

Eficiência energética de aeradores com apoio de IoT na Aquicultura 4.0: uma revisão sistemática da literatura

Energy efficiency of aerators with IoT support in Aquaculture 4.0: a systematic literature review

DOI: 10.34117/bjdv8n5-437

Recebimento dos originais: 21/03/2022

Aceitação para publicação: 29/04/2022

Victor Matheus Falcão Fonseca

Mestrando em Informática Aplicada

Instituição: Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)

Endereço: Rua Dom Manuel de Medeiros, s/n, Bairro Dois Irmãos, Recife, PE

CEP: 52171-900

E-mail: victor.matheusf@ufrpe.br

Danilo Ricardo Barbosa de Araújo

Doutor em Engenharia Elétrica

Instituição: Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)

Endereço: Rua Dom Manuel de Medeiros, s/n, Bairro Dois Irmãos, Recife, PE

CEP: 52171-900

E-mail: danilo.araujo@ufrpe.br

Obionor de Oliveira Nóbrega

Doutor em Ciência da Computação

Instituição: Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)

Endereço: Rua Dom Manuel de Medeiros, s/n, Bairro Dois Irmãos, Recife, PE

CEP: 52171-900

E-mail: obionor.nobrega@ufrpe.br

Luis Otávio Brito da Silva

Doutor em Recursos Pesqueiros e Aquicultura

Instituição: Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)

Endereço: Rua Dom Manuel de Medeiros, s/n, Bairro Dois Irmãos, Recife, PE

CEP: 52171-900

E-mail: luis.obsilva@ufrpe.br

RESUMO

A utilização de tecnologias digitais integradas e conectadas por meio de softwares e sistemas inteligentes, caracteriza a Aquicultura 4.0, melhorando processos de produção e apoiando na tomada de decisão do produtor. O uso de Internet das Coisas (*IoT – Internet of Things*) permite que objetos e coisas comuns se conectem à Internet, facilitando o cotidiano das pessoas, empresas, cidades etc. Dentro do contexto de aquicultura, constata-se a importância do uso de aeradores para garantir a adequada taxa de oxigênio dissolvido na água, reduzindo mortalidade dos peixes. Contudo, o uso extensivo e descontrolado de aeradores resulta em altos custos com energia elétrica, desta forma, o objetivo deste trabalho é analisar o estado da arte na literatura a fim de identificar, comparar e classificar métodos para soluções de eficiência energética na aeração de tanques e viveiros, dentro

de um contexto de Internet das Coisas (*IoT*) na Aquicultura 4.0. Para concepção deste artigo aplicou-se a metodologia de revisão sistemática da literatura, no período de 2011 a 2021, onde foram incluídos 842 estudos, dentre eles, apenas 10 foram classificados como soluções potenciais. Com base no estudo realizado, pôde-se observar que nenhuma das propostas anteriores apresenta uma solução única e integrada, que seja capaz de mensurar parâmetros de qualidade da água, atuar na gestão e eficiência energética de aeradores controlados por inversores de frequência, que possibilite gerenciamento via aplicativo móvel ou painel de controle em *website*, concomitante ao uso de conceitos e dispositivos de Internet das Coisas.

Palavras-chave: eficiência energética, aquicultura 4.0, internet das coisas.

ABSTRACT

The use of integrated and connected digital technologies through intelligent software and systems characterizes Aquaculture 4.0, improving production processes and supporting the producer's decision making. The use of the Internet of Things (IoT) allows common objects and things to connect to the Internet, facilitating the daily lives of people, companies, cities, etc. Within the context of aquaculture, it is important to use aerators to ensure the adequate rate of dissolved oxygen in the water, reducing fish mortality. However, the extensive and uncontrolled use of aerators results in high electricity costs, in this way, the objective of this work is to analyze the state of the art in the literature in order to identify, compare and classify methods for energy efficiency solutions in tank aeration. and ponds, within an Internet of Things (IoT) context in Aquaculture 4.0. For the design of this article, the methodology of systematic literature review was applied, in the period from 2011 to 2021, where 842 studies were included, among them, only 10 were classified as potential solutions. Based on the study carried out, it was observed that none of the previous proposals presents a single and integrated solution, which is capable of measuring water quality parameters, acting in the management and energy efficiency of aerators controlled by frequency inverters, which allows via mobile application or website control panel, concomitant with the use of Internet of Things concepts and devices.

Keywords: energy efficiency, aquaculture 4.0, internet of things.

1 INTRODUÇÃO

O acesso universal à energia elétrica ainda ocorre de maneira desigual no mundo, um problema que aflige principalmente a população dos países mais pobres. Segundo o relatório anual da Organização das Nações Unidas (ONU), o número de pessoas sem acesso à energia elétrica no mundo em 2019 era de 759 milhões, concentradas principalmente no continente africano (ONU, 2021). No ano de 2021 o Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) registrou a maior crise hídrica ocorrida no Brasil desde 1931 (ONS, 2021), oriunda de uma forte escassez de chuvas, atingindo diretamente a produção de energia nacional, que é majoritariamente proveniente de usinas hidroelétricas, constatando-se ainda que os níveis dos reservatórios das usinas estiveram

abaixo da média histórica nos últimos sete anos (ONS, 2021). A crise hídrica somada ao aumento da demanda de energia elétrica nos últimos anos resulta em aspectos negativos, como elevado impacto ao meio ambiente e esgotamento dos insumos para produção de energia. Do mesmo modo, o impacto na economia é uma consequência a ser enfrentada não somente pelas empresas e indústrias, mas também pela população, que arcará com sucessivos aumentos na tarifa de energia elétrica (MME, 2021), trazendo à luz a necessidade de se implementar meios para elevar a eficiência energética e consequentemente reduzir o consumo de energia.

