



**UNIVERSIDADE
FEDERAL RURAL
DE PERNAMBUCO**



Wanderson Moura da Silva

**Desenvolvimento de uma infraestrutura em nuvem para
monitoramento de ninhos de tartarugas marinhas**

Recife - PE, Brasil

2024

Wanderson Moura da Silva

Desenvolvimento de uma infraestrutura em nuvem para monitoramento de ninhos de tartarugas marinhas

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Bacharelado em Sistemas de Informação da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Sistemas de Informação.

Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE
Departamento de Estatística e Informática
Curso de Bacharelado em Sistemas de Informação

Orientador: Victor Wanderley Costa de Medeiros

Recife - PE, Brasil

2024

- W245d silva, Wanderson
Desenvolvimento de uma infraestrutura em nuvem para monitoramento de ninhos de tartarugas marinhas:
Dashboard na plataforma Thingsboard / Wanderson silva. - 2024.
42 f. : il.
- Orientador: Victor Wanderley Costa de Medeiros) (Orientador).
Inclui referências.
- Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Bacharelado em
Sistemas da Informação, Recife, 2024.
1. Tartarugas Marinhas. 2. Monitoramento de Ninhos. 3. Internet das Coisas (IoT). 4. ThingsBoard . 5. Conservação
Ambiental. I. (Orientador), Victor Wanderley Costa de Medeiros), orient. II. Título

CDD 004

Wanderson Moura da Silva

Desenvolvimento de uma infraestrutura em nuvem para monitoramento de ninhos de tartarugas marinhas

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Bacharelado em Sistemas de Informação da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Sistemas de Informação.

Aprovado em: 08 de março de 2024.

BANCA EXAMINADORA

Victor Wanderley Costa de Medeiros (Orientador)

Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE
Departamento de Estatística e Informática
Curso de Bacharelado em Sistemas de Informação

Cícero Garrozi

Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE
Departamento de Estatística e Informática
Curso de Bacharelado em Sistemas de Informação

RESUMO

Este Trabalho de Conclusão de Curso propõe um sistema de monitoramento em nidificação de tartarugas marinhas, explorando a plataforma ThingsBoard para a elaboração de um *dashboard* de monitoramento. O estudo procura integrar tecnologias de Internet das Coisas (IoT), e estratégias de envolvimento comunitário para aperfeiçoar a conservação dessas espécies que a muito tempo tem sua existência ameaçada por diversos fatores predatórios. A aplicação na plataforma ThingsBoard possibilita a obtenção de dados essenciais em tempo real, tais como, movimento e temperatura provindos de dispositivos instalados no interior do ninho. O dashboard implementado proporcionará uma representação visual clara do status de cada ninho monitorado, gerando alerta automaticamente quando existir ocorrência de eventos críticos, como aumento excessivo de temperatura ou movimentos que originam a eclosão dos ovos incubados. O *dashboard*, além de fornecer informações cruciais para pesquisadores e ambientalistas, será acessível à comunidade local por intermédio de um aplicativo móvel exclusivo. A revisão do projeto abrange estratégias contínuas de aprimoramento, enfatizando a colaboração com especialistas locais e a participação ativa da comunidade para otimizar a eficácia da aplicação de monitoramento. O papel central do dashboard desenvolvido na plataforma ThingsBoard é receber e apresentar dados vindos de dispositivos instalados nos ninhos de tartarugas, para monitoramento de temperatura e movimento. Esse sistema facilita a compreensão e análise dos dados, proporcionando *insights* em relação à possibilidade de eclosão dos ovos, e contribui para a efetiva conservação das tartarugas marinhas.

Palavras-Chave: Tartarugas Marinhas. Monitoramento de Ninhos. Internet das Coisas (IoT). ThingsBoard. Conservação Ambiental.

ABSTRACT

This Course Completion Work proposes a monitoring system for sea turtle nesting, using the ThingsBoard platform to create a monitoring dashboard. The study seeks to integrate Internet of Things (IoT) technologies and community involvement strategies to improve the conservation of these species, whose existence has long been threatened by various predatory factors. The application on the ThingsBoard platform makes it possible to obtain essential data in real time, such as movement and temperature from devices installed inside the nest. The implemented dashboard will provide a clear visual representation of the status of each monitored nest, automatically generating an alert when critical events occur, such as an excessive increase in temperature or movements that cause the incubated eggs to hatch. The dashboard, in addition to providing crucial information for researchers and environmentalists, will be accessible to the local community through an exclusive mobile application. The project review encompasses ongoing improvement strategies, emphasizing collaboration with local experts and active community participation to optimize the effectiveness of the monitoring application. The central role of the dashboard developed on the ThingsBoard platform is to receive and present data from devices installed in turtle nests, to monitor temperature and movement. This system facilitates understanding and analysis of data, providing insights into the possibility of egg hatching, and contributing to the effective conservation of sea turtles.

Keywords: Sea Turtles. Nest Monitoring. Internet of Things (IoT). ThingsBoard. Environmental Conservation.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	7
1.1 OBJETIVO GERAL	9
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	9
2 REFERENCIAL TEÓRICO	10
2.1 TARTARUGAS MARINHAS E CONSERVAÇÃO	11
2.2 MONITORAMENTO EM NINHOS DE TARTARUGAS	11
2.3 THINGSBOARD E INTERNET DAS COISAS (IoT) EM NIDIFICAÇÃO DE TARTARUGAS MARINHAS	12
2.4 DASHBOARDS	15
2.4.1 DASHBOARDS ANALÍTICOS	16
2.4.2 DASHBOARDS TÁTICOS	16
2.4.3 DASHBOARDS ESTRATÉGICOS	16
2.5 ARQUITETURA EM TRÊS CAMADAS	16
2.6 PLATAFORMAS PARA DESENVOLVIMENTO EM (IoT)	18
2.6.1 O ARDUINO UNO	18
2.6.2 ESP32	19
2.6.3 PROTOCOLOS (IoT)	19
2.6.3.1 CoAP	21
2.6.3.2 MQTT	21
2.6.3.3 HTTP	22
3 TRABALHOS RELACIONADOS	22
3.1 KAA IOT	23
3.2 GLUE.THINGS	24
3.3 FREEBOARD	25
3.4 COMPARAÇÃO DAS PLATAFORMAS APRESENTADAS	27
4 MATERIAIS E MÉTODOS	29
4.1 PLATAFORMA THINGSBOARD	29
4.2 WIDGETS IMPORTANTES PARA A IMPLEMENTAÇÃO DO DASHBOARD	30
4.2.1 WIDGET DE CARTÃO	31
4.2.2 WIDGET DE ALARME	32
4.2.3 WIDGET DE MAPA	32
4.2.4 WIDGET GRÁFICO DE LINHA	33
4.3 CONFIGURANDO O THINGSBOARD PARA MONITORAMENTO	34
4.3.1 DEVICE PROFILES	34
4.3.2 CADEIA DE REGRAS (RULE CHAIN)	35
4.3.3 DISPOSITIVOS	37
4.3.4 DASHBOARDS	38

4.4 VALIDAÇÃO E INTEGRAÇÃO COM O HARDWARE, E COM O APLICATIVO MOBILE	38
5 CONCLUSÃO	39
REFERÊNCIAS	41

1 INTRODUÇÃO

As tartarugas marinhas, encaram ameaças decorrentes da interferência irresponsável dos seres humanos e das transformações ambientais. As fases cruciais em seu ciclo de vida são as migrações de reprodução, e eclosões dos ovos, que exigem inovações estratégicas de monitoramento para que a preservação dessas espécies ameaçadas seja bem sucedida. Neste contexto, a preservação das tartarugas marinhas iniciou na década de 1980 com o foco na proteção das áreas de desova identificadas (MARCOVALDI; DEI MARCOVALDI, 1999). Com o passar dos anos, foram alcançados vários resultados positivos, dentre eles a identificação de novas áreas de nidificação em vários estados, como Bahia, Alagoas, Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte, Maranhão, entre outras.

Os indicadores populacionais das tartarugas marinhas são normalmente derivados da contagem dos ninhos, mas para obtenção de informações completas é imprescindível uma coleta de várias outras informações adicionais. Ações direcionadas para pesquisas mais abrangentes, como perfil térmico das praias de desova, definição da temperatura principal, e pesquisas sobre a frequência de desova das fêmeas, são fundamentais para um entendimento mais aprofundado.

Com a aparição de tartarugas em novas áreas, a atuação na conservação envolveu uma diversidade de profissionais, pesquisadores e voluntários. Por isso, orientações claras e protocolos de monitoramento se fazem necessários para que a coleta de informações essenciais seja feita de forma inteligente, contribuindo para o aumento do conhecimento sobre essas espécies marinhas, que são criaturas notáveis por suas migrações e papel vital nos ecossistemas, porém, há muitos anos enfrentam ameaças alarmantes tanto no período de incubação quanto na reprodução, e estes fatores ameaçam a existência de diversas espécies. Devido a essa problemática, para garantir a sobrevivência das tartarugas marinhas no futuro, é imprescindível haver uma mobilização e conscientização dos órgãos governamentais, dos pesquisadores e da população.

No decorrer da estação reprodutiva, as fêmeas adultas partem em direção às zonas de desova, onde depositam seus ovos nas faixas de areia antes de retornarem ao oceano (Figura 1). Com uma média de 60 a 200 ovos por fêmea, dependendo da temperatura solar, da maré onde os ovos foram depositados e do sombreamento, o período de incubação oscila entre 45 e 60 dias. Quando ocorrem as eclosões, os filhotes confrontam desafios ao atravessar o trajeto

em direção ao oceano, estando suscetíveis a predadores e riscos diversos (“Nascimento” Tamar [s.d.]).

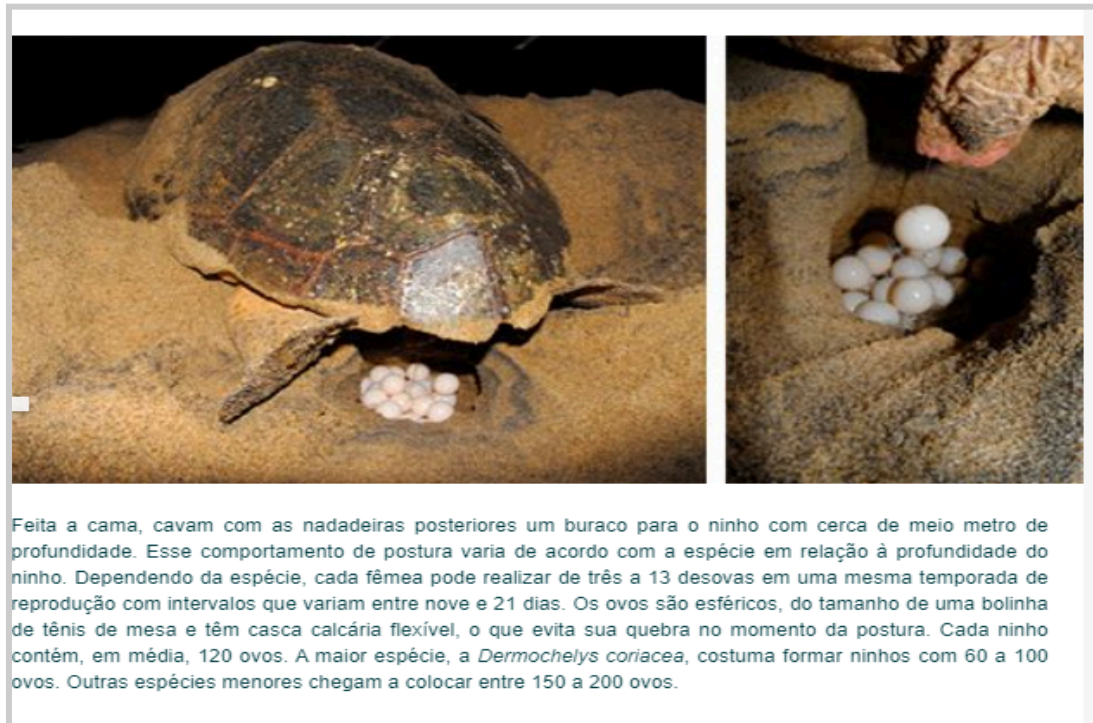


Figura 1: Zonas de desova, Ninhos e postura baseados em (Tamar, [sd])

Para preservação dos locais de desova, no estado de Pernambuco, algumas organizações contam com o apoio de voluntários durante o monitoramento de nidificação no intuito de protegê-las das ameaças dos predadores e de alguns curiosos que circulam nas proximidades das áreas de reprodução. Este apoio é extremamente importante para não haver nenhum dano aos ovos, e cada filhote recém-nascido consiga seguir o ciclo de vida da sua espécie, apesar de que todo esse esforço na proteção e monitoramento desse ecossistema, em alguns lugares, continuam as ocorrências dos impactos antropogênicos diretos ou indiretos (HAMANN et al., 2010). Todavia, esta mobilização voluntária encara muitas dificuldades devido à abundância de ninhos a serem monitorados, já que é necessário uma certa agilidade neste acompanhamento para quando ocorrerem as diversas eclosões.

