



INTRODUÇÃO

A Higroeletricidade é uma alternativa inovadora para a captação de energia já disponível no ambiente. Essa tecnologia apresenta vantagens em relação a outras fontes, como a solar, eólica e biomassa, devido à presença da umidade atmosférica em nosso planeta (Lermen, 2022). Neste projeto, foi estudado a energia captada presente na umidade do ar.

Para evidenciar uma aplicação prática, o projeto propõe um sistema de conversão de energia baseado em higrocélulas e um conversor DC-DC, que eleva e armazena a energia gerada para alimentar sistemas de sinalização náutica em locais remotos, conforme a NORMAM-17. Atualmente, esses sistemas dependem de cabos elétricos ou painéis solares, que exigem maior infraestrutura e manutenção frequente para a sua alimentação elétrica. Com essa solução, a instalação torna-se mais simples e confiável, garantindo segurança na navegação sem a necessidade de fontes convencionais de energia. Beneficiando comunidades aquícolas, sistemas de navegação e até mesmo projetos de conservação ambiental.

Com operação contínua, instalação simplificada e baixa manutenção, a higroeletricidade surge como uma alternativa viável para aplicações embarcadas. Dessa forma, possibilita o uso de fontes renováveis em locais de difícil acesso e amplia o alcance de tecnologias autônomas.

PROBLEMA

Qual seria o sistema gerador de energia elétrica renovável autônomo mais adequado, inovador e eficiente para ser instalado em áreas remotas, como as águas marinhas para suprir a deficiência da sinalização náutica?

OBJETIVO

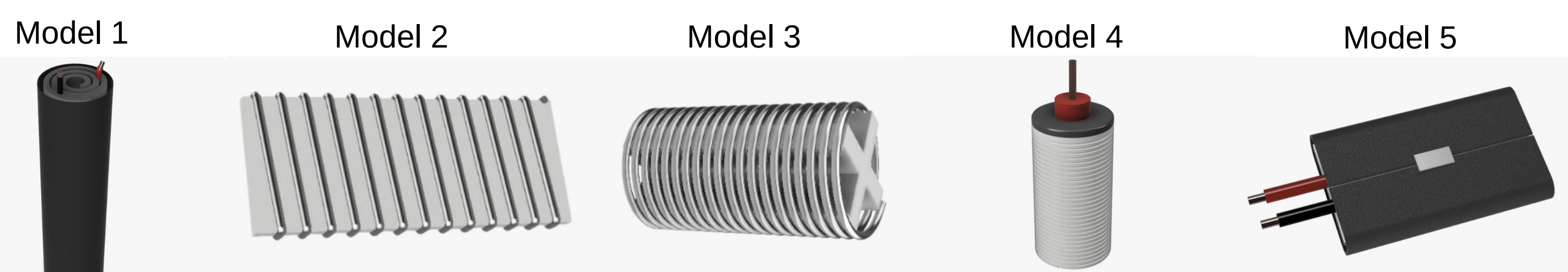
Desenvolver um sistema de higrocélulas, que utiliza a tecnologia de *energy harvesting*, para gerar tensão suficiente e energizar dispositivos luminosos, com o propósito de realizar sinalização náutica.

MATERIAIS E MÉTODOS

A evolução das higrocélulas desenvolvidas é mostrado na figura 1 e apresenta os modelos de cada célula manufacturada, avaliando como fonte para um recurso energético renovável. Os modelos foram projetados utilizando o software Fusion 360 education. Para a conversão e armazenamento da energia coletada foram desenvolvidos conversores DC-DC para fornecer energia elétrica aos os sistemas luminosos marinhos, de acordo com a NORMAM-17.

Foram estudados diversos tipos de configurações do modelo das células higroelétricas, com o propósito de identificar a geometria ideal, mais robusta e eficiente para a aplicação escolhida.

