



Universidade Federal da Paraíba
Centro de Informática
Graduação em Engenharia da Computação

Solução digital para manejo de pescados utilizando gestão de processos de negócio

Bruno Luan Gomes da Silva

João Pessoa - PB
2025

Bruno Luan Gomes da Silva

Solução digital para manejo de pescados utilizando gestão de processos de negócio

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia da Computação do Centro de Informática da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), como requisito para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia da Computação.

Orientador: Romulo Calado Pantaleão Camara

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

Silvas Silva, Bruno Luan Gomes da.

Solução digital para manejo de pescados utilizando
gestão de processos de negócio / Bruno Luan Gomes da
Silva. - João Pessoa, 2025.

65 f. : il.

Orientação: Romulo Câmara.

TCC (Graduação) - UFPB/CI.

1. Piscicultura. 2. Carcinicultura. 3. BPM. 4. IoT.
5. Sistema de Gestão. I. Câmara, Romulo. II. Título.

UFPB/CI

CDU 004

Bruno Luan Gomes da Silva

Solução digital para manejo de pescados utilizando gestão de processos de negócio

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia da Computação do Centro de Informática da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), como requisito para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia da Computação.

Trabalho aprovado. João Pessoa - PB, 20 de dezembro de 2024

Romulo Calado Pantaleão Camara
Orientador

João Pessoa - PB
2025

Resumo

A gestão na piscicultura e carcinicultura enfrenta desafios significativos devido à complexidade dos processos produtivos e à falta de soluções digitais especializadas. Os sistemas existentes no mercado possuem limitações, principalmente no que se refere à modelagem precisa das operações aquícolas. Para suprir essa lacuna, este trabalho propõe o desenvolvimento de um sistema de gestão inovador, utilizando a metodologia de Gerenciamento de Processos de Negócio (BPM) como diferencial. A metodologia envolveu a análise de mercado, a modelagem detalhada dos processos aquícolas e a implementação de um Mínimo Produto Viável (MVP) do sistema, estruturado em módulos para monitoramento da produção, controle de biometria, alimentação e gestão financeira. Além disso, o trabalho sugere a integração do sistema com dispositivos IoT para coleta automatizada de dados em tempo real, permitindo um controle mais preciso e eficiente dos parâmetros de produção. O sistema foi desenvolvido com tecnologias modernas, garantindo escalabilidade e usabilidade. Como resultado, a implementação do MVP demonstrou a viabilidade da solução e reforçou a importância do BPM e da automação digital como estratégias para otimizar a gestão aquícola.

Palavras-chave: Piscicultura, Carcinicultura, BPM, Sistema de Gestão, IoT, Automação.

Abstract

Aquaculture management in fish and shrimp farming faces significant challenges due to the complexity of production processes and the lack of specialized digital solutions. Existing management systems have limitations, particularly in accurately modeling aquaculture operations. To address this gap, this study proposes the development of an innovative management system using Business Process Management (BPM) as a key differentiator. The methodology involved market analysis, detailed modeling of aquaculture processes, and the implementation of a Minimum Viable Product (MVP) structured into modules for production monitoring, biometric control, feeding, and financial management. Additionally, the study suggests integrating the system with IoT devices for real-time automated data collection, enabling more precise and efficient production control. The system was developed using modern technologies, ensuring scalability and usability. As a result, the MVP implementation demonstrated the feasibility of the solution and reinforced the importance of BPM and digital automation as strategies to optimize aquaculture management.

Keywords: Fish farming, Shrimp farming, BPM, Management System, IoT, Automation.

Lista de tabelas

Tabela 1 – Comparação entre os sistemas de gestão Aquabit, Aquaweb, Meu Pescado e Despesca	26
Tabela 2 – Tabela de tecnologias do frontend	39
Tabela 3 – Tecnologias para Backend	40
Tabela 4 – Tecnologias para Infraestrutura e Deploy	41
Tabela 5 – Módulos do Sistema de Gestão	43
Tabela 6 – Parâmetros de Qualidade da Água	52
Tabela 7 – Tabela de Implementações do sistema MVP	55
Tabela 8 – Informações do Lote	56
Tabela 9 – Detalhes dos Tanques	56
Tabela 10 – Informações Gerais do Arraçoamento	57
Tabela 11 – Detalhes dos Tanques no Arraçoamento	57
Tabela 12 – Informações Gerais da Biometria	57
Tabela 13 – Detalhes dos Tanques	58
Tabela 14 – Tabela de Alimentação para Camarões p/ 50.000 PLs	59

Lista de figuras

Figura 1 – Sistema extensivo com captação da água de rio	15
Figura 2 – Cultivo operacional em estufas	16
Figura 3 – Homem realizando a biometria de um viveiro	20
Figura 4 – Doenças visíveis nos camarões	20
Figura 5 – Viveiro eutrofizado (esquerda) e viveiro adequado para produção (direita)	22
Figura 6 – Viveiro vazio para manutenção na Fazenda SynbiAqua	28
Figura 7 – Viveiro em atividade com aeradores de oxigênio	28
Figura 8 – Processo de fermentação para os viveiros	30
Figura 9 – Taxa de crescimento dos camarões marinhos	31
Figura 10 – Etiquetas digitais e sistema de gestão	34
Figura 11 – Operação de cadastro e leitura de tanque por dispositivo de leitura . .	36
Figura 12 – Estrutura base do sistema	41
Figura 13 – Modelagem de processos: Lotes e Tanques	49
Figura 14 – Modelagem de processos: Biometrias	50
Figura 15 – Modelagem de processos: Arraçamento e Estoque	51
Figura 16 – Modelagem de processos: Mortalidades	51
Figura 17 – Modelagem de processos: Registro	53
Figura 18 – Modelagem de processos: Financeiro	53

Sumário

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	Objetivo Geral de Pesquisa	13
1.1.1	Objetivos Específicos	13
2	REVISÃO DA LITERATURA	14
2.1	Carcinicultura no Brasil	14
2.2	Piscicultura no Brasil	16
2.3	Regras e processos de manejo em fazendas	18
2.3.1	Carcinicultura: processos e manejo	18
2.3.2	Piscicultura: processos e manejo	21
2.4	Sistemas de Gestão e Pescados	23
2.4.1	Sistemas de Gestão no Mercado	23
2.4.1.1	Aquabit	24
2.4.1.2	Aquaweb	24
2.4.1.3	Meu Pescado	24
2.4.1.4	Despesca	25
2.4.2	Tabela comparativa entre os softwares	25
3	METODOLOGIA DE TRABALHO	27
3.1	Visita à Fazenda SynbiAqua	27
3.1.1	Sobre a Fazenda	27
3.1.2	Manejo de Camarões	29
3.1.3	Arraçoamento	29
3.1.4	A importância da análise e gestão de dados na carcinicultura	30
3.1.4.1	Fator de Crescimento Alimentar e Curva de Crescimento	31
3.1.5	Dificuldades encontradas na gestão de manejo	32
3.1.6	Conclusões	33
3.2	Módulos Inteligentes	33
3.2.1	Dispositivos digitais de leitura	34
3.2.2	Metodologia de implementação de módulo inteligente	35
3.3	Metodologia para processos de negócio	37
3.4	Tecnologias do sistema de gestão	38
3.4.1	Frontend: lado do cliente	38
3.4.2	Backend: lado do servidor	39
3.4.3	Banco de dados	40
3.4.4	Hospedagem	40

4	SÍNTESE DO SISTEMA	42
4.1	Mapeamento de Processos	42
4.1.1	Módulo de Fazendas	43
4.1.2	Módulo de Tanques	44
4.1.3	Módulo de Lotes	44
4.1.4	Módulo de Biometrias	45
4.1.5	Módulo de Mortalidades	45
4.1.6	Módulo de Fornecedores e Clientes	46
4.1.7	Módulo de Funcionários e Módulo de Tarefas	46
4.1.8	Módulo de Ração e Arraçoamento	46
4.1.9	Módulo de Serviços	47
4.1.10	Módulo de Registros	47
4.1.11	Módulo Financeiro	48
4.2	Modelagem de processos e BPMN	48
4.2.1	Modelagem: Manejo de Lotes e Tanques	48
4.2.2	Modelagem: Biometrias	50
4.2.3	Modelagem: Arraçoamentos e Estoque	50
4.2.4	Modelagem: Mortalidades	51
4.2.5	Modelagem: Registros	51
4.2.6	Modelagem: Financeiro	53
5	RESULTADOS	54
5.1	Tabela de implementações	54
5.2	Análise de Dados	55
5.2.1	Caso: Tanques de produção intensiva de camarão	56
5.2.2	Conclusões: Análise de Dados	60
5.3	Dificuldades encontradas	60
5.4	Trabalhos e melhorias futuras	61
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	62
	REFERÊNCIAS	63

1 Introdução

A carcinicultura, a criação de camarões, e a piscicultura, a criação de peixes, são práticas de grande importância no Brasil. Ambas as atividades têm um histórico rico e diversificado na aquicultura, com técnicas e métodos que evoluíram ao longo dos anos para aumentar a eficiência e a sustentabilidade. Ao gerir fazendas de manejo, seja na piscicultura ou na carcinicultura, é preciso considerar desafios significativos. A complexidade de coordenar diversas atividades, desde a alimentação e monitoramento das espécies até a manutenção da qualidade da água, exige um alto nível de organização. O uso de recursos digitais, como softwares de gestão, sensores e tecnologias de automação, tem-se mostrado essencial para otimizar esses processos. Essas ferramentas permitem aos produtores tomar decisões baseadas em dados, aumentar a eficiência operacional e melhorar a sustentabilidade das fazendas.

A Associação Brasileira dos Criadores de Camarão (2021) relata que a carcinicultura brasileira teve um grande sucesso no início dos anos 2000, alcançando seu pico em 2003 com uma produção de 90.190 toneladas de camarão. A maior parte dessa produção foi destinada ao mercado internacional, contribuindo significativamente para as exportações do setor pesqueiro brasileiro. No entanto, em 2004, a produção começou a diminuir, caindo para 75.904 toneladas. Apesar da queda na produção, a indústria conseguiu gerar 200 milhões de dólares em exportações.

Em 2011, a produção caiu ainda mais para 69.571 toneladas, mas a indústria mostrou resiliência ao começar a explorar o mercado interno, que em pouco tempo passou a absorver toda a sua produção. Apesar das dificuldades, a atividade se adaptou ao mercado interno após a inviabilização do mercado externo, absorvendo toda a produção em poucos anos. Enfrentou enchentes em 2008 e 2009, a doença da mancha branca em 2016, e outros desafios, mas se concentrou na região nordeste, favorecida pelas condições edafoclimáticas (relativas ao solo e ao clima). Para sobreviver, os produtores adotaram medidas como comedouros fixos, berçários intensivos, probióticos e redução da densidade de estocagem. Mesmo com a pandemia de COVID-19, a produção cresceu de 60.000 toneladas em 2016 para 120.000 toneladas em 2021 (ABCC, 2021).

Nos últimos anos, a piscicultura brasileira tem mostrado um crescimento constante. Em 2021, a produção foi de 841.005 toneladas, um aumento de 2,3% em relação ao ano anterior. Segundo o relatório anual de piscicultura, em 2022 a produção subiu para 860.355 toneladas, mantendo o mesmo ritmo de crescimento de 2,3%. Já em 2023, apesar dos desafios climáticos e sanitários, o setor cresceu 3,1%. Com base nesses números, a perspectiva para 2024 é bastante promissora, com expectativas de crescimento contínuo impulsionado por investimentos em tecnologia e infraestrutura (MEDEIROS, 2023).

A expansão do mercado, especialmente para exportações para a Ásia e Europa, apresenta grandes oportunidades. Além disso, a adoção de práticas sustentáveis e a certificação de produtos devem ganhar mais destaque, atendendo à crescente demanda por alimentos sustentáveis. A inovação em alimentação e manejo de peixes, como sempre, tem sido crucial para aumentar a eficiência e a produtividade, consolidando o Brasil como um importante polo no setor de piscicultura (MEDEIROS, 2023).

Ainda assim, é importante ressaltar a necessidade de monitorar o crescimento dos peixes e camarões de forma eficiente e precisa. As técnicas atuais, que envolvem ferramentas manuais, podem levar a erros significativos, especialmente considerando o grande volume de produção nas fazendas. Portanto, a adoção de tecnologias promissoras, é um viés necessário para melhorar a precisão do monitoramento e gestão na carcinicultura e piscicultura.

A criação de pescados envolve uma série de processos, desde a seleção de pós-larvas ou alevinos, do berçário, onde continuam a crescer, durante a engorda e até o processo de despesca. Dentro de cada uma dessas etapas, boas práticas na criação de camarões envolvem medidas de biossegurança essenciais para a manutenção do processo. Garantir a qualidade da água nos viveiros, monitorar a saúde dos animais, prevenção de doenças e, principalmente, manter registros detalhados para avaliar e melhorar a cadeia produtiva do negócio (ABCC, 2012).

Ao considerar os processos e registros, Iritani et al. (2015) destaca que as metodologias de gestão empresarial podem ser enquadradas no BPM (Gerenciamento de Processos de Negócio), uma abordagem que tem como objetivo identificar, projetar, documentar e melhorar os processos de negócio em uma empresa, com o uso de tecnologias promissoras. Um exemplo disso pode ser observado na carcinicultura e piscicultura, que funcionam como um conjunto de processos interconectados, focados na eficiência, no crescimento e na conversão alimentar, permitindo a tomada de decisões informadas para garantir a sustentabilidade de todo o processo produtivo (SOARES; EVANGELISTA; PEREIRA, 2021).

Um sistema de gestão com gerenciamento de processo de negócio pode aumentar significativamente a produtividade de uma empresa ao padronizar e otimizar os processos de trabalho. Com estas medidas, é possível identificar e eliminar ineficiências, garantindo que os recursos sejam utilizados de forma eficaz (TOTVS, 2022).

A transparência e visibilidade dos dados fornecidos pelo sistema de gestão permitem um melhor acompanhamento das métricas de desempenho, facilitando a tomada de decisões e a implementação de melhorias contínuas no sistema (TOTVS, 2022).

Em resumo, o sistema de gestão capacita as fazendas a serem mais ágeis, eficientes e competitivas no mercado.

Considerando a relevância destes segmentos para a aquicultura no Brasil, este

trabalho propõe a síntese de um novo sistema de gestão para a piscicultura e carcinicultura. Ao explorar e analisar os principais sistemas de gestão utilizados nessas áreas, existem abordagens inexploradas que podem revolucionar o setor, trazendo uma série de benefícios significativos para os produtores. Para realizar a síntese de um sistema de gestão, é preciso, antes de tudo, estudar e compreender o processo de manejo, seja na prática por relato autêntico de produtores, como no caso, da visita à fazenda SymbiAqua no interior do Rio Grande do Norte, ou nos relatos encontrados no canal da TV Revista Rural (2020), com casos espalhados por todo o Brasil. Além disso, procurar as devidas orientações, buscando seguir cartilhas e as recomendações profissionais das entidades vigentes, como é o caso do guia de boas práticas da Embrapa por Soares, Evangelista e Pereira (2021).

1.1 Objetivo Geral de Pesquisa

Desenvolver um Mínimo Produto Viável (MVP) de um sistema de gestão para manejo e cultivo de camarões e peixes, utilizando a metodologia de Gestão de Processos de Negócio (BPM) e permitindo a integração com módulos inteligentes.

1.1.1 Objetivos Específicos

1. **Compreender** as metodologias e os processos que são utilizados pelas técnicas de manejo e cultivo de camarões e peixes e incorporá-las no sistema digital que será sintetizado neste trabalho.
2. **Comparar** com as opções de gestão disponíveis no mercado e definir os diferenciais e destaques do novo sistema.
3. **Realizar um diagnóstico** da indústria da carcinicultura e piscicultura no Brasil, incluindo um estudo do histórico e acompanhamento realizado pelo censo da área, para entender melhor o contexto em que o sistema de gestão será implementado.
4. **Quantificar** o impacto potencial do novo sistema de gestão na eficiência e eficácia das operações de carcinicultura e piscicultura.
5. **Desenvolver** um sistema de gestão para carcinicultura e piscicultura para auxiliar no controle e processo do manejo de produção com as tecnologias mais recentes do mercado.

A pesquisa inclui uma revisão da literatura sobre a história da piscicultura e carcinicultura no Brasil, uma análise dos sistemas de gestão disponíveis no mercado e como este segmento tem se movimentado no país. Por fim, a síntese do sistema será proposta, utilizando a interpretação da metodologia de Gestão de Processos de Negócio (BPM), sugerido por Iritani et al. (2015).

2 Revisão da Literatura

A revisão da literatura acerca do referencial teórico pode ser dividida nas seguintes partes: o histórico da carcinicultura (criação de camarões) e piscicultura (criação de peixes) no país, o mercado voltado aos sistemas de gestão para pescados, artigos sobre as técnicas de manejo de produção e o uso de módulos inteligentes que podem ser integrados à síntese do sistema de gestão posteriormente.

2.1 Carcinicultura no Brasil

No Brasil, pode-se dizer que a carcinicultura tem sua maior representatividade no Nordeste, onde o Rio Grande do Norte se destaca como um dos estados de maior influência no setor. Segundo o texto publicado pela ABCCAM (2011), nos anos 70, o Governo Federal criou o 'Projeto Camarão' como alternativa à extração de sal, que era a atividade tradicional do estado, mas enfrentava um período de crise. No entanto, foi somente entre 1978 e 1984 que o primeiro projeto de produção comercial ocorreu com o apoio da Empresa de Pesquisas Agropecuárias do Rio Grande do Norte (EMPARN), responsável pela adaptação sistêmica das espécies nas condições locais. Nesta fase da carcinicultura no país, predominavam-se cultivos extensivos de baixa densidade de estocagem com alimentação natural produzida nos próprios viveiros. Ademais, apesar da falta de planos de pesquisa e tecnologia à época e das dificuldades na adaptação da espécie de camarão *P. Japonicus*, dentre outros fatores, esta primeira fase deixou pontos de apoio que iriam servir de apoio para uma viabilização comercial no país.

