

TELECOM · UFC · 31 DE DEZEMBRO DE 2024

Monitoramento ambiental e operacional de plantas fotovoltaicas em solo e flutuante com sistemas IoT utilizando comunicação LoRa

Fonte: Repositório Institucional UFC · [Publicação original](#)

INOVAÇÃO	APLICABILIDADE	POTENCIAL ECONÔMICO	MATURIDADE
7/10	9/10	8/10	Média

This paper presents a validated IoT monitoring system for photovoltaic plants using LoRa communication, demonstrating technical feasibility with 95.49% packet delivery rates and measurement accuracy confirmed by official meteorological data. The system successfully monitors both ground-mounted and floating installations, offering a scalable solution for renewable energy monitoring.

NÚCLEO DA ANÁLISE

Ideia de startup ou produto

Commercialize the monitoring system as 'PV Guardian' - a subscription-based IoT monitoring service specifically designed for floating and ground-mounted photovoltaic installations, with analytics dashboards, predictive maintenance alerts, and API integration capabilities for energy management systems.

Aplicações práticas

Real-time monitoring of PV and floating photovoltaic plants for operational efficiency, maintenance optimization, and performance analysis. The modular design allows scalability from small installations to large commercial plants, with potential integration into smart grid systems.

Potencial de mercado

Strong growth potential in renewable energy sector, particularly for floating PV installations which are expanding globally. The open-source architecture enables customization for different scales of operations, addressing both developed and emerging markets with cost-effective solutions.

FUNDAMENTO CIENTÍFICO

Problema abordado

Precise and accessible monitoring is needed for efficient operation of photovoltaic plants, especially as floating PV installations expand. Existing solutions may lack reliability in communication accuracy, comprehensive monitoring capabilities, or cost-effectiveness for large-scale deployment.

Metodologia

Implementation of a Photovoltaic Monitoring System (PMS) with minute-level data acquisition, LoRa communication, cloud synchronization via ThingSpeak, and a web interface with MySQL database. Deployed at UFC's Alternative Energies Laboratory with comparative analysis between floating and ground-mounted installations, validated against INMET meteorological data.

Principais descobertas

The LoRa ACK protocol increased packet delivery from below 50% to 95.49%. Measurement accuracy confirmed with mean errors of 2.12% for irradiation, 1.68% for ambient temperature, and 7.49% for relative humidity. Floating modules showed thermal advantages with average water temperature difference of 1.34°C compared to uncovered tanks.

LEITURA PARA GESTÃO PÚBLICA

Implementation by government energy agencies for monitoring public renewable energy installations, creating standardized data collection protocols for national energy planning, and establishing benchmarks for floating PV thermal performance to inform energy policy decisions.

PARCERIA UNIVERSIDADE × EMPRESA

Strategic alliance between UFC's Alternative Energies Laboratory and renewable energy companies for field testing and scaling, with potential for development of specialized versions for different PV technologies and creation of a regional center of excellence in renewable energy monitoring.

OPORTUNIDADES DERIVADAS

4 direções estratégicas identificadas

STARTUP · IMPACTO ALTO · ENERGIA & INOVAÇÃO

PV Monitoring-as-a-Service Platform

Commercialize the validated IoT monitoring system as a subscription service targeting solar farm operators and energy companies

PARCERIA · IMPACTO MÉDIO · ENERGIA & INOVAÇÃO

UFC-Energy Company Collaboration

Strategic partnership between the university's research team and energy companies for field testing and system enhancement

POLÍTICA PÚBLICA · IMPACTO MÉDIO · GOVTECH

National Renewable Energy Monitoring Framework

Government adoption of the system as standard monitoring infrastructure for public renewable energy projects

PRODUTO CORPORATIVO · IMPACTO BAIXO · INFRAESTRUTURA DIGITAL

Floating PV Monitoring Module

Integration of the monitoring system into existing commercial products for floating photovoltaic installations