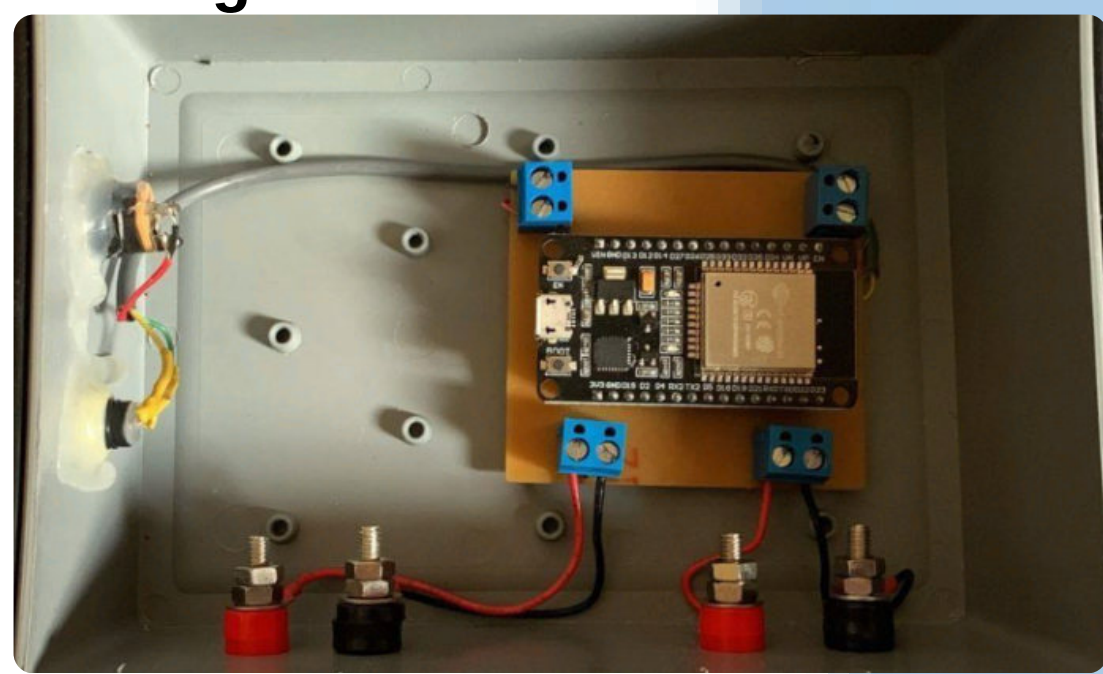
Figura 1: Desenvolvimento das células higroelétricas



Fonte: Próprios autores.

A figura 2 mostra o sistema de monitoramento desenvolvido pelo grupo para aquisitar em tempo real as variáveis de tensão e funcionamento das células em teste. A coleta desses dados ficam armazenados em um histórico online.