Partindo desse desafio, originou-se a demanda do desenvolvimento de uma aplicação sofisticada de monitoramento. Esse sistema será um aliado valioso para os voluntários, monitorando movimentos e alterações nos ninhos, proporcionando dados essenciais para pesquisas futuras relativas às fases de reprodução das principais espécies de tartarugas marinhas e contribuindo com parâmetros imprescindíveis que irão servir como fundamento

para a exclusão dessas espécies da gama de animais ameaçados de extinção no ecossistema marinho.

Portanto, este projeto apresenta o desenvolvimento de um sistema de monitoramento de ninhos de tartarugas marinhas na costa de Pernambuco, utilizando a integração das tecnologias de Internet das Coisas (IoT), e estratégias de engajamento comunitário visando a diminuição do impacto humano causado há dezenas de anos nos habitats das tartarugas marinhas (LUTCAVAGE et al., 1997).

Convém salientar que o litoral de Pernambuco é biodiversificado e apresenta barreiras que requer soluções ajustáveis. O projeto não apenas busca coletar *insights* precisos sobre o comportamento das tartarugas marinhas durante o período de reprodução, mas também almeja estreitar uma relação harmônica com os indivíduos da localidade, visto que a colaboração com as comunidades e o apreço pelo aprendizado, são fatores essenciais para o sucesso de iniciativas para a conservação ambiental. Ao abordar aspectos inovadores, este estudo propõe uma aproximação abrangente para o monitoramento de ninhos de tartarugas marinhas em Pernambuco. Isso é fundamental para a criação de um sistema eficaz, bem como promover uma cultura de preservação e sustentabilidade, que objetiva a valorização dos animais marinhos, juntamente com a comunidade costeira.

1.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo deste estudo é desenvolver um sistema de monitoramento em nuvem para ninhos de tartarugas marinhas, utilizando a plataforma ThingsBoard para criar um dashboard interativo que seja capaz de integrar-se a dispositivos IoT, que possibilite a coleta de dados relevantes em tempo real, e também a um aplicativo Mobile que possa ampliar o alcance do sistema, permitindo o envolvimento dos especialistas e da comunidade na preservação das tartarugas marinhas.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Instalação e configuração eficientes da plataforma ThingsBoard para suportar a coleta e visualização de dados.

- Desenvolvimento de uma estrutura de dashboard compatível com os requisitos do projeto.
- Integração de dispositivos IoT, como sensores de movimento e temperatura, para coleta de dados nos ninhos e comunicação eficaz com a plataforma ThingsBoard.
- Criação de uma interface do usuário intuitiva para facilitar a interpretação dos dados por pesquisadores, conservacionistas e a comunidade local, com elementos visuais simples e atrativos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo descreve os conceitos necessários para a compreensão deste trabalho. Em virtude disso, a seção 2.1 demonstra a importância das tartarugas marinhas em Pernambuco, enfatizando a ameaça de extinção e o papel crucial da Fundação Pró-Tamar na conservação, incluindo benefícios sociais e econômicos para as comunidades costeiras; a seção 2.2 discute a transição para tecnologias avançadas, como sensores e IoT, aprimorando o monitoramento de ninhos de tartarugas e superando limitações dos métodos tradicionais; A seção 2.3 destaca a importância da Internet das Coisas (IoT) no monitoramento de ninhos de tartarugas marinhas, enfatizando a plataforma ThingsBoard e o protocolo MQTT, proporcionando tomadas de decisão precisas e coleta de dados em tempo real para a conservação eficaz dessas espécies; A seção 2.4 explana a importância dos *dashboards* no monitoramento de tartarugas marinhas, destacando sua utilidade em projetos de conservação. São explorados três tipos específicos: *dashboards* analíticos para análises detalhadas, estratégicos para gestores e táticos para otimizar a eficiência operacional em monitoramentos ambientais; A seção 2.5 discorre sobre a arquitetura de IoT em três camadas: sensoriamento, transporte e aplicação. Enfatiza a importância do sensoriamento, apesar das limitações de recursos, e explica o papel das camadas de transporte e aplicação na gestão de operações de rede e análise de dados, respectivamente; A seção 2.6 expõe soluções-chave para o desenvolvimento IoT, como o Arduino Uno e o ESP32, e explora protocolos como CoAP, MQTT e HTTP, ressaltando a eficiência do MQTT no monitoramento de ninhos de tartarugas.

2.1 TARTARUGAS MARINHAS E CONSERVAÇÃO

As tartarugas marinhas exercem um papel fundamental nos ecossistemas marinhos, representando uma componente única e primitiva da diversidade biológica. Elas pertencem à linhagem mais antiga de répteis vivos, e surgiram pela primeira vez ao longo do período Jurássico. Sua presença é essencial para a saúde e equilíbrio dos ambientes marinhos (PRITCHARD, 1997).

Em Pernambuco, várias espécies de tartarugas marinhas, como a *Chelonia mydas* (tartaruga-verde) e a *Eretmochelys imbricata* (tartaruga-de-pente), desovam em praias específicas, colaborando expressivamente para a biodiversidade local. O período reprodutivo da espécie *Eretmochelys imbricata* distribui-se entre os meses de setembro a outubro (FERREIRA, 2009), período o qual é considerado mais quente durante o ano no estado de Pernambuco. Essa fase reprodutiva é habitual em todas as áreas de desova da região nordeste, e apresenta um crescimento considerável das desovas nos meses de dezembro a março (MOURA et al., 2012).

A conservação dessas espécies torna-se indispensável, uma vez que muitas delas encontram-se ameaçadas de extinção devido à destruição do habitat, poluição marinha e captura incidental em atividades de pesca. Por esse motivo, a Fundação Pró-Tamar é uma instituição que desempenha um papel principal na conservação das tartarugas marinhas, promovendo inclusão social, gerando emprego para os moradores das comunidades costeiras e respeitando as particularidades da região. Atualmente, o sustento financeiro de muitos habitantes do litoral Pernambucano é através das atividades ligadas à conservação das tartarugas marinhas, e por este motivo, as iniciativas da Fundação vem se destacando e impactando positivamente nas áreas monitoradas (CORREIA et al., 2016).

2.2 MONITORAMENTO EM NINHOS DE TARTARUGAS

Este segmento destaca a evolução dos métodos de monitoramento, introduzindo a tecnologia como uma ferramenta eficaz para superar as limitações dos métodos tradicionais. Visto que, a vigilância em nidificação de tartarugas marinhas é primordial para compreender e conservar esses animais ameaçados. Bons métodos tradicionais utilizados em monitoramento, como marcar fisicamente os ninhos e observá-los continuamente, vem sendo historicamente utilizados (HAWKES et al., 2007). No entanto, esses métodos apresentam limitações,

incluindo a interferência humana, que mesmo com a presença de placas sinalizadoras e dos órgãos fiscalizadores impedindo a circulação de veículos, algumas pessoas desrespeitam as leis e impactam direta e indiretamente as espécies marinhas (CORREIA et al., 2016).

Atualmente, a aplicação de tecnologias para monitoramento tem se mostrado promissora devido ao uso de sensores, transmissores via satélite e outros tipos de dispositivos acoplados em áreas a serem monitoradas. Isto permite a coleta de dados em tempo real e oferece uma visão mais abrangente dos eventos reprodutivos e migratórios de uma variedade de espécies (BLUMENTHAL et al., 2009).

Além disso, a implementação das tecnologias IoT tem proporcionado avanços significativos, permitindo a transmissão remota de dados. A utilização de IoT nesses sistemas, potencializa as inovações de produtos e torna-se um fator significativo para a interação homem-máquina (SANTOS et al., 2015).

2.3 THINGSBOARD E INTERNET DAS COISAS (IoT) EM NIDIFICAÇÃO DE TARTARUGAS MARINHAS

A Internet das Coisas, conhecida pela sigla em inglês Internet of Things (IoT), diz respeito à interligação de dispositivos incorporados e identificáveis na infraestrutura da Internet. Sua proposta estende-se além das comunicações máquina a máquina (M2M), abrangendo a oferta de conectividade avançada entre dispositivos e sistemas, trazendo uma diversidade de protocolos e aplicações. Essa interligação dos equipamentos embarcados é capaz de automatizar operações do usuário em diversos setores e possibilitar a implementação de aplicações aprimoradas, como redes inteligentes (SURESH; SARAVANA KUMAR; SUNDARARAJAN, 2015).

Escolher corretamente uma plataforma de Internet das Coisas (IoT) é importantíssimo para que o projeto de monitoramento ambiental seja eficaz, como o monitoramento de ninhos de tartarugas marinhas. Um exemplo de solução personalizável para coletar, visualizar e analisar dados de dispositivos (IoT) distribuídos, é a plataforma Thingsboard.

O ThingsBoard é uma plataforma de código aberto para gerenciamento de dados em projetos IoT, ela permite que dispositivos embarcados se conectem através dos protocolos MQTT, CoAP ou HTTP, enviando informações coletadas. A plataforma dispõe de

flexibilidade com a definição de regras para manipulação dos dados, e isto permite a criação de dashboards personalizados. Existe a possibilidade de criar cadeias de regras para o processamento de dados, bem como decidir como eles poderão ser visualizados, seja em gráficos, widgets internos disponíveis na biblioteca (Figura 2) ou personalizados. A plataforma ainda possui recursos como o recebimento de alarmes para eventos de telemetria, atualizações de atributos e ações do usuário (THINGSBOARD, 2017).

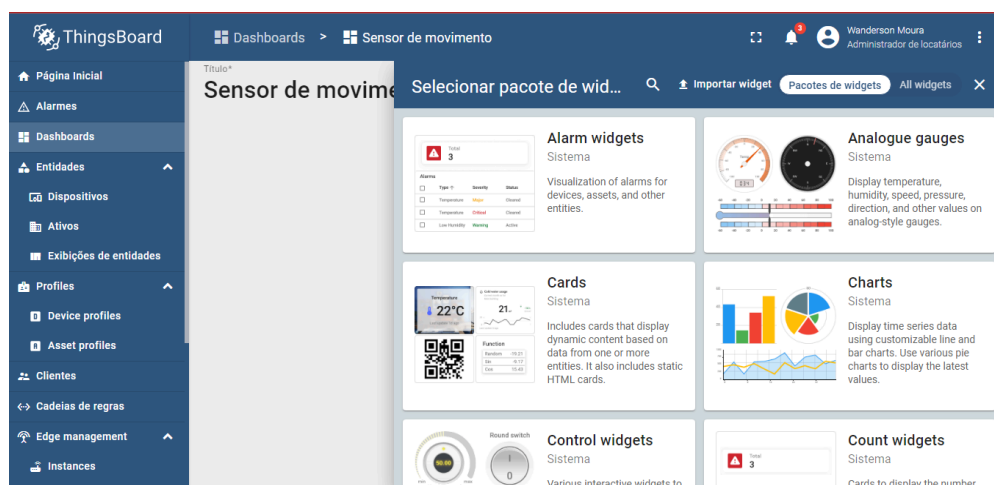


Figura 2: Biblioteca de Widgets do Thingsboard

Segundo autoria citada anteriormente, o software ainda oferece suporte para a criação de painéis sofisticados com atualizações em tempo real, permitindo a customização dos diversos *widgets*, como medidores analógicos e digitais, gráficos, controles, mapas, alarmes, cartões, entre outros. O sistema ThingsBoard permite a individualização de cada dispositivo por meio de um *token* de acesso exclusivo, possibilitando os ajustes baseados em seus perfis individuais. Além disso, o estabelecimento das relações entre dispositivos conectados, ativos, clientes e outras entidades é permitido. Isso admite que a propriedade dos dados seja identificada, e que diversos protocolos de conexão em várias linguagens de programação sejam suportados. Todavia, o ThingsBoard contém escalabilidade, tolerância a falhas e bom desempenho, que garante a preservação dos dados armazenados. Seu painel oferece diversas opções de visualização, como gráficos de linhas e barras, para, respectivamente, dados de séries temporais e exibir valores únicos (Figura 3), tornando o ThingsBoard indicado para atender às necessidades que demandam exibição de dados em tempo real.

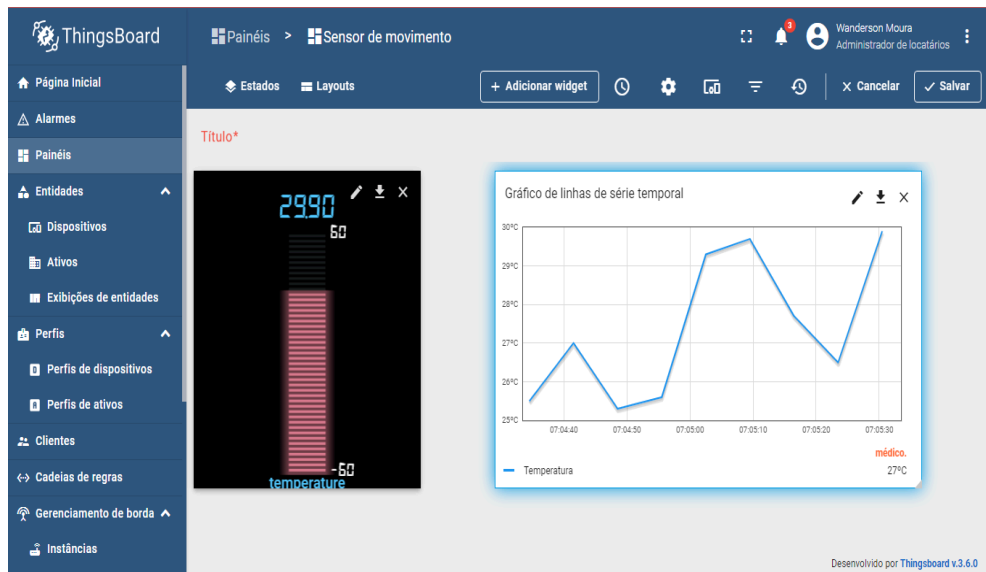


Figura 3: Dashboard de visualização de dados de temperatura no ThingsBoard

O *dashboard* para monitoramento de temperatura (Figura 3) utiliza dois tipos de *widgets*. Primeiramente é exibido um componente de barra vertical digital, que mostra uma variação de $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ da temperatura atualmente registrada. Em seguida, é apresentado um gráfico de linhas de série temporal, que por sua vez exibe alterações de temperatura no decorrer do tempo (THINGSBOARD, 2017).

