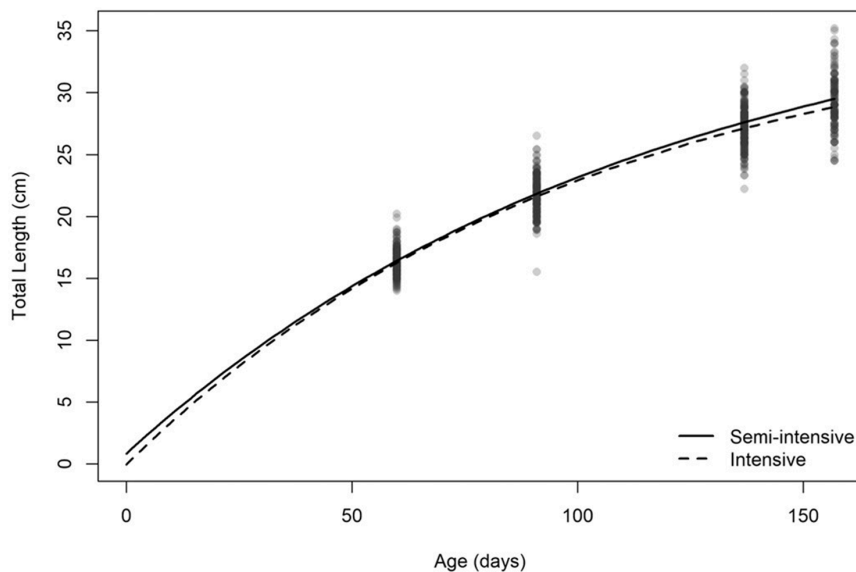


Figura 7 – Gráfico obtido por (SANTOS et al., 2019) a partir dos dados biométricos

No gráfico obtido pelo trabalho original é possível perceber no gráfico a influência dos parâmetros estimados, como o gráfico reduzindo a taxa de variação e tendendo a uma estabilização pouco acima da reta $y = 30$, como consequência do L_{∞} estimado. É possível notar também que para $x = 0$, o gráfico inicia com valores pouco acima de $y = 0$ e apresenta um crescimento lento que reduz até se aproximar da assíntota.

Analisando os resultados obtidos pela aplicação, é possível notar as mesmas características, como a assíntota e tendência de estabilização próximo ao $y = 30$, crescimento suave e taxa de crescimento decrescente, apesar de apresentar uma curva mais acentuada que o gráfico anterior. Com isso é possível notar que a solução proposta e desenvolvida estimou e ajustou com sucesso curvas de crescimento a partir dos dados biométricos utilizados para testes através da aplicação da função de crescimento de von Bertalanffy.

Criação de tilápia - exemplo

Ciclos
Tilápias 1 ▼

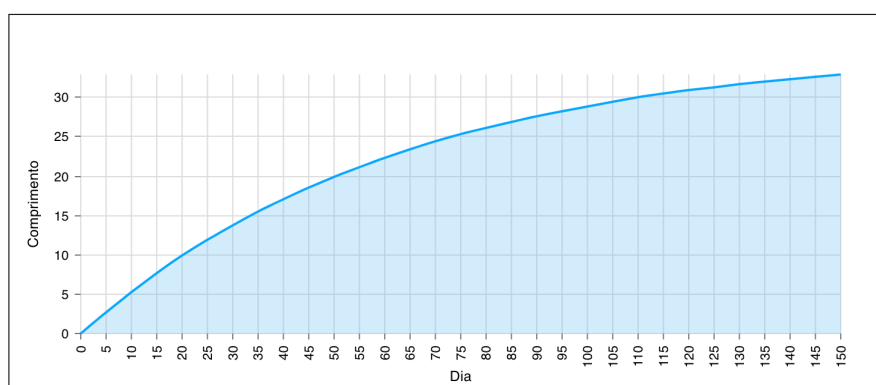


Figura 8 – Gráfico obtido pela aplicação a partir dos mesmos dados biométricos

5 Conclusão

Com o conjunto de fatores como crescimento populacional, mudanças climáticas e as consequências da pandemia na renda e acesso a recursos básicos de parte da população, a criação de novos métodos e otimização daqueles já existentes para suprir a demanda de alimentos tem se tornado cada vez mais importantes.