O auge da carcinicultura brasileira ocorreu no início dos anos 2000, como aponta Silva e Estades (2022), considerando os avanços tecnológicos apropriados para a produção de camarão branco, também conhecido como *Litopenaues vannamei*. Segundo a ABCC (2021), censo das regiões do Piauí, Ceará e Rio Grande do Norte, nos últimos 10 anos, só no estado do Ceará houve um aumento da ordem de 6.743,52 hectares em áreas produtoras de camarão, aumentando em 103% as áreas de fazendas de camarão, saindo de 6.579 hectares em 2011 para 13.322,52 hectares em 2021. Se tratando da carcinicultura brasileira, tem-se a diferenciação dos sistemas, dos quais é possível classificar em diferentes níveis de manejo e investimento em infraestrutura na produção desses pescados:

1. **Sistemas Extensivos:** Sistema de produção de investimento menor, onde o foco passa a ser a exploração da área com poucos insumos, equipamentos e mão de obra (ROCHA, 2020). Ver Figura 1.

Figura 1 – Sistema extensivo com captação da água de rio

Fonte: Canal VaiAqua (2020)

2. **Sistemas Semi-Intensivos:** Sistemas intermediários, caracterizados por estarem entre os extensivos e os intensivos. São considerados os mais tradicionais no país. Normalmente utilizam algumas técnicas dos sistemas intensivos (ROCHA, 2020).
3. **Sistemas Intensivos:** Sistema de produção agrícola que utiliza intensivamente insumos e tecnologia para o aumento da produtividade, uso de máquinas, tecnologia e mão de obra especializada. O aporte financeiro viabiliza o aumento da produtividade e no operacional (ROCHA, 2020).

Uma técnica bastante utilizada em sistemas de maior investimento é o cultivo de camarão em estufas, técnica comum em sistemas semi-intensivos e principalmente em sistemas intensivos, ver Figura 2. Em casos do tipo, o ciclo de crescimento do camarão é relativamente curto, especialmente quando são utilizadas técnicas avançadas. Isso resulta em um fluxo mais frequente de receitas e, conseqüentemente, maior segurança financeira para o produtor (ZANATTA, 2020).

Figura 2 – Cultivo operacional em estufas

Fonte: Zanatta (2020)

Por outro lado, em meio a todos os fatores, doenças como a mancha branca ainda são um grande problema em meio à produção de camarões, o que revela uma realidade que já foi enfrentada por outros países e que o Brasil ainda luta para superar em busca de uma produção sustentável. Fatores que anteriormente tinham um impacto reduzido passaram a ser cruciais com o surgimento das doenças. Isso inclui mudanças climáticas, flutuações nos parâmetros, alterações no manejo e atrasos na despesca.

Rocha (2020) ressalta que um grande fator determinante para quem quer ter sucesso nesta área do mercado é a qualidade da água, que tem forte influência desde a composição iônica dos viveiros até as temperaturas, dependendo da região. Outro ponto ressaltado é a busca por mão de obra qualificada, considerando que a tomada de decisões diárias, a análise de desempenho e, acima de tudo, a disponibilização no mercado para gerenciar uma fazenda de produção têm se tornado um tema de vital importância para superar esses desafios.

2.2 Piscicultura no Brasil

A piscicultura no Brasil teve origem no século XVIII, quando os holandeses introduziram viveiros de peixes no Nordeste. A partir dos anos 1930, as pesquisas científicas na área ganharam relevância, focando em espécies nativas e na tecnologia de indução hormonal para a reprodução em cativeiro. Na década de 1970, houve investimentos significativos no uso de espécies autóctones na piscicultura, destacando-se o tambaqui, o pacu e os piaus. Projetos comerciais surgiram nos anos 1980, substituindo a pesca extrativista e incorporando recursos estrangeiros. Nos anos 1990, técnicas avançadas impulsionaram a piscicultura, incluindo o cultivo de camarão no Nordeste e de ostras e mexilhões em Santa Catarina. No século XXI, a atividade cresceu com investimentos de grupos nacionais e

estrangeiros, gerando empregos e fortalecendo a cadeia produtiva (ESTADAO, 2021).

Além de fornecer alimentos nutritivos, a criação de peixes contribui para o desenvolvimento socioeconômico e pode impactar o turismo. Com mais de 11 mil rios e uma vasta faixa costeira, o Brasil tem potencial para expandir ainda mais a piscicultura como fonte relevante de proteína em resposta à demanda global por alimentos (ESTADAO, 2021).

A tilápia continua sendo o peixe mais cultivado na piscicultura brasileira. Segundo dados do anuário de Piscicultura no Brasil (2023), no ano de 2022, foram produzidas em todo o país 550.060 toneladas, o que representa 63,93% da produção nacional de peixes de cultivo. Esse volume registrou um aumento de 3% em relação às 534.005 toneladas de 2021. (PEIXEBR, 2023).

O Brasil ocupa a quarta posição no ranking mundial de produtores de tilápia (2023), mas há expectativas de que essa posição possa mudar em breve. O presidente da Associação de Piscicultura do Brasil, Francisco Medeiros, acredita que, nos próximos três ou quatro anos, o país estará próximo do terceiro lugar nesse ranking.

Assim como no caso das fazendas de camarão (Seção 2.1), as fazendas de piscicultura no Brasil se subdividem majoritariamente nos mesmos três modelos de sistemas: extensivos, semi-intensivos e intensivos.

O sistema extensivo na piscicultura apresenta características específicas. Nele, encontram-se baixas densidades de peixes por metro cúbico, o que significa que há menos peixes em um determinado espaço. A alimentação nesse sistema é baseada em recursos naturais, aproveitando o ambiente aquático para suprir as necessidades nutricionais dos peixes. Além disso, o sistema extensivo requer menor infraestrutura, o crescimento dos peixes é mais lento, e o investimento inicial é reduzido. É uma escolha adequada para áreas com abundância de recursos hídricos (CSEMPRESA, 2023).

No caso do sistema semi-intensivo, por conta das densidades intermediárias de peixes por metro cúbico, há uma quantidade razoável de peixes em um determinado espaço, permitindo um manejo mais eficiente. Além disso, nesse sistema, os peixes recebem alimentação complementar, além dos recursos naturais disponíveis no ambiente aquático. Em comparação ao sistema intensivo, o crescimento dos peixes é mais lento, o que pode ser vantajoso para algumas espécies, permitindo um desenvolvimento mais natural. Os custos de produção são intermediários, e o sistema é adequado para áreas com disponibilidade de água e espaço (CSEMPRESA, 2023).

Por fim, os sistemas intensivos na piscicultura são especialmente projetados para otimizar o uso do espaço, água e alimentos, visando maximizar a produtividade. Suas principais características incluem altas densidades de peixes por metro cúbico, o que significa que há uma concentração significativa de peixes em um espaço reduzido. Além disso, nesse sistema, é adotada uma alimentação balanceada e controlada, garantindo que os peixes recebam os nutrientes necessários para um crescimento rápido e saudável.

O monitoramento constante da qualidade da água é essencial para manter as condições ideais para os peixes. Tecnologias avançadas, como aeração e filtragem, são empregadas para otimizar o ambiente aquático. Como resultado, os peixes crescem rapidamente, e a produção por unidade de área é maximizada (CSEMPRESA, 2023).

2.3 Regras e processos de manejo em fazendas

Como pré-requisito para a sintetização do sistema de gestão, é essencial estudar as metodologias utilizadas no processo de manejo em fazenda de pescado. Para isso, é importante levar em conta as recomendações das entidades competentes. Seguindo determinada metodologia, é possível esquematizar e estruturar um sistema que utilize métricas para representar todo o ciclo produtivo nas fazendas. Sendo assim, serão abordados nas subseções posteriores os pontos relevantes fornecidos pelas entidades competentes na produção de camarões e peixes.

2.3.1 Carcinicultura: processos e manejo

Antes de trabalhar com a criação de camarões, é importante frisar a importância dos procedimentos de biossegurança. Nesse sentido, a ABCC (2012) aconselha os produtores de camarão a seguirem a cartilha de boas práticas de manejo e biossegurança nas fazendas, que foi elaborada com o propósito de fornecer orientações abrangentes e seguras para os empreendimentos relacionados à carcinicultura brasileira. Esses empreendimentos incluem laboratórios de produção de pós-larvas, fazendas de engorda de camarão, indústrias de processamento e fábricas de ração. O objetivo é prevenir, controlar e, se possível, combater as enfermidades que afetam o camarão cultivado, garantindo a regularidade e sustentabilidade da produção nacional. O compromisso consciente de todos os atores envolvidos é seguir e aplicar as medidas recomendadas, tornando-as a forma mais indicada e confiável de lidar com os desafios enfrentados pelo setor nos últimos vinte anos em diversos países produtores.

Segundo a ABCC (2012), dentro do ambiente de cultivo, são consideradas boas práticas de manejo:

- **Implementação das Medidas de Biossegurança:** Envolve planejamento, ação, verificação e correção para controlar enfermidades.
- **Tratamento da Água:** Monitorar regularmente a qualidade da água, incluindo parâmetros como temperatura, salinidade, pH, oxigênio dissolvido e amônia. Inclui filtração, estocagem e desinfecção antes do uso nas unidades produtivas.
- **Seleção de Reprodutores Livres de Patógenos:** Uso de ferramentas de diagnóstico molecular para garantir reprodutores saudáveis.

- **Uso de probióticos:** Probióticos são recomendados para melhorar a qualidade da água e a saúde dos camarões, reduzindo a matéria orgânica e melhorando a flora intestinal.
- **Manejo de Resíduos:** Implementar sistemas de tratamento de efluentes para minimizar o impacto ambiental dos resíduos gerados pela produção.
- **Controle de Qualidade da Ração:** Monitoramento da formulação e ingredientes para garantir a qualidade e segurança alimentar. Utilizar rações de qualidade e alimentar os camarões de acordo com suas necessidades nutricionais, evitando o excesso de alimentação que pode poluir a água.

Para um manejo adequado, é essencial garantir a sustentabilidade e eficiência da carcinicultura brasileira. Essas práticas visam prevenir e controlar enfermidades, assegurando a saúde dos camarões cultivados e a qualidade do produto final. Além disso, promovem o uso responsável dos recursos naturais, minimizando impactos ambientais e sociais negativos. A implementação dessas técnicas também contribui para a segurança alimentar e a viabilidade econômica das fazendas de criação, laboratórios de larvicultura, indústrias de processamento e fábricas de ração, fortalecendo toda a cadeia produtiva do setor.

A SEBRAE (2018), em sua cartilha, destaca a importância da infraestrutura das instalações e dos viveiros para camarões, recomendando viveiros escavados no solo com uma leve inclinação para facilitar a drenagem, com canais de acesso para a entrada e saída de água, portas d'água para regular o nível e depósitos para armazenar equipamentos e insumos. Equipamentos essenciais incluem caiaques, comedouros, compressores de ar e instrumentos de medição de qualidade da água. Nesse âmbito, há prerrogativas que devem ser feitas durante qualquer povoamento nos tanques de camarão, tais como:

- **Preparação dos Viveiros:** Antes do povoamento, os viveiros devem ser preparados com aplicação de calcário e fertilizantes para promover a produção de alimentação natural.
- **Alimentação:** Além da alimentação natural, é essencial fornecer ração balanceada, geralmente peletizada, com teor de proteína bruta entre 30% e 40%.
- **Monitoramento da Qualidade da Água:** Durante o cultivo, é importante monitorar parâmetros como temperatura, oxigênio dissolvido, salinidade e pH.
- **Biometria e Ajustes:** Realizar a biometria semanalmente para avaliar o crescimento dos camarões e ajustar a quantidade de ração conforme necessário.

Uma importante parte do ciclo de manejo, a biometria (Figura 3), é o processo de mensurar o peso e o tamanho de organismos. Durante o povoamento, a biometria

é responsável por trazer informações importantes para o acompanhamento do cultivo nos viveiros. Sendo assim, é possível avaliar o desempenho de crescimento dos animais, verificar a uniformidade da população, estimar a biomassa de um viveiro, dando a base para o produtor no processo de comercialização no lote de cultivo.

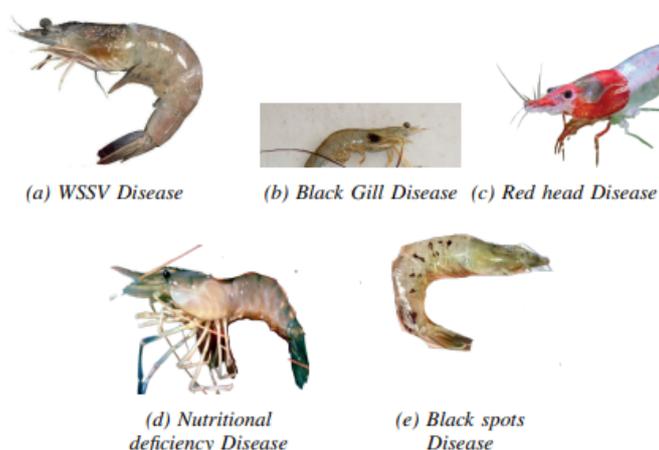
Figura 3 – Homem realizando a biometria de um viveiro



Fonte: Revista ABCC (2022)

Práticas como essas são implementadas por produtores nas fazendas, gerando um ciclo de produção que se inicia com a introdução das espécies no estágio inicial de reprodução larval, até que estejam suficientemente maduras para a despesca nos tanques. Durante todo esse percurso, é fundamental manter as condições adequadas de temperatura, salinidade e oxigenação nos tanques. No entanto, esse ciclo está sujeito à incidência de doenças, como a mancha branca (WSSV), que, se não monitoradas precocemente, podem acarretar perdas significativas no lote de povoamento. Ver Figura 4.

Figura 4 – Doenças visíveis nos camarões



Fonte: Ashraf e Atia (2021)

2.3.2 Piscicultura: processos e manejo

Assim, como na Subseção 2.3.1, o manejo de peixes segue uma prerrogativa similar. O manejo adequado dos tanques e viveiros envolve monitorar parâmetros como temperatura, pH, oxigênio dissolvido e transparência da água para garantir o bem-estar e crescimento saudável dos peixes. A limpeza regular e a renovação da água são essenciais para manter a qualidade do ambiente. A qualidade da água deve ser constantemente analisada e corrigida quando necessário. Além disso, fornecer uma alimentação balanceada e específica para cada espécie, bem como adotar práticas sanitárias, é fundamental para a saúde dos peixes.

Se tratando disso, existem pontos relevantes sobre manejo alimentar dos peixes, conforme o artigo de Correa e Silva (2022), que ressalta os seguintes aspectos:

- **Alimentação e manejo alimentar:** A alimentação é crucial para a manutenção e crescimento dos peixes. É importante conhecer o hábito alimentar e a exigência nutricional das espécies para escolher a ração adequada. Peixes jovens têm maior exigência proteica, e alimentos vivos são importantes na fase larval.
- **Composição das rações:** As rações comerciais devem ser balanceadas em termos de proteínas, energia, vitaminas e minerais, ajustadas à fase do ciclo de vida e ao hábito alimentar da espécie. Carnívoros, como o pirarucu, exigem rações com alto teor proteico, enquanto onívoros, como o tambaqui, toleram mais proteína vegetal.
- **Processamento e forma física:** A ração deve ser processada cuidadosamente para o meio aquático, evitando desperdício e garantindo a eficiência na alimentação dos peixes.

Um manejo de arraçamento adequado dos peixes é crucial para o sucesso da criação, influenciando diretamente indicadores de desempenho zootécnico, como ganho de peso, conversão alimentar, taxa de crescimento específico e taxa de eficiência proteica, além da duração do ciclo. Também é essencial para manter o bem-estar e a saúde dos animais, que, quando bem nutridos, apresentam maior resistência a agentes patogênicos e ao estresse, comuns em sistemas com altas densidades de estocagem (CORREA; SILVA, 2022).

Garantir o fornecimento adequado de alimento é importante em qualquer sistema de produção, especialmente quando lidamos com espécies carnívoras. Durante a fase de condicionamento, é crucial evitar a escassez de ração, pois isso pode levar ao canibalismo entre os peixes.

Existem duas abordagens comuns para alimentar os peixes: a primeira é fornecer alimento até que eles estejam saciados, observando sua aparência e comportamento. A segunda consiste em estabelecer uma quantidade fixa de ração, calculada com base no peso médio dos peixes e na fase de desenvolvimento em que se encontram. Além disso, é

importante registrar qualquer mortalidade ocorrida em cada viveiro ou tanque. (CORREA; SILVA, 2022)

Para determinar o peso médio dos indivíduos, realizam-se biometrias, que envolvem pesagens ou medições de uma porcentagem representativa do lote. Esses dados são registrados em formulários específicos para cada viveiro. (CORREA; SILVA, 2022)

Assim como na carcinicultura, o clima e a qualidade da água são relevantes no processo de engorda dos peixes. Segundo Correa e Silva (2022), a qualidade da água em viveiros de peixes é crucial para o sucesso da piscicultura. Alguns fatores essenciais incluem temperatura e oxigênio dissolvido. Como os peixes são animais peclotérmicos, sua temperatura corporal varia com a do ambiente. Em temperaturas extremas, é importante ajustar a alimentação, pois o metabolismo dos peixes pode ser afetado. Além disso, baixos níveis de oxigênio dissolvido podem prejudicar a digestão e a absorção de nutrientes. O pH e a concentração de amônia também são variáveis críticas; quando estão fora da faixa de conforto, podem afetar a ingestão de ração pelos peixes.

A transparência da água também desempenha um papel importante. Em viveiros com águas eutrofizadas (muito esverdeadas), a concentração de oxigênio dissolvido pode ser baixa, especialmente nas primeiras horas do dia (Ver Figura 5). Nesses casos, é recomendado suspender a alimentação para reduzir o metabolismo dos peixes e sua necessidade de oxigênio. Após correções na qualidade da água, a alimentação pode ser retomada. Além disso, a diminuição do consumo de alimentos pelos peixes pode ser um sinal precoce de problemas de saúde, como doenças ou parasitoses.