Por isso, projetos de conservação se destacam como uma abordagem para monitorar ambientes naturais e espécies ameaçadas de extinção. A coleta de dados em tempo real, realizada por meio de sensores conectados, possibilita uma compreensão abrangente dos padrões e comportamentos dos animais monitorados em seus habitats, fornecendo informações sobre a incubação e eclosão dos ovos.

2.4 DASHBOARDS

Um *dashboard*, é uma aplicação identificada como painel de dados, é uma ferramenta de análise estruturada destinada a exibir indicadores indispensáveis de desempenho, métricas e dados críticos de forma organizada, oferecendo um visual eficiente com informações detalhadas (Rasmussen et al., 2009).

Os *dashboards* são fundamentais ao concentrar informações de maneira eficiente, evitando sobrecarga e juntando informações de maneira uniforme. Ao minimizar possíveis barreiras na interpretação dos dados, esse sistema auxilia os usuários no entendimento das informações. Em comparação a outros modos de leitura e análise de dados, os *dashboards* se

sobressaem ao compilar diversos serviços. Na computação, eles utilizam uma gama de informações, e atingem o estado atual de serviços e dispositivos IoT, dados geográficos, estatísticas relacionadas a grandes volumes de dados, relatórios apresentados em forma de gráficos, entre outros.

A arquitetura de desenvolvimento de um dashboard engloba a coleta de dados e orientações para atingir ao máximo a sua utilidade. É imprescindível integrar dados, processos e diferentes concepções para criar dashboards inteligentes. Compreender o funcionamento dos dados e sua utilização é um aspecto crucial, visto que a monitorização e correlação dos dados, juntamente com outras informações, permitem avaliar os resultados conforme o esperado (ROLIM, 2020).

Um *dashboard* bem implementado, tem destaque ao oferecer uma visualização que facilita a interpretação dos dados coletados durante o monitoramento ambiental, especialmente em projetos de conservação como o monitoramento de nidificação de tartarugas marinhas. Um painel eficaz não apenas apresenta dados de maneira acessível, mas também concede uma compreensão precisa do status dos ninhos. E isso tudo é muito importante, pois uma interface de usuário amigável e intuitiva, facilita a interpretação dos dados por parte dos voluntários e pesquisadores envolvidos no projeto.

O uso de *dashboards* para o monitoramento ambiental a cada dia torna-se fundamental em diversas áreas, proporcionando uma visualização e interpretação de dados instantaneamente. Existem vários tipos de *dashboards*, cada um com suas peculiaridades inerentes a diferentes situações de monitoramento em diversos habitats. A seguir serão exibidas as características dos dashboards Analíticos, Táticos e Estratégicos.

2.4.1 DASHBOARDS ANALÍTICOS

Dashboards analíticos destacam-se pela capacidade de fazer análises minuciosas e complexas. Eles viabilizam ferramentas de ponta para a interpretação de dados, identificando padrões, tendências e correlações. Essa abordagem é muito importante para projetos de monitoramento ambiental que exige uma compreensão mais aprofundada das variáveis estudadas. A capacidade de visualização do dashboard analítico é primordial para as tomadas de decisão pertinentes aos projetos ambientais complexos (Pappas e Whitman).

2.4.2 DASHBOARDS TÁTICOS

O *dashboard* tático tem uma grande contribuição para as tomadas de decisão na empresa, eles fornecem informações específicas e direcionadas às ações. Ele denomina-se “tático” devido ao planejamento estratégico do negócio e da visão em atingir os objetivos estabelecidos. Também otimiza a eficiência operacional em monitoramentos. Nesse estilo de painel, são inseridos indicadores-chave de desempenho possibilitando uma avaliação da estratégia em curso (COOPERSYSTEM, 2023).

2.4.3 DASHBOARDS ESTRATÉGICOS

Os *dashboards* estratégicos conforme (Pappas e Whitman), concentram-se em indicadores-chave de desempenho (KPIs) e métricas, proporcionando uma visibilidade ampla do estado do sistema monitorado. Essa abordagem é importantíssima para gestores e tomadores de decisão que necessitam ter o entendimento de todo o progresso relacionados aos objetivos estratégicos.

2.5 ARQUITETURA EM TRÊS CAMADAS

Uma arquitetura de IoT pode ser conceituada como uma combinação dos sistemas físico e virtual. Essa estrutura compreende uma reunião de elementos em atividade, tais como protocolos, sensores, comunicação, entre outros. A arquitetura desempenha um papel primordial no processo de construção dos sistemas de IoT (RAY, 2018).

As aplicações de Internet das Coisas (IoT) frequentemente seguem uma arquitetura de três camadas, incluindo sensoriamento, aplicação e transporte (Figura 4). A camada de sensoriamento desempenha um papel crucial na coleta de informações em redes que fazem uso da IoT (Yaqoob et al., 2017). Destaca-se que os dispositivos de sensoriamento na IoT são caracterizados por restrições significativas de recursos, como memória, largura de banda e capacidade de processamento. Essas limitações, no entanto, não diminuem a grande importância desses dispositivos no contexto da IoT pelo motivo de que eles trazem não somente confiabilidade e melhorias no desempenho, mas também reduzem custos na arquitetura de segurança (Triantafyllou et al., 2018)

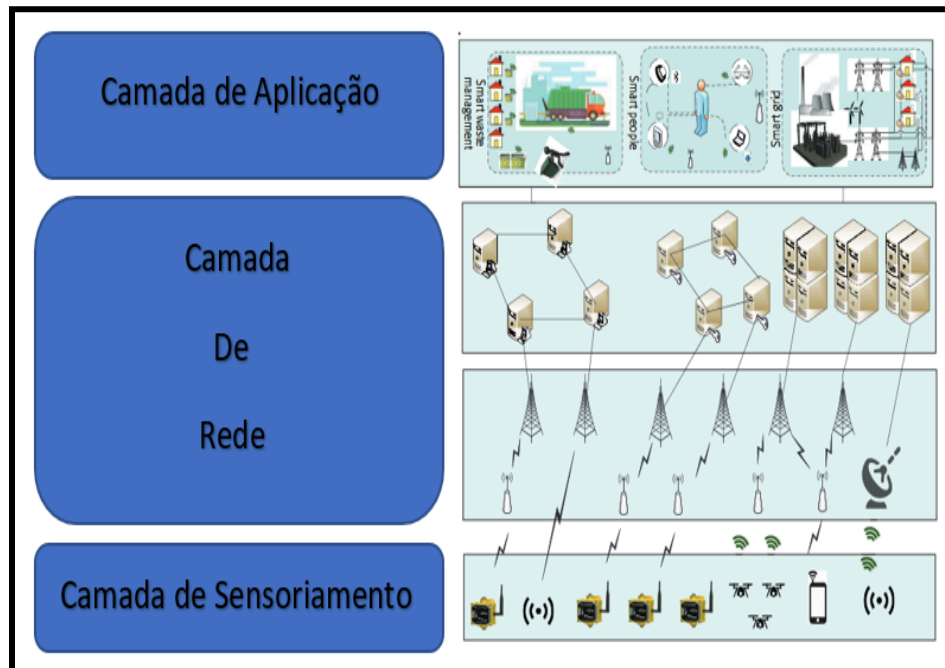


Figura 4: Camadas de rede de IoT baseada em YAQOOB et al. (2017)

A gestão das operações de rede é responsabilidade da camada de transporte, enquanto a camada de aplicação utiliza tecnologias de computação inteligente, como a computação em nuvem, para analisar informações providas do amplo volume de dados. Essa camada desempenha o papel de interação entre a Internet das Coisas (IoT) e o usuário (Yaqoob et al., 2017).

A implementação da IoT engloba vários componentes de software que se comunicam entre si por meio de protocolos e regras de internet, possibilitando que os dispositivos IoT utilizando gateways, se conectem à internet (Triantafyllou et al., 2018).

Para desenvolver sistemas de IoT, são demandadas soluções que apresentem eficiência energética, custos reduzidos, habilidade de comunicação por meio de redes sem fio e capacidade de processamento para a execução dessas aplicações (Maier et al., 2017). Na próxima seção, serão apresentadas duas plataformas IoT disponíveis no mercado.

2.6 PLATAFORMAS PARA DESENVOLVIMENTO EM (IoT)

O crescimento acelerado da Internet das Coisas (IoT) tem impactado na forma como interagimos com o mundo conectado. Com isso, encontrar soluções adequadas para o desenvolvimento em IoT torna-se uma prioridade essencial. Este capítulo explora algumas das

ferramentas e protocolos mais importantes para alavancar projetos de IoT, destacando a multifuncionalidade do Arduino Uno e do ESP32, bem como as categorias de protocolos IoT, com ênfase nos principais: CoAP, MQTT e HTTP.

2.6.1 O ARDUINO UNO

A (Figura 5) exibe uma placa microcontroladora que se baseia no processador ATmega328P. Apresenta 14 pinos de entrada/saída digital, sendo 6 deles utilizáveis como saídas PWM, além de 6 entradas analógicas. Ele contém todos os componentes necessários para suportar o microcontrolador e é equipado com um ressonador cerâmico de 16 MHz (CSTCE16M0V53-R0), conexão USB, conector de alimentação, conector ICSP e um botão de reset. Para utilizá-lo, basta conectá-lo a um computador por meio de um cabo USB ou alimentá-lo com um adaptador AC-DC ou bateria. (Arduino, 2022).

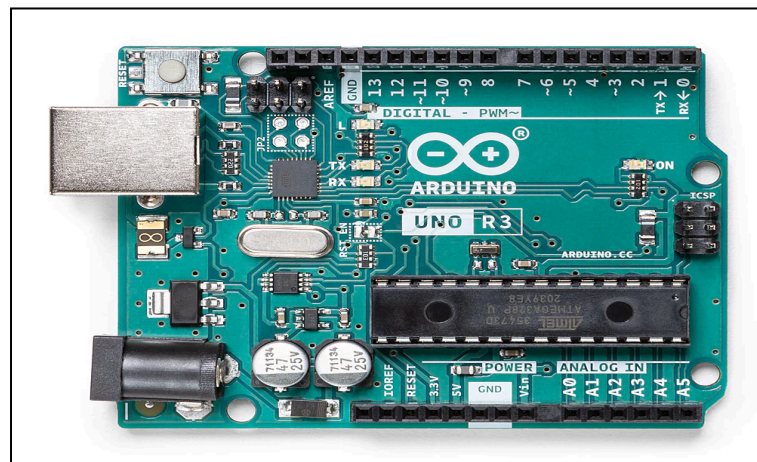


Figura 5: Placa controladora Arduino uno R3 baseada em (ARDUINO, 2022)

2.6.2 ESP32

Desenvolvido pela empresa Espressif Systems, o ESP32 (Figura 6), é um microcontrolador SoC (System on Chip) com Wi-Fi 802.11 b/g/n integrado, Bluetooth de modo duplo versão 4.2 e uma variedade de periféricos. Ele sucedeu o chip 8266 com a implementação de dois núcleos com clock em versões que chegam em até 240 MHz.

O desenvolvimento de aplicações com microcontroladores ESP32 oferece uma revisão ampla em processamento de dados. Essa aplicação, permite a conexão dos

microcontroladores aos módulos (IoT) e aos sensores inteligentes para que dados sejam enviados ao sistema superior (Babiuch et al., 2019).

