

# MONITORAMENTO DE ESTAÇÃO SOLARIMÉTRICA BASEADO EM PLATAFORMA IOT E SUPERVISÓRIO SCADA

Wyara Maria Carlos Souza Pontes  
Departamento de Engenharia Elétrica  
Universidade Federal do Ceará  
Fortaleza, Brazil  
wyara\_w2@hotmail.com

Kevin de Paula Amorim  
Instituto de Engenharia e  
Desenvolvimento Sustentável  
Universidade da Integração  
Internacional da Lusofonia Afro-  
Brasileira  
Redenção, Ceará  
kevindipaula@hotmail.com

Lígia Maria Carvalho Sousa Cordeiro  
Instituto de Engenharia e  
Desenvolvimento Sustentável  
Universidade da Integração  
Internacional da Lusofonia Afro-  
Brasileira  
Redenção, Ceará  
ligia@unilab.edu.br

Ruth Pastôra Saraiva Leão  
Departamento de Engenharia Elétrica  
Universidade Federal do Ceará  
Fortaleza, Brazil  
rleao@dee.ufc.br

Hermínio Miguel de Oliveira Filho  
Instituto de Engenharia e  
Desenvolvimento Sustentável  
Universidade da Integração  
Internacional da Lusofonia Afro-  
Brasileira  
Redenção, Ceará  
herminio@unilab.edu.br

Caíke Damião Nascimento Silva  
Instituto de Engenharia e  
Desenvolvimento Sustentável  
Universidade da Integração  
Internacional da Lusofonia Afro-  
Brasileira  
Redenção, Ceará  
caikedamiao@unilab.edu.br

**Resumo—** O desempenho dos geradores fotovoltaicos é influenciado por diversas grandezas meteorológicas, sendo fundamental o conhecimento delas tanto para projeções de geração quanto para análises de performance de sistemas fotovoltaicos já instalados. As estações meteorológicas, em muitos casos, são instaladas em locais de difícil acesso e nem sempre são acompanhadas de mecanismos de monitoramento que possibilitem o acesso remoto dos dados, sendo necessária a coleta local dos mesmos. Nesse contexto, o presente trabalho consiste no desenvolvimento de um sistema de comunicação baseado em placa de prototipagem eletrônica e plataforma de *Internet of things* (IoT) ThingSpeak e um sistema supervisório baseado no software gratuito ScadaBR. A solução proposta para monitoramento disponibiliza os dados em tempo real local e remotamente, além de apresentar uma interface amigável e personalizada que apresentou bom funcionamento.

**Palavras-chave—** monitoramento, estação meteorológica, internet das coisas (IoT).

## I. INTRODUÇÃO

A crescente demanda por energia, o aumento do custo dos combustíveis fósseis e a conscientização da população frente aos problemas ambientais têm promovido um avanço considerável no setor de geração de energias mais limpas e oriundas de recursos renováveis que causem o menor impacto possível ao meio ambiente e promovam o desenvolvimento sustentável.

A energia solar é um exemplo de fonte renovável que tem representando uma alternativa pertinente em meio a busca pela sustentabilidade ambiental e pela diversificação da matriz elétrica nos últimos anos. Um sistema de energia fotovoltaico (FV), também chamado de sistema de energia solar, é um sistema capaz de gerar energia elétrica através da radiação solar, utilizando o princípio da conversão fotovoltaica [1].

O potencial de geração de um sistema fotovoltaico é fortemente dependente das condições meteorológicas da região onde o mesmo está localizado [2]. A temperatura das células fotovoltaicas e a radiação absorvida por elas influenciam significativamente na corrente e tensão geradas pelo sistema, impactando assim no desempenho desses dispositivos. A influência ocorre de forma que uma elevação na temperatura da célula fotovoltaica resulta em um pequeno aumento na corrente e uma significativa redução na tensão geradas pelo sistema fotovoltaico. Uma vez que a redução na tensão é proporcionalmente maior do que o aumento na corrente infere-se que a potência gerada diminui e, assim, o desempenho do sistema fotovoltaico é prejudicado.