Tendo conhecimento do rápido impacto causado pela melhora nos métodos de cultivo já praticados, soluções que auxiliem criadores a optar por agir da melhor forma a fim de otimizar seus resultados mostram-se viáveis e eficientes para o tratamento do problema e aplicações podem ser vistas em diversas áreas, como na aquicultura 4.0 abordada previamente.

Como forma de contribuir com o conjunto de soluções para o problema, este trabalho propôs uma aplicação para avaliação e prognóstico de crescimento de organismos aquáticos em ambientes de aquicultura 4.0, auxiliando os criadores a tomarem decisões mais eficientes para o manejo e despesa dos seus viveiros de criação.

A aplicação proposta permite que criadores utilizem dados existentes de biometrias passadas para alimentar a base de dados que contribuirá para a obtenção de melhores resultados, além de permitir que o criador realize comparativos entre ambientes em funcionamento, ou mesmo ambientes passados, a fim de detectar padrões ou estimar resultados e programar criações futuras. Reduzindo o gasto energético, consumo de ração e os custos da produção e resultando em um menor custo final do pescado e possibilitando um maior acesso à proteína animal pela população. A partir dos resultados obtidos nas validações em bases de dados existentes, o software mostrou-se uma solução viável para a análise de dados biométricos de uso direto do criador, abstraindo o conhecimento técnico normalmente requerido por soluções existentes.

Como trabalho futuro, pretende-se utilizar os resultados obtidos pela proposta para estimar mais parâmetros úteis para o criador, como estimar quantidade de ração necessária ou exibir métricas como biomassa, ganho de peso ou crescimento médio etc. Além de possibilitar que os dados coletados sejam utilizados em conjunto de algoritmos de aprendizagem para encontrar padrões em ciclos produtivos bem sucedidos e encontrar indicadores que possam estar afetando os resultados obtidos.

Referências

- BALDAN, D. et al. An r package for simulating growth and organic wastage in aquaculture farms in response to environmental conditions and husbandry practices. *PloS one*, Public Library of Science, v. 13, n. 5, p. e0195732–e0195732, 2018. ISSN 1932-6203. Citado na página 9.
- BALLAGH, A. C. et al. Integrating methods for determining length-at-age to improve growth estimates for two large scombrids. *Fishery Bulletin*, US Department of Commerce, v. 109, p. 90–100, 2011. Citado na página 7.
- BELTON, B.; LITTLE, D. C.; BUSH, S. R. Let them eat carp: Fish farms are helping to fight hunger. The Conversation Trust, 2018. Citado na página 6.
- BIRYUKOV, A.; DINU, D.; KHOVRATOVICH, D. Argon2: new generation of memory-hard functions for password hashing and other applications. In: IEEE. *2016 IEEE European Symposium on Security and Privacy (EuroS&P)*. [S.l.], 2016. p. 292–302. Citado na página 11.
- BURNHAM, K. P. Model selection and multimodel inference. *A practical information-theoretic approach*, Springer, 1998. Citado na página 7.
- CARMO, J. L. do et al. Crescimento de três linhagens de tilápia sob cultivo semi-intensivo em viveiros. *Revista Caatinga*, v. 21, n. 2, 2008. Citado na página 7.
- DUPONT, C.; COUSIN, P.; DUPONT, S. lot for aquaculture 4.0. *Global Internet of Things Summit (GloTS)*, p. 180–185, 2018. Citado na página 7.
- FOOD, F.; NATIONS, A. O. of the U. World aquaculture, a brief overview. FAO: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2020. Citado 2 vezes nas páginas 4 e 6.
- FOOD, F.; NATIONS, A. O. of the U. Aquaculture news 2021. FAO: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2021. Citado na página 6.
- FOUNDATION, D. S. *Django - The web framework for perfectionists with deadlines*. 2022. <<https://www.djangoproject.com>>. Acesso: 03/06/2022. Citado na página 14.
- GRAAF, G. D.; PREIN, M. Fitting growth with the von bertalanffy growth function: a comparison of three approaches of multivariate analysis of fish growth in aquaculture experiments. *Aquaculture Research*, v. 36, n. 1, p. 100–109, 2005. Citado na página 9.
- HARDT, D. et al. *The OAuth 2.0 authorization framework*. [S.l.]: RFC 6749, October, 2012. Citado na página 11.
- HELD, G. *Server management*. [S.l.]: CRC Press, 2000. Citado na página 12.
- JAMES, I. R. Estimation of von bertalanffy growth curve parameters from recapture data. *Biometrics*, JSTOR, p. 1519–1530, 1991. Citado na página 9.