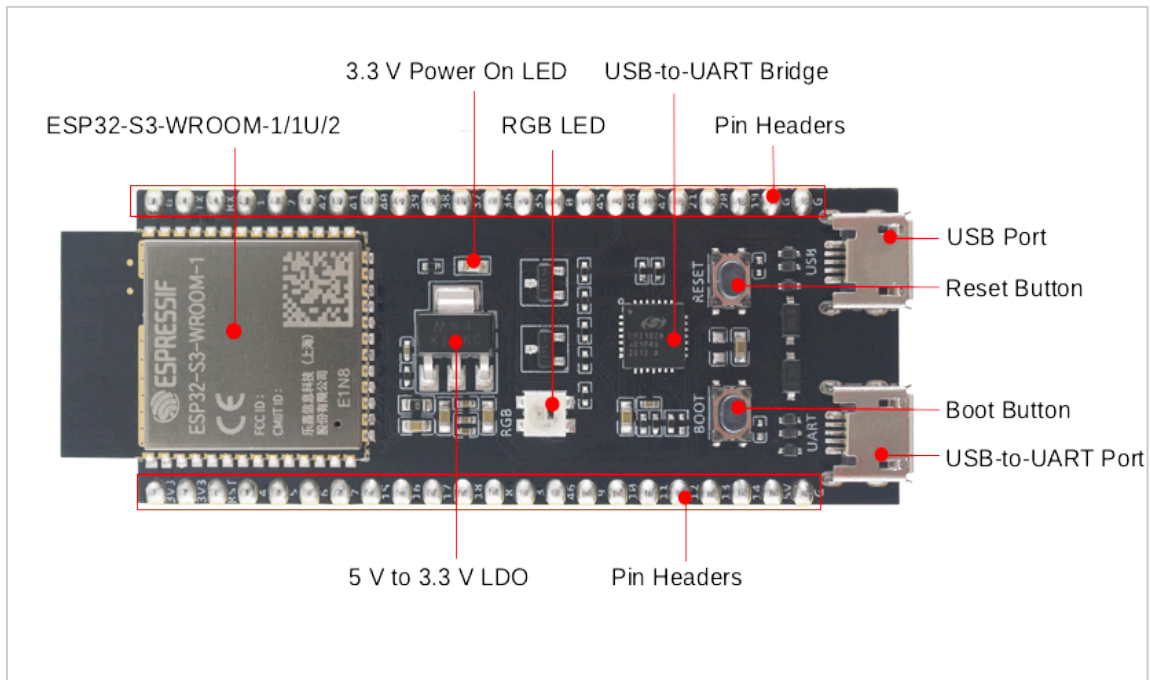


Figura 6: Placa ESP32 baseada em (“ESP32-S3-DevKitC-1 v1.1 - ESP32-S3 - — ESP-IDF Programming Guide latest documentation”, [s.d.]

2.6.3 PROTOCOLOS (IoT)

Nesta seção, serão apresentados os principais protocolos IoT utilizados na atualidade, como: CoAP, MQTT e HTTP.

Compartilhamento de mensagens e dados são organizados pelos Protocolos de IoT que fazem parte de uma estrutura da Internet das Coisas (Figura 7), e esses podem ser executados em diversas arquiteturas, permitindo que seja estabelecida uma comunicação de ponta a ponta. O modelo de protocolo IoT é determinado pela arquitetura que o sistema opera. As camadas utilizadas para enviar e receber dados, são mapeadas pelo modelo Open Systems Interconnection (OSI). Cada protocolo na arquitetura permite a comunicação entre dispositivos diversos (NEWARK, 2022).

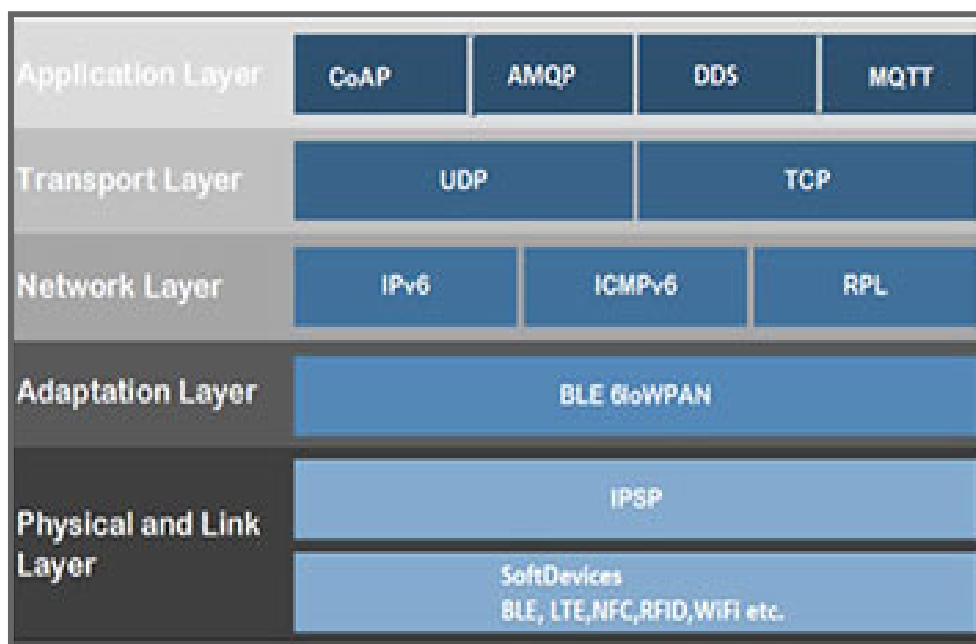


Figura 7: Representação da pilha de protocolos em aplicações de IoT baseada em (NEWARK, 2022)

Os dispositivos IoT utilizados, baseados em ESP32, são registrados no sistema ThingsBoard, para que a comunicação e envio de dados por meio do protocolo MQTT seja permitida.

Uma das características mais importantes de uma aplicação para Internet das Coisas é o protocolo de comunicação adotado. É fundamental ser adotado um protocolo aceito por órgãos de padronização. Dessa forma, a aplicação terá benefícios em termos de interoperabilidade e segurança (SILVA, p. 16, 2019).

2.6.3.1 CoAP

É um protocolo leve com bastante eficiência para dispositivos com recursos limitados e redes restritas. Utiliza o User Datagram Protocol (UDP) para comunicação entre cliente e servidor, reduzindo o uso de espaço com o formato de dados binários (EXL). Muito aplicado em automação, microcontroladores e dispositivos móveis, o CoAP faz com que a comunicação entre terminais de aplicação e serviços seja feita de maneira fácil, tornando-o ideal para ambientes com restrições de largura de banda e recursos (NEWARK, 2022).

2.6.3.2 MQTT

Protocolo de Telemetria de Filas de Mensagens, o MQTT tem uma arquitetura interessante (Figura 8), e é generosamente adotado em aplicações IoT por ser vantajoso, incluindo fácil implementação, pouco uso de largura de banda, bibliotecas compatíveis com muitas linguagens e o tipo de troca de mensagens publicador-assinante. Esse modelo viabiliza o envio de dados para nenhum, um ou vários clientes, e isso é ideal para projetos inteligentes. Os elementos principais incluem o publicador (envia dados para um tópico), o assinante (recebe dados de um tópico), o broker (gerencia a comunicação) e os tópicos que são propriamente os endereços para publicar e assinar dados (BRIAN et al., 2022).

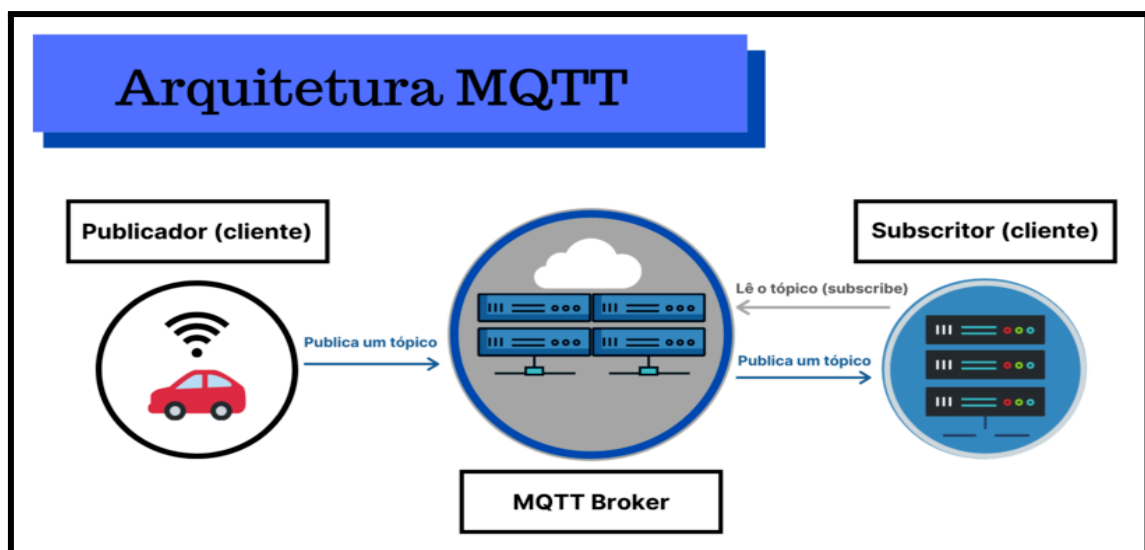


Figura 8: Arquitetura do protocolo MQTT baseada de ("Ficheiro:Arquitetura MQTT exemplo.png – Wikipédia, a enciclopédia livre", 2020)

A aplicação do MQTT no monitoramento de ninhos de tartarugas marinhas oferece vantagens significativas. A transmissão de dados sobre movimento e temperatura em tempo real permite uma resposta imediata a eventos críticos, como a eclosão dos ovos. Além disso, a eficiência do MQTT na minimização do tráfego de dados torna-o ideal para ambientes remotos, contribuindo para a preservação da largura de banda, com baixo consumo energético e garantindo uma comunicação contínua entre os dispositivos distribuídos nos ninhos de tartarugas.

2.6.3.3 HTTP

O HTTP, criado inicialmente por Tim Berners-Lee e padronizado em 1997, é um protocolo de comunicação largamente utilizado na web. Opostamente ao CoAP que utiliza tópicos, ele utiliza Universal Resource Identifier (URI) para envio e recebimento de dados entre servidor e cliente. Baseado em texto, não estabelece limites para cabeçalhos e mensagens, mas depende do servidor web para determinar o tamanho dos pacotes que serão enviados. Utiliza TCP como protocolo de transporte padrão e TLS/SSL para segurança. O HTTP é absolutamente aceito, fornecendo recursos como conexões persistentes, *pipeline* de solicitação e codificação de transferência em partes (NAIK, 2017).

3 TRABALHOS RELACIONADOS

Recentemente, algumas plataformas estão incorporando ideias de painel de controle para a criação de aplicações inovadoras para obter uma visualização de dados da forma mais otimizada possível. Este capítulo tem como propósito oferecer uma visão ampla das diversas plataformas destinadas ao desenvolvimento de sistemas que suportam a criação e visualização por meio de painéis de controle. A escolha das plataformas foi baseada em alguns critérios importantes, tais como, a utilização de componentes para a criação de *dashboards*, apoio a dados geográficos e gestão de usuários da aplicação. Na seção subsequente, abordaremos a plataforma Kaa IoT, seguida pela exploração da plataforma glue.things e posteriormente, discutiremos a plataforma Freeboard. Por último, teremos um resumo de funcionalidades compartilhadas entre os sistemas discutidos neste capítulo, para então traçarmos os passos do desenvolvimento de *dashboards* nessas plataformas.

3.1 KAA IOT

A plataforma Kaa IoT é um middleware de código aberto destinado à implementação de aplicações para a Internet das Coisas (IoT). Conforme (“► Visão geral dos recursos de IoT”, [sd]), a implantação e monitoramento imediato de dispositivos, a coleta e análise de dados de sensores, e a configuração de dispositivos remotos, são os principais recursos que o sistema possui. A aplicação Kaa IoT tem a capacidade de coletar dados de dispositivos que utilizam protocolos MQTT e CoAP, que são considerados leves em relação aos sistemas IoT. Adicionalmente, emprega uma arquitetura de *gateway* para a conexão com dispositivos

mediante protocolo de rede local ou proximidade, convertendo as mensagens no nível de transporte.

O componente de visualização de dados no Kaa incorpora um conjunto diversificado de *widgets* com características distintas, que é bastante semelhante ao Freeboard, que será abordado na seção 3.3 e ao ThingsBoard utilizado neste trabalho. Alguns exemplos incluem *widget* de configuração de valor, que pode ser ajustado pelo usuário por meio de botões; formulário de configuração, utilizado para edição e visualização de métricas; configuração de JSON, permitindo visualização e edição de configurações em formato JSON; e controle, executando comandos em um terminal que exibe resultados. Esses *widgets* possibilitam a visualização de dados em formas diversas, como telemetria e estatísticas, por exemplo, e também permitem envio de comandos e edições nas configurações. Todos os *widgets* no Kaa podem ser alterados, sejam os relacionados à fonte dos dados, ou os de representação visual. O componente de visualização no Kaa também oferece personalização dos *widgets* para casos de uso específicos. Os painéis no Kaa ajudam a organizar os *widgets* em grupos lógicos e definir o *layout*, permitindo hiperlinks para facilitar a navegação em conjuntos complexos de dados para diversos dispositivos. Além disso, o Kaa suporta modelos de *dashboard* para reutilização de configurações em dashboards distintos.

Os painéis no Kaa ajudam a organizar os *widgets* em grupos lógicos e definir o *layout*, permitindo *hiperlinks* para facilitar a navegação em conjuntos complexos de dados para diversos dispositivos. Além disso, o Kaa suporta modelos de *dashboard* para reutilização de configurações em dashboards distintos.