Figura 5 – Viveiro eutrofizado (esquerda) e viveiro adequado para produção (direita)



Fonte: Foto por Correa e Silva (2022)

2.4 Sistemas de Gestão e Pescados

A carcinicultura e a piscicultura são atividades econômicas importantes que contribuem significativamente para a produção de alimentos e a geração de empregos em muitas regiões costeiras. No entanto, a gestão eficaz de uma fazenda de pescados pode ser um desafio devido à complexidade dos sistemas de produção e aos impactos ambientais potenciais, como ressalta Silva e Estades (2022). É nesse contexto que entra a importância de um sistema de gestão para peixes e camarões.

Um sistema de gestão eficaz pode ajudar os produtores de camarão, por exemplo, a monitorar e controlar vários aspectos da produção, desde a aquisição de pós-larvas até a despesca e comercialização dos camarões. Isso pode incluir o monitoramento da qualidade da água, a gestão da alimentação, o controle de doenças, entre outros aspectos cruciais.

Além disso, um sistema de gestão pode ajudar a melhorar a sustentabilidade do processo de cultivo. Como, por exemplo, pode promover práticas que minimizem o impacto ambiental, como a gestão eficiente dos resíduos e o uso responsável dos recursos. Uma boa gestão implica em boas práticas de manejo e de biossegurança para o convívio com enfermidades nos cultivos, procedimentos técnicos para aquisição das pós-larvas, transferência das pós-larvas do laboratório de larvicultura para a fazenda, a aclimação das pós-larvas na fazenda, além das estratégias de povoamento adotadas nas fazendas de engorda, preparo dos viveiros de engorda, abastecimento dos viveiros e fertilização da água (SOARES; EVANGELISTA; PEREIRA, 2021).

Por fim, um sistema de gestão pode ajudar a aumentar a produtividade e a rentabilidade da fazenda de pescados. O fornecimento de informações em tempo real sobre o desempenho da fazenda, pode ajudar os produtores a tomar decisões informadas que maximizem a produção e minimizem os custos.

2.4.1 Sistemas de Gestão no Mercado

Nesta seção, serão analisados quatro sistemas de gestão que têm se destacado no mercado brasileiro de carcinicultura e piscicultura: AquaWeb, Meu Pescado, Despesca e Aquabit. Estes sistemas, com suporte para plataformas web e mobile, oferecem uma gama de funcionalidades que visam atender às diversas necessidades dos produtores de camarão.

A implementação de sistemas de gestão na carcinicultura e piscicultura é um passo fundamental para o monitoramento eficaz e o controle de várias etapas da produção. Estes sistemas integram diversas funções de gerenciamento em uma única plataforma, permitindo aos produtores monitorar a qualidade da água, gerenciar a alimentação, controlar doenças, entre outros aspectos cruciais, em tempo real e de qualquer lugar.

2.4.1.1 Aquabit

O Aquabit é um sistema de gestão voltado para a produção de peixes e camarões. Ele permite o controle de todos os processos durante o ciclo ou safra de peixes e camarões, com o objetivo de eliminar prejuízos na produção. Segundo os idealizadores, uma das suas principais vantagens é a capacidade de reduzir em até 10% os custos com ração usada nos tanques ou viveiros. O sistema oferece controle completo da produção e facilita a tomada de decisões. Ele está disponível em versões web e mobile. No site oficial, é possível verificar as principais funcionalidades indicadas pela empresa.

2.4.1.2 Aquaweb

O Aquaweb é uma solução para controle da criação de camarões e peixes em cativeiro. Essa solução, segundo os seus idealizadores, conta com o que há de mais avançado em termos de tecnologia, fazendo uso de cloud-computing (computação em nuvem), computação móvel, entre outras tecnologias. O Aquaweb utiliza computação em nuvem, computação móvel e aplicativos para tablets e smartphones, permitindo o acesso aos dados de qualquer lugar e a coleta de dados em campo sem conexão à internet. Assim, como o Aquabit, o Aquaweb possui espaço para cadastro de lotes, movimentação financeira, relatórios, povoamento, biometria, despesa e consumo de insumos.

2.4.1.3 Meu Pescado

O Meu Pescado se trata de um aplicativo de gestão de carcinicultura e piscicultura para produtores e compradores. Segundo os idealizadores, tem como principais funcionalidades os itens:

- **Controle de todos os manejos:** Permite o monitoramento e controle de todas as etapas do manejo na produção de peixes e camarões.
- **Análise financeira da propriedade:** Auxilia na gestão financeira da produção, permitindo acompanhar a saúde financeira da propriedade.
- **Conexão com compradores:** O sistema trabalha para conectar seus clientes diretos aos compradores, facilitando a comercialização dos produtos.
- **Garantia de entrega do produto comprado:** Assegura a entrega do produto comprado pelos clientes.
- **Qualidade do produto garantida:** Garante a qualidade do produto vendido.
- **Rastreabilidade:** Permite a rastreabilidade dos produtos, das águas até a mesa do consumidor.

2.4.1.4 Despesca

O software Despesca é uma ferramenta projetada para gestão de fazendas de aquicultura. Ele oferece controle abrangente sobre os ciclos de produção, estoque, custos, finanças e indicadores de desempenho, proporcionando uma visão clara e atualizada da operação da fazenda. Os painéis de controle do software fornecem acesso a informações relevantes em tempo real. Além disso, o software pode gerar gráficos e relatórios com dados gerenciais e zootécnicos, facilitando a análise e a tomada de decisões. Em relação ao estoque e às finanças, o Despesca oferece controle total, permitindo um acompanhamento detalhado dos lançamentos financeiros e do estoque. Ele também auxilia na distribuição dos custos operacionais e fornece uma compreensão detalhada dos custos em cada ciclo de produção. O software permite o gerenciamento do acesso dos funcionários a recursos específicos, garantindo que cada usuário tenha acesso apenas às informações necessárias para suas funções. Além disso, o software conta com serviço de geolocalização. Segundo o site oficial, a ferramenta permite delimitação de viveiros e outras propriedades construídas de forma intuitiva com tecnologia do *Google Maps*.

O Despesca está disponível através de um sistema web responsivo que pode ser acessado tanto de computadores como em dispositivos móveis.

2.4.2 Tabela comparativa entre os softwares

Com as informações dispostas e fornecidas pelas empresas dos respectivos sistemas de gestão, podemos elaborar uma tabela comparativa que indica as funcionalidades de cada um dos sistemas.

Com base nas informações adquiridas, observa-se que os quatro sistemas de gestão em análise apresentam funcionalidades análogas, todas comprometidas com a resolução dos problemas propostos relativos à gestão de fazendas de camarão. Cada sistema possui suas peculiaridades e adota métodos distintos ao abordar cada módulo, muitas vezes com as funcionalidades da plataforma associadas à precificação do sistema.

Por outro lado, observa-se na Tabela 1 que nenhum dos sistemas em análise contém módulos que empregam módulos inteligentes para analisar características físicas do animal, ou da integração com sensores que são utilizados para mensurar e quantificar dados provenientes dos tanques, tais como registro de salinidade, pH, entre outros.

Outra oportunidade não explorada, é a integração dos sistemas com sensores digitais para controle de qualidade nos tanques. A análise de dados de tanques e viveiros em tempo real no sistema, é um fator que pode agilizar proveitosamente a produtividade e controle de manejo, acelerando processos que normalmente demandam tempo.

Cabe salientar que, como sistemas de gestão, todos possuem módulos fundamentais que descrevem o fluxo de produção ocorrido nas fazendas, tais como Módulo de Vendas,

Tabela 1 – Comparação entre os sistemas de gestão Aquabit, Aquaweb, Meu Pescado e Despesca

Sistema de Gestão	Aquabit	Aquaweb	Meu Pescado	Despesca
Cadastro de Lotes	Sim	Sim	Sim	Sim
Módulo de Produção	Sim	Sim	Sim	Sim
Módulo de Vendas	Sim	Sim	Sim	Sim
Módulo de Relatórios	Sim	Sim	Sim	Sim
Módulo de Ração/Alimentação	Sim	Sim	Sim	Sim
Módulo de Usuários	Sim	Sim	Sim	Sim
Geo localização	*Não mencionado	*Não mencionado	*Não mencionado	Sim
Infraestrutura em nuvem	Sim	Sim	Sim	Sim
Marketplace para compradores e produtores	*Não mencionado	*Não mencionado	Sim	*Não mencionado

*Não foram encontradas informações nas páginas oficiais dos aplicativos

de Lotes, Alimentação etc. Por outro lado, alguns softwares buscam integralizar uma rede entre compradores e produtores, como forma de agilizar o fluxo de negócio, como é o caso do Meu Pescado (Seção 2.4.1.3). Outro exemplo, é o caso do Despesca (Seção 2.4.1.4), que em seu site oficial utiliza recursos de geolocalização para demarcar áreas de viveiros nas fazendas. Cada sistema tem suas particularidades ao implementar as funcionalidades em seus respectivos softwares, porém, para estes casos de Geolocalização e *Marketplace*, não foram encontrados relatos ou menções destas funcionalidades nos demais sistemas.

3 Metodologia de trabalho

A Metodologia de Trabalho fornece o roteiro que orientará todas as etapas do estudo, as tecnologias utilizadas, tanto de hardware como de software. Neste trabalho, a metodologia será utilizada para desenvolver e avaliar um mínimo produto viável (MVP) de um sistema de gestão de pescados com base na metodologia BPM (Gerenciamento de Processos de Negócio), endossado por Iritani et al. (2015) e Bueno, Maculan e Aganette (2019). Além disso, com base na pesquisa realizada na fazenda da empresa SynbiAqua de Cultivos Aquáticos, no interior do Estado do Rio Grande do Norte, foi possível obter dados relevantes para a modelagem dos processos de negócio a serem incorporados na metodologia do sistema de gestão. Esses dados permitiram identificar as principais atividades, fluxos de trabalho e pontos críticos que necessitam ser incluídos além do ciclo natural de manejo. A partir dessa análise, torna-se possível propor melhorias e implementar soluções tecnológicas que visam aumentar a eficiência e a sustentabilidade das operações.

A escolha desta metodologia é motivada pela necessidade de desenvolver um sistema eficiente que possa auxiliar a gestão do manejo de pescados. Acredita-se que, mantendo uma estrutura limpa, simples e concisa, possa acarretar benefícios significativos, como a melhoria da eficiência operacional e a tomada de decisões mais informadas, ao mesmo tempo que irá permitir a acoplação de microsserviços no aplicativo, tais como o uso de módulos inteligentes para gerar relatórios precisos em tempo real.

3.1 Visita à Fazenda SynbiAqua

A pesquisa, de caráter quantitativo-descritivo, foi realizada por meio de uma entrevista com Diego Rocha, gestor da SynbiAqua Cultivos Aquáticos, com o objetivo de estudar o processo de cultivo de camarões, identificar dificuldades no manejo e propor possíveis soluções para aprimorar o sistema de gestão.

3.1.1 Sobre a Fazenda

A Fazenda SynbiAqua, localizada em Vila Flor (RN), foi projetada com base em três pilares fundamentais. O primeiro é a simbiose, onde um Sistema Multitrófico Integrado promove o equilíbrio do ambiente de cultivo por meio de uma rede de microrganismos, integrando peixes, moluscos, algas e camarões marinhos. O segundo pilar é a Recirculação, que prioriza o reuso da água, minimizando a captação de recursos naturais e promovendo a sustentabilidade. Por fim, a Eficiência visa maximizar o desempenho zootécnico dos camarões, otimizando a infraestrutura para alcançar altos índices de produtividade.

Em atividade desde 2021, a fazenda possui 8 viveiros ativos com o tamanho médio de 2833 m². Cada viveiro é separado em estufas, que utilizam sombrite (tela de sombreamento) para amenizar a entrada de luz solar. Em caso de aumento de temperatura, o nível da água nos tanques sobe para controlar o ambiente interno, que pode oscilar dependendo do horário do dia. A Figura 6 mostra o ambiente interno dentro dos viveiros.

Figura 6 – Viveiro vazio para manutenção na Fazenda SynbiAqua



Fonte: Elaborado pelo Autor

Conforme visualizado na Figura 6, o tanque possui um buraco no centro responsável por realizar a sucção de matéria orgânica remanescente nos tanques, que são aproveitadas posteriormente como adubos. Além disso, para controlar o arraçoamento dos tanques, a fazenda utiliza alimentadores automáticos, que despejam rações de forma periódica. Na Figura 7 é possível verificar o viveiro em atividade com aeradores, mantendo a oxigenação durante todo o processo de engorda dos animais.

Figura 7 – Viveiro em atividade com aeradores de oxigênio



Fonte: Elaborado pelo Autor

3.1.2 Manejo de Camarões

A engorda do camarão no viveiro inicia-se já no processo de aclimação, o que permite que os organismos se adaptem às mudanças de temperatura e salinidade da água durante o transporte para os locais de povoamento. Segundo Lima et al. (2024), aclimação refere-se ao processo de adaptação dos animais a um novo ambiente ou condições de cultivo, sendo crucial para garantir a saúde e o bem-estar dos animais, minimizando o estresse e aumentando as chances de sobrevivência e crescimento saudável.

Nesse sentido, este processo é essencial para evitar choques bruscos nos camarões devido às diferenças de temperatura e salinidade entre a água de transporte e a água do viveiro. Durante o processo, o gestor reafirma a importância de monitorar de perto os camarões e a qualidade da água. Verificar a temperatura, salinidade e outros parâmetros da água regularmente ajuda a garantir que as condições sejam adequadas para os camarões se adaptarem.

Durante o processo, é discutida a importância de se monitorar a qualidade da água dos viveiros. O monitoramento da qualidade da água dos viveiros é fundamental para o manejo e sucesso da produção (ver Subseção 2.3.1). As variáveis físicas da água são: temperatura, pH, salinidade, turbidez e sólidos em suspensão. As variáveis químicas da água são: oxigênio dissolvido, alcalinidade, dureza, amônia, nitrito, demanda química de oxigênio (DQO), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), cloro residual e sulfeto de hidrogênio. Estes são os parâmetros mais importantes para a gestão da água do viveiro, estando em acordo com as métricas estabelecidas no manual de boas práticas da ABCC (2012).

3.1.3 Arraçoamento

Devido à relevância da ração nos custos de produção de uma carcinicultura sustentável, é essencial monitorar esse insumo por meio de um controle de qualidade eficiente ao recebê-lo na fazenda. A qualidade da ração está ligada à formulação, à qualidade e à segurança de seus ingredientes, além de estar diretamente relacionada ao desempenho desses ingredientes em termos de digestibilidade e aceitabilidade pela espécie cultivada (ABCC, 2012).

A ração influencia diretamente a qualidade do camarão produzido. Uma ração de qualidade contribui para a obtenção de camarões com bom sabor, textura e coloração, atendendo aos padrões de mercado e aumentando o valor do produto final.

A área de fermentação é fundamental para o processo de engorda (ver Figura 8), permitindo uma alimentação apropriada a cada fase de crescimento do camarão.

Figura 8 – Processo de fermentação para os viveiros

Fonte: Elaborado pelo Autor

3.1.4 A importância da análise e gestão de dados na carcinicultura

Em uma entrevista realizada pelo canal Aquaculture Brasil, o gestor da SynbiAqua, Diego Rocha, menciona a importância da análise de dados para a carcinicultura brasileira.

Segundo o gestor, quando se analisam informações relacionadas à fazenda, o gerenciamento de uma fazenda de camarão envolve diversas atividades práticas e operacionais essenciais, porém, a falta de tempo adequado para a análise de dados pode comprometer o processo de melhoria contínua. A construção de históricos de dados é fundamental para avaliar o desempenho e implementar melhorias. Três direções de análise são essenciais: o comportamento semanal dos parâmetros ambientais, a curva de crescimento diário do camarão e as biometrias, que permitem comparações de desempenho ao longo do ciclo de cultivo. Além disso, o acompanhamento detalhado dos custos por etapas de cultivo e peso do camarão é crucial para o planejamento financeiro, ajudando a prever gastos e equilibrar o fluxo de caixa (ROCHA, 2024).

A curva de crescimento diário de camarões demonstra como eles estão evoluindo em termos de massa, permitindo aos produtores observar padrões e tendências de crescimento ao longo do ciclo de cultivo. Nunes et al. (2005) destaca a importância de ajustar corretamente a quantidade de ração oferecida em operações de cultivo de camarões. A alimentação excessiva pode causar perdas econômicas sem aumentar o crescimento dos camarões, enquanto a subalimentação pode comprometer seu desenvolvimento. O crescimento dos camarões responde à quantidade de ração de forma não linear: inicialmente, a conversão alimentar é alta com pouco crescimento, mas aumenta até um ponto máximo, após o qual mais ração resulta em desperdício e menor eficiência alimentar.

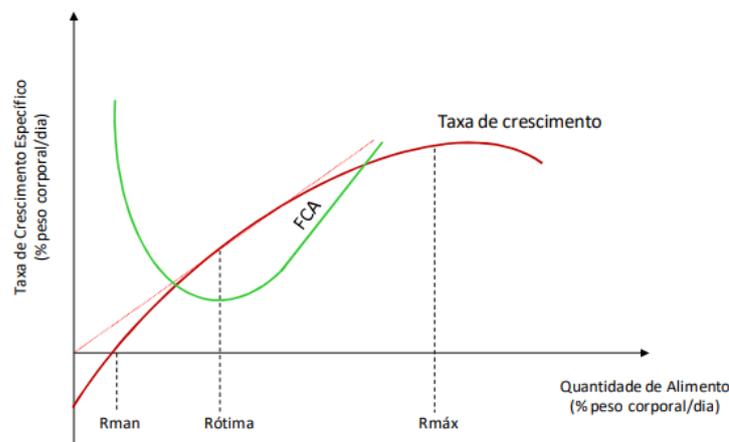
A simples coleta de dados, contudo, não é suficiente; é necessário estudá-los continuamente para otimizar a produção, identificar desafios e tomar decisões estratégicas,

como ajustar a capacidade de carga do ambiente ou avaliar a eficácia de insumos. A análise de dados também permite ao gestor melhorar a gestão operacional e tomar decisões comerciais mais assertivas. Em um mercado altamente competitivo, a organização interna da empresa e a análise precisa de dados tornam-se ferramentas indispensáveis para o sucesso e a evolução da fazenda de camarão (ROCHA, 2024).