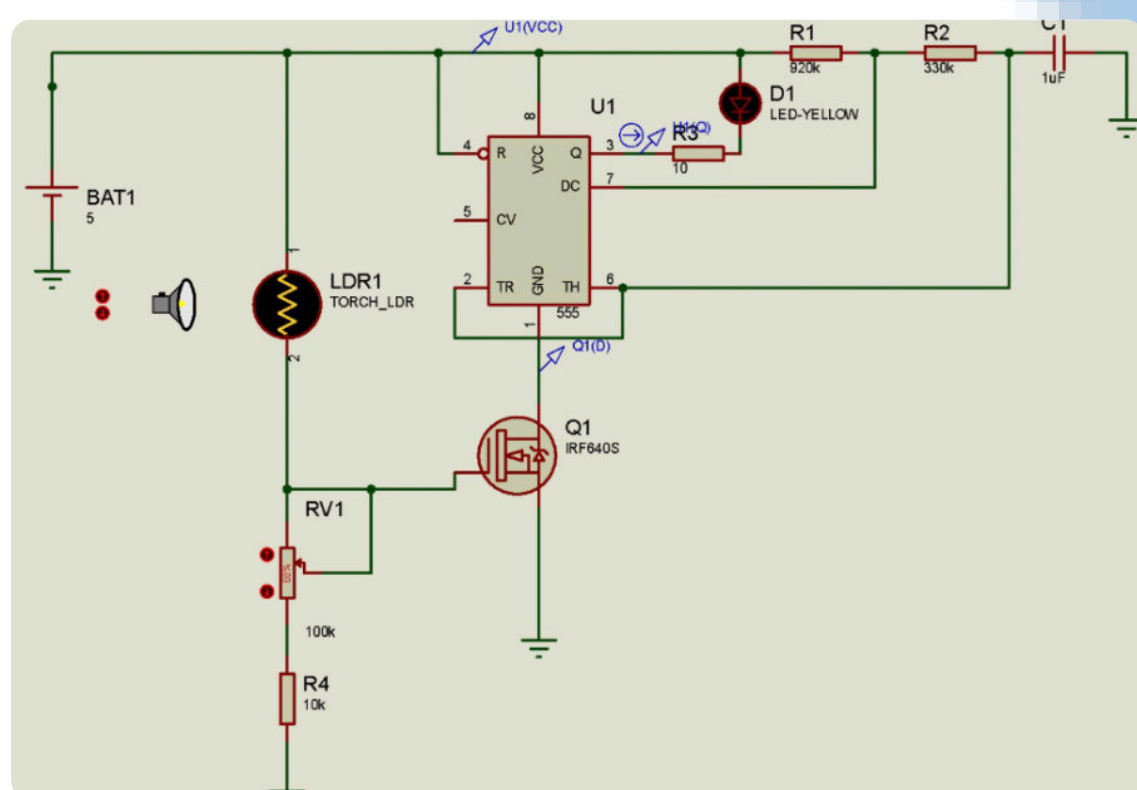
Figura 2: Coleta de dados



Fonte: Próprios autores.

De acordo com a NORMAM-17, o sistema de sinalização náutica deve oscilar, neste projeto foi definido que o circuito irá ligar por 1s e ficar desligado por 5s, o circuito projetado é mostrado na figura 4. O sinal luminoso é ativado no período noturno sendo acionado por sensores de luminosidade e opera com baixa tensão. Já a figura 5 mostra a vista 3D da placa.

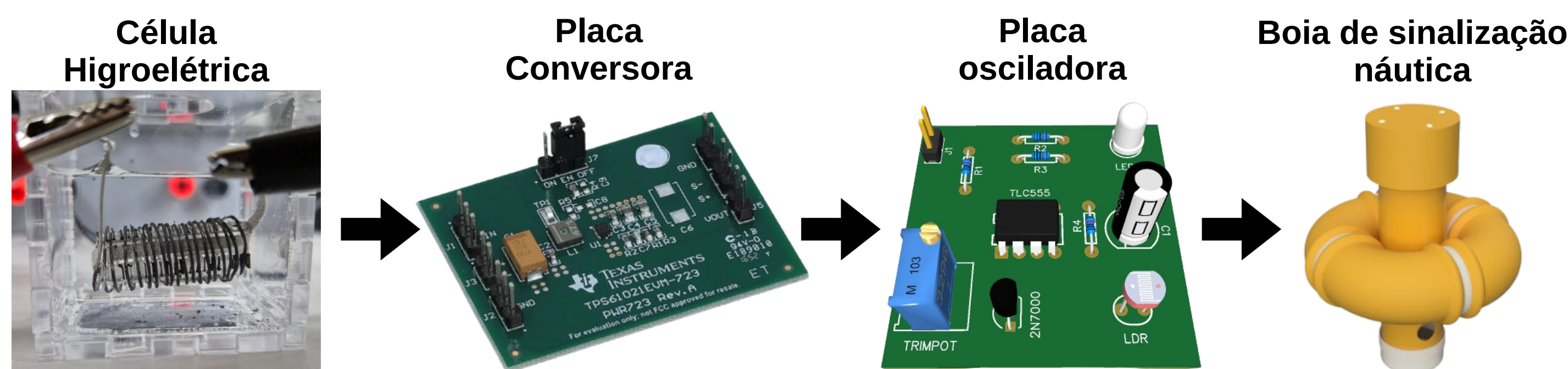
Figura 4: Esquema elétrico da sinalização



Fonte: Próprios autores.

A figura 6, é apresenta a sequência de desenvolvimento técnico eletrônico do projeto, com a fabricação das células, desenvolvimento do conversor DC-DC, placa osciladores e implantação dos sistema embarcado em uma boia marítima.