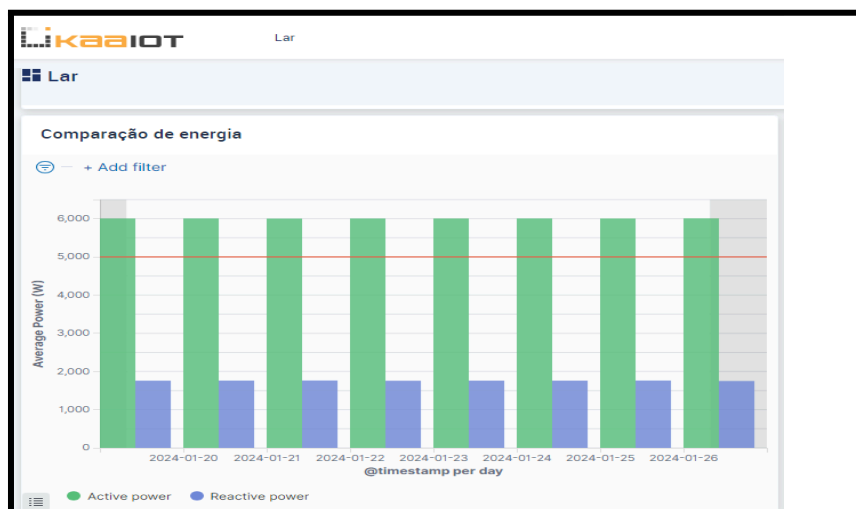


Figura 9: Widget de barra adaptado de (“► Visão geral dos recursos de IoT”, [sd])

Dispondo de interfaces de programação de aplicativos (APIs) acessíveis para a integração com sistemas desenvolvidos por terceiros, o Kaa pode ser conectado a ferramentas externas de visualização e exploração de dados. Embora ofereça gerenciadores de dispositivos IoT, usuários e permissões, o Kaa não inclui mecanismos para integração de dados, sendo necessário configurar fontes de dados para enviar informações à plataforma.

3.2 GLUE.THINGS

A plataforma também dedicada à gestão de dispositivos IoT e ao desenvolvimento de aplicações é o *glue.things*, conforme mencionado por (KLEINFELD et al., 2014). Essa plataforma destaca-se como uma solução, abordando tanto a entrega quanto o gerenciamento de fluxos de dados de dispositivos, aplicações e integração. O *glue.things* é baseado nas redes de comunicação operando em tempo real, simplificando a integração de dispositivos e dos dados.

Essa plataforma viabiliza a conexão de dispositivos por meio de protocolos como HTTP, CoAP e MQTT, utilizando também *sockets* web para controlar o acesso aos dados produzidos pelos dispositivos.

Ao contrário de plataformas como Freeboard, ThingsBoard e Kaa IoT, que usam interfaces específicas para configurar *widgets*, o *glue.things* se destaca ao possibilitar essa configuração por meio de *mashups*.

Alguns benefícios estão disponíveis, um deles, é o Gerenciador de Dispositivos, que é uma ferramenta baseada na Web, e projetada para conectar e registrar dispositivos no *Glue.things*, além de proporcionar aos desenvolvedores, atualizações em tempo real do fluxo de dados transmitidos ao serem conectados. Já o seguinte, é o Composer, que por sua vez oferece aos desenvolvedores a habilidade de reunir, modificar e unir fluxos de dados de dispositivos de forma visual e intuitiva. Esse processo ocorre por intermédio de um editor de fluxo online, simplificando a interconexão.

Dessa forma, o Gerenciador de Dispositivos e o Composer trabalham em conjunto, proporcionando uma ótima experiência na gestão e manipulação de dados de dispositivos relacionados ao *Glue.things*. Por meio dos *mashups*, é possível criar aplicações de maneira simplificada, pois esses componentes são configuráveis e podem ser combinados para criar novos elementos.

3.3 FREEBOARD

O Sistema Freeboard, desenvolvido pela Bug Labs, representa um projeto de painel gratuito de código aberto com inscrições opcionais hospedadas, criado pelos mesmos desenvolvedores do serviço dweet voltado para dispositivos de IoT. Este painel pode ser integrado com diversas fontes de dados e se destaca por sua interface.

A organização da estrutura do Freeboard é feita por um painel de configuração na borda. No menu "Fontes de dados", localizado na parte superior, os usuários podem inserir as fontes responsáveis pelo fornecimento dos dados exibidos nos *widgets*. No topo da interface, há um menu que permite carregar e adicionar painéis de visualização, bem como diversos *widgets*, como texto, indicador, imagem, luz indicadora, Google Maps, Dweet e HTML (MARTÍNEZ RUIZ, 2018).

O Freeboard é uma ferramenta que visualiza dados em tempo real, integrando componentes com APIs para dar origem a dashboards de controle. Esse recurso facilita a visualização de dados de sistemas baseados na IoT, assemelhando-os a navegadores.

Os *widgets* do Freeboard incluem uma diversidade de componentes, como mapas, HTML, imagens, texto, medidores, gráficos de linha, ponteiros e indicadores de luz. A Figura 10 exemplifica 3 tipos de *widgets* capazes de apresentar dados detalhados de diferentes fontes e dispositivos, proporcionando uma compreensão abrangente do ambiente monitorado. Em virtude disso, o sistema Freeboard torna-se uma escolha versátil e eficaz para projetos de visualização de dados em projetos embarcados.

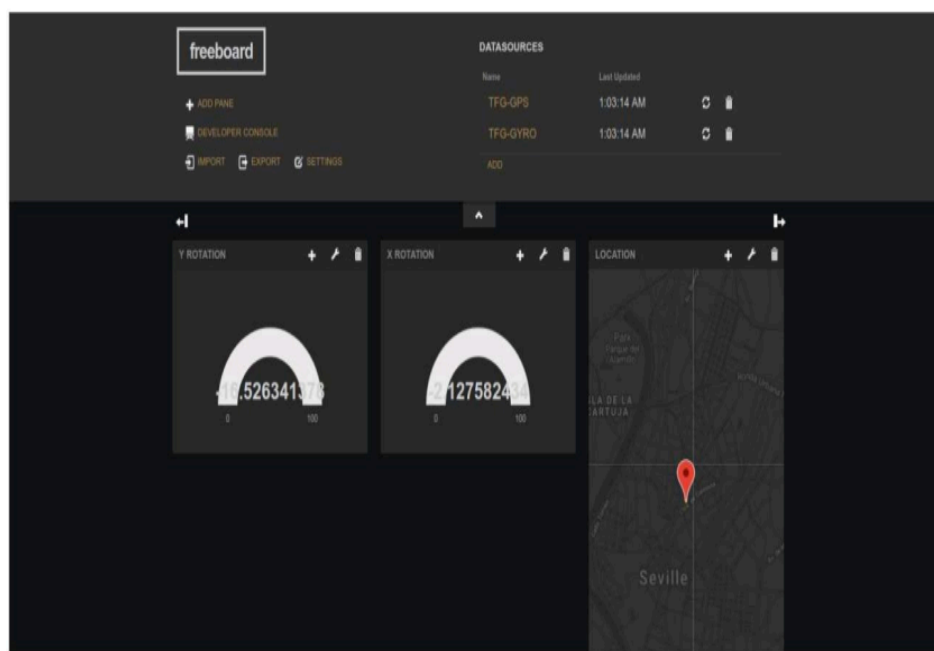


Figura 10: Tipos de widgets no Freeboard baseados em (MARTÍNEZ RUIZ, 2018).

O Freeboard se conecta principalmente ao Dweet, uma plataforma de middleware para IoT que possibilita o compartilhamento de informações por produtos, dispositivos ou máquinas conectadas à Internet. Essa integração amplia as potencialidades da IoT, permitindo a interconexão de fluxos de dados para uma diversidade de aplicações.

Apesar da interface intuitiva e configuração fácil, o Freeboard carece de algumas funcionalidades presentes em plataformas de middleware, como gerenciadores de dispositivos IoT, usuários e permissões, além de mecanismos para integração de dados. Essas funcionalidades são encontradas em plataformas como, ThingsBoard e Kaa IoT, apresentadas anteriormente. Dessa forma, o Freeboard pode ser considerado uma plataforma exclusivamente dedicada à visualização de dados.

3.4 COMPARAÇÃO DAS PLATAFORMAS APRESENTADAS

No decorrer deste capítulo, foram apresentadas distintas plataformas correlacionadas à Internet das Coisas (IoT) e middleware, com destaque no suporte ao desenvolvimento de aplicações por meio de *dashboards* interativos. Tendo como objetivo a promoção de uma análise abrangente e comparativa entre as plataformas exploradas, a Tabela 1 foi estruturada com o intuito de evidenciar e fortalecer os recursos comuns presentes em pelo menos duas dessas soluções apresentadas. Essa compilação busca oferecer uma visão detalhada e estruturada dos conhecimentos compartilhados, proporcionando *insights* imprescindíveis para

apoiar as tomadas de decisões durante o processo de seleção da plataforma mais adequada às necessidades específicas de desenvolvimento e implementação do sistema de monitoramento.

Plataforma	Protocolos	Possibilidade de Gerência de Dispositivos	Widgets	Gateway	Possibilidade de Gerência de Usuários
KaaloT	MQTT, HTTP, CoAP	Sim	HTML, Imagens, Medidores, Controle de Atuadores, Gráficos, Mapas, Valor numérico, Formulário de Configuração, Texto, Configuração de JSON	Sim	Sim
glue.things	MQTT, HTTP, CoAP	Sim	Não especificados	Não	Sim
Freeboard	MQTT, HTTP	Não	Mapas, Imagens, Ponteiro e Indicador de luz, Texto, Medidor, HTML, Gráfico de linha, Ponteiro e Indicador de luz	Não	Não
ThingsBoard	MQTT, HTTP, CoAP	Sim	Medidores Analógicos e Digitais, Cartões, Gráficos, Controle, Alarmes, Gateways widgets, Portas de entrada e saída, Datas, Administradores de Entidades	Sim	Sim

Tabela 1 – Comparação de Recursos nas Plataformas Estudadas

Segundo (Wendler), é extremamente importante a criação de *dashboards* eficientes, bem como seguir passos como definição do tipo de dashboard, escolha da ferramenta adequada, seleção dos indicadores relevantes e utilização dos recursos visuais claros. Esses pontos visam aprimorar a tomada de decisão por meio de clareza sobre objetivos e estratégias.

Considerando o projeto de monitoramento em nidificação de tartarugas, a escolha do ThingsBoard como a plataforma mais adequada tem respaldo pelos três passos fundamentais no desenvolvimento de dashboards para IoT, que são: seleção de métricas, preenchimento do *dashboard* com dados e relacionamentos entre métricas, e todos esses passos são totalmente atendidos pelo sistema ThingsBoard, o que o torna diferente das plataformas Freeboard, KaaIoT e glue.things.

Ao mesmo tempo que as plataformas analisadas, como KaaIoT, glue.things e Freeboard, igualmente utilizam *widgets* para definir métricas, o ThingsBoard se sobressai por sua grande variedade de *widgets* e pela capacidade de configurá-los flexivelmente. A quantidade abundante de *widgets* oferecidos pelo ThingsBoard concede uma representação com precisão das métricas primordiais para o monitoramento de ninhos de tartarugas, abrangendo aspectos como temperatura, movimento, localização geográfica e status dos dispositivos.

No passo seguinte, ao preencher o *dashboard* com dados, o ThingsBoard é ressaltado pela maneira simples de integração com diferentes fontes de dados e dispositivos. Em contrapartida, outras plataformas necessitam da seleção das fontes de dados e escolha manual dos dados a serem exibidos nos *widgets*, e o ThingsBoard oferece uma experiência mais intuitiva e flexível. A capacidade de trabalhar em tempo real com dados e a configuração fácil proporcionam eficiência na exposição de informações cruciais para o monitoramento de ninhos de tartarugas marinhas.

O último passo, envolve o estabelecimento de relacionamentos entre métricas que, por sua vez, é indispensável para o entendimento aprofundado dos dados coletados. Nesse cenário, o ThingsBoard dispõe de recursos de ponta, como a capacidade de construir *widgets* aninhados e organizar visualmente os relacionamentos entre métricas distintas, por exemplo, analisando a "Taxa de Eclosão", um *widget* pode ser criado, para relacionar a tendência ao longo do tempo com a "Temperatura Média do Ninho". Essa associação permitirá investigar como as variações de temperatura afetam diretamente a taxa de eclosão. Também, ao fazer uma análise do "Tempo de Incubação", pode-se criar um *widget* que demonstre a correlação entre o tempo desde o momento da desova e a probabilidade de eclosão.

Enquanto as plataformas Freeboard e KaaIoT, igualmente, permitem organização de *widgets*, o ThingsBoard se destaca por fornecer uma interface mais intuitiva para estabelecer essas relações de forma flexível.

O Freeboard, ainda que possua funcionalidades similares, pode ser considerado como o mais limitado em relação à personalização e variedade de *widgets*. O KaaIoT ganha destaque devido às suas funcionalidades, especialmente relacionadas aos mapas e listas de dispositivos, mas pode exigir um processo de aprendizado mais rebuscado. A glue.things, torna sua configuração mais simples com seu enfoque em *mashups*, porém, pode ser menos flexível em alguns aspectos (ROLIM, 2020).