3.1.4.1 Fator de Crescimento Alimentar e Curva de Crescimento

Conforme citado por Nunes et al. (2005) e ressaltado por Rocha (2024), o crescimento dos animais corresponde à quantidade de ração fornecida nos tanques, porém não de forma linear. Existem uma série de fatores que afetam a eficiência alimentar tanto no caso de peixes quanto no de camarões. Camarões, por exemplo, por se tratarem de animais bentônicos, tornam difícil observar diretamente o apetite e a alimentação, uma vez que há uma tendência de permanecerem na parte mais baixa dos viveiros e, por consequência, ficarem menos visíveis. Nunes et al. (2005) considera que o crescimento dos camarões ocorre de forma não linear, como mostra a Figura 9.

Figura 9 – Taxa de crescimento dos camarões marinhos



Fonte: Nunes et al. (2005)

Na Figura 9, mostra-se a relação entre a taxa de crescimento, o fator de conversão alimentar (FCA) e a quantidade de alimento ofertado. Os eixos do gráfico representam, respectivamente:

- **Eixo Vertical (y):** Representa a taxa de crescimento específico (% de peso corporal/dia).
- **Eixo Horizontal (x):** Representa a quantidade de alimento ofertada, expressa em percentual do peso corporal por dia.

A curva vermelha retratada no gráfico mostra a taxa de crescimento do animal em resposta ao aumento da quantidade de alimento ofertado. Inicialmente, conforme aumenta a quantidade de alimento, a taxa de crescimento específico também aumenta até um ponto ótimo. Após esse ponto, a taxa de crescimento começa a se estabilizar e, eventualmente, diminui devido ao excesso de alimento (que pode não ser totalmente aproveitado pelo animal). A curva verde representa o fator de conversão alimentar (FCA), ou seja, a quantidade de alimento necessária para que o animal ganhe uma unidade de peso. O FCA diminui (melhora) conforme a quantidade de alimento aumenta até certo ponto, mas depois começa a aumentar (piorar), indicando que mais alimento é necessário para o mesmo ganho de peso.

Na imagem, são destacados 3 pontos:

- **R_{man} (Refeição para Manutenção)**: Representa a quantidade mínima de alimento necessária para manter o animal vivo, sem crescimento.
- **R_{ótima} (Refeição Ótima)**: É a quantidade de alimento que proporciona o melhor crescimento relativo ao uso eficiente do alimento. Neste ponto, o FCA é o mais baixo, indicando eficiência máxima de conversão alimentar.
- **R_{máx} (Refeição Máxima)**: Indica a quantidade máxima de alimento que pode ser consumida sem resultar em crescimento adicional significativo. Após esse ponto, mais alimento não resulta em maior crescimento e pode ser desperdiçado.

Fornecer alimento próximo ao nível de **R_{ótima}** maximiza a taxa de crescimento específico e minimiza o FCA, resultando em um uso mais eficiente do alimento. Quantidades de alimento acima de **R_{máx}** não contribuem significativamente para o crescimento, apenas elevam o FCA e aumentam o desperdício (NUNES et al., 2005).

3.1.5 Dificuldades encontradas na gestão de manejo

O gestor ressalta que, em sua rotina na fazenda, utiliza planilhas para o planejamento e tomada de decisões financeiras. No entanto, ao calcular o custo de produção de um viveiro, ainda precisa recorrer a práticas manuais. Essa limitação resulta em despesas imprevistas, que impactam diretamente as decisões estratégicas da operação de cultivo.

O gestor também mencionou que buscou soluções de automação com o objetivo de acelerar os processos na fazenda. A automação permitiria agilizar o acesso às informações dos tanques e reduzir custos operacionais, especialmente no uso de aeradores. A checagem em tempo real dos níveis de oxigênio tornaria possível um ajuste mais preciso do funcionamento desses equipamentos, acionando-os apenas quando necessário e evitando desperdício de energia. No entanto, apesar das vantagens, os altos custos dessas soluções tornam sua implementação inviável no momento.

Além disso, o acesso imediato aos dados dos viveiros facilitaria a tomada de decisões mais ágeis e informadas, o que poderia melhorar o controle de parâmetros críticos, como qualidade da água e alimentação, garantindo um ambiente de cultivo mais eficiente e produtivo. Contudo, o alto investimento inicial e os custos de manutenção dessas tecnologias impõem desafios consideráveis para empresas de menor porte, que precisam equilibrar a necessidade de inovação com as restrições orçamentárias. Assim, o gestor encontra-se em um dilema entre a adoção de tecnologias avançadas e a sustentabilidade financeira da operação.

3.1.6 Conclusões

Apesar de possuir uma estrutura robusta e bem equipada, com base para produção intensiva de camarão, incluindo aeradores e alimentadores automáticos, observa-se que ainda há potencial para melhorias na gestão da produção. A digitalização de processos de negócios e a adoção de automações poderiam otimizar significativamente a eficiência operacional, permitindo um monitoramento mais preciso e em tempo real de parâmetros críticos. Esse aprimoramento não apenas resultaria em uma melhor alocação de recursos e controle de custos, especialmente em relação ao consumo energético, mas também impulsionaria a produtividade e conseqüentemente o aumento de lucros. Assim como ressaltado por Rocha (2024), a análise adequada de dados de produção é fundamental para um melhor gerenciamento de negócios da fazenda.

3.2 Módulos Inteligentes

Problemas relacionados à gestão de dados em fazendas de cultivo, seja de camarões ou peixes, podem ser mitigados por meio da aplicação e análise dos processos de negócios. Um estudo adequado da análise de dados, conforme destacado por Rocha (2024), pode fornecer parâmetros e uma base sólida para a tomada de decisões que impactam diretamente tanto o ciclo produtivo quanto a gestão empresarial. Um exemplo disso é a gestão financeira, com a centralização dos gastos provenientes de serviços terceirizados, laboratórios de larvicultura, manutenção de equipamentos como aeradores e alimentadores, entre outros. Compreender o comportamento do fluxo de caixa em diferentes contextos, como períodos de alta e baixa produção, permite uma previsão mais assertiva de despesas e receitas, contribuindo para a sustentabilidade financeira da fazenda. Além disso, a análise de dados pode identificar padrões de consumo e eficiência no uso de recursos, como ração e gastos energéticos, otimizando processos e reduzindo desperdícios.

Na Subseção 2.4.1, foi realizada uma comparação entre os sistemas de gestão utilizados tanto na carcinicultura quanto na piscicultura, e constatou-se que não há softwares que integrem diretamente o ambiente de cultivo ao sistema de gerenciamento

por meio de tecnologias que utilizam dispositivos digitais de leitura.

Na Subseção 3.1.5, foram apontadas algumas dificuldades associadas à automação de processos de manejo, que envolvem altos custos de implementação por serviços de terceirizadas, sendo que muitas vezes, esses processos não estão integrados de forma adequada a um sistema de gestão.

Contudo, existem abordagens no mercado que seguem uma linha semelhante ao que é visto na indústria e podem ser adaptadas para a implementação em um sistema de gestão de pescado. Diante disso, propõe-se a inclusão de um módulo no sistema de gestão que permita a integração de dispositivos digitais de leitura, com sincronização em tempo real na nuvem.

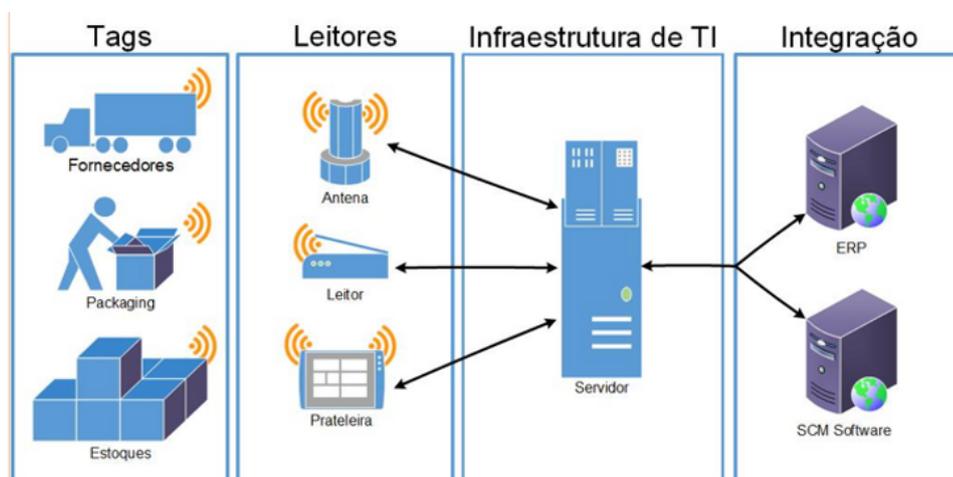
3.2.1 Dispositivos digitais de leitura

Na indústria, é comum utilizar dispositivos sem fio como forma de propagar a informação, gerir e fornecer dados que não fazem parte do sistema diretamente, mas podem interagir entre si, desde que estejam conectados à internet.

Na área de logística industrial, é uma prática cada vez mais constante o uso de etiquetas eletrônicas para identificar remessas de cargas em veículos fretados. É através deste tipo de ferramenta, que é possível economizar tempo e evitar checagens manuais, otimizando processos e atualizando informações. Ao mesmo tempo, é possível sincronizar estas informações e enviá-las para um sistema de gestão responsável por realizar o processamento dos dados (LEAO, 2022).

A Figura 10, mostra como funciona o ciclo de produção de um sistema de logística com o uso de dispositivos digitais de leitura, no caso, por etiqueta(*tags*).

Figura 10 – Etiquetas digitais e sistema de gestão



Fonte: Wahlbrink (2019)

Na Figura 10, etiquetas contendo microchips são inseridas em remessas, veículos

e estoques, permitindo o rastreamento por ondas de rádio, frequentemente utilizando antenas, leitores e outros dispositivos. Dessa forma, os dispositivos de leitura podem sincronizar com os dados das etiquetas e enviar informações para um sistema de gestão (ERP), onde ocorrerá o processamento dos dados. Esse ciclo possibilita a redução de erros de reabastecimento, facilita a atualização e contagem de estoque, diminuindo o tempo gasto e acelerando as demandas. Além disso, garante maior segurança, evitando furtos e falsificações de mercadorias (WAHLBRINK, 2019).

Na ausência de um sistema de leitura de dispositivos digitais, os funcionários responsáveis pelo processo de logística seriam obrigados a realizar verificações manualmente, muitas vezes utilizando papel e caneta, por exemplo. Esse método, além de estar sujeito a erros humanos, consome um tempo excessivo, o que compromete significativamente a eficiência operacional. A dependência de processos manuais não apenas reduz a produtividade, mas também resulta em uma falta de precisão na geração de relatórios periódicos. Essa imprecisão pode levar a decisões gerenciais inadequadas, impactando negativamente o desempenho geral da empresa. Portanto, a implementação de sistemas digitais de leitura é essencial para garantir a acurácia e a eficiência nas operações.

3.2.2 Metodologia de implementação de módulo inteligente

Com base nas informações que foram colhidas da Seção 3.1.5, sobre os problemas encontrados com respeito à gestão de negócios em uma fazenda de pescados, e com o uso recente de tecnologias de dispositivos de leitura, como os citados na Seção 3.2.1, é possível adaptar o uso desses dispositivos para o caso das fazendas de carcinicultura e piscicultura, no intuito de acoplar como uma funcionalidade do sistema de gestão a ser desenvolvido.

Assim como ocorre no caso dos sistemas de logística, é preciso partir da premissa de que serão utilizadas etiquetas. Neste caso, com base no que foi explicado anteriormente, essas etiquetas darão informações sobre recursos do sistema e podem ser sincronizadas via Internet por meio do leitor apropriado. Portanto, se tratando do manejo de cultivo de pescados, o principal ativo em uma fazenda são os tanques de povoamento. A partir deles, podem ser retiradas as seguintes informações:

1. **Ficha técnica:** Relativo aos valores brutos do tanque, tais como tamanho, capacidade, quantidade de animais no tanque, entre outros.
2. **Biometrias:** Dados sobre o crescimento e desenvolvimento dos peixes, incluindo peso médio, comprimento e outras medidas relevantes.
3. **Mortalidades:** Registro das mortes ocorridas no tanque, incluindo causas e datas.
4. **Registro de qualidade da água:** Informações sobre parâmetros da água, como pH, temperatura, níveis de oxigênio, amônia e nitritos.

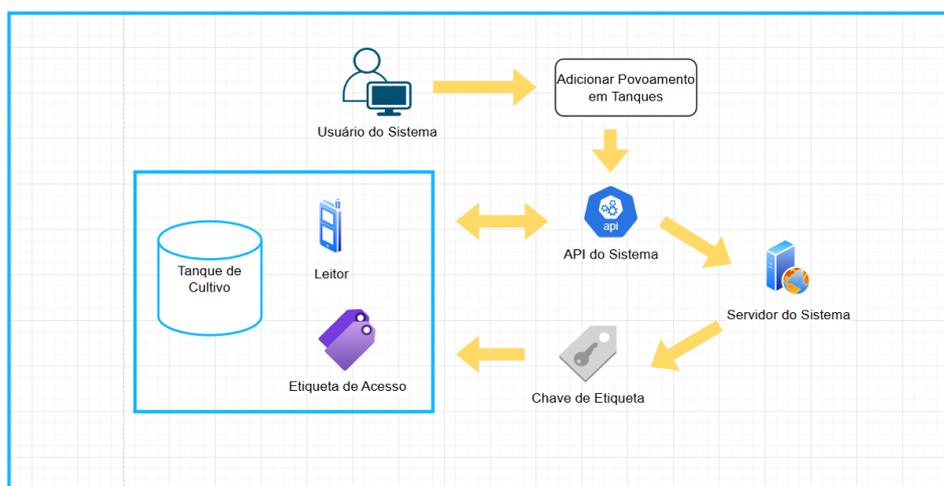
5. **Alimentação e Arraçoamento:** Detalhes sobre a quantidade e tipo de ração fornecida, horários de alimentação e consumo.
6. **Tratamentos e Medicamentos:** Histórico de tratamentos aplicados, incluindo tipos de medicamentos, dosagens e datas de aplicação.
7. **Manutenção do Tanque:** Registros de limpeza, reparos e outras atividades de manutenção realizadas no tanque.

No momento em que se adiciona um tanque no sistema de gestão, será possível gerar uma chave de acesso que pode ser utilizada para ter acesso a esta lista de informações. Sendo assim, ao gravar uma chave de acesso na etiqueta, permitirá ao usuário checar, com um dispositivo de leitura, toda a informação relevante de manejo sobre o tanque em questão.

Partindo desta premissa, sabendo que o dispositivo de leitura estará conectado à Internet, será possível atualizar estes dados a qualquer momento, com registro completo de tanque e a data na qual será feita tal modificação.

A Figura 11 ilustra como pode ser feita esta operação de forma análoga.

Figura 11 – Operação de cadastro e leitura de tanque por dispositivo de leitura



Fonte: Elaborada pelo autor

Conforme a Figura 11, ao criar um povoamento de tanques na plataforma de gestão, uma chave de etiqueta é gerada para cada tanque adicionado. Esta chave permite acessar a API do sistema para obter informações sobre os lotes de tanques.

As chaves de acesso podem ser gravadas em qualquer dispositivo físico que simbolize a etiqueta, desde que possam ser lidas por um leitor apropriado. Assim, o usuário pode colocar uma etiqueta em um tanque, que, ao ser lida, conecta-se à API do sistema para retornar os dados relativos ao tanque e fazer as manipulações desejadas no manejo.

3.3 Metodologia para processos de negócio

Ao integrar a metodologia por gerenciamento de processos de negócio, será avaliado como o fluxo de negócio operado nas fazendas ocorre.

Segundo Bueno, Maculan e Aganette (2019), o mapeamento de processos de negócio, é fundamental para a gestão, ajudando a conhecer e melhorar as atividades de uma organização. O que permite a elaboração de um diagnóstico preciso e detalhado, facilita a integração de todos os setores do negócio, ampliando a eficiência e a melhoria contínua nas atividades da empresa.

Sendo assim, é possível elaborar a estrutura do manejo em fazendas para o sistema de gestão utilizando as seguintes abordagens:

1. **Mapeamento de processos:** Demonstrar o fluxo do trabalho dentro da empresa e os seus responsáveis. Ou seja, é um recurso que simplifica e transparece a cadeia de valor do negócio (TOTVS, 2022). Do ponto de vista de fazendas de pescado, é interessante mapear todo o processo de produção, desde o ambiente intra, que cobre todo o processo de cultivo, até o ambiente extra, relacionado às demais variáveis que compõem o modelo de negócio da empresa, tais como funcionários, equipamentos, prestadores de serviço etc.
2. **Padronização de processos:** Cada empresa pode ter suas particularidades, se tratando de cultivo de pescados, algumas fazendas podem trabalhar em regimes mais intensivos, semi-intensivos ou até extensivos, terem muitos ou poucos lotes de povoamento, porém padronizar estes processos é fundamental para mensurar valores e analisar dados do fluxo de negócio da empresa e fazendas (TOTVS, 2022).
3. **Melhorias de processos:** O gerenciamento de negócio emprega a melhoria contínua, para isso, um sistema de gestão permite uma ampla integração entre setores e funções por toda a empresa. Assim, praticamente qualquer tarefa é documentada no sistema. São dados fundamentais para o controle dos processos e de futuras melhorias que poderão ser implementadas no sistema de gestão (TOTVS, 2022). Em um contexto de manejo de cultivos, esquematizar a estrutura básica de integração entre lotes, tanques, registros e fazendas é primordial para elaborar um diagrama de como será o sistema de gestão.
4. **Otimização de processos:** Após aplicar as melhorias, e revisar os dados provenientes dos processos, é possível identificar fragilidades e buscar alternativas para otimizar todo o fluxo de negócio (TOTVS, 2022). O produtor, ao analisar dados, poderá determinar sua tomada de decisão com parâmetros adequados e relatórios concisos, sobre gastos, biometrias, mortalidades, vendas, entre outros.