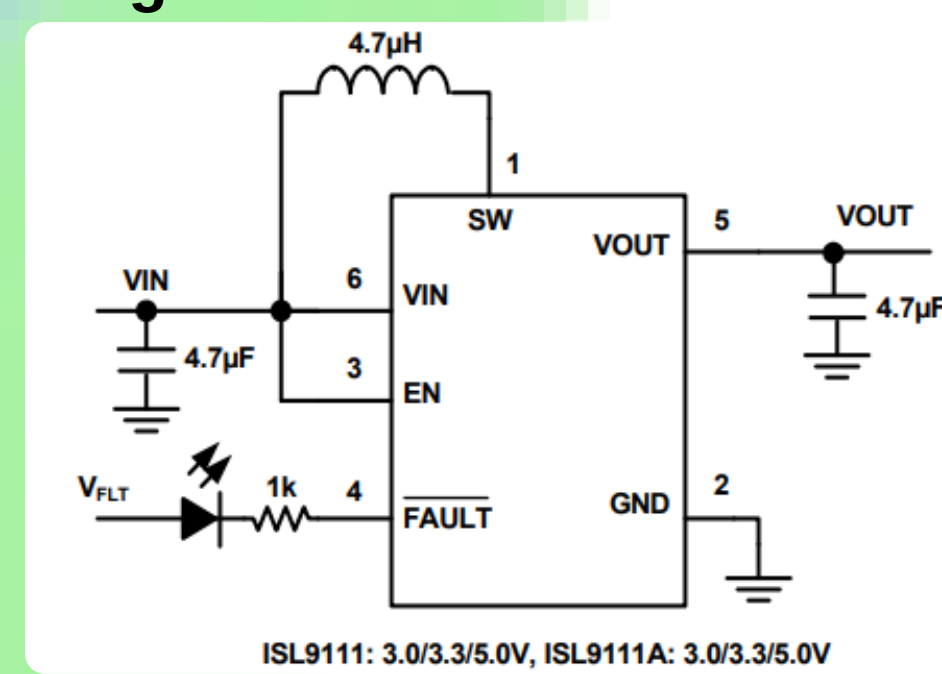
Figura 6: Diagrama de blocos



Fonte: Próprios autores.

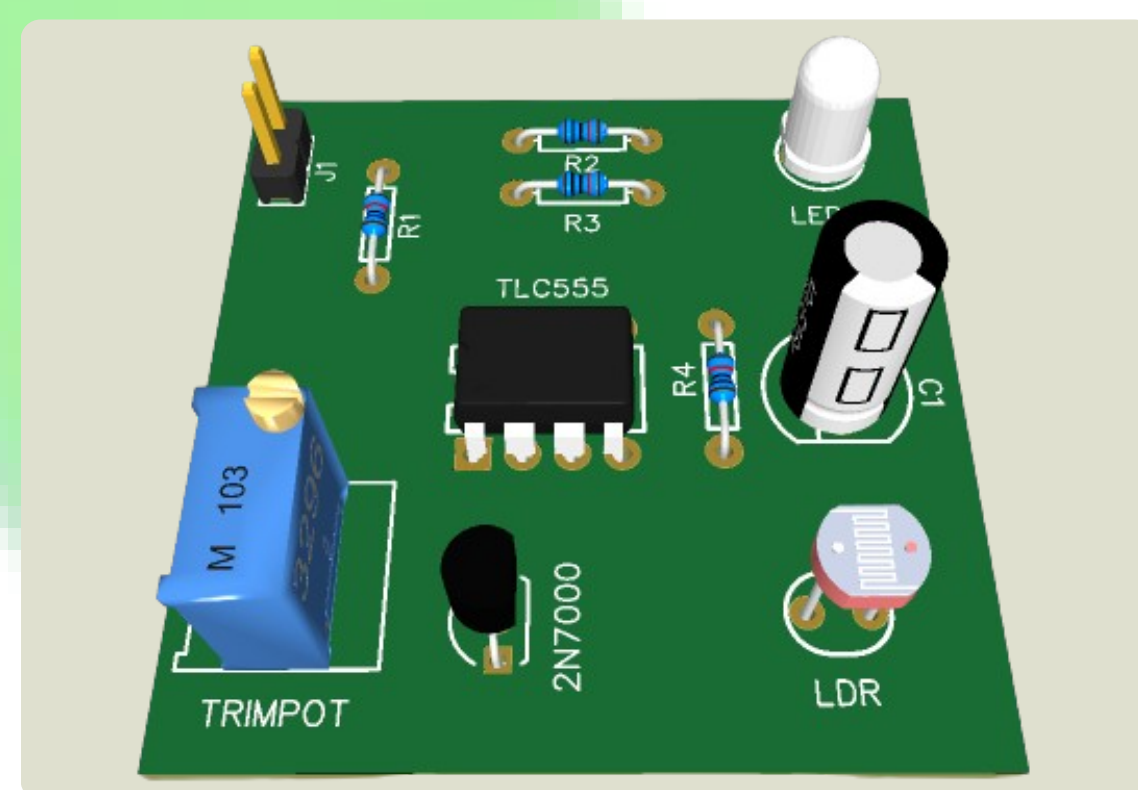
Para a coleta da energia em baixos níveis, foi escolhido um conversor DC-DC tipo Boost, que coleta a energia de entrada variável e a converte em níveis comerciais, a figura 3 mostra a configuração utilizada.

