

DESENVOLVIMENTO DE UM REGISTRADOR DE DADOS PARA A APLICAÇÃO EM UM SISTEMA DE MONITORAMENTO FOTOVOLTAICO

Ivan Alan Soares (UNIFAL) - ivan.devwork90@gmail.com

Izabella Carneiro Bastos (UNIFAL/MG) - izabella.carneiro@unifal-mg.edu.br

Daniel Oliveira Guimarães (UNIFAL-MG) - doguimaraes03@gmail.com

Resumo:

O trabalho em questão determina o desenvolvimento de um registrador de dados aplicado em um sistema de monitoramento fotovoltaico com a finalidade de armazenamento de dados de séries temporais para análises posteriores. Ao monitorar com precisão os parâmetros elétricos e meteorológicos após a instalação da planta fotovoltaica, o desempenho da geração elétrica em sistemas fotovoltaicos pode ser otimizado. Os distúrbios nos parâmetros elétricos são, em parte, ocasionados por imprecisão em variáveis climáticas, degradação e erros nos sistemas fotovoltaicos. O armazenamento de grande volume de dados por um longo período de tempo é amplamente feito por registradores de dados, o que ajuda na composição de uma base de dados que pode levar à potencial qualidade dos sistemas fotovoltaicos e a sua análise operacional. O registrador de dados desenvolvido neste trabalho, utiliza de um computador de placa única Raspberry Pi 3 Modelo B em conjunto com programas e protocolos específicos. Para a codificação do software principal do registrador de dados foi utilizado a linguagem de programação de alto nível Python agregada ao banco de dados de séries temporais InfluxDB e a biblioteca de comunicação pyModBusTCP

Palavras-chave: *Registrador de Dados, Sistema de Monitoramento de Dados, Sistema Solar Fotovoltaico.*

Área temática: *Conversão Fotovoltaica*

Subárea temática: *Controle e monitoramento de sistemas fotovoltaicos*

DESENVOLVIMENTO DE UM REGISTRADOR DE DADOS PARA A APLICAÇÃO EM UM SISTEMA DE MONITORAMENTO FOTOVOLTAICO

Ivan Alan Soares – ivan.devwork90@gmail.com
Izabella Carneiro Bastos – izabella.carneiro@unifal-mg.edu.br
Daniel Guimarães Oliveira – doguimaraes03@gmail.com
Carlos Alberto Massini Tesser – carlosa.tesser@gmail.com

Universidade Federal de Alfenas, Instituto de Ciência e Tecnologia

Resumo. O trabalho em questão determina o desenvolvimento de um registrador de dados aplicado em um sistema de monitoramento fotovoltaico com a finalidade de armazenamento de dados de séries temporais para análises posteriores. Ao monitorar com precisão os parâmetros elétricos e meteorológicos após a instalação da planta fotovoltaica, o desempenho da geração elétrica em sistemas fotovoltaicos pode ser otimizado. Os distúrbios nos parâmetros elétricos são, em parte, ocasionados por imprecisão em variáveis climáticas, degradação e erros nos sistemas fotovoltaicos. O armazenamento de grande volume de dados por um longo período de tempo é amplamente feito por registradores de dados, o que ajuda na composição de uma base de dados que pode levar à potencial qualidade dos sistemas fotovoltaicos e a sua análise operacional. O registrador de dados desenvolvido neste trabalho utiliza de um computador de placa única Raspberry Pi 3 Modelo B em conjunto com programas e protocolos específicos. Para a codificação do software principal do registrador de dados foi utilizado a linguagem de programação de alto nível Python agregada ao banco de dados de séries temporais InfluxDB e a biblioteca de comunicação pyModBusTCP.

Palavras-chave: Registrador de Dados, Sistema de Monitoramento de Dados, Sistema Solar Fotovoltaico.

1. INTRODUÇÃO

As energias limpas que geram eletricidade estão adquirindo uma ampla presença global devido ao aumento da demanda de energia e estudos para diminuir o impacto do uso de energia não renovável no clima. A energia solar é infinita, segura e durável entre as tecnologias renováveis. A tecnologia fotovoltaica é o método mais eficiente para o aproveitamento da energia solar na geração de eletricidade no cenário atual (PARIDA; INIYAN; GOIC, 2011).