Dentro desse contexto, observa-se que diversos setores são afetados diretamente com o alto custo de energia elétrica, dentre eles está o de Aquicultura, que se caracteriza como uma atividade multidisciplinar, relativa à criação de organismos vivos em ambientes aquáticos, tais como, peixes, crustáceos, anfíbios, moluscos, algas e plantas aquáticas, considerando-se ainda a importância da intervenção no processo de criação ou manejo a fim de se buscar elevação da produção (OLIVEIRA, 2015). Desde o ano 4.000 A.C a atividade de aquicultura já era realizada por Egípcios e Chineses (SANSUY, 2020), contudo, no contexto atual a quarta revolução da agricultura, também conhecida como agricultura 4.0, trouxe o conceito de aplicação de tecnologias para integração de softwares e sistemas, além de automação de equipamentos para otimizar a cadeia de produção agrícola (NUTER, 2021). Diante deste novo conceito, ocorre a aquicultura 4.0, onde a aplicação da tecnologia e da inovação visa o aumento de produtividade e expansão de mercados (NUTER, 2021), apoiando-se também no uso de Internet das Coisas (*IoT*) como vetor integrador de tecnologia a custo acessível. Ressalta-se que ocorrem ainda transformações importantes no cenário do produtor, como aumento do bem-estar animal, melhoria na segurança alimentar, rastreabilidade do pescado em todas as etapas da cadeia de produção, bem como apoio na tomada de decisão embasadas na análise de dados em tempo real (SANSUY, 2020). A aquicultura 4.0 já é uma realidade no cenário mundial, contudo, nota-se que no contexto brasileiro ainda dispõe-se de limitada quantidade de estudos e tecnologias voltados a esta seara.

Neste contexto, a união de conjuntos de objetos ou coisas interligadas à internet, caracterizam o conceito de Internet das Coisas (*IoT – Internet of Things*), onde pequenos sensores são embutidos nos objetos criando um ecossistema de computação ubíqua, de tal forma, que o processamento das informações ocorra entre si (MAGRANI, 2018). Este é um conceito emergente, apresentado nos últimos anos, onde atualmente a aplicação de Internet das Coisas pode ser observada em dispositivos comuns, como relógios

inteligentes (*Smart Watches*), caixas de som inteligentes com assistente virtual embutida (*Smart Speakers*), geladeiras inteligentes, carros autônomos etc. (DOS SANTOS, 2019).

No campo do agronegócio, existem ainda diversas outras aplicações possíveis para o conceito de Internet das Coisas, como ressaltado em Dos Santos (2019), em que pode-se utilizar sensores de umidade para controle de irrigação, ou câmeras de vídeo IP, para monitoramento em tempo real de ervas daninhas, animais invasores ou presença de doenças nas plantações. Quando utiliza-se do conceito de *IoT* no contexto da aquicultura, torna-se possível a criação de sistemas inteligentes, capazes de proporcionar ao produtor benefícios, tal como o monitoramento de características da água com facilidade, citando parâmetros como pH, temperatura da água, etc (KOTHA, 2018). Desta forma, torna-se evidente a importância do conceito de Internet das Coisas no cenário da aquicultura, onde o aquicultor poderá ter acesso a parâmetros fundamentais de qualidade da água de maneira instantânea, bem como dispor de automatização de controle de alimentação e recirculação de oxigênio na água, permitindo um planejamento mais adequado sobre o crescimento dos peixes, bem como a redução de desperdícios e custos de produção, traduzindo isto em aumento de receita e competitividade no mercado.

Levando-se em consideração a importância dos aspectos da água para o produtor, convém mencionar técnicas que auxiliem na otimização de tais aspectos, dentre elas o conceito de aeração, caracterizado pelo processo de absorção de oxigênio proveniente do ar atmosférico e circulado sobre à água, em formato de bolhas (ROY, 2021). Sendo o processo responsável por aumentar a concentração de oxigênio dissolvido na água, além de remover simultaneamente gases dissolvidos, como CO₂, H₂S, e produtos químicos orgânicos voláteis (ROY, 2021). A aeração pode ocorrer de maneira natural, tal como a cachoeira escoando em um rio, ou artificial, como um sistema com motores a combustão ou elétricos, conectados a eixos e rodas de pás ou bombas verticais, sendo a técnica de aeração artificial a mais difundida nas fazendas de uso intensivo (JAYANTHI, 2021). Dado o exposto, torna-se importante ressaltar que na ocorrência de superdimensionamento da planta de aeradores instalados nos tanques de cultivos, bem como, da utilização do sistema de aeração por período superior ao necessário, ocasionará alto consumo de energia, denotando conseqüentemente em elevados custos com a energia elétrica (BOYD, 2021). Quando busca-se reduzir custos de energia elétrica, faz-se necessário a implementação do conceito de eficiência energética, que caracteriza-se pela relação entre energia elétrica consumida pelos equipamentos e pela energia gerada

(RAMLI, 2017), ou seja, reduzir o consumo de recursos energéticos garantindo o mesmo ou melhor desempenho dos equipamentos.