3.4 Tecnologias do sistema de gestão

Nesta seção, serão comentadas as tecnologias que serão utilizadas para desenvolver o mínimo produto viável (MVP) para o sistema de gestão de carcinicultura e piscicultura. Separando no lado do Frontend (lado do cliente web), no lado do Backend (lado do servidor) e no banco de dados utilizado.

3.4.1 Frontend: lado do cliente

Para elaborar o aplicativo web, o sistema utiliza o *Framework* NextJs para a hospedagem do website. NextJs é uma ferramenta criada pela empresa Vercel para criar aplicativos web modernos e de alto desempenho. Ele oferece uma série de funcionalidades, como renderização do lado do servidor (SSR), geração de sites estáticos (SSG) e suporte a APIs, que facilitam o desenvolvimento de aplicações escaláveis e eficientes.

Além disso, o NextJs integra-se perfeitamente com outras tecnologias populares, como React, permitindo a criação de interfaces de usuário interativas e dinâmicas. A flexibilidade e a robustez do NextJs tornam-no uma escolha ideal para desenvolver aplicativos que buscam otimizar a performance e a experiência do usuário em projetos web.

Por se tratar de um aplicativo que se baseia em preenchimento de dados, a biblioteca utilizada para fazer a validação de formulários é a React Hook Form, que permite gerenciar formulários com alta performance e menos re-renderizações.

Se tratando de estilização da plataforma, a biblioteca Tailwind CSS é a escolha para estilização rápida e responsiva com classes utilizadas.

Por fim, essas ferramentas combinadas proporcionam uma experiência de desenvolvimento otimizada, permitindo a criação de interfaces de usuário interativas, escaláveis e de alta performance. A Tabela 2 inclui as tecnologias de desenvolvimento que foram utilizadas para a elaboração do Frontend para este MVP.

Tabela 2 – Tabela de tecnologias do frontend

Tecnologia	Nome	Descrição
Framework de UI	Next.js / React.js	Frameworks JavaScript para construção de interfaces de usuário interativas
Estilização	Tailwind CSS	Bibliotecas para estilização de componentes em CSS
Gerenciamento de Estado	Zustand	Bibliotecas para gerenciamento de estado global da aplicação
Requisições HTTP	Fetch API (Node)	Biblioteca para realizar requisições HTTP
Formulários	React Hook Form	Biblioteca para gerenciamento de formulários de maneira eficiente
Testes Unitários e de Integração	Jest e React Testing Library	Ferramentas para realização de testes unitários e de integração

3.4.2 Backend: lado do servidor

Para criar um backend robusto e seguro, a opção de escolha foi o NestJS para a estruturação do servidor, JWT(Json web token) para autenticação baseada em tokens (chave de acesso), Prisma ORM para gerenciamento eficiente do banco de dados e a biblioteca Jest para testes automatizados. O NestJS oferece uma arquitetura modular e escalável, enquanto o JWT garante a segurança das transações com autenticação confiável. O Prisma ORM facilita a interação com o banco de dados, proporcionando uma camada de abstração poderosa e intuitiva. Por fim, o Jest permite a criação de testes unitários e de integração, assegurando a qualidade e a confiabilidade do código. Essas ferramentas combinadas resultam em um backend eficiente, seguro e bem testado, pronto para suportar aplicações web modernas. As tecnologias utilizadas podem ser cheçadas na Tabela 3.

Tabela 3 – Tecnologias para Backend

Tecnologia	Nome	Descrição
Framework	Nest.js	Framework JavaScript para construção de aplicações backend
Testes automatizados	Jest	Utilizado para teste e validação de rotas
ORM (Object-Relational Mapping)	Prisma ORM para PostgreSQL	Utilizado para facilitar a interação com o banco de dados PostgreSQL
Middleware de Autenticação	Implementação própria (Sessões do lado do servidor)	técnica de autenticação mais avançada

3.4.3 Banco de dados

Para o gerenciamento de dados, a escolha adequada será o banco PostgreSQL, um sistema de gerenciamento de banco de dados relacional avançado e de código aberto. O PostgreSQL é conhecido por sua robustez, escalabilidade e conformidade com os padrões SQL, oferecendo suporte a uma ampla gama de tipos de dados e funcionalidades avançadas, índices complexos, e extensões personalizadas. Além disso, ele possui uma forte comunidade de desenvolvedores e uma vasta documentação, o que facilita a resolução de problemas e a implementação de soluções eficientes. Essas características fazem do PostgreSQL uma escolha ideal para aplicações que exigem alta performance, segurança e flexibilidade no gerenciamento de dados.

3.4.4 Hospedagem

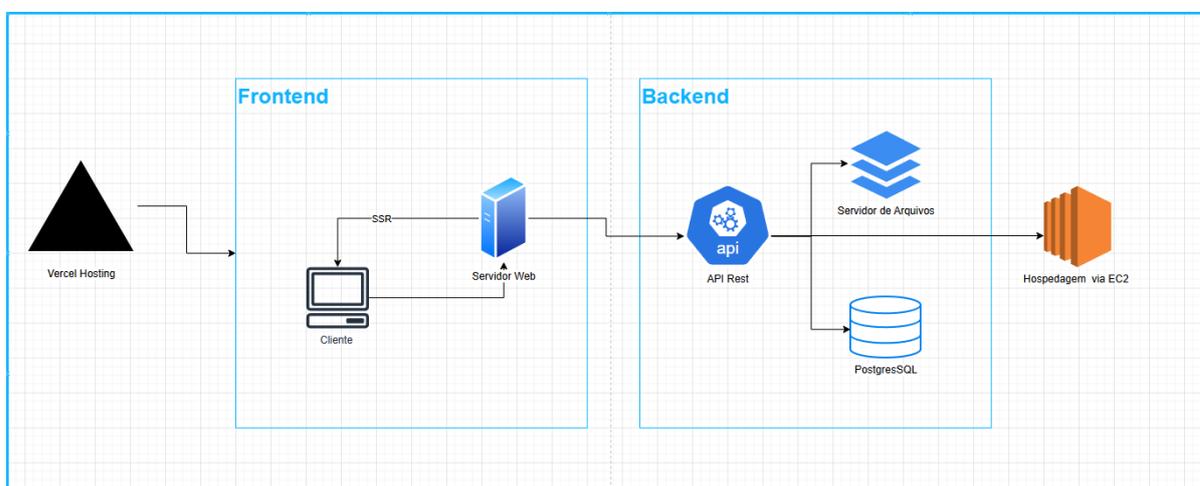
Para a hospedagem, o cliente Next.js será hospedado na plataforma da Vercel, garantindo alta performance e facilidade de publicação. O backend será implementado em um contêiner EC2 (Elastic Compute Cloud) da AWS (Amazon Web Services), proporcionando escalabilidade e segurança. O banco de dados PostgreSQL será executado em um contêiner hospedado em uma VPS (Servidor Privado Virtual), oferecendo flexibilidade e controle sobre o ambiente de execução. Essa configuração assegura uma infraestrutura robusta, eficiente e bem integrada para suportar a aplicação web. A Tabela 4 lista as tecnologias utilizadas para hospedar o aplicativo MVP.

Tabela 4 – Tecnologias para Infraestrutura e Deploy

Tecnologia	Nome	Descrição
Plataforma de Nuvem	AWS	Plataformas de nuvem para hospedagem de aplicações e serviços
Servidor	EC2 (AWS)	Serviços para hospedagem de aplicações
Banco de Dados	PostgreSQL no Neon	Serviços para hospedagem de bancos de dados
Frontend	Vercel	Plataformas para deploy de aplicações React.js
CI/CD	GitHub Actions	Ferramenta para implementação de integração contínua e entrega contínua
Controle de Versão	Git (GitHub)	Ferramentas para controle de versão de código
Documentação da API	Swagger	Ferramenta para documentação de APIs

O fluxograma que reúne o esquemático do sistema baseado nas tecnologias utilizadas das Subseções 3.4.1 à 3.4.4 está disposto na Figura 12.

Figura 12 – Estrutura base do sistema



Fonte: Elaborado pelo Autor

Com base nas informações coletadas, é possível realizar a síntese do sistema proposto, utilizando as regras de gerenciamento de processo de negócios e os dados obtidos da pesquisa realizada na Seção 3.1. Assim, será proposto um sistema de gestão esquematizado com a adição de módulo inteligente para leitura de dados de lotes de povoamento de pescados.

4 Síntese do Sistema

Com base na literatura referente aos sistemas de gestão e na metodologia adotada nas seções anteriores, pode-se esquematizar um sistema considerando todos os dados que foram obtidos. Para elaborar, será avaliado todo o processo de ciclo de manejo ocorrido em fazendas de camarão e peixes, tendo como base a visita realizada na fazenda SinbyAqua na Seção 3.1, apresentada como parte do processo metodológico. Além disso, foram investigados casos como o do canal TV Revista Rural (2020), que mostra o manejo de cultivos em fazendas por todo o Brasil.

Ao analisar esses casos e seguindo as diretrizes da metodologia para Gerenciamento de Processos de Negócio (Seção 3.3), é preciso, antes de tudo, realizar um mapeamento dos processos do manejo de pescados, padronizando as operações de modo que permita o povoamento de mais de uma espécie.

4.1 Mapeamento de Processos

Conforme explicado na Seção 3.3, é preciso realizar o mapeamento do fluxo de negócio das fazendas, considerando também os fatores indiretamente ligados ao cultivo de pescados. Fatores como prestação de serviços, funcionários, gastos com manutenção devem ser contabilizados, pois têm grande influência no fluxo de caixa da empresa. Para isso, é necessário falar dos módulos sob os quais o software de gestão foi estruturado, o que pode ser checado na Tabela 5.

Tabela 5 – Módulos do Sistema de Gestão

Módulo	Descrição
Módulo de Lotes(Povoamentos)	Relativo a cadastro e pesquisa de Lotes de Cultivo.
Módulo de Tanques	Cadastro e Pesquisa de Tanques, além de opções específicas de viveiros.
Módulo de Espécies	Cadastro e Pesquisa de Espécies de animais.
Módulo de Fazendas	Cadastro e Pesquisa de Fazendas.
Módulo de Funcionários	Cadastro e Pesquisa de Funcionário, podem receber tarefas dentro do app.
Módulo de Fornecedores	Cadastro e Pesquisa de Fornecedores, podem ser vinculados a gastos com Serviços e Lotes.
Módulo de Clientes	Cadastro e Pesquisa de Clientes, podem ser vinculados a venda de lotes e serviços.
Módulo de Tarefas	Cadastro de Tarefas, que podem ser delegadas aos funcionários para gestão.
Módulo de Serviços	Cadastro de Serviços, fatores que não fazem parte do manejo diretamente porém geram fluxo de caixa.
Módulo de Ração	Cadastro e Pesquisa de Ração, controle de estoque e compra de insumos.
Módulo de Arraçoamento	Cadastro de Arraçoamento, agendamento e gestão em tanques ativos.
Módulo de Biometrias	Cadastro de Biometrias em Tanques, registro de biomassa e peso médio.
Módulo de Registros	Registro de Qualidade da água, temperatura, ph etc.
Módulo de Finanças	Fluxo de Caixa, vendas e compras de insumos, faturas em cima de Lotes, Serviços etc.
Módulo de Mortalidades	Cadastro de mortalidades em tanques ativos, doenças, predadores etc.

Os módulos destacados na Tabela 5 interagem entre si, dando a dinâmica fundamental que ocorre em toda a gestão da empresa. Sendo assim, é necessário detalhar e expandir as informações sobre alguns dos principais módulos, como forma de entender o direcionamento e os limites de cada um deles.

4.1.1 Módulo de Fazendas

O módulo é responsável por gerenciar as fazendas da empresa. No módulo de Fazendas, estarão associados os módulos de Tanques e Lotes, o que permite ao usuário poder separar os manejos por propriedades.

4.1.2 Módulo de Tanques

Módulo responsável por gerenciar os tanques e viveiros. Um tanque está associado a uma série de dados no sistema de gestão, tais como biometrias, mortalidades, arraçoamentos, entre outros. Os tipos de tanques são variados, e fazem alusão aos diferentes regimes de produção de cultivo, mencionados no Capítulo 2, podendo ser classificados quanto ao tipo e à sua origem.

Além disso, para cada tanque criado, o sistema retornará uma chave de acesso a ser gravada em uma etiqueta. Esta chave permite o acesso à API do servidor para ter acesso aos dados de povoamento dos tanques.

4.1.3 Módulo de Lotes

Módulo responsável pelo manejo de pescados. Ao criar um lote, o usuário vai alocar tanques para iniciar o cultivo de uma espécie, o que envolve uma série de processos, como a previsão de despesca, e os estados do cultivo no período de manejo, sendo eles as seguintes fases:

1. **Reprodução:** Fase de incubação, normalmente focada na fertilização para o surgimento das larvas.
2. **Berçário:** O berçário é uma fase intermediária onde as pós-larvas (no caso de camarões) ou alevinos (no caso de peixes) são cultivadas em ambiente controlado até atingirem estágios mais desenvolvidos e resistentes, como juvenis.
3. **Crescimento:** Fase em que os animais são transferidos para viveiros maiores, onde começam a crescer. Estado onde o manejo da água, a densidade populacional e a alimentação são fatores importantes de monitoramento.
4. **Engorda:** Fase em que os animais atingem o tamanho comercial. Os animais são mantidos nos tanques sob condições ideais de temperatura, oxigenação e alimentação. O objetivo é maximizar o ganho de peso e a qualidade do animal. É comum, por exemplo, realizar a análise de dados quanto à curva de crescimento do animal como forma de otimizar o processo.
5. **Despesca:** Processo de coleta dos animais no tanque para comercialização. A partir deste ponto, o lote fica disponível para a venda para um ou mais clientes.
6. **Finalizado:** Caso o lote não tenha mais ativos (tanques com animais), o lote é dado como finalizado.

No sistema de gestão, não necessariamente o lote precisa iniciar na **Reprodução**, muitas vezes a fazenda não comporta laboratórios de larvicultura (no caso de pós-larvas), o

que permite ao povoamento iniciar em etapa de **Berçário** ou **Crescimento**, por exemplo. Existem fatores que podem influenciar o ciclo de produção dos lotes, como mortalidades, biometrias e registros, fazendo com que a previsão de despesa possa oscilar dentro de um determinado período.

4.1.4 Módulo de Biometrias

O Módulo de Biometrias desempenha um papel fundamental na avaliação do crescimento dos animais ao longo do tempo. Através das biometrias, é possível monitorar e registrar o desenvolvimento dos animais, permitindo a realização de mudanças de fase do lote com base em dados precisos e atualizados.

Este módulo possibilita a verificação do peso médio dos animais, o que é fundamental para determinar a biomassa presente em cada tanque. A partir dessas informações, os gestores podem tomar decisões informadas sobre a alimentação, manejo e comercialização dos lotes, garantindo a eficiência e a sustentabilidade das operações.

Além disso, o Módulo de Biometrias oferece ferramentas para a análise detalhada dos dados coletados, permitindo a identificação de padrões de crescimento e a detecção precoce de possíveis problemas.

Em resumo, o Módulo de Biometrias é essencial para a gestão integrada e eficiente das fazendas, proporcionando uma visão abrangente e detalhada do crescimento dos animais e contribuindo significativamente para o sucesso das operações.

4.1.5 Módulo de Mortalidades

O Módulo de Mortalidades é uma ferramenta essencial para o monitoramento e gestão das perdas de animais durante os lotes de povoamento. Mortalidades são eventos comuns e podem ocorrer devido a uma variedade de fatores, incluindo, mas não se limitando a: qualidade da água, temperatura, salinidade, doenças, predadores, poluição, alimentação inadequada, superpopulação e falta de recursos.

Este módulo permite a geração de relatórios detalhados e precisos sobre o estado dos tanques e o comportamento dos animais ao longo do tempo. Esses relatórios são fundamentais para identificar padrões e causas de mortalidade, possibilitando a implementação de medidas corretivas e preventivas para minimizar futuras perdas.

O módulo oferece funcionalidades para registrar e acompanhar cada incidente de mortalidade, fornecendo uma visão abrangente e histórica das condições dos tanques. Caso um lote sofra perda total, ele é automaticamente considerado **Finalizado**, liberando os tanques para novas atividades.

A capacidade de monitorar e analisar as mortalidades de forma sistemática e detalhada é crucial para a sustentabilidade e eficiência das operações, permitindo aos

gestores tomar decisões informadas e estratégicas para melhorar a saúde e o bem-estar dos animais.

4.1.6 Módulo de Fornecedores e Clientes

O Módulo de Fornecedores e Clientes é uma parte fundamental do ecossistema da empresa, especialmente no contexto do manejo de cultivo. Este módulo permite a gestão eficiente das relações com fornecedores e clientes, garantindo que todas as transações e interações sejam registradas e acompanhadas de forma detalhada.

Os fornecedores são essenciais para o fornecimento de insumos necessários ao cultivo, como ração, equipamentos, produtos químicos e outros materiais. Este módulo permite o registro de todos os fornecedores, incluindo informações detalhadas sobre os produtos fornecidos, condições de pagamento, histórico de transações e avaliações de desempenho.

Os clientes são o destino final dos lotes produzidos. Este módulo facilita o gerenciamento das vendas, permitindo o registro de informações detalhadas sobre cada cliente, como histórico de compras, preferências, condições de pagamento etc.

4.1.7 Módulo de Funcionários e Módulo de Tarefas

O Módulo de Funcionários permite que os colaboradores tenham acesso à plataforma para realizar tarefas e interagir com o sistema de gestão. Através deste módulo, os funcionários podem acessar um ambiente interativo onde podem cumprir metas estabelecidas por outros usuários, facilitando a colaboração e a eficiência no ambiente de trabalho.