A qualidade da geração elétrica em sistemas fotovoltaicos pode ser melhorada pelo controle preciso dos parâmetros elétricos e meteorológicos após a implantação da unidade fotovoltaica. As variações nos parâmetros elétricos são devidas, entre outras, a falhas de variáveis climáticas, corrosão e equipamentos fotovoltaicos. O período de uso de equipamentos solares fotovoltaicos (RAHMAN; HASANUZZAMAN; RAHIM, 2015) e outras diversas variáveis podem levar a essa degradação (AZIZI et al., 2018).

A redução no desempenho do sistema fotovoltaico, que mostra falhas ou disparidades com os resultados esperados das predições, pode ser diagnosticada por um acompanhamento elétrico e meteorológico eficiente. Um dispositivo de aquisição de dados que utiliza sensores e registradores captura regularmente esses parâmetros (ULIERU et al., 2011).

Os registradores de dados são comumente utilizados por sua capacidade de armazenamento de um alto volume de dados por um longo período de tempo, permitindo a criação de um histórico capaz de auxiliar em análises futuras de desempenho e funcionamento de sistemas fotovoltaicos. Para que a medição elétrica de qualquer tipo de transdutor seja calculada automaticamente e os valores documentados, o tipo de dados deve ser determinado pelo usuário como temperatura, umidade relativa, tensão ou pulso, assim sendo, a usabilidade do registrador de dados será determinada pela capacidade de utilização de todos esses dados, ao passo que o registrador recupera, verifica e analisa os dados automaticamente (BADHIYE; CHATUR; B. V., 2011).

O presente trabalho propõe a implementação de um registrador de dados para a miniusina solar fotovoltaica localizada na Universidade Federal de Alfenas, campus Poços de Caldas.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Estrutura Básica do Registrador de Dados

Para o desenvolvimento do projeto em questão, a estrutura básica utilizada para a construção do registrador de dados pode ser observada na Figura 1. A estrutura é composta por sensores, equipamento condicionador de sinal, conversor analógico-digital, um microcontrolador e a unidade de interface.

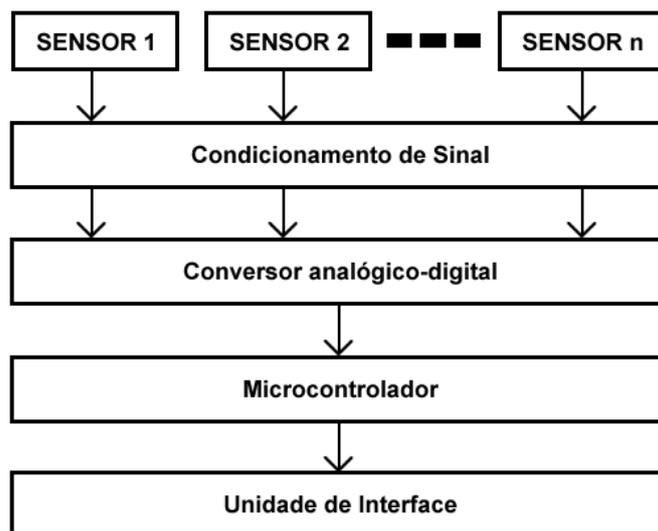


Figura 1 – Estrutura básica do Registrador de Dados

Os sensores capturam os fenômenos físicos, os quais os sinais são condicionados e posteriormente convertidos em sinais digitais. Estes sinais são enviados pelos canais de entrada do microcontrolador, equipamento este que é responsável pelo processamento dos dados recebidos. A unidade de interface permite a interação do microcontrolador com equipamentos externos como computadores, teclados, e dispositivos de armazenamento.

2.2 Ferramentas Utilizadas e Funcionamento do Registrador de Dados

O computador *Raspberry Pi 3* Modelo B de placa única foi escolhido para executar a função do controlador, pois possibilita a utilização de linguagens de programação de alto nível e bibliotecas para a implementação do protocolo de comunicação *ModbusTCP*.

Foi necessária a instalação de um sistema operacional para utilizar todo o funcionamento do *Raspberry Pi*. O sistema operacional oficial, de acordo com a Raspberry Pi Foundation (2019), é o sistema *Raspbian*, que foi simplesmente instalado pelo instalador do fabricante, *NOOBS*. O *Raspbian* possui vários recursos e softwares pré-instalados, como suporte para entrada de *mouse*, teclado, conexão *WIFI*, navegadores *web*, linguagens de programação, entre outras funções.

Os registros de dados e sistema operacional são armazenados em um cartão *SanDisk MicroSD* Classe 10 que possui 32 GB de armazenamento e velocidade de leitura de 80 MB/s.