Por tudo isso, o ThingsBoard além de atender, supera as expectativas em todos os passos essenciais para o desenvolvimento de dashboards para IoT, e por este motivo, esse sistema transforma-se no mais recomendado para o projeto de monitoramento de ninhos de tartarugas marinhas em comparação com as demais plataformas tratadas neste estudo.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

A evolução do *dashboard* para o monitoramento de ninhos de tartarugas marinhas na plataforma ThingsBoard segue o avanço das tecnologias de Internet das Coisas (IoT) com a utilização dos recursos que a plataforma possui para coletar, armazenar e visualizar os dados dos animais a qualquer tempo.

Neste capítulo, estão descritos os detalhes sobre o processo de produção do dashboard, partindo das configurações iniciais e chegando nas funcionalidades almeçadas.

4.1 PLATAFORMA THINGSBOARD

A plataforma escolhida foi o ThingsBoard em virtude de sua capacidade de gerenciamento dos dispositivos IoT, coletar dados, armazenar as informações em um banco de dados e pela sua interface de visualização customizável. Inicialmente a configuração do sistema consiste na criação de uma instância na nuvem ou em algum servidor local, na definição dos dispositivos e na configuração dos parâmetros de conexão.

Nesse projeto, foi configurada uma instância na nuvem, para garantir a acessibilidade remota e a escalabilidade da plataforma. Os dispositivos IoT utilizados, baseados em ESP32, foram registrados no sistema ThingsBoard, para que a comunicação e envio de dados por meio do protocolo MQTT fosse permitida.

O ThingsBoard disponibiliza coleta e armazenamento de dados de maneira escalável e tolerante a falhas, deixando a aplicação segura e, ao mesmo tempo, dando suporte a abundância de dados. Esta plataforma também é uma ferramenta que depende da Internet para seu funcionamento, assim é possível que dados sejam visualizados com painéis personalizados e flexíveis e que sejam compartilhados com os clientes do sistema (THINGSBOARD, 2021).

4.2 WIDGETS IMPORTANTES PARA A IMPLEMENTAÇÃO DO DASHBOARD

A implementação e o *design* do *dashboard* foram realizados considerando as características próprias do projeto de monitoramento dos ninhos.

O objetivo da aplicação é apresentar uma interface clara e explicativa para o acompanhamento da situação atual dos ninhos monitorados, incluindo dados de movimento e temperatura.

O *layout* do *dashboard* foi projetado para exibir os dados de localização, temperatura e movimento, utilizando *widgets* particulares da plataforma, tais como: mapas, gráficos de barras e de linhas, cartões com informações dinâmicas ou estáticas, e alarmes (Figura 11). Com a utilização dos recursos da plataforma ThingsBoard, foram definidos marcadores dinâmicos para cada local no mapa, indicando a localização exata da área de desova. Além disso, gráficos com atualizações em tempo real foram construídos para caso algum parâmetro, considerado como regra, passe a ser violado, um alarme seja gerado indicando uma possível eclosão dos ovos, possibilitando a mobilização ágil dos envolvidos no monitoramento.

Mais adiante, serão apresentados detalhadamente cada um dos *widgets* utilizados no *dashboard*. Essa abordagem permitirá uma compreensão mais aprofundada das funcionalidades específicas oferecidas por cada elemento visual, enriquecendo a experiência de acompanhamento e tomada de decisões relacionadas aos ninhos monitorados.

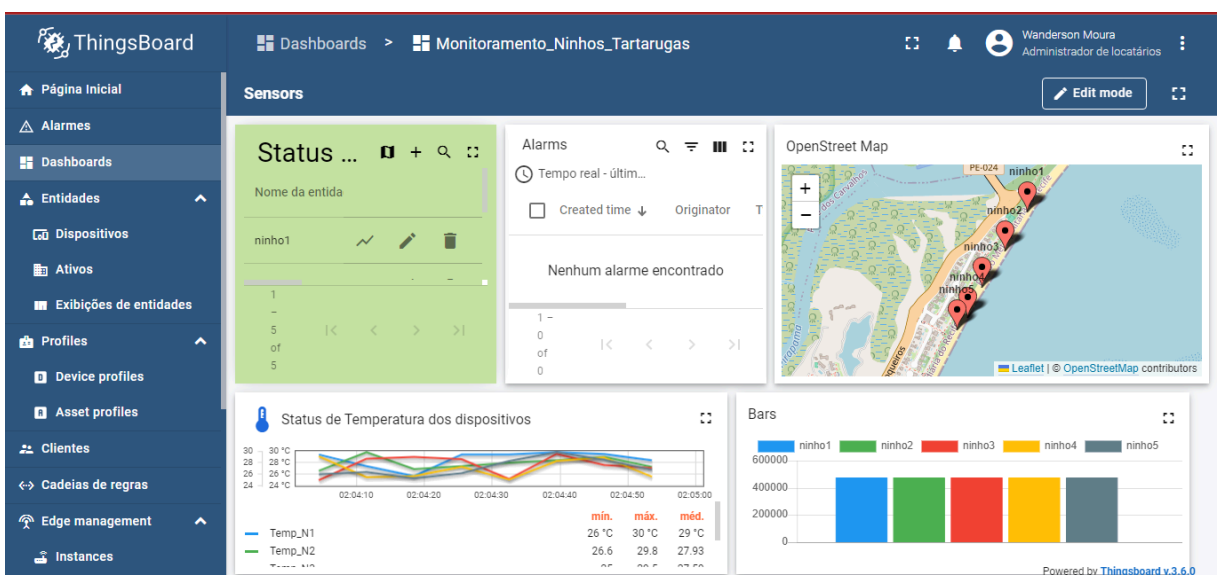


Figura 11: Dashboard do Sistema de monitoramento de ninhos de tartarugas marinhas (acervo do autor)

4.2.1 WIDGET DE CARTÃO

Esse widget de cartão (Figura 12), fornece dados dinâmicos ou estáticos relacionados aos aspectos característicos dos ninhos monitorados. Também possibilita a inclusão de dados instantaneamente como, por exemplo, a temperatura atual do ninho, latitude e longitude, e quantidade de movimentos, concedendo uma visão rápida e objetiva.



Nome da entidade ↑	Active	accelerometer	Temperature	Humidity	Latitude
ninho1	●	{"isMoving":false}	28.8 °C	87 %	-8.243747954558
ninho2	●	{"isMoving":true}	28.0 °C	87 %	-8.245594762916
ninho3	●	{"isMoving":true}	25.3 °C	86 %	-8.247349
ninho4	●	{"isMoving":false}	25.5 °C	80 %	-8.248775673630
ninho5	●	{"isMoving":false}	29.3 °C	88 %	-8.249358

Figura 12: Widget de cartão, baseada em (acervo do autor)

4.2.2 WIDGET DE ALARME

O widget de alarme (Figura 13) desempenha um papel crucial no alerta de ocorrências que envolvam violações de parâmetros pré-definidos. Ele resalta situações críticas, como ocorrências de possíveis eclosões dos ovos, possibilitando uma resposta ágil por parte de quem monitora a nidificação.

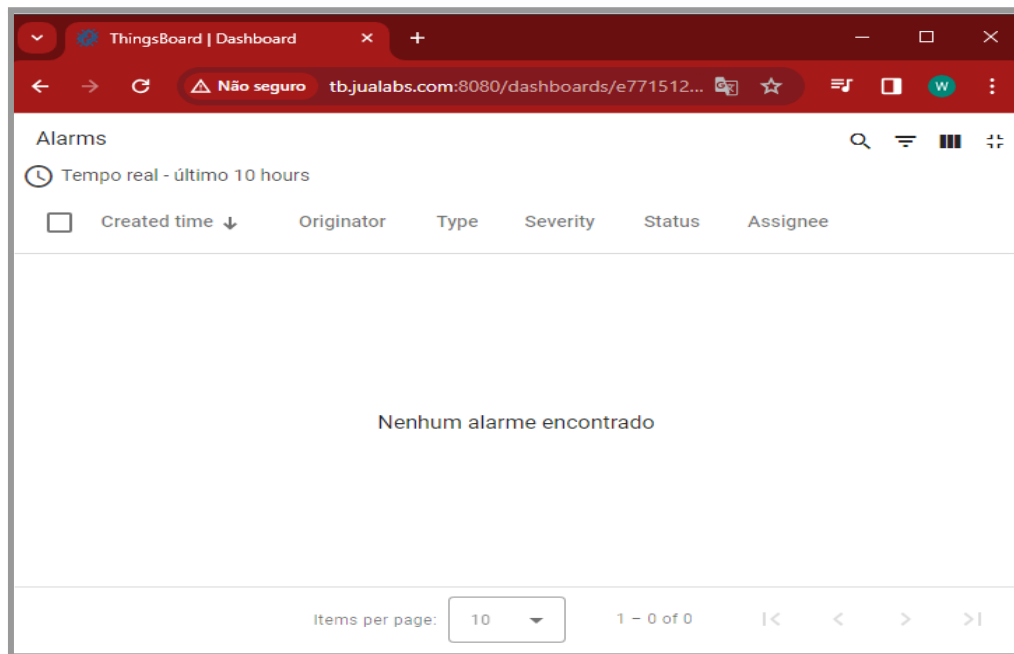


Figura 13: Widget de alarme, baseada em (acervo do autor)

4.2.3 WIDGET DE MAPA

Este *widget* de mapa (Figura 14) exibe uma representação visual da localização exata de cada ninho no mapa. Com a utilização de marcadores dinâmicos, este componente oferece uma visão geográfica ampla, facilitando o acompanhamento e a identificação precisa das áreas de conservação.

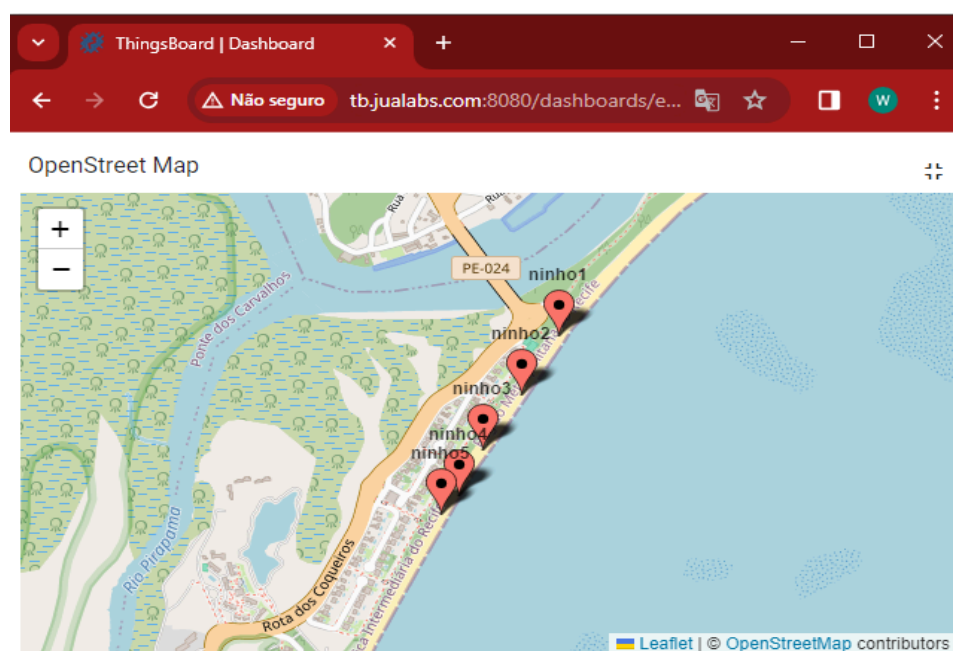


Figura 14: Widget de Mapa, baseada em (acervo do autor)

4.2.4 WIDGET GRÁFICO DE LINHA

O *widget* gráfico de linha (Figura 15) é empregado para visualizar tendências temporais nos dados monitorados. Pode ser utilizado, por exemplo, para representar variações de temperatura ao longo do tempo, fornecendo *insights* valiosos para a análise.

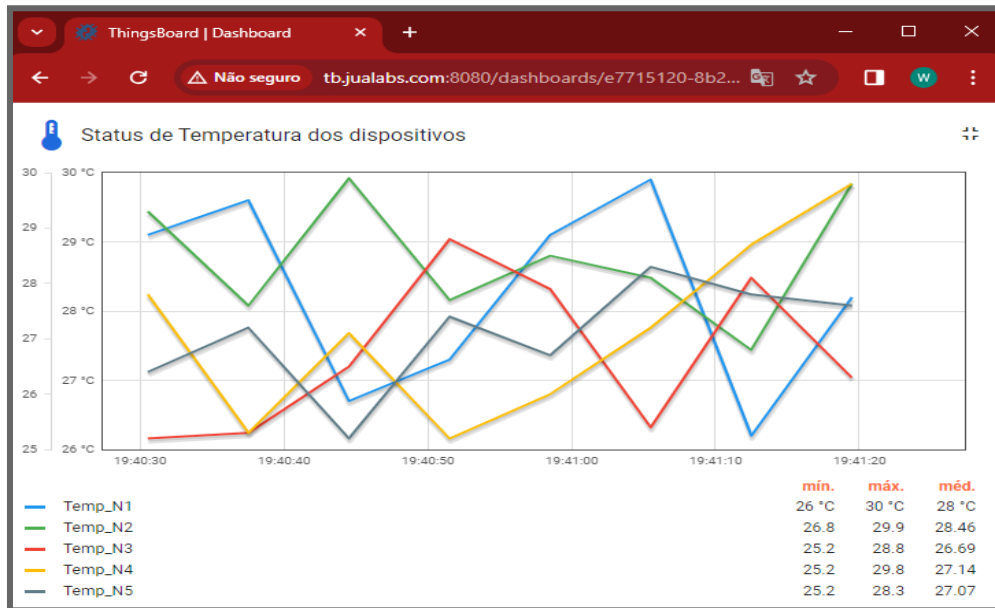


Figura 15: Widget Gráfico de linhas, baseada em (acervo do autor)

4.3 CONFIGURANDO O THINGSBOARD PARA MONITORAMENTO

Nesta seção, exploraremos os passos para configuração do ThingsBoard para monitoramento, visto que é fundamental para estabelecer um sistema otimizado, abrangendo a criação de perfis de dispositivo, definição de regras, e construção de *dashboards* intuitivos.