Diante deste cenário, torna-se evidente a necessidade de adoção de um sistema inteligente para controle contínuo do sistema de aeração dos tanques de cultivo, a fim de se otimizar a eficiência energética. Ressalta-se que a aplicação de conceitos de Internet das Coisas pode ser um fator chave para elucidar tal necessidade, norteando-se por baixo custo de implementação, fácil integração com equipamentos elétricos, alta disponibilidade de dispositivos e sensores no mercado global, além de vasta comunidade de desenvolvedores de sistemas baseados em *IoT*.

Como resultado deste trabalho, foi realizado um mapeamento sistemático da literatura, relacionado à eficiência energética de aeradores no contexto de aquicultura 4.0 e Internet das Coisas. Com base nos levantamentos, realizou-se uma discussão sobre os sistemas e tecnologias utilizadas. O estudo foi organizado em quatro seções, onde a primeira seção apresenta a Metodologia empregada; a segunda seção expõe o Mapeamento Sistemático da Literatura; a terceira apresenta os resultados obtidos e discussão; por fim, a quarta seção traz as considerações finais.

2 METODOLOGIA

A Revisão Sistemática da Literatura é uma metodologia demasiadamente útil para identificar trabalhos sobre um tema pertinente, com aplicação de métodos sistematizados e explícitos de busca, além de verificar a sua validade e qualidade, bem como sua aplicabilidade no contexto (DE-LA-TORRE-UGARTE, 2011). Em contraposição, a Revisão Sistemática difere-se da Revisão tradicional da Literatura, pois esta representa mais do que um levantamento de estudos passados, caracteriza-se como uma investigação científica, um método de pesquisa, em que é necessário realizar uma busca exaustiva até esgotar as fontes de informações, testar hipóteses, analisar criticamente a metodologia da busca (MATTOS, 2015), bem como, consolidar os resultados obtidos para se alcançar uma conclusão e responder a pergunta de pesquisa.

Nesse contexto, ressalta-se a importância da revisão da literatura, pois, o problema de pesquisa somente torna-se relevante quando se realiza uma análise crítica acerca do estado da arte na temática (RAMOS, 2014), para que então seja possível identificar lapsos, conflitos e entendimentos dentro da área de estudo, e por fim, possibilitar que o objeto de pesquisa adentre em um campo ainda não explorado por outros pesquisadores (BRIZOLA, 2016).

Este trabalho segue a metodologia de Revisão Sistemática, onde a realização foi conduzida em duas etapas. Na primeira, determinou-se como objetivo buscar por estudos publicados acerca do tema Eficiência Energética de Aeradores com apoio da Internet das Coisas na Aquicultura 4.0. A segunda fase, teve por objetivo aprofundar a temática, utilizando-se de critérios de seleção e exclusão para delimitar os estudos pesquisados na primeira fase.

3 MAPEAMENTO SISTEMÁTICO DA LITERATURA

A pesquisa bibliográfica foi realizada em bases de dados relacionadas aos campos da ciência e tecnologia, sendo elas: *Institute of Electrical and Electronic Engineers (IEEE)*, *Association for Computing Machinery (ACM)*, *SpringerLink*, *Scopus (Elsevier)* e *Web of Science (Clarivate)*.

De acordo com os pontos definidos no problema de pesquisa, definiu-se as seguintes palavras chaves: *Aerator*, *Aeration*, *Aquaculture*, *IoT*, *Energy Efficiency*. De modo que, foram elencadas duas *strings* de busca para pesquisa nos repositórios científicos, diferenciando-as por meio dos conectivos *OR* e *AND*, portanto, definidas da seguinte maneira:

- “(Aerator OR Aeration)” AND Aquaculture AND “(IoT OR Energy Efficiency)”
- “(Aerator OR Aeration)” AND Aquaculture AND “(IoT AND Energy Efficiency)”

As palavras chaves foram utilizadas com filtro de pesquisa por títulos de trabalhos acadêmicos, consultando trabalhos publicados no período de 2011 a 2021. Considerou-se títulos de qualquer país, restringindo-se à apenas estudos relacionados ao tema Eficiência Energética de Aeradores no contexto de Aquicultura e Internet das Coisas, apenas nos idiomas inglês ou português, que estivessem disponíveis para consulta online e que contivessem ao menos 4 páginas.

A fim de se verificar a eficiência da *string* de busca elencada, utilizou-se dois artigos de referência, com o anseio de que estes fossem localizados na busca sistemática, o que se confirmou durante a realização da pesquisa. Observa-se na Tabela 1 os artigos listados como referência.