Figura 3: Conversor Boost



Fonte: Renesas, DATASHEET.

Figura 5: Vista 3D da placa osciladora

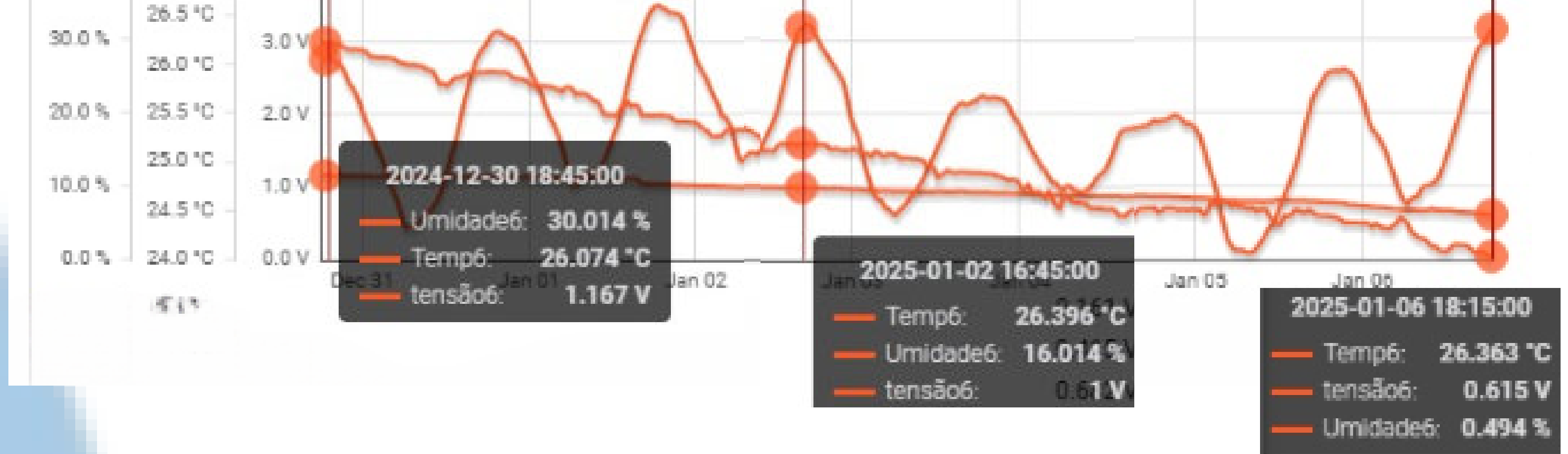


Fonte: Próprios autores.

RESULTADOS

Os experimentos foram realizados em bancada e, de acordo com os testes, as células apresentam níveis de tensão suficiente para acionar a placa elevadora de tensão (Tensão de entrada > 0,6V), mesmo com a variação da umidade a que foram submetidas. Esse resultado é bastante relevante, ainda mais tratando-se de um país tropical, onde a umidade do ar é relativamente alta em todo o território nacional, sendo assim, um indicador que a célula é operacional em todo o país.

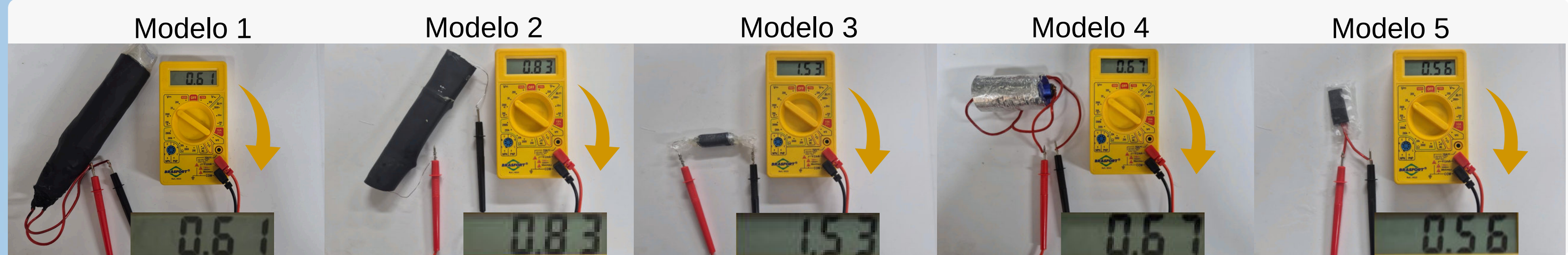
Figura 7: Gráfico com dados coletados



Fonte: Próprios autores.