4.3.1 DEVICE PROFILES

Inicialmente, foi criado um perfil de dispositivo denominado "Temperature Sensor" (Figura 16). Esse perfil foi associado à "Root Rule Chain" para centralizar a lógica de monitoramento. Definiu-se o tipo de transporte como MQTT para efetiva comunicação entre os dispositivos e o ThingsBoard (Figura 17). Além disso, configurou-se um alarme na cadeia de regra raiz (Figura 18), acionado quando a temperatura ultrapassa o valor estimado (crítico).

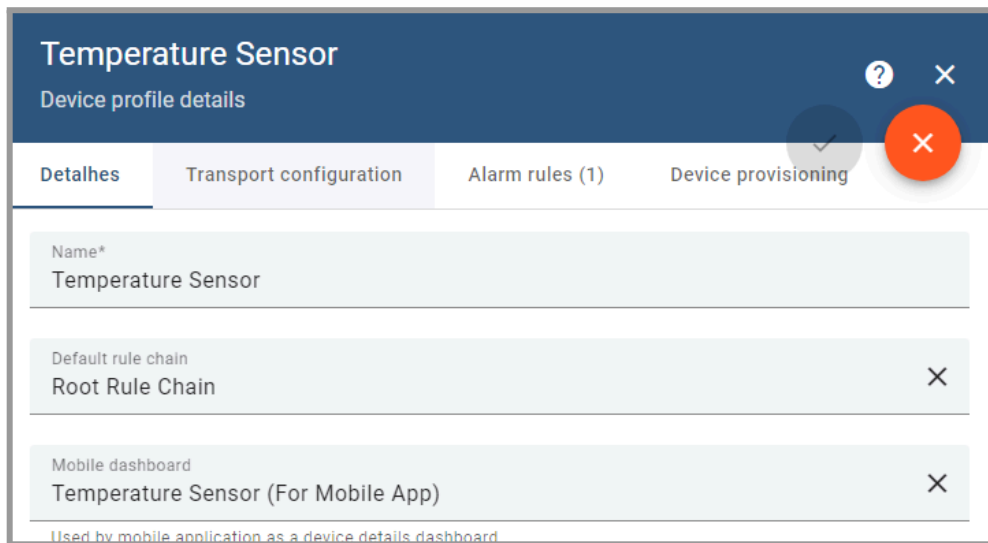


Figura 16: Device profiles (perfis de dispositivos baseada em acervo do autor)

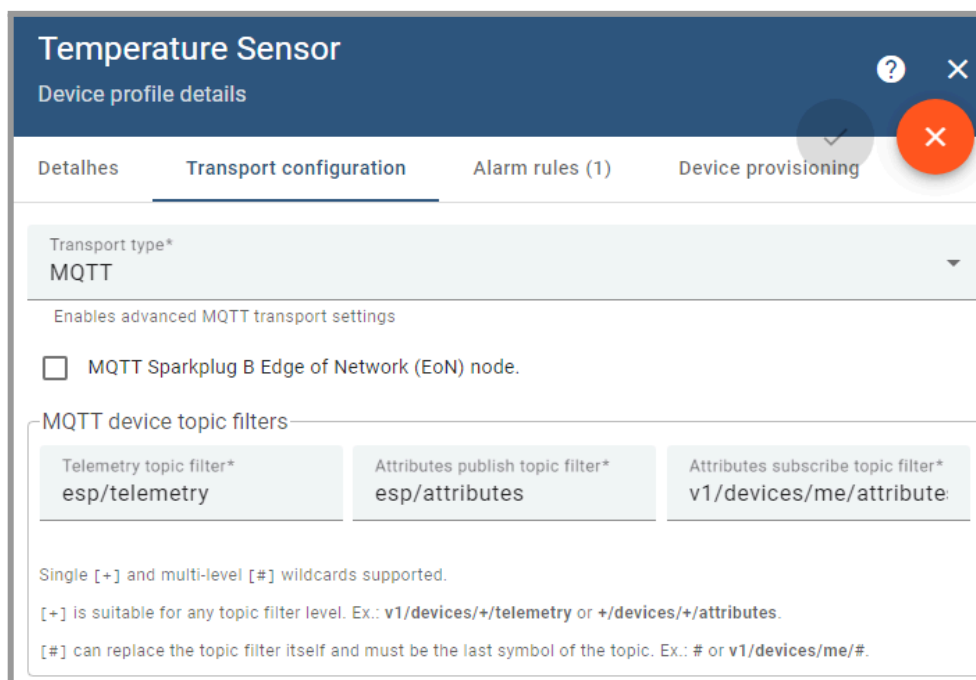


Figura 17: configurando o protocolo MQTT como tipo de transporte (baseada em acervo do autor)

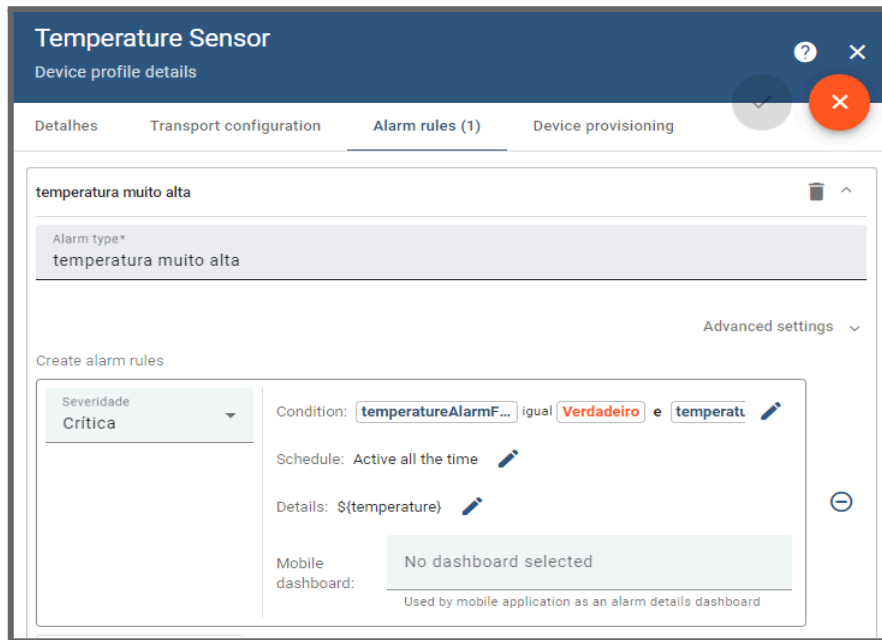


Figura 18: Regras para alarme de temperatura muito alta considerada como critica(baseada em acervo do autor)

4.3.2 CADEIA DE REGRAS (RULE CHAIN)

As figuras (19 e 20) destacam a configuração da cadeia de regras, na qual, foram utilizados geradores que, por meio de um código JavaScript, simulam dados de temperatura, movimento, umidade e outros atributos para cada dispositivo específico a ser testado. As regras foram definidas para refletir situações realistas, permitindo uma análise abrangente do comportamento dos ninhos monitorados.

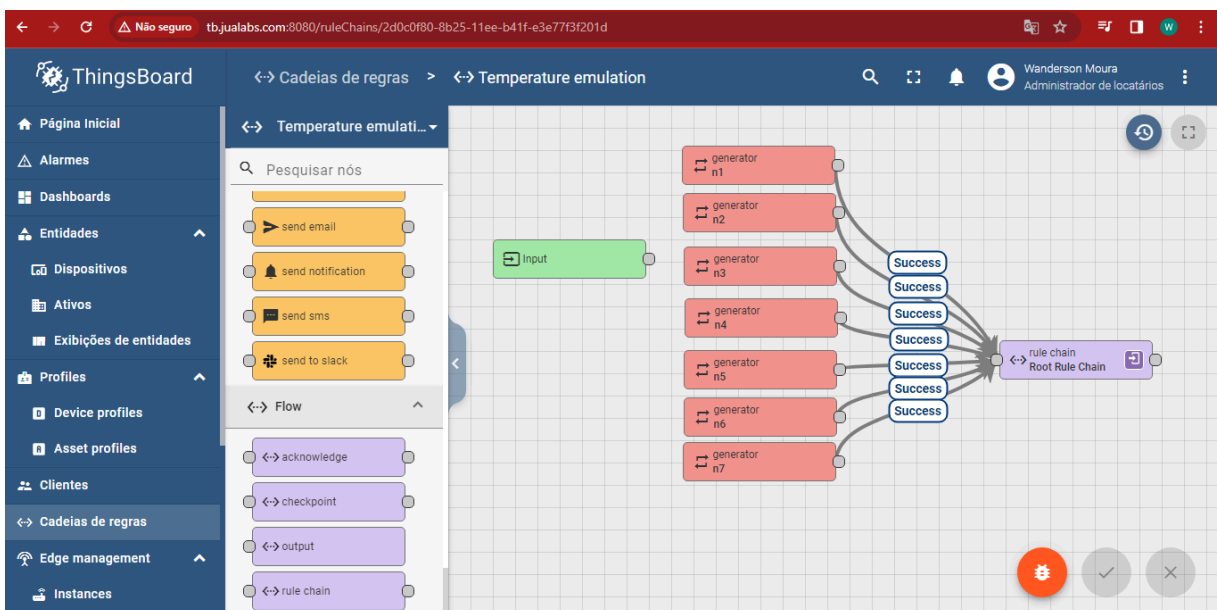


Figura 19: Configuração da cadeia de Regras (baseada em acervo do autor)

```
function Generate(prevMsg, prevMetadata, prevMsgType) {  
  // Simula temperatura entre 25 e 30, com uma casa decimal  
  var temperature = (Math.random() * 5 + 25).toFixed(1);  
  // Simula umidade entre 80 e 90, com uma casa decimal  
  var humidity = (Math.random() * 10 + 80).toFixed(1);  
  // Simula movimento aleatório (true ou false)  
  var isMoving = Math.random() > 0.5;  
  // Obtém o ID do dispositivo (pode ser substituído pelo identificador real do dispositivo)  
}
```

Figura 20: Código Java Script gerador dos dados simulados (baseada em acervo do autor)

4.3.3 DISPOSITIVOS

Para cada ninho, criou-se um dispositivo específico (Figura 21), começando com a adição do denominado "ninho1". Associou-se este dispositivo ao perfil previamente configurado ("Temperature Sensor").



Figura 21: Detalhes do dispositivo adicionado (baseada em acervo do autor)

Foram configurados atributos da entidade (Figura 22), tais como, latitude, longitude, nome, umidade, entre outros. Por fim, o ID do dispositivo localizado no menu (detalhes), foi copiado para ser adicionado ao código JavaScript configurado na cadeia de regras, visto que é obrigatório para que os dados simulados sejam exibidos corretamente no dashboard.

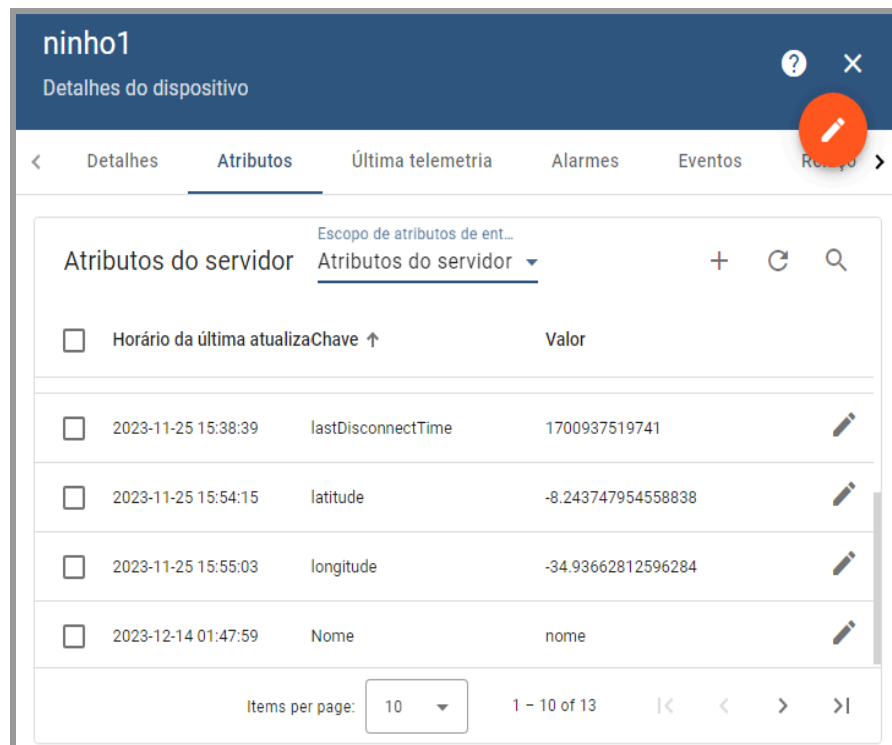


Figura 22: Adicionando atributos do dispositivo (baseada em acervo do autor)

4.3.4 DASHBOARDS

Um painel específico para o monitoramento dos ninhos foi criado utilizando o menu de *dashboards*, com ele, foi desenvolvido o painel com cinco *widgets* estrategicamente posicionados para receber os dados dos dispositivos simulados (Figura 11). Os *widgets* foram escolhidos para proporcionar uma visualização clara e informativa, incluindo mapas, gráficos de barras e cartões dinâmicos.