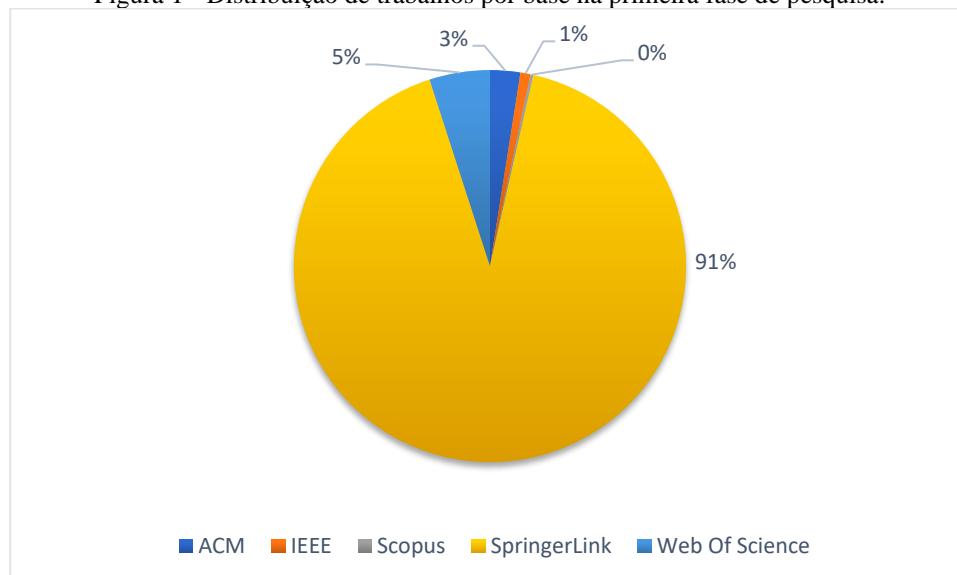
Tabela 1. Artigos de referência para busca.

Título	Autores
Assessment of the new generation aeration systems efficiency and water current flow rate, its relation to the cost economics at varying salinities for <i>Penaeus vannamei</i> culture	M Jayanthi et al.
Diversified aeration facilities for effective aquaculture systems—a comprehensive review	Subha M. Roy et al.

Fonte: autoria própria

Como resultado da busca nos repositórios científicos em duas fases, foram encontrados 842 títulos na primeira fase da pesquisa, dentro deste volume de trabalhos incide um número de trabalhos duplicados, visto que alguns títulos são publicados em mais de um repositório científico. Como critérios exclusão, foram definidos os seguintes: trabalhos fora do contexto de aquicultura, eficiência energética e Internet das Coisas; trabalhos com publicação em idioma distinto do inglês; trabalhos sem aplicabilidade prática etc. Após aplicação de critérios de exclusão e remoção de duplicados, a segunda fase da pesquisa remeteu a análise de 10 trabalhos. Observa-se na Figura 1, que dos 842 trabalhos encontrados na primeira fase da pesquisa, um percentual de 91% destes foram publicados somente na base científica *SpringerLink*, representados em sua maioria por trabalhos com baixo relacionamento ao tema da pesquisa.

Figura 1 - Distribuição de trabalhos por base na primeira fase de pesquisa.

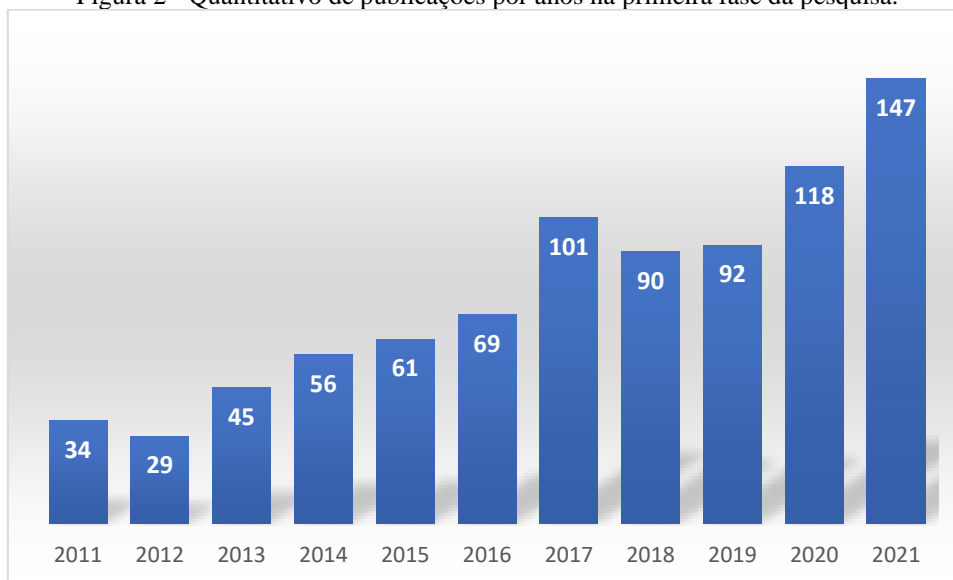


Fonte: autoria própria

Nota-se na Figura 2, que no levantamento realizado sem aplicação de critérios de seleção e exclusão, ocorre a partir do ano de 2017 uma elevada tendência de trabalhos dentro do contexto, destacando-se o ano de 2021 com a maior incidência de publicações,

com 147 artigos publicados, enquanto no ano de 2012 registrou-se a menor incidência, com apenas 29 estudos publicados.