As células fabricadas podem ser visualizadas na figura 8, onde foi colocado um voltímetro para indicar a tensão de saída em cada uma. De acordo com o arranjo desejado (série, paralelo ou misto), pode-se conseguir um aumento de tensão e/ou corrente mais adequado para a aplicação desejada.

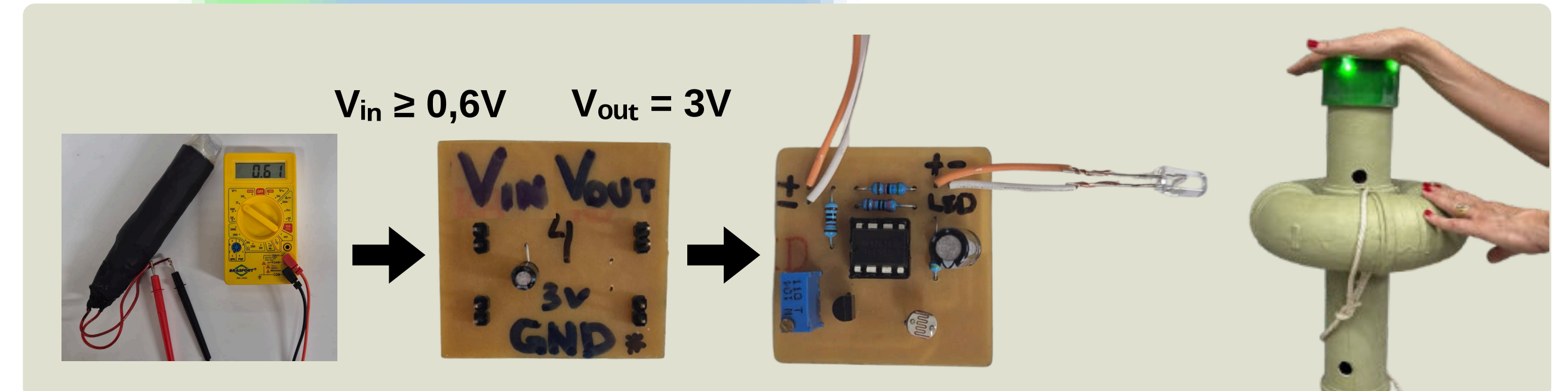
Figura 8: Tensão das células higroelétricas



Fonte: Próprios autores.

Os conversores DC-DC Bost projetados elevam tensão gerada pelas células para níveis comerciais e possuem eficiência de 90%. O chip escolhido foi o TPS61201DRC, que fornece 3,0V em sua saída. A figura 9 apresenta o arranjo de célula higroelétrica, as placa elevadora, a placa osciladora e a boia de sinalização com o circuito embarcado. Em uma configuração adicional, a energia gerada 24h por dia, pode ser armazenada em um acumulador, podendo ser um super capacitor ou uma pilha recarregável.