- KATSANEVAKIS, S.; MARAVELIAS, C. D. Modelling fish growth: multi-model inference as a better alternative to a priori using von bertalanffy equation. *Fish and fisheries*, Wiley Online Library, v. 9, n. 2, p. 178–187, 2008. Citado na página 7.
- KÜHLEITNER, M. et al. Best-fitting growth curves of the von bertalanffy-pütter type. *Poultry science*, Elsevier, v. 98, n. 9, p. 3587–3592, 2019. Citado na página 16.
- LEE, L. et al. A new framework for growth curve fitting based on the von bertalanffy growth function. *Scientific reports*, Nature Publishing Group, England, v. 10, n. 1, p. 7953–7953, 2020. ISSN 2045-2322. Citado na página 9.
- LIN, J. W.-B. Why python is the next wave in earth sciences computing. *Bulletin of the American Meteorological Society*, American Meteorological Society, v. 93, n. 12, p. 1823–1824, 2012. Citado na página 14.
- LUGERT, V. et al. A review on fish growth calculation: multiple functions in fish production and their specific application. *Reviews in aquaculture*, Blackwell Publishing Ltd, v. 8, n. 1, p. 30–42, 2016. ISSN 1753-5123. Citado 2 vezes nas páginas 9 e 16.
- PAULY, D. *Fish population dynamics in tropical waters: a manual for use with programmable calculators*. [S.l.]: WorldFish, 1984. v. 8. Citado na página 7.
- PLATFORMS, I. M. *React – A JavaScript library for building user interfaces*. 2022. <<https://reactjs.org>>. Acesso: 25/05/2022. Citado na página 14.
- PRAPTI, D. R. et al. Internet of things (iot) based aquaculture: An overview of iot application on water quality monitoring. *Reviews in aquaculture*, Wiley Subscription Services, Inc, v. 14, n. 2, p. 979–992, 2022. ISSN 1753-5123. Citado na página 7.
- SANTOS, J. F. et al. A comparative study on nile tilapia under different culture systems: Effect on the growth parameters and proposition of new growth models. *Aquaculture*, Elsevier, v. 503, p. 128–138, 2019. Citado 2 vezes nas páginas 4 e 19.
- SERVICES, I. A. W. *Cloud Computing Services - Amazon Web Services (AWS)*. 2022. <<https://aws.amazon.com>>. Acesso: 03/06/2022. Citado na página 13.
- SERVICES, I. A. W. *PostgreSQL: The World's Most Advanced Open Source Relational Database*. 2022. <<https://www.postgresql.org>>. Acesso: 03/06/2022. Citado na página 14.
- SMYTH, G. K. Nonlinear regression. *Encyclopedia of environmetrics*, John H. Wiley & Sons, Chichester, v. 3, p. 1405–1411, 2002. Citado na página 16.
- UNICEF et al. The state of food security and nutrition in the world 2021. FAO: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2021. Citado na página 6.
- VINCENT, W. S. *Django for Beginners: Build websites with Python and Django*. [S.l.]: WelcomeToCode, 2021. Citado na página 14.
- VIRTANEN, P. et al. Scipy 1.0: fundamental algorithms for scientific computing in python. *Nature methods*, Nature Publishing Group, v. 17, n. 3, p. 261–272, 2020. Citado na página 16.

WIRFS-BROCK, A.; EICH, B. Javascript: the first 20 years. *Proceedings of the ACM on Programming Languages*, ACM New York, NY, USA, v. 4, n. HOPL, p. 1–189, 2020. Citado na página 14.

WOHLGETHAN, E. *Supporting Web Development Decisions by Comparing Three Major JavaScript Frameworks: Angular, React and Vue.js*. Tese (Doutorado) — Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg, 2018. Citado na página 14.