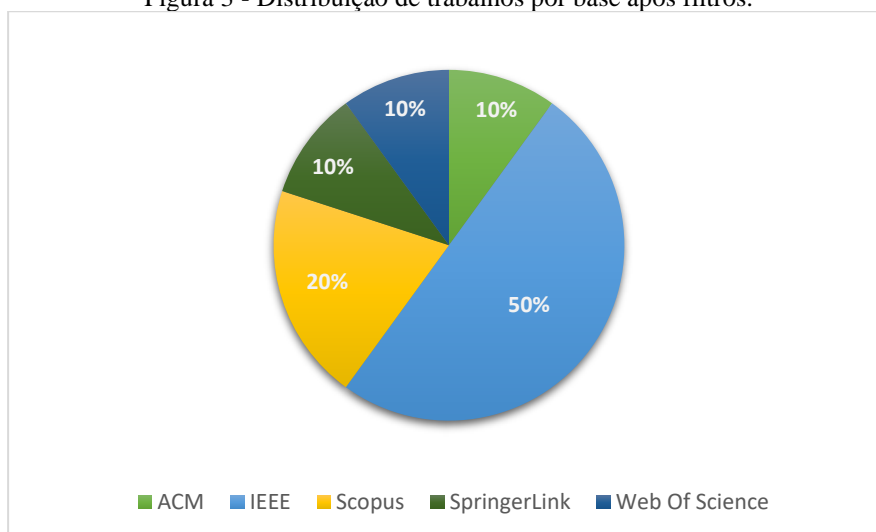
Figura 2 - Quantitativo de publicações por anos na primeira fase da pesquisa.



Fonte: autoria própria

Pode-se observar na Figura 3, que após aplicação dos filtros de seleção e exclusão, dentre os 10 trabalhos selecionados 50% foram publicados somente na base científica *IEEE*.

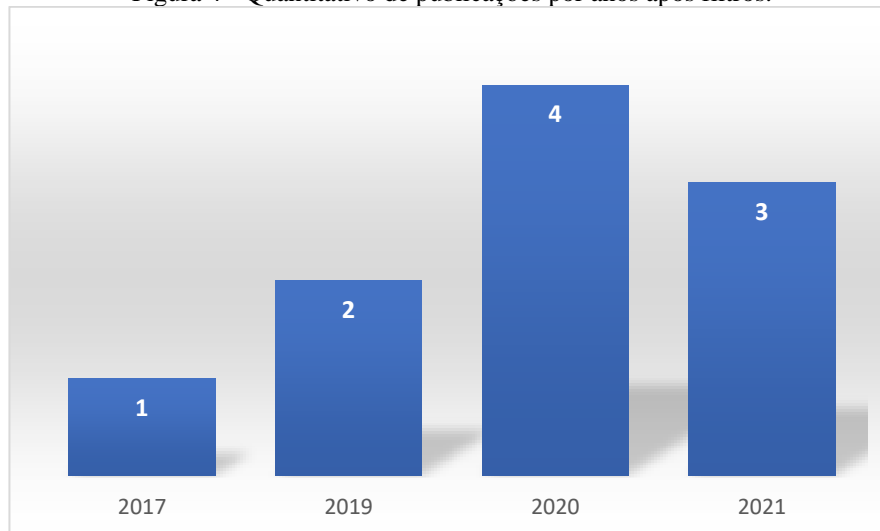
Figura 3 - Distribuição de trabalhos por base após filtros.



Fonte: autoria própria

Nota-se na Figura 4, que na segunda fase do levantamento realizado, ocorreu no ano de 2020 a maior incidência de publicações, com 4 trabalhos publicados, enquanto em 2017 registrou-se o menor quantitativo, apenas 1 estudo.

Figura 4 - Quantitativo de publicações por anos após filtros.



Fonte: autoria própria

Tabela 2. Artigos levantados por base.

Base científica	Artigos levantados	Artigos levantados após critérios excludentes
ACM	21	1
IEEE	7	5
Scopus	771	2
SpringerLink	1	1
Web of Science	42	1
Total	842	10

Fonte: autoria própria

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Procedeu-se a uma análise aprofundada acerca dos trabalhos selecionados, onde pôde-se observar que a aplicação de tecnologias, tal como adoção de dispositivos de Internet das Coisas para medições de parâmetros de qualidade da água, é muito pertinente na literatura para fornecer subsídios na busca pela eficiência energética no sistema de aeração de tanques. Embora o contexto de sistemas de aeração tenha sido amplamente discutido na literatura, o foco é apenas em aeração, não contemplando o contexto de *IoT*, onde apenas 10 trabalhos trazem à luz o uso de Internet das Coisas no contexto de aeração. Por fim, notou-se que também ocorre na literatura propostas de adoção de fontes de energias renováveis como forma de alcançar a eficiência energética. Ilustrou-se na Tabela 3 os artigos relacionados aos principais aspectos abordados no contexto de Eficiência Energética de Aeradores na Aquicultura 4.0.