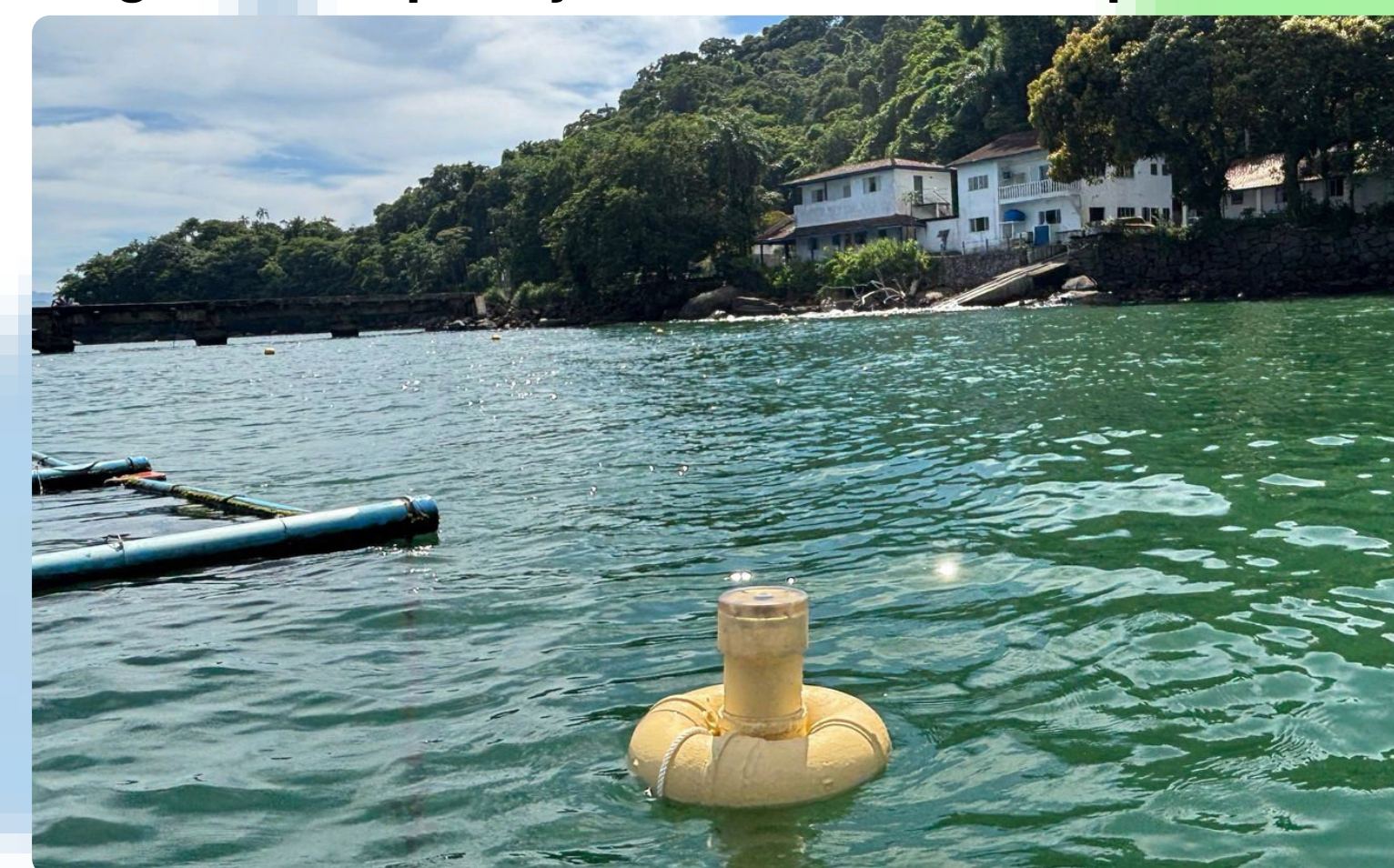
Figura 9: Sistema completo montado



Fonte: Próprios autores.