Este módulo oferece funcionalidades para o gerenciamento completo dos funcionários, incluindo o registro de informações pessoais, cargos, horários de trabalho, e desempenho. Os gestores podem atribuir tarefas específicas a cada funcionário, monitorar o progresso e fornecer feedback.

O Módulo de Tarefas é projetado para guiar o sistema de gestão no dia a dia da empresa. Nele, metas são estabelecidas para serem cumpridas em datas específicas, definidas pelos gestores. Este módulo facilita a criação, atribuição e acompanhamento de tarefas, promovendo a organização e a rotatividade das atividades. As tarefas podem ser categorizadas por prioridade, prazo e responsável, permitindo uma visão clara e estruturada das responsabilidades de cada colaborador.

4.1.8 Módulo de Ração e Arraçoamento

O Módulo de Ração e Arraçoamento é um dos componentes mais importantes do sistema, desempenhando um papel vital na gestão eficiente de todo o negócio. Este módulo permite a administração detalhada do estoque de ração, categorizando-o por espécie, o que assegura que cada tipo de animal receba a nutrição adequada.

Além disso, o módulo facilita a realização de arraçoamentos em períodos previamente agendados, garantindo que os animais sejam alimentados de maneira consistente e no momento apropriado. Essa funcionalidade é essencial para manter a saúde e a sustentabilidade do cultivo, bem como para otimizar o uso dos recursos disponíveis.

Outra característica importante deste módulo é a capacidade de acompanhar o crescimento dos animais ao longo do tempo. Utilizando a curva de crescimento, os gestores podem monitorar o desenvolvimento dos animais, ajustando a alimentação conforme necessário para promover um crescimento saudável e eficiente.

Em resumo, o Módulo de Ração e Arraçoamento oferece uma abordagem integrada e sistemática para a gestão da alimentação animal, contribuindo significativamente para a produtividade e sustentabilidade das operações.

4.1.9 Módulo de Serviços

O Módulo de Serviços é crucial para a gestão de atividades que, embora não estejam diretamente relacionadas ao manejo de cultivo, são fundamentais para o funcionamento eficiente e sustentável da empresa. Este módulo abrange uma ampla gama de serviços que impactam o fluxo de caixa e a operação diária. Manutenção de equipamentos, compra de insumos de produção, pagamento de funcionários são alguns exemplos de **Serviços**.

4.1.10 Módulo de Registros

O Módulo de Registros refere-se ao controle de qualidade dos tanques. Nesse sentido, é essencial para garantir a saúde e o bem-estar dos animais, bem como a eficiência das operações de cultivo. Este módulo permite o monitoramento contínuo e detalhado de diversos parâmetros de qualidade da água, que são fundamentais para o sucesso do manejo.

Os fatores de registro incluem a medição periódica dos níveis de substâncias específicas, como amônia, nitritos e nitratos, além de parâmetros físicos e químicos como temperatura, pH, oxigênio dissolvido, salinidade, entre outros. A coleta e análise desses dados permitem a identificação precoce de problemas e a implementação de medidas corretivas antes que afetem significativamente a produção.

Com este módulo, os gestores podem gerar relatórios precisos e abrangentes sobre a qualidade da água ao longo do tempo, facilitando a tomada de decisões informadas e estratégicas. A manutenção de um ambiente aquático saudável é fundamental para maximizar o crescimento e a produtividade do cultivo, garantindo a sustentabilidade das operações.

4.1.11 Módulo Financeiro

O Módulo Financeiro é responsável pelo gerenciamento eficiente das finanças nas fazendas. Ele registra toda a movimentação financeira ocorrida nas propriedades, abrangendo uma ampla gama de operações. Desde a venda de lotes de produção, compra de ração, prestação de serviços, até os gastos com infraestrutura, todas essas transações são devidamente contabilizadas no caixa da empresa.

Este módulo permite que as vendas de um lote em despesa sejam realizadas para mais de um cliente, oferecendo flexibilidade e eficiência no processo de comercialização. Além disso, ele possibilita que as transações financeiras sejam parceladas, seja uma transação de venda ou uma fatura, facilitando o planejamento financeiro e o fluxo de caixa.

O Módulo Financeiro também oferece funcionalidades para o acompanhamento detalhado de cada transação, permitindo que os gestores tenham uma visão clara e precisa das finanças da empresa. Com isso, é possível tomar decisões estratégicas baseadas em dados concretos, garantindo a sustentabilidade e o crescimento das operações.

4.2 Modelagem de processos e BPMN

Ao utilizar a metodologia BPM para representar os módulos, tem-se a possibilidade de utilizar a notação apropriada para poder sistematizar todos os processos dentro da empresa, portanto, o uso de BPMN (*Business Process Model and Notation*) é uma alternativa proeminente para representar a modelagem de processos de negócio e como o sistema irá se comportar na hora de analisar os dados.

Segundo Ribeiro et al. (2015), a modelagem de processos é uma das etapas fundamentais nas iniciativas de BPM dentro das empresas. Através da modelagem, os gestores conseguem obter uma visão abrangente do desempenho dos processos, identificando possíveis problemas e, com base na análise desses problemas, implementando as soluções necessárias para resolvê-los.

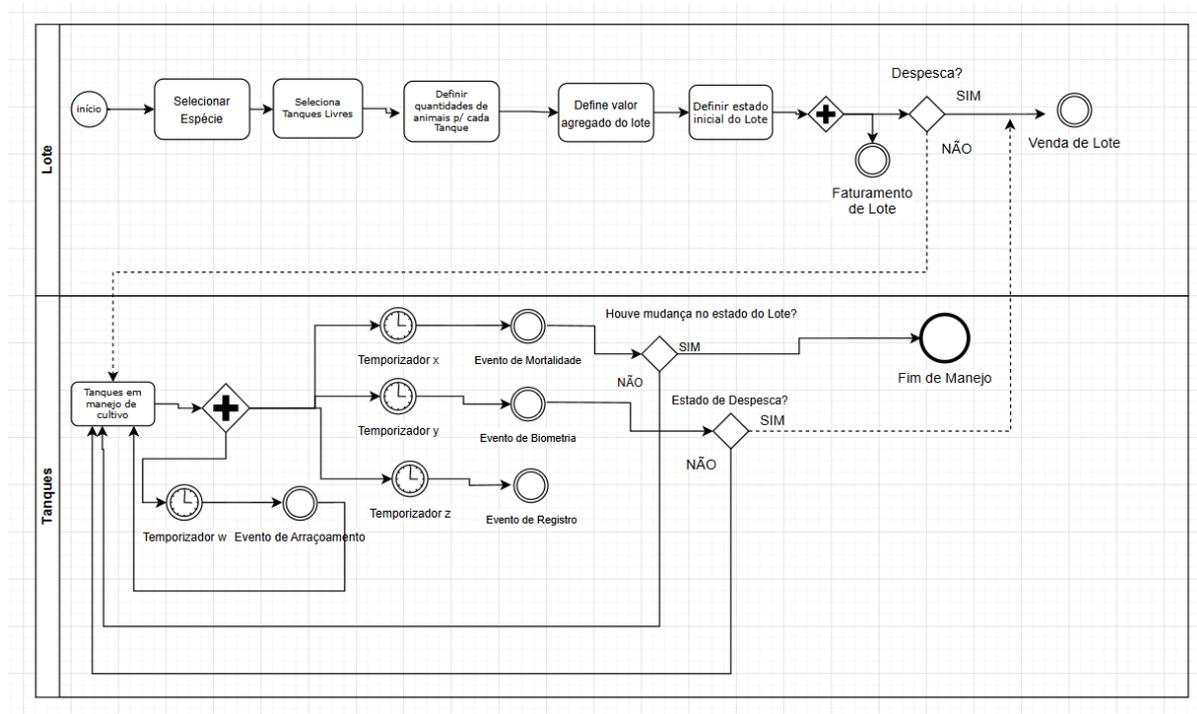
É fundamental que a modelagem de processos seja completamente compreendida, não apenas pelo responsável por sua execução, mas também por todos os usuários envolvidos no processo. Isso garante que recursos desnecessários não sejam utilizados e que decisões equivocadas não sejam tomadas, evitando impactos negativos nos resultados da organização e nas etapas subsequentes do ciclo de BPM (RIBEIRO et al., 2015).

4.2.1 Modelagem: Manejo de Lotes e Tanques

Considerando o ciclo da metodologia de cultivo de pescados e os módulos apresentados anteriormente de lotes (Seção 4.1.3) e de tanques (Seção 4.1.2), pode-se representar os processos por meio de modelagem BPMN. A Figura 13 mostra duas raias de uma piscina

sobre o manejo de cultivo de tanques e viveiros e a interação entre si.

Figura 13 – Modelagem de processos: Lotes e Tanques



Fonte: Elaborada pelo autor

Conforme a Figura 13, no sistema de gestão, o manejo inicia após o usuário selecionar a espécie utilizada, os tanques livres da fazenda e a quantidade de animais em cada tanque. Por fim, é definido o estado inicial do lote (das opções destacadas na Seção 4.1.3). Isso implica que não necessariamente o cultivo precise começar no estado de **Reprodução** com a eclosão de larvas (Larvicultura no caso de camarão), mas pode, por exemplo, iniciar em um momento em que os animais estão próximos de serem inseridos diretamente nos tanques ou viveiros maiores, como ocorre na fase de **Crescimento**. Com base no valor agregado do lote, é gerada uma fatura de gastos que será recebida pelo módulo financeiro e contabilizada no fluxo de caixa da empresa. Se um lote atingir o estado de **Despesca**, ele ficará disponível para o evento de venda no módulo financeiro.

Após o faturamento do lote, inicia-se o manejo de cultivo na raia de tanques. Na raia de tanques, o usuário tem acesso aos módulos de Biometrias, Arraçamentos, Mortalidades e Registros, responsáveis por gerar dados e relatórios para acompanhar o progresso do cultivo diariamente. Os temporizadores inseridos na modelagem fazem alusão aos tempos escolhidos pelo próprio produtor para saber quando é o momento de realizar tais atividades, sendo, portanto, de caráter ilustrativo. Os módulos de Biometria e de Mortalidade têm a capacidade de alterar o estado do lote de manejo, o que será explorado nas subseções posteriores (Subseções 4.2.2 e 4.2.4, respectivamente).

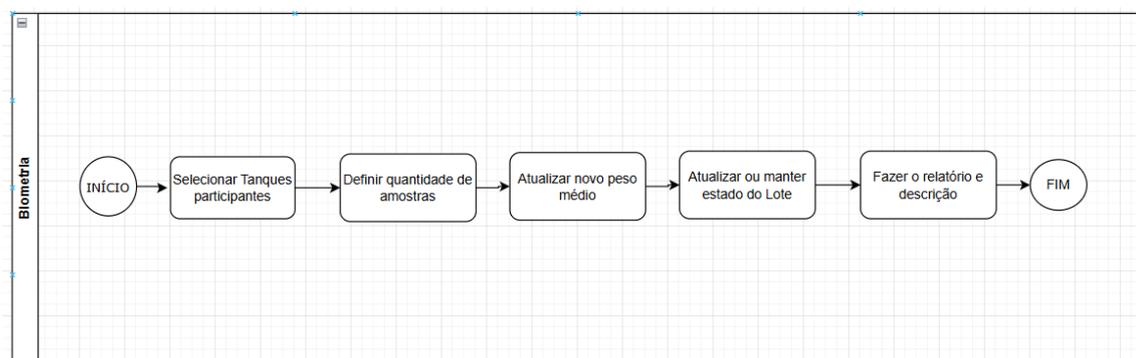
4.2.2 Modelagem: Biometrias

Abordada na subseção 2.3.1 e indicada como fator importante no processo de manejo de pescados pela cartilha da SEBRAE (2018), a biometria tem como intuito acompanhar o crescimento dos animais nos tanques e viveiros ao longo do manejo.

Na Figura 14, tem-se a modelagem de biometrias de tanques no sistema. No sistema de gestão, para registrar os dados de biometria, é necessário selecionar quais tanques de um lote irão fazer parte da biometria e quantos animais foram usados para análise no processo. A partir daí, calcula-se o peso médio obtido das amostras. Essa informação é imprescindível para indicar a biomassa do tanque e gerar dados e relatórios, como a curva de crescimento dos animais, como mencionado por (NUNES et al., 2005) e reiterado por (ROCHA, 2024).

O produtor que perceber que houve uma mudança no estado das espécimes, deve, por meio do módulo de biometria, indicar o progresso do povoamento, avançando com o estado do lote. Na biometria, é possível avançar o estado até o momento de **Despesca**, o que habilita o sistema a direcionar o lote para venda.

Figura 14 – Modelagem de processos: Biometrias



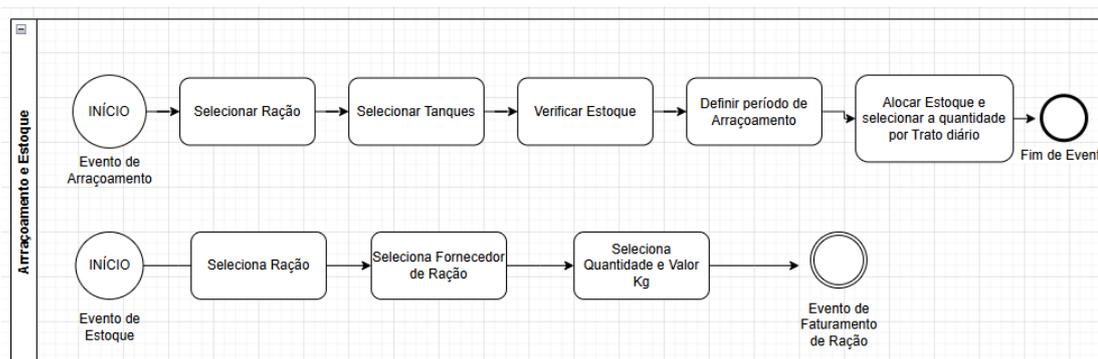
Fonte: Elaborada pelo autor

4.2.3 Modelagem: Arraçoamentos e Estoque

Na Figura 15, tem-se o processo de modelagem para os eventos de arraçoamento e estoque de ração. No primeiro caso, o evento de arraçoamento é fundamental para o processo de manejo e de gestão de recursos. Consiste basicamente em selecionar os tanques do lote e alocar a ração presente no estoque, sabendo que é possível definir o arraçoamento durante um período estabelecido pelo produtor, com uma quantidade definida de tratamentos por dia.

O evento de estoque permite adicionar ração ao estoque da fazenda usando o registro de faturamento do módulo de finanças, onde é possível atribuir um valor ao quilo da ração selecionada e escolher a quantidade pretendida. No fim, com o faturamento, o valor ficará registrado como uma transação no caixa.

Figura 15 – Modelagem de processos: Arraçamento e Estoque

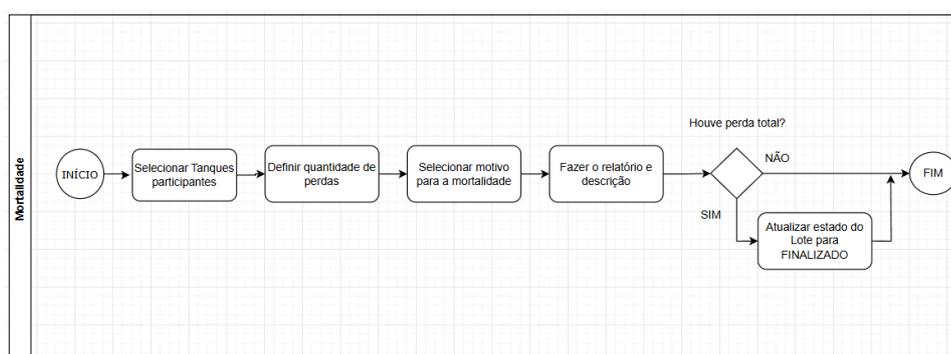


Fonte: Elaborada pelo autor

4.2.4 Modelagem: Mortalidades

Durante o manejo, mortalidades podem ocorrer por diversos motivos (ver Subseção 4.1.5), portanto, faz parte do processo de manejo registrar caso aconteça durante o processo. Para registrar uma mortalidade, o usuário precisa indicar quais tanques ocorreram as perdas, definindo em quais tanques foram estas perdas e o motivo causador, fornecendo detalhes mais diretos em um campo de descrição. Ao assinalar a quantidade de perdas, haverá dedução na biomassa alocada nos tanques participantes. Caso ocorra perda total em todos os tanques, o lote é devidamente encerrado e os tanques ficarão livres para outras atividades.

Figura 16 – Modelagem de processos: Mortalidades



Fonte: Elaborada pelo autor

4.2.5 Modelagem: Registros

Registros são ferramentas de análise de dados quanto ao ambiente interno dos tanques. É possível gerar boletins de dados para mensurar e comparar com os valores reais dos tanques. No sistema, o usuário deve selecionar quais tanques farão parte do registro e quais devem ser os campos a serem medidos. Após realizar a mensuração, o sistema irá notificar se existe algum parâmetro que não atingiu o controle de qualidade

estabelecido. Ex: Foi criado um boletim específico para tanques de camarões, no qual é medida constantemente a temperatura da água. Se em uma dessas medições periódicas estiver fora do escopo do boletim para temperatura, o usuário terá esta informação no sistema.

Os boletins foram modelados com base em uma série de fatores, que foram apresentados na Subseção 2.3.1 com as variáveis físicas da água, sobre a importância do balanço iônico das águas dos viveiros, como ressaltado por Soares, Evangelista e Pereira (2021) no Guia de boas práticas para Criação de Camarões, e como normalmente os sistemas de gestão apresentados na Seção 2.4, trabalham em cima dos aspectos zootécnicos da criação dos animais. A tabela abaixo refere-se aos elementos que podem ser mensurados para indicar o controle de qualidade da água.