Tabela 3. Tabela comparativa de aspectos.

Referência	Aeração com IoT	WIFI	Otimização de aeração	Mede Eficiência energética	Mede OD da água	APP e dash board	Usa Inversor de frequência	Simuladores de eficiência elétrica
Dr. Melito Baccay <i>et al</i> , 2021	X	X			X	X		
Sneha P.S <i>et al</i> , 2017	X	X			X	X		
Jesús Capelo <i>et al</i> , 2021	X	X			X	X		
Daniel Mwendwa <i>et al</i> , 2020			X		X			
M Jayanthi <i>et al</i> , 2020			X		X			
Subha M. Roy <i>et al</i> , 2021			X					
Claude E. Boyd <i>et al</i> , 2020			X					
Indra Ferdiansyah <i>et al</i> , 2019				X				X
Md. Raquibul Hasan <i>et al</i> , 2020				X			X	X
Li Yunfeng <i>et al</i> , 2019					X	X		

Fonte: autoria própria

De acordo com o que foi observado na Revisão Sistemática, pôde-se classificar os elementos que tratam sobre a eficiência energética em três subgrupos de sistemas: Sistemas de *IoT*, Sistemas elétricos e Sistemas de aeração. A seguir serão descritos os subgrupos e tecnologias utilizadas para apoiá-los no objetivo da pesquisa.

4.1 SISTEMAS DE IOT

A adoção de sistemas de Internet das Coisas no contexto da aquicultura 4.0, oferece diversos benefícios ao produtor, tal como apoio às medições de parâmetros da água com precisão e baixo custo se comparado às soluções tradicionais, bem como na redução do consumo de energia elétrica ao se automatizar de forma inteligente a operação de aeradores, gerenciados de acordo com medições de parâmetros da água em tempo real, o que implica diretamente em amenização dos custos de produção.

Dentro desta seara, destacam-se os projetos de sistema *IoT* de gerenciamento de qualidade da água baseado em energia solar (DR. MELITO BACCAY *et al*, 2021),

Sistema de Monitoramento e controle automático de camarão e arrozal baseado em sistema de *IoT* (SNEHA P.S *et al*, 2017), Sistema de monitoramento de oxigênio dissolvido baseado em Nb-Iot (LI YUNFENG *et al*, 2019) e Sistema *IoT* baseado em Raspberry PI para monitoramento remoto e controle automatizado do sistema de aeração de fazendas de camarão (JESÚS CAPELO *et al*, 2021).

Pode-se notar que dentre os estudos relacionados ao contexto de Sistemas de Internet das Coisas da pesquisa, ainda restam lacunas no tocante à conectividade das soluções, visto que a maior parte dos estudos apresentam soluções de comunicação limitadas apenas ao uso de redes *Wi-Fi*, onde apenas um único artigo apresentou uso de redes móveis *GSM* e outro o uso de redes sem fio *Zigbee*. Constata-se também a baixa quantidade de trabalhos que implementem soluções com aplicativos móveis e painéis de gerenciamento on-line. Observa-se ainda que houveram ao menos dois trabalhos que utilizaram microcontroladores proprietários e de plataforma fechada, de complexa integração com sondas e sensores tradicionais voltados para *IoT*. Conclui-se então que temas como conectividade, aplicação móvel e microcontroladores ainda necessitam de maiores estudos e validações.

4.2 SISTEMAS ELÉTRICOS

Face à importância da adoção de Sistemas de Internet das Coisas no contexto da Aquicultura, destaca-se também a adoção de estratégias e métodos inovadores no campo da eficiência energética como componente fundamental para a implementação de sistemas de aeração eletricamente eficientes. Nesse sentido, observa-se que a implementação de sistemas de alimentação energéticos provenientes de fonte de energia renováveis, tal como energia solar fotovoltaica, bem como a adoção de equipamentos eletrônicos secundários de apoio à gestão energética, como exemplo inversores de frequências, apresentam-se como fatores essenciais na redução de custos energéticos e aumento de vida útil do sistema de aeração, em contrapartida, observa-se que este ainda é um arcabouço minimamente difundido na literatura.

De acordo com a pesquisa realizada, a fim de se destacar os trabalhos relacionados ao contexto da eficiência de sistemas energéticos, foi possível listar os seguintes estudos: Aplicação de conversor bidirecional intercalado em aeradores de viveiros com alimentados por painéis solares (INDRA FERDIANSYAH *et al*, 2019), e Desempenho e análise econômica de um sistema de aeração solar independente (MD. RAQUIBUL HASAN *et al*, 2020).

Dentro da seara de sistemas elétricos, observa-se uma carência de estudos relacionados à integração e implementação de inversores de frequência em sistemas de aeração, onde constatou-se que apenas um estudo contemplou o tema supracitado. Pôde-se observar ainda que a implementação de modelos e estratégias de eficiência energética, tais como uso de sistemas automatizados de controle de aeração e adoção de simuladores para dimensionamento adequado de sistemas elétricos, são minimamente discutidos na literatura. Dado que a eficiência energética implica diretamente em redução de custos e aumento de lucratividade do produtor, ressalta-se a necessidade de aprofundamento de pesquisas relacionados ao tema.