A arquitetura geral do registrador de dados pode ser observada na Figura 2. Foram necessários equipamentos e *softwares* específicos para o desenvolvimento de todas as funcionalidades do registrador.

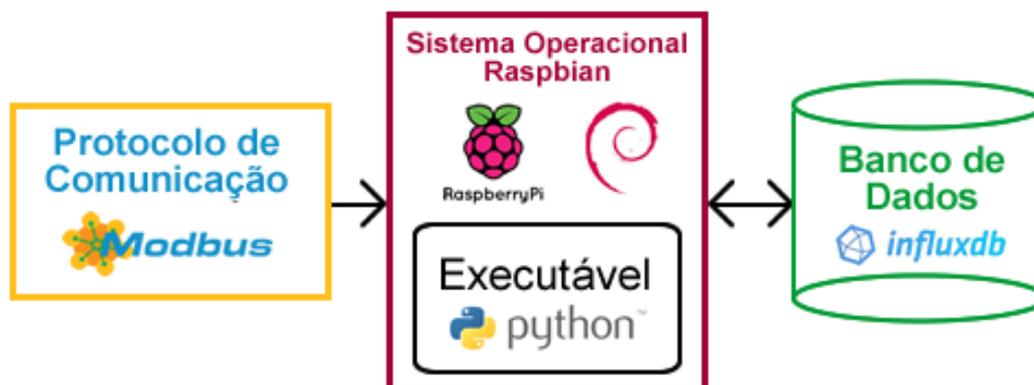


Figura 2 – Arquitetura Geral de *Software* do Registrador de Dados

Em um período de 60 segundos, o registrador verifica os dados fornecidos através do protocolo de comunicação e os armazena em uma base de dados local *InfluxDB* após a validação. Para fazer isso, um software codificado em *Python* em conjunto com o pacote *pyModbusTCP* precisou ser desenvolvido. A Figura 3 ilustra como o *software* do registrador de dados funciona.

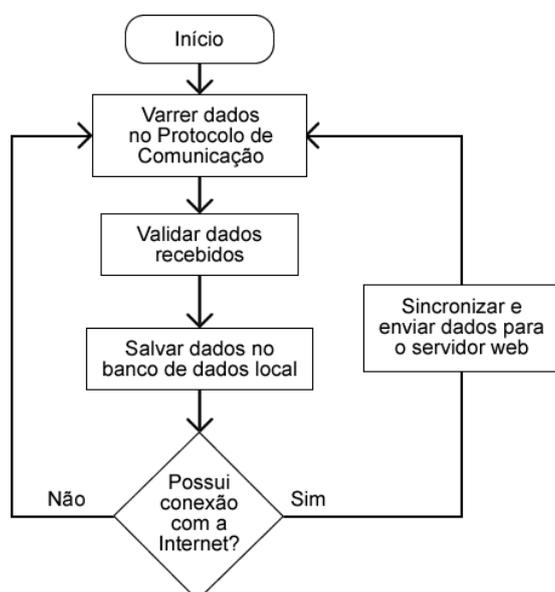


Figura 3 – Fluxograma do Funcionamento do Registrador de Dados

Neste interim, pode-se observar na Figura 3 um fluxograma representando o funcionamento completo do registrador de dados, sendo que, ao iniciar o sistema, o equipamento realiza uma varredura dos dados fornecidos através do protocolo de comunicação e, após a validação dos mesmos, ocorre o armazenamento no banco de dados local. Como dispositivo de segurança, uma verificação de conexão com a internet é realizada e, caso esta seja estabelecida, os dados locais são sincronizados e enviados para um servidor *web* na nuvem por meio de uma *API*. A sequência de instruções descrita é realizada de forma ininterrupta e cíclica.

2.3 Definição dos Parâmetros de Coleta

No sistema de automação, os equipamentos e dispositivos de medição necessários para capturar os parâmetros elétricos definidos neste trabalho já haviam sido previamente instalados. A Tabela 1 menciona os medidores que serão utilizados.

Tabela 1 - Equipamentos de Medição de Parâmetros Elétricos

EQUIPAMENTO	OBJETIVO
SCK-M-I-8S20A	Medição de corrente contínua para cada série.
SCK-M-U1500V	Medição de tensão contínua das séries.
MA250	Medição de parâmetros elétricos de corrente alternada.
MA600	Medição de parâmetros elétricos de corrente alternada.

A Tabela 2 permite a visualização de todas as informações de CC e CA que devem ser coletadas pelos equipamentos da Tabela 1.