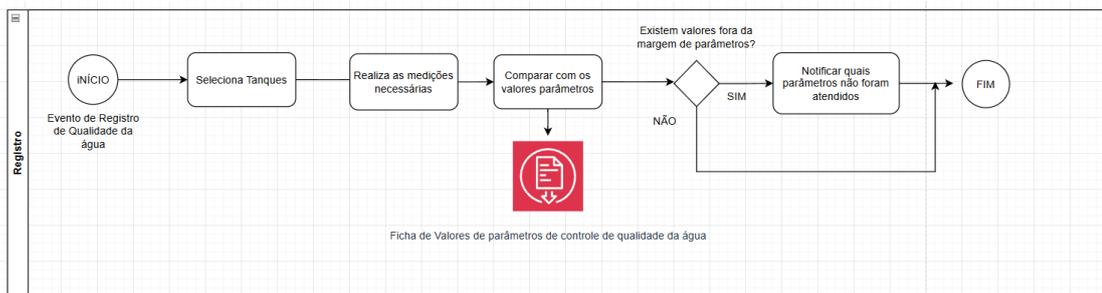
Tabela 6 – Parâmetros de Qualidade da Água

Nome	Descrição
Oxigênio (mg/L)	Concentração de oxigênio dissolvido na água
Temperatura (°C)	Temperatura da água
Temp. Ambiente (°C)	Temperatura do ambiente
Salinidade (ppt)	Concentração de sal em partes por mil
Salinidade (mg/L)	Concentração de sal em miligramas por litro
Transparência (cm)	Profundidade até onde a luz penetra na água
Amônia (mg/L)	Concentração de amônia na água
Dureza Total (mg/L CaCO ₃)	Medida da dureza total da água em mg/L de CaCO ₃
Dureza Total GH (°dGH)	Dureza geral da água em graus de dureza
Dureza Carbonatos KH (°dKH)	Dureza dos carbonatos em graus de dureza
pH	Medida da acidez ou alcalinidade da água
Sódio (mg/L)	Concentração de sódio na água
Ozônio (mg/L)	Concentração de ozônio dissolvido na água
Magnésio (mg/L)	Concentração de magnésio na água
Cálcio (mg/L)	Concentração de cálcio na água
Cloretos (mg/L)	Concentração de cloretos na água
Condutividade (S/cm)	Medida da capacidade da água de conduzir eletricidade
Alcalinidade (mg/L CaCO ₃)	Capacidade de neutralizar ácidos na água em mg/L de CaCO ₃
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	Quantidade de oxigênio disponível na água
Nitrato (mg/L)	Concentração de nitrato na água
Nitrito (mg/L)	Concentração de nitrito na água
Sólidos Totais Dissolvidos TDS (mg/L)	Quantidade total de sólidos dissolvidos
Sólidos Suspensos (mg/L)	Quantidade de sólidos suspensos na água

O gestor, portanto, deve gerar boletins de análise em um tanque para avaliar se os valores mensurados estão entre as margens limites de operação, uma vez que, no contexto de aquicultura, fatores como a taxa de crescimento, a conversão alimentar (CA), a taxa de sobrevivência, a produtividade, a saúde e o bem-estar dos animais são impactados diretamente pela regulação destes parâmetros (ABCC, 2012).

A Figura 17 demonstra todo o processo de gerenciamento de registro, e como os boletins de parâmetros podem ser utilizados para armazenar os dados sobre os tanques. Esta abordagem permite que relatórios possam ser gerados em primeira mão para identificar e anteceder os problemas durante o ciclo de manejo.

Figura 17 – Modelagem de processos: Registro

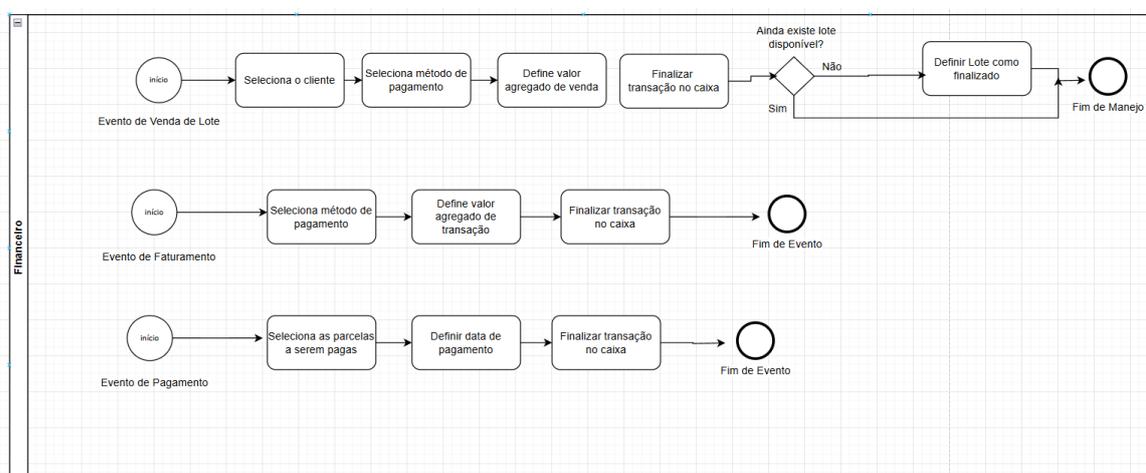


Fonte: Elaborada pelo autor

4.2.6 Modelagem: Financeiro

O módulo Financeiro é um dos principais módulos do sistema. É responsável por armazenar todas as transações que ocorrem na empresa, sejam operações de entrada (vendas etc.) ou de saída (compras, faturas etc.) de fundos, fazendo o gerenciamento de caixas e serviços, além de gerenciar os pagamentos pendentes de faturas e vendas. Na Figura 18, é possível visualizar, de forma simplificada, três funcionalidades mais importantes do módulo. A primeira funcionalidade é o evento de venda de lote, que inclui informações sobre o cliente do lote, o valor agregado, método de pagamento da operação e a biomassa que está sendo comprada. O acompanhamento dos pagamentos pode ser feito pela plataforma utilizando o evento de pagamento, que permite ao usuário selecionar as parcelas que serão pagas, definindo prazos de transferências. Todas as operações são contabilizadas em um caixa selecionado pelo usuário. Além disso, é possível faturar lotes e serviços, que irão contabilizar com transações no caixa com prazos registrados.

Figura 18 – Modelagem de processos: Financeiro



Fonte: Elaborada pelo autor

5 Resultados

Na Seção 3.3 destacou-se a utilização do conceito de *Business Process Management* (BPM) para compreender e modelar o ciclo de manejo para a produção de peixe e camarão em fazendas. Com isso, permitiu-se o desenvolvimento de um sistema, procurando identificar e estruturar as etapas em diversos módulos que descrevem o processo de produção, desde a introdução dos animais nos tanques até o momento de despesca e venda. Segundo Ribeiro et al. (2015), na modelagem de processos, procura-se conhecer e analisar os processos, identificando as entradas e saídas e o relacionamento entre as atividades realizadas. Nesse sentido, para reproduzir o ciclo de manejo, o sistema desenvolvido inclui módulos que cobrem desde o cadastro e a gestão de lotes de cultivo e tanques até o controle de alimentação e biometria dos animais, proporcionando uma visão clara do estado dos viveiros e do desempenho dos lotes. Além disso, com o módulo de finanças, o sistema permite acompanhar o fluxo de caixa, vinculando despesas e receitas às atividades de produção, como a compra de ração e insumos e a venda de lotes. Essa abordagem, viabilizada pelo BPM, proporciona uma visão integrada dos processos internos e externos, possibilitando maior controle e otimização de recursos ao longo de toda a cadeia produtiva. Dessa forma, o sistema não só apoia a tomada de decisão, mas também facilita o monitoramento contínuo dos principais indicadores de desempenho da aquicultura, promovendo uma gestão mais eficiente e organizada.

5.1 Tabela de implementações

Com base no que foi apresentado na Subseção 2.4.1, sobre as comparações entre os sistemas de gestão presentes no mercado, além das metodologias apresentadas no Capítulo 3 e a modelagem do sistema usando regras de gestão de processos de negócio (Seção 3.3), foi possível implementar um MVP que pode servir de base para o sistema final. Nesse sentido, a Tabela 7 indica o progresso das implementações, considerando as metas que foram estipuladas no objetivo deste trabalho.

Tabela 7 – Tabela de Implementações do sistema MVP

Módulos	Estado	Observações
Módulo de Lotes	Finalizado	Considera Módulo de Tanques, Lotes e Fazendas
Módulo de Produção	Finalizado	Considera o Módulo de Biometrias, Mortalidades e Registros de Qualidade da água dos Tanques/Viveiros
Módulo de Finanças	Finalizado	Inclui Cadastro de Fornecedores, Clientes e Gestão Financeira
Módulo de Ração	Finalizado	Inclui Cadastro, Compra de Ração e Arraçoamento em Tanques
Módulo de Relatórios	Em progresso	Geração de Relatórios em tempo real para acompanhar o manejo
Módulo de Usuários	Em progresso	Gestão de Funcionários e Permissões de Acesso
Módulo Inteligente	Postergado para o Futuro	Inclui uso de dispositivos digitais de leitura no manejo de Tanques
Infraestrutura em nuvem	Finalizado	Hospedagem em Website

No desenvolvimento do MVP (Mínimo Produto Viável), a reprodução do ciclo de manejo na plataforma exige que os módulos de **Lotes**, **Produção**, **Ração** e **Vendas** estejam devidamente consolidados. Esses módulos são fundamentais para viabilizar os testes e validações iniciais da plataforma. Entretanto, para que o sistema seja plenamente contemplado, é indispensável a geração de relatórios que possam ser apresentados em tempo real.

Por fim, o módulo inteligente, mencionado na Seção 3.2, envolve a aplicação de tecnologia embarcada na sua implementação. Contudo, esse processo requer um período significativo de dedicação para o desenvolvimento, prototipação e integração ao sistema, o que ultrapassaria o escopo desta pesquisa.

5.2 Análise de Dados

Para validar o sistema, faz-se necessário testar os módulos de manejo. Pelo caráter de desenvolvimento, não foi possível, no momento em que se realizava esta pesquisa, ter acesso a dados legítimos de uma fazenda em produção para poder estipular informações e gerar dados dentro do sistema. Porém, é possível simular dados que se aproximam de casos reais em regimes intensivos de produção. A TV Revista Rural (2020) mostra alguns casos de manejo de produção com entrevistas dedicadas de produtores da área.

Para realizar a análise de dados simulada do sistema, será proposta a criação de uma entidade **Fazenda** em que haverá um **Lote** de povoamento de camarões marinhos. Conforme explicado na Seção 4.1 e sintetizado na Subseção 4.2.1 sobre a estrutura base de entidades do sistema de gestão, uma **Fazenda** possui um conjunto de **Tanques**, que são carregados com uma quantidade pré-definida de animais de uma determinada **Espécie**. Durante o ciclo de manejo, o **Lote** terá a disponibilidade habilitada, permitindo que o gestor registre alterações quanto ao **Arraçoamento**, **Biometrias** e **Mortalidades** e **Registros** (Qualidade da água dos Tanques).

Com a importância de simular um caso adequado de manejo, esta seção seguirá os parâmetros recomendados pelo guia de boas práticas para biossegurança e enfermidades de Soares, Evangelista e Pereira (2021), além do guia de alimentação e arraçoamento para camarões do SENAR (2016), se atentando às variáveis de conversão alimentar discutidas por Nunes et al. (2005).

5.2.1 Caso: Tanques de produção intensiva de camarão

As Tabelas 8 e 9 consideram os dados de criação de um lote com dois tanques associados. O usuário poderá definir as características gerais das entidades, sendo que a quantidade de animais em cada tanque e a espécie são cruciais para o cálculo das futuras biometrias.

Tabela 8 – Informações do Lote

Campo	Valor
Espécie	Camarão
Estado Atual	Crescimento
Data	31/08/2024, 08:48:07
Fazenda	Fazenda Por do Sol
Biomassa (Atual)	90 Kg
Tanques Ativos	2

Tabela 9 – Detalhes dos Tanques

Título	Peso Médio	Quantidade	Biomassa (Atual)	Estado
Tanque M1	1 g	50.000	50 Kg	Ocupado
Tanque M2	1 g	40.000	40 Kg	Ocupado

Conforme os dados, o lote está em um estado inicial de **Crescimento**. A fase de crescimento durante o ciclo de manejo refere-se ao período antes da engorda e após o berçário; nele, a densidade populacional e a alimentação são fatores essenciais para se monitorar. Por estarem em fase de crescimento, os tanques possuem pós-larvas com o peso médio de 1 g, o que tende a aumentar conforme a alimentação e as condições ideais para a espécie forem mantidas. A biomassa é independente para cada tanque, uma vez

que fatores adversos podem acontecer durante o ciclo de produção, que afetam a taxa de sobrevivência dos animais.

Para alterar o estado dos tanques, é necessário realizar biometrias regularmente. Com isso, é possível atualizar o peso médio dos animais, otimizar custos de produção e de alimentação. Um exemplo de tabelas de arraçamento para este caso pode ser visualizado abaixo:

Tabela 10 – Informações Gerais do Arraçamento

Atributo	Detalhe
Nome da Ração	Caridina Nano Sticks 10g
Período (Inicial)	31/08/2024
Período (Final)	04/09/2024
Quantidade (Kg)	120 Kg
Preço (Kg)	R\$ 5,00
Nº de Tanques	2

Tabela 11 – Detalhes dos Tanques no Arraçamento

Título	Quant. (Desp)	Tratos Diários	Quant. Desp por Dia
Tanque M1	60 Kg	4	12 Kg
Tanque M2	60 Kg	4	12 Kg

O usuário deve definir a ração, o período de arraçamento e a quantidade, além dos tanques que serão arraçados. Para cada tanque, é necessário definir a quantidade de tratamentos diários. Cada arraçamento tem um período de início e fim, isso se deve à prática de mudança de ração ao longo do cultivo. O guia de alimentação para camarões do SENAR (2016) recomenda, na tabela de alimentação, o balanceamento de rações durante os ciclos de engorda do camarão. A depender do tamanho do animal, é importante selecionar rações com graus distintos de proteínas concentradas para uma engorda sustentável.

O modelo de biometria do sistema de gestão segue o modelo indicado nas tabelas abaixo.

Tabela 12 – Informações Gerais da Biometria

Estado Atual	ENGORDA
Espécie	CAMARÃO
Data	01/09/2024, 21:51:24
Nº de Amostras	30.
Peso Médio registrado	30.00 g
Nº de Tanques Participantes	2

Tabela 13 – Detalhes dos Tanques

Título	Quant. (Atual)	Peso médio	Biomassa	Estado
Tanque M1	50.000	30g	1500 Kg	OCUPADO
Tanque M2	40.000	30g	1350 Kg	OCUPADO

Este modelo de biometria classifica os tanques no estado de **Engorda**. Neste ponto, o peso médio observado de 30 g por camarão pode indicar um valor apropriado para a **Despesca** nos tanques. Nesse sentido, a biometria é responsável por atualizar continuamente o estado de povoamento de tanques, otimizar recursos e custos de produção.

O fator de conversão alimentar (FCA) é uma métrica importante durante o processo de avaliação dos tanques. É utilizada na aquicultura e em outras atividades de produção animal para avaliar a eficiência com que os animais convertem a ração consumida em peso corporal (SENAR, 2016). Se em um viveiro forem consumidos 2000 kg de ração e forem produzidos 1.600 kg de camarão, tem-se a seguinte relação:

$$FCA = \frac{\text{Quantidade de Ração Ofertada (kg)}}{\text{Ganho de Peso Corporal (kg)}} = \frac{2000\text{Kg}}{1600\text{Kg}} = 1.25 \quad (5.1)$$

O fator alimentar pode ser afetado por uma série de motivos, tal qual a qualidade da ração ofertada, as condições de viveiro e as práticas de manejo. Sendo assim, é considerado um indicativo fundamental de eficiência do processo e deve ser considerado na gestão produtiva do sistema. Um menor FCA significa menos ração desperdiçada e um maior aproveitamento de recursos.

Segundo o manual da SENAR (2016), a quantidade necessária de alimento por dia deve ser estimada com base nos dados de biometria para o cálculo da biomassa dos tanques.

Com base na cartilha, é possível calcular o arraçoamento conforme os dados da biometria para o cálculo do peso médio. Para isso, é interessante considerar o peso médio das pós-larvas na fase de crescimento da Tabela 9. Considerando que a biomassa calculada de 50.000 camarões no Tanque M1 foi de 50 kg (camarão com peso médio de 1 g), a quantidade de ração recomendada pode ser calculada conforme o crescimento, com a seguinte metodologia:

1. A alimentação começa com 15% a 20% da biomassa de um grupo de animais.
2. A ração vai diminuindo conforme o crescimento dos camarões, com percentuais que variam entre 2% e 3%.

Utilizando os valores sugeridos por Clifford (1992, apud SENAR, (2016)), é possível gerar uma tabela de alimentação que servirá de parâmetro para otimizar o arraçoamento

de camarão. A tabela considera um caso hipotético de 50.000 pós-larvas em um tanque, em condições ideais, desprezando as taxas de sobrevivência dos animais.

Tabela 14 – Tabela de Alimentação para Camarões p/ 50.000 PLs

PM (g)	Ração (%)	R. por Animal (g)	R. Total p/ 50.000 PLs (kg)
1	14.0	0.14	7.0
2	8.2	0.164	8.2
3	6.2	0.186	9.3
4	5.2	0.208	10.4
5	4.5	0.225	11.3
6	3.9	0.234	11.7
7	3.6	0.252	12.6
8	3.3	0.264	13.2
9	3.0	0.270	13.5
10	2.8	0.280	14.0

Conforme a Tabela 14, em um caso hipotético onde o camarão tem um peso médio de 6,3 g, pode-se estipular a ração oferecida por meio do percentual de biomassa. Por exemplo, para calcular a quantidade de ração diária para um **PM**(Peso médio) de 6,3 g por camarão, vamos considerar o valor aproximado para a porcentagem de ração na tabela, de 6 g. Sendo assim, temos a seguinte relação:

$$RacaoPorAnimal(g) = Ração (\%) \cdot PM(g) = 3,9\% \cdot 6,3 = 24,57\% = 0,2457g \quad (5.2)$$

Se considerarmos que em um viveiro existem aproximadamente 50.000 pós-larvas, temos a seguinte relação para quilos totais de ração no tanque:

$$Total(Kg) = R. por animal (g) \cdot Quant. animais = 0,2457(g) \cdot 50.000 = 12,285Kg \quad (5.3)$$

A Tabela 14, descreve um exemplo de tabela de arraçamento, considerando a fase de crescimento e engorda dos animais. A tabela pode ser otimizada colocando mais variáveis além das pré-existentes, como taxa de sobrevivência, mudança de níveis de proteínas das rações, recomendação de fornecedores de ração, entre outros.