4.3 SISTEMAS DE AERAÇÃO

A aeração artificial, quando da sua introdução na aquicultura, representou um salto na manutenção de parâmetros de qualidade da água, controlando taxas de oxigênio dissolvido e temperatura da água de maneira inovadora. A adoção de sistemas de aeração com motores elétricos difundiu-se em larga escala devido à baixa necessidade de manutenção e facilidade de operação, porém, foi possível observar que as práticas de implementação exageradas e desproporcionais, instalação de sistemas elétricos artesanais, e utilização de aeradores sem medição de parâmetros da água, representam novos desafios para os produtores, que necessitarão de apoio da ciência e tecnologia para apoiá-los no adequado dimensionamento dos sistemas de aeração, respeitando critérios econômicos e de eficiência.

Diante da análise realizada, os seguintes trabalhos apresentam contribuições relevantes no contexto dos mais diversos tipos de sistemas de aeração artificial, tais como o sistema de recirculação de aquicultura (RAS) no Quênia e requisitos ambientais e de energia para a produção de diferentes biomassas de tilápia do Nilo (DANIEL MWENDWA *et al*, 2020); Avaliação da eficiência dos sistemas de aeração de nova geração, vazão da corrente de água e sua relação com fatores econômicos, em salinidades variáveis para a cultura *Penaeus Vannamei* (M JAYANTHI *et al*, 2020); Instalações diversificadas de aeração para sistemas de aquicultura eficazes (SUBHA M. ROY *et al*, 2021) e Uso da energia do aerador na criação de camarões e meios de melhoria (CLAUDE E. BOYD *et al*, 2020).

De acordo com os resultados obtidos na pesquisa, relacionados ao contexto de sistemas de aeração e *IoT*, nota-se que a literatura carece de publicações que abordem os padrões de taxas de eficiência de aeração SAE e SOTR (M JAYANTHI *et al*, 2020) em

sistemas artificiais, de modo que foi possível observar estes aspectos em apenas três estudos da pesquisa, no contexto de Internet das Coisas. Importante salientar que a automação de sistemas de aeração é também outro aspecto de mínima discussão na literatura e que carece de maior aprofundamento.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O levantamento bibliográfico realizado nesta pesquisa contribui para enriquecer o conhecimento acerca do tema de Eficiência energética de aeradores, com apoio de Internet das Coisas na Aquicultura 4.0. De modo que, é possível observar na proposta o seu caráter inovador e preenchimento de lacunas evidentes. Durante a análise, os títulos foram classificados em três subgrupos: Sistemas de *IoT*, Sistemas elétricos e Sistemas de aeração.

Por tanto, a partir da definição precisa dos três subgrupos apresentados anteriormente e a revisão sistemática realizada, pôde-se constatar que grande parte dos trabalhos se referiram principalmente ao gerenciamento da aquicultura com apoio de sistemas de Internet das Coisas. Do mesmo modo, a presença de estudos relativos à elaboração de estratégias e modelos de aeração inovadores também se apresentou expressiva, por fim, e em menor número, constatou-se os estudos relativos a meios e estratégias para avaliar e implementar eficiência energética de aeradores na aquicultura.

Diante das lacunas apresentadas, propõe-se que a implementação de um sistema de aeração que seja economicamente viável, deve-se pautar obrigatoriamente nos conceitos de eficiência energética, adotando ferramentas que reduzam o consumo elétrico, tal como inversores de frequência, capazes de extrair a máxima eficiência dos motores ao menor custo com geração de energia; deve-se apoiar no conceito de Internet das Coisas, que é capaz de proporcionar a baixo custo a medição de parâmetros de qualidade da água em tempo real, transmiti-los pela internet através de redes *Wireless* ou rede móvel 3G/4G, bem como, de posses de dados paramétricos da água realizar a operação autônoma dos aeradores. Trabalhos futuros se fazem necessários para avaliar de forma prática as implementações teóricas propostas neste estudo.

REFERÊNCIAS

Aquicultura 4.0: benefícios da automação na produção aquícola. NUTER, 2021. Disponível em: <https://nuter.com.br/aquicultura-4-0-beneficios-da-automacao-na-producao-aquicola>. Último acesso em: 1 de dezembro de 2021.

Aquicultura 4.0: o que é e como se adaptar às transformações? SANSUY, 2020. Disponível em: <https://blog.sansuy.com.br/aquicultura-4-0>. Último acesso em: 1 de dezembro de 2021.

Blancaflor, E., & Baccay, M. (2021, July). *Design of a Solar Powered IoT (Internet of Things) Remote Water Quality Management System for a Biofloc Aquaculture Technology*. In *2021 3rd Blockchain and Internet of Things Conference* (pp. 24-31).

Boyd, C. E., & McNevin, A. A. (2021). *Aerator energy use in shrimp farming and means for improvement*. *Journal of the World Aquaculture Society*, 52(1), 6-29.

BRIZOLA, J., & FANTIN, N. (2016). *Revisão da literatura e revisão sistemática da literatura*. *Revista de Educação do Vale do Arinos-RELVA*, 3(2).