Tabela 2 - Tabela de Definição dos Parâmetros de Coleta

PARÂMETRO	UNIDADE
Tensão (CC)	V
Corrente (CC)	A
Potência (CC)	W
Tensão da primeira fase (CA)	V
Tensão da segunda fase (CA)	V
Tensão da terceira fase (CA)	V
Frequência	Hz
Corrente da primeira fase	A
Corrente da segunda fase	A
Corrente da terceira fase	A

Potência Ativa	W
Potência Reativa	kVAR
Potência Aparente	kVA
Fator de Potência	-
Energia Ativa	kWh
Energia Reativa	kVArh

3. RESULTADOS

O projeto resultou em um equipamento eficaz e simples capaz de coletar dados através do protocolo de comunicação via cabo *ethernet*, bem como armazená-los no banco de dados local por um longo período de tempo conforme especificado pelo fabricante.

O registrador de dados apresentou eficiência na coleta dos dados dos equipamentos de medição em consideração aos diversos testes de coleta.

O banco de dados de séries temporais demonstrou ser dinâmico e otimizado na alocação de espaço para o armazenamento dos dados em um período de tempo fixo, reduzindo assim o tamanho dos arquivos armazenados ao longo do tempo. Os dados foram capturados e armazenados a cada 60 segundos.

O protótipo do registrador de dados pode ser visualizado na Figura 4.



Figura 4 - Raspberry Pi 3 Modelo B como Registrador de Dados

O projeto resultou em um equipamento eficaz e simples capaz de coletar dados através do protocolo de comunicação via cabo *ethernet*, bem como armazená-los no banco de dados local por um longo período de tempo conforme especificado pelo fabricante. O registrador de dados foi efetivamente instalado no sistema solar fotovoltaico nas dependências da Universidade Federal de Alfenas, campus Poços de Caldas e, para análise futura da mini-usina, foram coletados os parâmetros apresentados na Tabela 2 entre os dias 05/02/2020 e 14/02/2020.

Os parâmetros de potência representam a geração da mini-usina, portanto possuem grande importância na sua análise de desempenho. Pode-se visualizar a potência ativa diária, após a conversão dos inversores, na Figura 5.

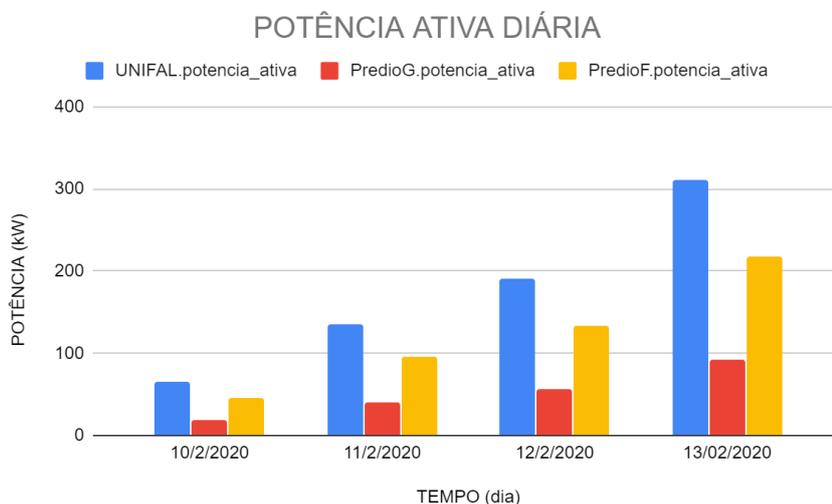


Figura 5 – Potência Ativa Diária

A Figura 6 apresenta as potências ativas coletadas, a cada minuto, no dia 12/02/2020. Pode-se visualizar as potências ativas dos prédios F, G e também de todo o sistema acumulado. A geração inicia-se aproximadamente às seis horas da manhã, após o nascer do sol e o consequente aumento da irradiação. A potência permanece alta durante o dia e aproxima-se do seu valor mínimo a partir das dezoito horas.