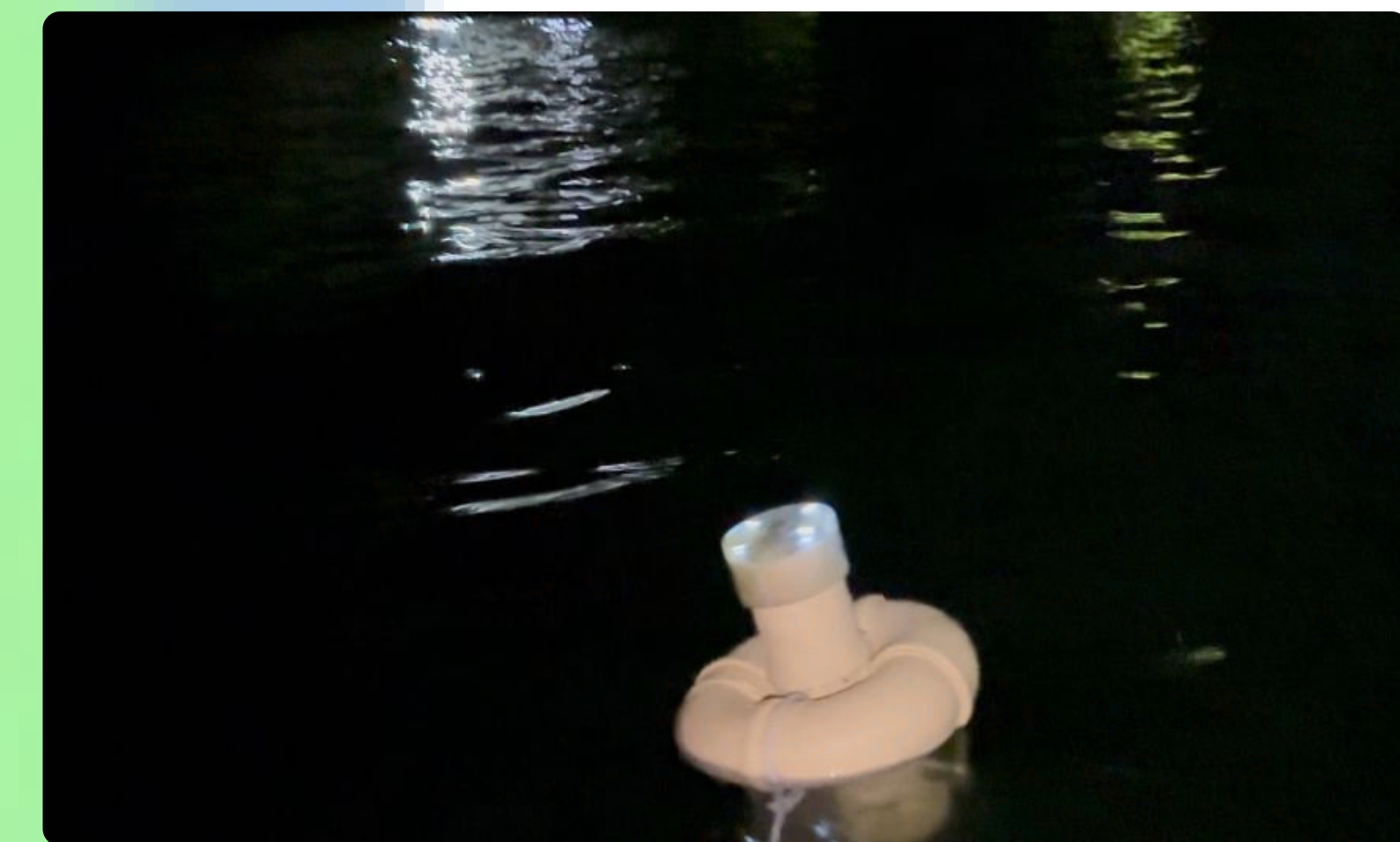
As boias utilizadas para instalação em campo, foram pintadas na cor amarela para seguir a regulamentação da NORMAM-17 e agora possuem o circuito eletrônico embarcado, fornecendo a sinalização náutica desejada e adequada. É possível verificar a boia na aplicação na fazenda marinha na figura 10 e a boia em operação noturna na figura 11.

Figura 10: Aplicação da boia em campo diurno



Fonte: Próprios autores.

Figura 11: Aplicação da boia em campo noturno



Fonte: Próprios autores.

CONCLUSÃO

A geração de energia por meio da higroeletricidade, utilizando conversores DC-DC, avançou satisfatoriamente e, atualmente, está em fase de testes de campo no Instituto de Pesca de Ubatuba, operando com as devidas autorizações formais.

Durante esses testes, foi possível fornecer energia elétrica para os sistemas de sinalização marítima, gerando tensão e corrente suficientes para sua operação. Toda a legislação relacionada ao balizamento náutico foi seguida, conforme as diretrizes da NORMAM-17.

Esses resultados validam a viabilidade do projeto e indicam que atingimos o TRL 7, o nível de maturidade tecnológica que representa uma atividade pré-comercial. Dessa forma, a iniciativa demonstra o potencial desses geradores como fonte de energia limpa e renovável, contribuindo para o desenvolvimento de soluções sustentáveis no campo da tecnologia.

REFERÊNCIAS

BOYLESTAD, Robert L.; NASHELSKY, Louis. Dispositivos eletrônicos e teoria de circuitos. 11. ed. São Paulo: Pearson, 2016.
Galembeck, F; Santos, L, P; Burgo et al, Galembeck, A. The emerging chemistry of self- electrified water interfaces. Chem Soc Rev. 2024 Mai 4;53(5):2578-2602. doi: 10.1039/d3cs00763d. PMID: 38305696.
Lermen, Diana. EFEITOS DA CONFIGURAÇÃO E DE PARÂMETROS DE OPERAÇÃO DE DISPOSITIVOS HIGROELÉTRICOS. Dissertação de Mestrado apresentada ao Instituto de Química da Universidade Estadual de Campinas, 2022. Acesso em: 5 maio. 2024
RENESAS. Datasheet: ISL9111, ISL9111A Low Input Voltage, High Efficiency Synchronous Boost Converter with 1A Switch. FN7602, REV.4. Electronic Publication, 2012.