Capelo, J., Ruiz, E., Asanza, V., Toscano-Quiroga, T., Sánchez-Pozo, N. N., Lorente-Leyva, L. L., & Peluffo-Ordóñez, D. H. (2021, September). *Raspberry Pi-based IoT for shrimp farms Real-time remote monitoring with automated system*. In *2021 International Conference on Applied Electronics (AE)* (pp. 1-4). IEEE.

De-la-Torre-Ugarte, M. C., Takahashi, R. F., & Bertolozzi, M. R. (2011). *Revisão sistemática: noções gerais*. *Revista da Escola de Enfermagem da USP*, 45(5), 1260-1266.

dos Santos, I. B., Sandmann, A., de Souza, B. E., Schmidt, C. A. P., de Paula Filho, P. L., Melges, A. I., & Marcolin, J. F. (2019). *Internet das coisas (IoT) aplicada ao agronegócio: Projeto e implementação de um gateway de IoT sobre a plataforma Arduino para simplificar a automatização da aquicultura*. *Brazilian Journal of Development*, 5(11), 26631-26653.

Ferdiansyah, I., Purwanto, E., Sudiharto, I., Sunarno, E., Nugraha, S. D., Qudsi, O. A., ... & Simorangkir, I. T. (2019, October). *Application of Interleaved Bidirectional Converter on Pond Aerators with Electricity Sources from Solar Panels*. In *2019 International Conference on Electrical Engineering and Computer Science (ICECOS)* (pp. 107-111). IEEE.

Hasan, M. R. (2020, December). *Performance and Economic Analysis of a Standalone Solar Aeration System*. In *2020 2nd International Conference on Sustainable Technologies for Industry 4.0 (STI)* (pp. 1-6). IEEE.

Jayanthi, M., Balasubramaniam, A. A. K., Suryaprakash, S., Veerapandian, N., Ravisankar, T., & Vijayan, K. K. (2021). *Assessment of standard aeration efficiency of different aerators and its relation to the overall economics in shrimp culture*. *Aquacultural Engineering*, 92, 102142.

Kotha, H. D., & Gupta, V. M. (2018). *IoT application: a survey*. *Int. J. Eng. Technol*, 7(2.7), 891-896.

Magrani, Eduardo (2018). *A internet das coisas*. Editora FGV.

Mattos, P. D. C. (2015). Tipos de revisão de literatura. *UNESP. São Paulo*, 2.

Ministério de Minas e Energias. *Esclarecimento sobre reajustes na conta de luz em 2022*. MME, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/esclarecimento-sobre-reajustes-na-conta-de-luz-em-2022>. Último acesso em: 30 de novembro de 2021.

Oliveira, R.C. (2015). *O panorama da aquíicultura no Brasil: a prática com foco na sustentabilidade*.

Operador Nacional do Sistema Elétrico. *Esclarecimentos em relação à nota técnica sobre avaliação das condições de atendimento eletroenergético do sistema interligado nacional*. ONS, 2021. Disponível em: <http://www.ons.org.br/Paginas/Noticias/Nota-a-imprensa-Esclarecimentos-em-relacao-a-nota-tecnica-Avaliacao-das-Condicoes-de-Atendimento-Eletoenergetico-do-SIN.aspx>. Último acesso em: 30 de novembro de 2021.

Organização das Nações Unidas. *Acesso à eletricidade avança, mas desigualdade ainda é obstáculo para cumprir meta de energia para todos*. ONU, 2021. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/130381-acesso-eletricidade-avanca-mas-desigualdade-ainda-e-obstaculo-para-cumprir-meta-de-energia>. Último acesso em 30 de novembro de 2021.

Ramli, N. A., & Abdul Hamid, M. F. (2017). *Analysis of energy efficiency and energy consumption costs: a case study for regional wastewater treatment plant in Malaysia*. *Journal of Water Reuse and Desalination*, 7(1), 103-110.

Ramos, A., Faria, P. M., & Faria, Á. (2014). *Revisão sistemática de literatura: contributo para a inovação na investigação em Ciências da Educação*. *Revista Diálogo Educacional*, 14(41), 17-36.

Roy, S. M., Jayraj, P., Machavaram, R., Pareek, C. M., & Mal, B. C. (2021). *Diversified aeration facilities for effective aquaculture systems—a comprehensive review*. *Aquaculture International*, 1-37.

Sneha, P. S., & Rakesh, V. S. (2017, November). *Automatic monitoring and control of shrimp aquaculture and paddy field based on embedded system and IoT*. In 2017 *International Conference on Inventive Computing and Informatics (ICICI)* (pp. 1085-1089). IEEE.

Wambua, D. M., Home, P. G., Raude, J. M., & Ondimu, S. (2021). *Environmental and energy requirements for different production biomass of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in recirculating aquaculture systems (RAS) in Kenya*. *Aquaculture and fisheries*, 6(6), 593-600.

Yunfeng, L., & Tianpei, Z. (2019, August). *A Design of Dissolved Oxygen Monitoring System Based on Nb-Iot*. In 2019 *International Conference on Smart Grid and Electrical Automation (ICSGEA)* (pp. 98-101). IEEE.