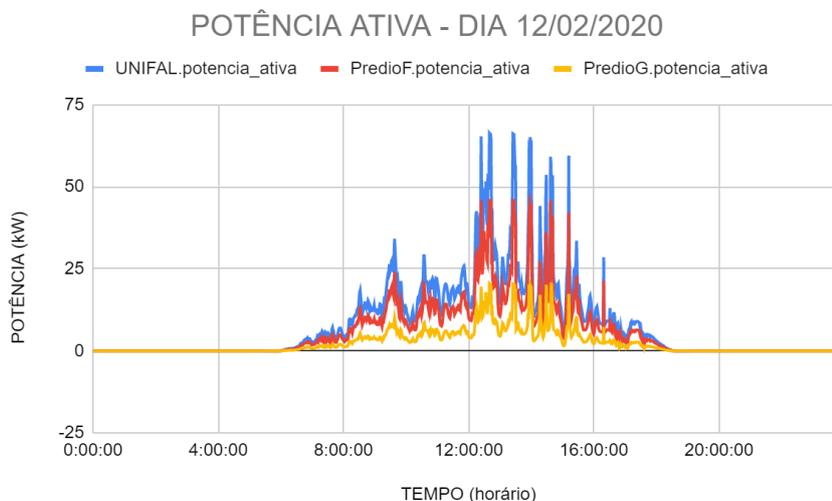


Figura 6 – Potência Ativa – Dia 12/02/2020

Como o projeto permite a coleta de parâmetros contínuos e alternados, o sistema é capaz de calcular índices de desempenho, como a eficiência de conversão de corrente contínua em alternada pelos inversores. A Figura 7 apresenta o percentual de eficiência de conversão CC/CA de todo o sistema no dia 12/02/2020, levando em consideração toda a potência gerada pelos painéis fotovoltaicos e a potência de saída dos inversores. A eficiência média calculada no dia 12/02/2020 foi de 93.16%.



Figura 7 – Eficiência do Sistema – Dia 12/02/2020

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tendo em vista o equipamento de baixo custo e a possibilidade de customização futura do projeto, pode-se concluir que o registrador de dados construído se apresentou funcional e econômico. A portabilidade do registrador de dados permite a redução do consumo de energia elétrica por parte do sistema de coleta, haja vista, da não necessidade do uso de um computador comum, ou seja, diminuindo os custos de funcionamento.

Os testes físicos produzidos no registrador puderam demonstrar sua eficiência para utilização em sistemas fotovoltaicos, haja vista, que a implementação do protocolo de comunicação permitiu a utilização de diversos equipamentos de forma transparente e genérica, facilitando o uso dos mais variados componentes.

Agradecimentos

Esta pesquisa foi possível através da colaboração do Departamento Municipal de Energia de Poços de Caldas (DME), Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) e do LAPEE-Laboratório Aplicado de Pesquisas em Eficiência Energética da Universidade Federal de Alfenas, para tanto, a eles dedicamos nossos sinceros agradecimentos.

REFERÊNCIAS

- Azizi, Amina et al. 2018. Impact of the aging of a photovoltaic module on the performance of a grid-connected system, Solar Energy, vol. 174, pp. 454-455.
- Badhiye, Sagarkumar; Chatur, B; B. V., Wakode. 2011. Data Logger System: A Survey, International Journal of Computer Technology and Electronics Engineering.
- Parida, Bhubaneswari; Iniyar, Selvarasan; Goic, Ranko. 2011. A review of solar photovoltaic technologies, Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol. 15, n. 3, pp. 1625-1636.
- Rahman, Mm; Hasanuzzaman, Mm; Rahim, Nasrudin Abd. 2015. Effects of various parameters on PV-module power and efficiency, Energy Conversion and Management, vol. 103, pp. 348-358.
- Ulieru, Valentin Dogaru et al. 2011. Data Acquisition in Photovoltaic Systems, Renewable Energy - Trends and Applications, pp. 213-230.

DEVELOPMENT OF A DATA LOGGER TO BE APPLIED IN A PHOTOVOLTAIC MONITORING SYSTEM

Abstract. *This paper determines the development of a data logger applied in a photovoltaic monitoring system for the purpose of storing time series data for further analysis. By accurately monitoring electrical and meteorological parameters after installation of the photovoltaic plant, the performance of electrical generation in photovoltaic systems can be optimized. Disturbances in electrical parameters are partly caused by inaccuracy in climate variables, degradation and errors in photovoltaic systems. Storing large volumes of data over a long period of time is largely done by data loggers, which helps in composing a database that can lead to the potential quality of photovoltaic systems and their operational analysis. The data logger developed in this work uses a Raspberry Pi 3 Model B single board computer in conjunction with specific programs and protocols. The main data logger software was coded using the Python high-level programming language added to the InfluxDB time series database and the pyModBusTCP communication library.*

Key words: *Data Logger, Data Monitoring System, Solar Photovoltaic System.*