O *dashboard* gerado apresenta uma visualização intuitiva e eficaz para análises necessárias, permitindo o acompanhamento em tempo real da situação dos ninhos monitorados. As configurações detalhadas nos perfis de dispositivos e cadeias de regras garantem a relevância dos dados apresentados no *dashboard*.

4.4 VALIDAÇÃO E INTEGRAÇÃO COM O HARDWARE, E COM O APLICATIVO MOBILE

Com a conclusão do dashboard na plataforma ThingsBoard, realizou-se uma etapa de validação para garantir o correto funcionamento do sistema. A partir disso, os procedimentos começaram a ser simulados através da utilização de um cliente MQTT para enviar dados fictícios, a fim de verificar se as funcionalidades do dashboard estariam nos conformes.

Após uma validação bem-sucedida, iniciou-se a integração do hardware propriamente dito com a plataforma em questão. Então, o dispositivo IoT baseado na plataforma ESP32 pôde ser conectado ao sistema, para a realização da coleta dos dados reais. Com isso, essas informações foram transmitidas via protocolo MQTT para a plataforma ThingsBoard, onde foram processadas e apresentadas no dashboard instantaneamente.

Convém salientar que, a integração não se restringe apenas ao *hardware*, abrangendo também a sincronização com um aplicativo *mobile*. Essa aplicação, otimamente integrada ao ThingsBoard, proporciona aos usuários a mesma visualização dos dados do dashboard na infraestrutura em nuvem para monitoramento de nidificação de tartarugas marinhas. Desta maneira, é importante ressaltar que o dashboard desenvolvido apresenta a capacidade particular de integração com hardware IoT, e com um aplicativo mobile. Este aplicativo proporciona a visualização conveniente e em tempo real dos dados presentes no *dashboard*, aprimorando a mobilidade e a acessibilidade, tanto na versão web quanto no aplicativo mobile.

É importante mencionar que tanto o dispositivo sensor quanto o aplicativo mobile foram implementados no contexto de outros dois trabalhos de conclusão de curso, estabelecendo assim uma abordagem interdisciplinar e colaborativa para o desenvolvimento desse sistema de monitoramento de tartarugas marinhas.

5 CONCLUSÃO

Considerando a crescente importância da preservação das tartarugas marinhas, este projeto propôs a implementação de um sistema de monitoramento inovador baseado na plataforma ThingsBoard. Através da aplicação de tecnologias de Internet das Coisas (IoT), conseguimos criar um *dashboard* dinâmico e eficaz para acompanhar, em tempo real, a situação dos ninhos de tartarugas.

A escolha da plataforma ThingsBoard revelou-se como a mais adequada, em virtude da oferta de um gerenciamento eficiente dos dispositivos IoT, da coleta e armazenamento

escalável de dados, além de oferecer uma interface de visualização customizável. A configuração da instância na nuvem garantiu acessibilidade remota e escalabilidade, elementos indispensáveis para a efetividade do sistema.

Os *widgets* minuciosamente selecionados e customizados para o dashboard, como o *Widget* de Cartão, Alarme, Mapa, Gráfico de Linha e Gráfico de Barras, forneceram uma ampla representação dos dados essenciais para o monitoramento dos ninhos. A capacidade de criar marcadores dinâmicos no mapa e gerar alerta em tempo real em caso de violações de parâmetros críticos destacou-se como uma ferramenta valiosa para a conservação.

A configuração detalhada no ThingsBoard, desde a criação de perfis de dispositivos até a definição de regras e a construção do dashboard, demonstrou-se primordial para o sistema alcançar os objetivos. O uso de dispositivos baseados em ESP32, a simulação de dados para validação e a integração bem-sucedida com hardware real e um aplicativo mobile consolidaram a robustez da solução proposta.

O desenvolvimento deste sistema de monitoramento representa não apenas uma aplicação eficaz da tecnologia IoT, mas também uma contribuição significativa para a preservação das tartarugas marinhas. A capacidade de detectar eventos críticos, como possíveis eclosões, de forma ágil e remota, destaca-se como um avanço crucial na gestão de áreas de nidificação.

No entanto, é fundamental reconhecer que, como em qualquer sistema, existem desafios e limitações a serem enfrentados. A manutenção contínua, a segurança dos dados e possíveis aprimoramentos futuros devem ser considerados para garantir a eficácia a longo prazo do sistema.

Contudo, este trabalho não apenas atendeu aos objetivos propostos, mas também abriu portas para futuras pesquisas e desenvolvimentos na área de monitoramento de nidificação.

Para trabalhos futuros, é essencial a realização de testes da plataforma em campo, atestando a eficácia do sistema em um ambiente real. Estes testes irão proporcionar dados sobre o desempenho do hardware IoT, a credibilidade das medições e a interação estável com a infraestrutura em nuvem. Além disso, conduzir estudos de longo prazo é um fator valioso para averiguar o impacto da implementação do sistema no sucesso reprodutivo das tartarugas marinhas.

A otimização do aplicativo mobile, considerando o feedback dos usuários, passa a ser outra linha de pesquisa importante, tendo em vista que ampliar as funcionalidades do aplicativo melhora o sistema e ajuda a fortalecer a participação da comunidade local no processo de conservação.

Esses trabalhos futuros irão confirmar a validade e aplicabilidade do sistema, e também contribuirão para o avanço do conhecimento na área de monitoramento de nidificação de tartarugas marinhas por meio das tecnologias IoT.

REFERÊNCIAS

MARCOVALDI, M. Â.; DEI MARCOVALDI, G. G. Marine turtles of Brazil: the history and structure of Projeto TAMAR-IBAMA. **Biological conservation**, v. 91, n. 1, p. 35–41, 1999.

Nascimento. Disponível em: <<https://www.tamar.org.br/interna.php?cod=96#:~:text=Os%20filhotes%20rompem%20os%20ovos>>. Acesso em: 28 dez. 2023.

Ninhos e postura . Disponível em: <<https://www.tamar.org.br/interna.php?cod=94>>. Acesso em: 28 dez. 2023.

HAMANN, M. et al. Global research priorities for sea turtles: informing management and conservation in the 21st century. **Endangered species research**, v. 11, n. 3, p. 245–269, 2010.

LUTCAVAGE, M. et al. Human impacts on sea turtle survival. Em: **The biology of sea turtles**. [s.l.] CRC Press, 1997. p. 387–409.

PRITCHARD, P. C. H. **Evolution, phylogeny, and current status**. Boca Raton, FL: CRC Press, 1997.

FERREIRA, P. D. Efeitos de Fatores Ambientais na Reprodução de Tartarugas. **Acta Amazônica**, p. 319–334, 2009

MOURA, C. C. DE M. et al. Distribuição espaço-temporal e sucesso reprodutivo de *Eretmochelys imbricata* nas praias do Ipojuca, Pernambuco, Brasil. **Iheringia. Serie zoologia**, v. 102, n. 3, p. 254–260, 2012.

CORREIA, J. et al. **Conservação de tartarugas marinhas no nordeste do brasil: Pesquisas, desafios e perspectivas**. [s.l.: s.n.].

HAWKES, L. A. et al. Investigating the potential impacts of climate change on a marine turtle population. **Global change biology**, v. 13, n. 5, p. 923–932, 2007.

BLUMENTHAL, J. M. et al. Diving behavior and movements of juvenile hawksbill turtles *Eretmochelys imbricata* on a Caribbean coral reef. **Coral reefs**, v. 28, n. 1, p. 55–65, 2009.

SANTOS, D. et al. Internet of Things (IOT): um cenário guiado por patentes industriais. **Gestão. Org**, v. 13, n. 4, p. 271–281, 2015..

PERERA, C. et al. **MOSDEN: An internet of things middleware for resource constrained mobile devices**. 2014 47th Hawaii International Conference on System Sciences. **Anais...IEEE**, 2014.

CARVALHO, Leandro Augusto de. **Desenvolvimento de rede de sensores para monitoramento da concentração de gases em aviários**. 2023. Dissertação (Mestrado em Tecnologias Computacionais para o Agronegócio) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2019.

FERRARI, A. G. **Indústria 4.0 e Sustentabilidade: Uma Aplicação da Internet das Coisas (IoT) na Proteção Ambiental Industry 4.0 and Sustainability: An Internet of Things Application for Environmental Protection**. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/228929/vol%2003%20-21-36.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 5 jan. 2024.

RAY, P. P. A survey on Internet of Things architectures. **Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences**, v. 30, n. 3, p. 291–319, 2018.

YAQOOB, Ibrar et al. Internet of things architecture: Recent advances, taxonomy, requirements, and open challenges. **IEEE wireless communications**, v. 24, n. 3, p. 10-16, 2017.

TRIANAFYLLOU, Anna; SARIGIANNIDIS, Panagiotis; LAGKAS, Thomas D. Network protocols, schemes, and mechanisms for internet of things (iot): Features, open challenges, and trends. **Wireless communications and mobile computing**, v. 2018, 2018.

MAIER, Alexander; SHARP, Andrew; VAGAPOV, Yuriy. Comparative analysis and practical implementation of the ESP32 microcontroller module for the internet of things. In: **2017 Internet Technologies and Applications (ITA)**. IEEE, 2017. p. 143-148.

ARDUINO. **UNO R3 | Arduino Documentation**. Disponível em: <<https://docs.arduino.cc/hardware/uno-rev3>>.

ESP32-S3-DevKitC-1 v1.1 - ESP32-S3 - — Documentação mais recente do Guia de programação ESP-IDF. Disponível em: <<https://docs.espressif.com/projects/esp-idf/en/latest/esp32s3/hw-reference/esp32s3/user-guide-devkitc-1.html>>.

BABIUCH, Marek; FOLTÝNEK, Petr; SMUTNÝ, Pavel. Using the ESP32 microcontroller for data processing. In: **2019 20th International Carpathian Control Conference (ICCC)**. IEEE, 2019. p. 1-6.

NEWARK, LAT. R. **Protocolos de Rede sem fio de IoT**. Disponível em: <<https://embarcados.com.br/protocolos-de-rede-sem-fio-de-iot/#Tipos-de-protocolos-IoT>>. Acesso em: 9 jan. 2024.

Ficheiro:Arquitetura MQTT exemplo.png – Wikipédia, a enciclopédia livre. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Arquitetura_MQTT_exemplo.png>. Acesso em: 9 jan. 2024.

BRIAN, H. et al. Arquitetura IoT para monitoramento de planta industrial: uma comparação dos protocolos MQTT e ESP-Now. **Proceedings do XXII Congresso Brasileiro de Automatica**, 19 out. 2022.

NAIK, N. **Choice of effective messaging protocols for IoT systems: MQTT, CoAP, AMQP and HTTP**. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8088251>>.

RASMUSSEN, N. H.; BANSAL, M.; CHEN, C. Y. **Business dashboards: a visual catalog for design and deployment**. [S.l.]: John Wiley & Sons, 2009.

ROLIM, D. A. DE A. **Dashboards para desenvolvimento de aplicações e visualização de dados para plataformas de cidades inteligentes**. Disponível em: <<https://repositorio.ufrn.br/jspui/handle/123456789/29944>>. Acesso em: 12 jan. 2024.

COOPERSYSTEM. **Dashboard: o que é, para que serve e os 3 tipos**. Disponível em: <<https://www.coopersystem.com.br/dashboard-o-que-e-para-que-serve-e-os-3-tipos/>>. Acesso em: 12 jan. 2024.

THINGSBOARD. **ThingsBoard - Open-source IoT Platform**. Disponível em: <<https://thingsboard.io/>>.

► **Visão geral dos recursos de IoT**. Disponível em: <<https://www.kaaiot.com/products/overview>>.

KLEINFELD, R. et al. glue.things. **Proceedings of the 5th International Workshop on Web of Things - WoT '14**, 2014.

MARTÍNEZ RUIZ, L. Aplicación web con Freeboard para la recolección de datos de sensores de acelerómetro y gps mediante Orion Context Broker de Fiware. **idus.us.es**, 2018.

Wendler, Suelen. **“Como criar um dashboard de métricas para seu cliente e quais KPIs utilizar”**. *Rock Content - BR*, Rock Content, 10 de dezembro de 2022, <https://rockcontent.com/br/blog/como-criar-dashboard-de-metricas/>.