ABSTRACT ORIGINAL

Título: Monitoramento ambiental e operacional de plantas fotovoltaicas em solo e flutuante com sistemas IoT utilizando comunicação LoRa **Autor(es):** Assis, Dionizio Porfírio de **Abstract:** The advancement of renewable energy sources, especially solar energy, requires precise and accessible monitoring systems capable of ensuring the efficient operation of photovoltaic (PV) plants. In this context, this dissertation presents the implementation and validation of a Photovoltaic Monitoring System (PMS) applied to ground-mounted and floating photovoltaic (FPV) plants, conceived as a complete, accessible, and modular solution based on open, well- documented technologies widely used in the IoT development community. The proposed architecture integrates minute-level data acquisition, point-to-point LoRa communication, cloud synchronization through the ThingSpeak platform, and a web system with a MySQL database for data storage, monitoring, and export. The system was deployed in the experimental environment of the Alternative Energies Laboratory (LEA) of the Federal University of Ceará (UFC), known as LEA 3, simultaneously instrumenting a tank with floating modules, a reference tank, and a ground-mounted installation. Variables monitored included irradiance, ambient temperature, relative humidity, wind speed, and temperatures on the modules and in the tank water. The adoption of the acknowledgment (ACK) reception protocol increased the packet delivery rate from values below 50% to 95.49%, remaining at 91.76% throughout 2024. Cross-validation with INMET data confirmed the accuracy of the measurements, with a mean error of 2.12% for irradiation, 1.68% for ambient temperature, and 7.49% for relative humidity. Thermal analyses indicated homogeneity between the center and edge sensors of the modules, with an average difference of less than 1 °C, and similar behavior between ground-mounted and floating modules. For the tanks, it was observed that the reservoir with floating coverage kept the water cooler at maximum temperatures and showed lower daily thermal variability, with an average difference of 1.34 °C compared to the reference tank and a standard deviation of 0.16 °C versus 0.67 °C in the uncovered tank. The work contributes technically to the advancement of PV and FPV monitoring in Brazil by providing an open, reproducible, and experimentally validated IoT architecture that integrates LoRa communication, a web platform, and metrological validation with official data. It is concluded that the proposed system meets the objectives of monitoring, storing, and providing environmental and operational data reliably, establishing an alternative for intelligent monitoring of PV plants. **Tipo:** Dissertação

MATÉRIA PARA LEIGOS

Para leigos: Monitoramento inteligente de painéis solares com IoT e LoRa

O cenário atual

A energia solar está em expansão no Brasil e no mundo, mas para que suas plantas operem de forma eficiente é preciso monitorar constantemente diversos fatores ambientais e operacionais. Monitorar a radiação solar, temperatura, umidade e o funcionamento dos próprios painéis solares é essencial para garantir o máximo desempenho e detectar possíveis problemas. Especialmente em instalações flutuantes, que são uma nova fronteira para a energia solar, compreender como os fatores ambientais afetam o sistema é fundamental.

O que os pesquisadores fizeram

Pesquisadores da Universidade Federal do Ceará (UFC) desenvolveram um sistema completo de monitoramento para plantas fotovoltaicas, tanto em terra quanto flutuantes. O sistema utiliza tecnologias de IoT (Internet das Coisas) com comunicação LoRa, uma tecnologia que permite transmitir dados por longas distâncias com baixo consumo de energia. O sistema foi instalado no Laboratório de Energias Alternativas (LEA) da UFC, equipando um tanque com módulos flutuantes, um tanque de referência e uma instalação no solo.

Como funciona na prática

O sistema funciona coletando dados a cada minuto de vários sensores:

- Radiação solar (irradiância)
- Temperatura ambiente
- Umidade relativa
- Velocidade do vento
- Temperatura dos painéis solares
- Temperatura da água nos tanques

Esses dados são transmitidos via LoRa para uma plataforma na internet (ThingSpeak) e armazenados em um sistema web com banco de dados MySQL. A arquitetura é aberta, documentada e modular, permitindo que outros pesquisadores possam reproduzir o sistema.

Resultados e evidência

O sistema apresentou desempenho excelente:

- A taxa de entrega de pacotes de dados aumentou de menos de 50% para 95,49% após a implementação de um protocolo de confirmação (ACK)
- A validação cruzada com dados do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) confirmou a precisão das medições: - Erro médio de 2,12% para irradiação - Erro médio de 1,68% para temperatura ambiente - Erro médio de 7,49% para umidade relativa
- Análises térmicas mostraram homogeneidade entre os sensores centrais e das bordas dos módulos, com diferença média inferior a 1°C
- Os módulos flutuantes mantiveram a água mais fresca e com menor variação térmica diária, com diferença média de 1,34°C em relação ao tanque de referência

Implicações práticas

Este sistema permite um monitoramento inteligente e acessível de plantas fotovoltaicas, o que pode:

- Aumentar a eficiência das instalações solares
- Facilitar a detecção precoce de problemas
- Auxiliar na manutenção preventiva
- Fornecer dados valiosos para pesquisa e otimização de instalações flutuantes
- Oferecer um modelo replicável para outras instalações no Brasil

Limitações e próximos passos

O paper não detalha limitações específicas ou próximos passos do estudo. A dissertação demonstra a viabilidade técnica do sistema, mas não menciona possíveis expansões, melhorias futuras ou desafios a serem superados.



QUEM SÃO OS PESQUISADORES

Quem são os pesquisadores

O paper não informa os nomes dos autores específicos, apenas menciona que a pesquisa foi desenvolvida no contexto de uma dissertação apresentada à Universidade Federal do Ceará (UFC). O trabalho foi realizado no Laboratório de Energias Alternativas (LEA) da UFC, especificamente no ambiente experimental LEA 3. Não há informações sobre a formação acadêmica, vínculos ou trajetória dos pesquisadores envolvidos.