Nunes et al. (2005) ressalta que tabelas de alimentação funcionam como um guia alimentar, que indicam as quantidades máximas de alimentação diária, sob condições ótimas de cultivo. Nesse sentido, é natural que, nas fazendas, utilizem-se tabelas de alimentação desenvolvidas empiricamente, considerando projeções de crescimento dos animais e uma conversão alimentar apropriada.

5.2.2 Conclusões: Análise de Dados

A análise de dados simulada permite verificar a aplicabilidade do sistema de gestão no acompanhamento e otimização de processos em fazendas de criação intensiva de camarões. Apesar da ausência de dados reais durante a pesquisa, as simulações demonstraram que o sistema é capaz de modelar cenários próximos à realidade, apontando a relevância de que o controle de fatores críticos, como a biomassa, a eficiência alimentar (FCA) e o manejo de arraçoamento, que podem ser otimizados com ferramentas digitais.

Os cálculos e tabelas apresentados validam que o sistema pode auxiliar na tomada de decisão, especialmente em fases cruciais, como crescimento e engorda, onde o monitoramento constante e ajustes finos são essenciais para a maximização da produtividade. Além disso, a flexibilidade do sistema em integrar variáveis, como taxas de sobrevivência e mudanças na composição das rações, reforça sua aplicabilidade para atender às demandas específicas de manejo.

Portanto, conclui-se que o sistema de gestão, mesmo em um contexto simulado, se mostra promissor para a implementação em fazendas reais, oferecendo suporte para práticas baseadas em boas práticas e guias de biossegurança.

5.3 Dificuldades encontradas

Uma das principais barreiras enfrentadas foi a complexidade de desenvolver um sistema de gestão amplo e multifacetado, que abrange diversos módulos interconectados, como lotes, tanques, finanças, ração e tarefas, mantendo uma abordagem coesa e integrada. Cada módulo requer funcionalidades específicas que precisam interagir de forma eficaz com outros módulos, criando um ambiente em que o fluxo de informações é constante e deve ser gerenciado cuidadosamente para evitar inconsistências. Essa complexidade aumentou o desafio de realizar testes e validações em cada etapa, especialmente no esforço de construir um protótipo de Mínimo Produto Viável (MVP) que fosse funcional o suficiente para testes iniciais.

Além disso, o tempo limitado dificultou a validação necessária da experiência do usuário e de usabilidade. Esse aspecto é crucial para garantir que o sistema final seja intuitivo e eficiente para os produtores, mas, devido ao foco em implementar a estrutura básica e funcional, esses testes ficaram fora do escopo neste momento. Outra dificuldade enfrentada foi a impossibilidade de implementar o módulo de integração inteligente com os tanques, que permitiria ao produtor o acesso em tempo real aos dados de condições dos tanques e monitoramento da produção. Essa funcionalidade representaria um grande avanço no gerenciamento e na agilidade do sistema, mas exigiria mais tempo de desenvolvimento e recursos técnicos. Assim, o sistema está pronto para avaliações e testes iniciais, porém, com a necessidade de melhorias e futuras implementações para alcançar o nível ideal de

integração e usabilidade desejado.

5.4 Trabalhos e melhorias futuras

É fundamental considerar o aprimoramento contínuo dos módulos já desenvolvidos, buscando refinar suas funcionalidades para uma maior robustez e eficiência na gestão de dados da piscicultura e carcinicultura. Esse refinamento inclui ajustes finos nas interações entre módulos, como a integração de lotes, tanques e finanças, e melhorias na interface para facilitar o uso diário e otimizar o fluxo de informações.

Outro ponto essencial para o futuro do sistema é o investimento em integração com dispositivos embarcados, como sensores e controladores digitais, diretamente conectados aos tanques. Essa integração permitirá ao produtor um monitoramento em tempo real das condições de cultivo, como temperatura, pH e oxigênio, viabilizando uma resposta mais rápida e precisa aos desafios do manejo. Além disso, o uso de dispositivos móveis e leitores digitais para consultas rápidas e atualizações dinâmicas dos dados trará ainda mais agilidade e precisão ao sistema, promovendo um acesso direto às informações críticas.

O refinamento da experiência do usuário também será um objetivo importante, realizado por meio de testes e validações contínuas que permitirão ajustes com base no feedback dos usuários e nas necessidades identificadas ao longo do uso. Essas melhorias progressivas serão fundamentais para tornar o sistema cada vez mais intuitivo, funcional e adaptado às demandas específicas do setor aquícola, garantindo que ele evolua para atender a um nível elevado de exigência em gestão e usabilidade.

6 Considerações finais

Ao longo deste trabalho, foi possível sintetizar o desenvolvimento de um sistema de gestão para carcinicultura e piscicultura, que integra controle e organização dos processos essenciais à produção de pescados. Com a aplicação do *Business Process Management* (BPM), foi possível mapear o ciclo de manejo de maneira estruturada, compreendendo as relações e interações entre os módulos de Lotes, Tanques, Finanças, Arraçoamento, Biometrias, entre outros. Esta modelagem permitiu uma visão abrangente e integrada do sistema, unindo as atividades de campo e as necessidades administrativas e financeiras, e promovendo um gerenciamento mais preciso e eficiente da cadeia produtiva.

Ao longo do desenvolvimento, desafios complexos ocorreram, como a necessidade de coesão entre módulos interdependentes e a limitação de tempo para validar plenamente a experiência do usuário e implementar funcionalidades adicionais, como a integração inteligente com dispositivos embarcados. Mesmo assim, o sistema alcançou um protótipo funcional (MVP) adequado para testes iniciais e capaz de oferecer uma visão robusta das funcionalidades projetadas.

Para o futuro, o projeto propõe refinamentos contínuos nos módulos existentes, o aprimoramento da experiência do usuário baseado em feedback, e a incorporação de tecnologias avançadas, como dispositivos digitais de monitoramento dinâmico. Esses avanços fortalecerão o sistema, transformando-o em uma ferramenta essencial para o setor aquícola, facilitando o acesso rápido a dados críticos e aprimorando a eficiência do manejo. Desta forma, o sistema proposto apresenta-se como um passo significativo para a modernização e sustentabilidade da gestão em aquicultura, contribuindo para um setor mais resiliente e tecnicamente evoluído.

Referências

- ABCC. *Procedimentos de boas práticas de manejo e medidas de biossegurança para a carcinicultura brasileira*. Natal, 2012. Acesso em: 20 abr. 2024. Disponível em: <<https://abccam.com.br/wp-content/uploads/2014/01/Manual-de-Boas-Praticas-de-Manejo-e-Biosseguran%C3%A7a.pdf>>.
- ABCC. *Censo da carcinicultura dos estados do Ceará, Piauí e Rio Grande do Norte*. Fortaleza: Deza's Editech, 2021. 50 p. ISBN 978-65-84514-16-4.
- ABCC. Camarão do sertão para o mundo - o despertar do interior e sua força na produção de camarão. *Revista da ABCC*, p. 92, novembro 2022.
- ABCCAM. *História da Carcinicultura no Brasil*. 2011. Acesso em: 15 de abr. 2024. Disponível em: <<https://abccam.com.br/2011/02/historia-da-carcinicultura-no-brasil/>>.
- Aquasul Camarão Marinho. *Produção de Camarão no RN*. 2021. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=pP66J4XW--U>>.
- ASHRAF, A.; ATIA, A. Comparative Study Between Transfer Learning Models to Detect Shrimp Diseases. In: *2021 16th International Conference on Computer Engineering and Systems (ICCES)*. [S.l.: s.n.], 2021. p. 1–6.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS CRIADORES DE CAMARÃO. *Revista ABCC: Ano XXVI, nº 3, Novembro 2024*. *Revista ABCC*, Natal, v. 26, n. 3, 2024. ISSN 1982-4823. Acesso em: 19 dez. 2024. Disponível em: <<https://abccam.com.br>>.
- BUENO, R. V.; MACULAN, B. C. M. S.; AGANETTE, E. C. M. Mapeamento de processos e gestão por processos: revisão sistemática de literatura. *Múltiplos Olhares em Ciência da Informação*, Belo Horizonte, v. 9, n. 2, p. 1–12, 2019. Acesso em: 12 ago. 2024. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/40536/2/2019_Mapeamento%20de%20processos%20e%20gest%C3%A3o%20por%20processos.pdf>.
- CORREA, R. d. O.; SILVA, R. S. d. *Bases para o manejo alimentar sustentável na piscicultura*. Brasília, DF: Embrapa, 2022. ISBN 978-65-89957-16-4.
- CSEMPRESA. *Sistema de Criação de Peixes Intensivo, Semi-intensivo e Extensivo*. 2023. Acesso em: 13 de set. 2024. Disponível em: <<https://piscicultura.net.br/sistema-de-criacao-de-peixes-intensivo-semi-intensivo-e-extensivo/>>.
- ESTADAO, R. A. *Conheça a história da piscicultura e sua importância para o Brasil*. 2021. Acesso em: 10 jul. 2024. Disponível em: <<https://agro.estadao.com.br/summit-agro/conheca-a-historia-da-piscicultura-e-sua-importancia-para-o-brasil>>.
- FREITAS, U. d. et al. Influência de um cultivo de camarão sobre o metabolismo bêntico e a qualidade da água. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 12, p. 293–301, jun. 2008. ISSN 1415-4366, 1807-1929. Publisher: Departamento de Engenharia Agrícola - UFCG. Acesso em: 18 de mai. 2024. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/v3DdtCB7RzWCwsxwRKmxnMc/?lang=pt>>.

- GAMARA, R. P. C.; BALDOVINO, R. G.; LORESCO, P. J. M. Image-Based Shrimp Length Determination using OpenCV. In: *2021 IEEE 13th International Conference on Humanoid, Nanotechnology, Information Technology, Communication and Control, Environment, and Management (HNICEM)*. [S.l.: s.n.], 2021. p. 1–5.
- IRITANI, D. R. et al. Análise sobre os conceitos e práticas de gestão por processos: revisão sistemática e bibliometria. *Gestão Produção*, v. 22, n. 1, p. 164–180, mar. 2015. ISSN 0104-530X.
- JUÁREZ-ROSALES, J. et al. The effect of tilapia *Oreochromis niloticus* addition on the sediment of brackish low-salinity ponds to white shrimp *Penaeus vannamei* farming system during the wet and dry season. *Latin american journal of aquatic research*, v. 48, n. 1, p. 7–14, mar. 2020. ISSN 0718-560X. Publisher: Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. Facultad de Recursos Naturales. Escuela de Ciencias del Mar. Acesso em: 24 de set. 2024. Disponível em: <http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0718-560X2020000100007&lng=es&nrm=iso&tlng=en>.
- JÚNIOR, A. P. B.; HENRY-SILVA, G. G. Avaliação zootécnica e econômica da criação de camarão marinho (*Litopenaeus vannamei*) em diferentes estratégias de manejo e densidades. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v. 70, p. 1887–1898, dez. 2018. ISSN 0102-0935, 1678-4162. Publisher: Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária. Acesso em: 18 de ago. 2024. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/abmvz/a/SrXsSftjPC99tGSjsFRcmks/?lang=pt>>.
- LEAO, T. *RFID: o que é, como funciona e suas vantagens para a logística*. 2022. Acesso em: 03 ago. 2024. Disponível em: <<https://www.nomus.com.br/blog-industrial/rfid/>>.
- LIMA, A. F. et al. *Manual de piscicultura familiar em viveiros escavados*. 2ª edição. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2024.
- MEDEIROS, F. Editorial. In: *Anuário Peixe BR da Piscicultura 2023*. São Paulo: Associação Brasileira da Piscicultura, 2023. p. 3–4.
- MOREIRA, F. H. G. et al. Ionic balance of water and physical-chemical properties of soil from marine shrimp farms of the Jaguaruna interior county, Ceará, Brazil. *Ciência Animal Brasileira*, v. 21, p. e, ago. 2020. ISSN 1518-2797, 1809-6891. Publisher: Universidade Federal de Goiás. Acesso em: 15 de abr. 2024. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/cab/a/GbYK7vNsRKRmGvHDKpXpyzp/?lang=en>>.
- NUNES, A. et al. *Princípios para Boas Práticas de Manejo na Engorda de Camarão Marinho no Estado do Ceará*. Fortaleza, Ceará: Instituto de Ciências do Mar (Labomar/UFC), 2005. Programa de Zoneamento Ecológico Econômico (ZEE) do Estado do Ceará, 109 p.
- PEIXEBR. Produção total passa de 860 mil toneladas. In: *Anuário Peixe BR da Piscicultura 2023*. São Paulo: Associação Brasileira da Piscicultura, 2023. p. 12–22. Acesso em: 02 de nov. 2024.
- PHILLIPS, M. J. Shrimp culture and the environment. In: . Aquaculture Department, Southeast Asian Fisheries Development Center, 1995. p. 37–62. ISBN 978-971-8511-27-5. Acesso em: 23 de mai. 2024. Disponível em: <<https://repository.seafdec.org.ph/handle/10862/124>>.

- PISCICULTURA, A. B. da. *Anuário Peixe BR da Piscicultura 2023*. São Paulo: Associação Brasileira da Piscicultura, 2023. Acesso em: 19 dez. 2024. Disponível em: <<https://peixebr.com.br>>.
- RIBEIRO, T. d. O. et al. Benefícios do bpmn na modelagem dos processos: um estudo exploratório. In: POLÍTICA NACIONAL DE INOVAÇÃO E ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. *Anais do XXII Simpósio de Engenharia de Produção (SIMPEP)*. Bauru, SP, Brasil, 2015. Acesso em: 02 out. 2024. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/318792227>>.
- ROCHA, D. *Análise de Dados: uma Ferramenta Determinante para o Gerenciamento de uma Fazenda*. 2024. *Aquaculture Brasil*. Acesso em: 17 out. 2024. Disponível em: <<https://podcasters.spotify.com/pod/show/aquaculturebrasil/episodes/Anlise-de-Dados-uma-Ferramenta-Determinante-para-o-Gerenciamento-de-uma-Fazenda---por-Diego->>
- ROCHA, D. M. *Tendências, desafios e perspectivas da carcinicultura brasileira - Colunas - Aquaculture Brasil - O maior portal brasileiro sobre aquicultura*. 2020. Acesso em: 02 de nov. 2024. Disponível em: <<https://www.aquaculturebrasil.com/coluna/12/tendencias,-desafios-e-perspectivas-da-carcinicultura-brasileira>>.
- SANTOS, J. L. d.; SEVERINO-RODRIGUES, E.; VAZ-DOS-SANTOS, A. M. Estrutura populacional do camarão-branco *Litopenaeus schmitti* nas regiões estuarina e marinha da baixada santista, São Paulo, Brasil. *Boletim do Instituto de Pesca*, v. 34, n. 3, p. 375–389, 2008. ISSN 1678-2305. Acesso em: 21 de mai. 2024. Disponível em: <<https://institutodepesca.org/index.php/bip/article/view/807>>.
- SEBRAE. *Criação de Camarão: Cartilha Básica*. Aracaju, SE: SEBRAE Sergipe, 2018. Elaboração: Luís Inácio Toshio Nakanishi. Revisão: Ângela Maria de Souza. Acesso em: 20 out. 2024. Disponível em: <<https://www.se.sebrae.com.br>>.
- SENAR. *Camarão marinho: preparação do viveiro, povoamento, manejo e despesca*. [S.l.]: Senar, 2016. ISBN 978-85-7664-136-0.
- SILVA, H. da; ESTADES, N. A retomada da carcinicultura no Brasil (2012–2020): flexibilização das normativas e impactos socioambientais. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, v. 60, ago. 2022.
- SOARES, M.; EVANGELISTA, D. K. R.; PEREIRA, A. M. L. *Boas práticas de manejo e de biossegurança na carcinicultura para convivência com enfermidades*. [S.l.], 2021. Acesso em: 08 set. 2024. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/224146/1/doc44-2021.pdf>>.
- TECNOLOGIA, Y. *Probióticos na produção de camarão - Conteúdo - Aquaculture Brasil - O maior portal brasileiro sobre aquicultura*. Disponível em: <<https://www.aquaculturebrasil.com/conteudo/46/probioticos-na-producao-de-camarao>>.
- TOTVS. *BPM: entenda tudo sobre a metodologia, sua importância e como implementar em seu negócio!* 2022. Acesso em: 14 nov. 2024. Disponível em: <<https://www.totvs.com/blog/negocios/bpm/>>.
- TV Revista Rural. *Aprenda o passo a passo do manejo de camarões em cativeiro*. 2020. Acesso em: 21 Jun. 2024. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=ibTC2YPHLjk>>.

- VAIAQUA. *Produção de CAMARÃO MARINHO em sistemas extensivos*. [s.n.], 2020. Acesso em: 5 Jul. 2024. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=U2P714Pbptg>>.
- WAHLBRINK, F. *RFID: como funciona e quais suas vantagens*. 2019. Acesso em: 12 ago. 2024. Disponível em: <<https://www.retta.com.br/post/rfid-como-funciona-e-quais-suas-vantagens>>.
- ZANATTA. *Criação de camarão em estufas, valor agregado garantido*. 2020. Acesso em: 13 jun. 2024. Disponível em: <https://www.zanatta.com.br/criacao_de_camarao_em_estufas/>.