Outro aspecto relevante que geralmente é negligenciado em análises de desempenho de sistemas fotovoltaicos, mas que contribui para o resfriamento dos painéis, é a velocidade do vento. Portanto, de modo geral, a influência da climatologia local no desempenho da conversão solar fotovoltaica deve ser considerada nos estudos de desempenho de plantas FV [1][3].

A difusão de informações meteorológicas favorece estudos em diversas áreas do conhecimento. No contexto de geração de energia através de fontes como a eólica e a solar, que dependem estritamente do microclima local favorável, é imprescindível o conhecimento do comportamento da climatologia local como subsídio à tomada de decisão, permitindo realizar análises de viabilidade técnica/econômica baseada em projeções de geração e também ampliação de instalações já existentes [4][5][6][7].

No Brasil, o uso de estações equipadas com pelo menos dois piranômetros e sensores de umidade relativa, temperatura e velocidade do vento é obrigatório para projetos de usinas solares de grande porte que se destinam à venda de energia em leilões de energia [8].

As estações meteorológicas comerciais são equipamentos de alto custo e geralmente instaladas em locais de difícil acesso. Esses aspectos colaboram para a escassez da divulgação de informações meteorológicas para o público [9]. Os dados medidos por uma estação meteorológica podem ser coletados *in loco* ou remotamente. Uma vez que a maioria das estações meteorológicas ficam instaladas em locais remotos e de difícil acesso, a coleta *in loco* torna-se uma tarefa dispendiosa, principalmente quando se requer coletas frequentes. Além disso, a coleta manual frequente demanda bastante tempo por parte do usuário, uma vez que além do deslocamento até o dispositivo registrador de dados é necessário organizar e armazenar as informações. Destaca-se ainda que no contexto de pandemia, o qual temos vivenciado, a coleta de dados *in loco* torna-se um desafio ainda maior, considerando que as restrições de deslocamento e acesso podem até mesmo inviabilizar sua execução. Diante dos aspectos acima citados, a disponibilização de dados de forma remota é uma alternativa bastante útil [10].

Os sistemas SCADA (do inglês, *Supervisory Control and Data Acquisition*) são comumente utilizados na indústria para supervisão, controle e automação de equipamentos, permitindo realizar o monitoramento de variáveis analógicas e digitais, apresentando-as na forma de gráficos de tendência, relatórios, dentre outros [11][12]. É possível encontrar, disponíveis no mercado, sistemas de monitoramento comerciais baseados em SCADA. Contudo, durante o levantamento bibliográfico realizado notou-se que o uso desse recurso em soluções de baixo custo ainda não é muito recorrente na literatura.

Outra solução comercial para o monitoramento de forma remota é o uso de tecnologias de transmissão sem fio, tais como Wi-Fi ou GSM [13]. Na literatura, a comunicação de plataformas microcontroladas com *dataloggers* para transmissão de dados, visando o baixo custo associado, ainda é pouco explorada. No trabalho proposto em [14], um circuito com Raspberry Pi foi programado para se comunicar com um *datalogger* CR1000 da fabricante Campbell Scientific afim de coletar, organizar e disponibilizar os dados ao público, exibindo-os em *tweets* e gráficos. Apesar do método proposto promover a divulgação de informações ao público, o trabalho não oferece a disponibilização de histórico de dados em formato de planilha, o qual é um recurso pertinente para manipulação e análises de dados.

O conceito de Internet das coisas (IoT, do inglês *Internet of Things*) pode ser definido como a conexão entre o mundo físico e o digital, permitindo que objetos cotidianos sejam acionados pela Internet para trocar, armazenar e coletar dados para consumidores e empresas através de uma aplicação de software [15][16]. O *ThingSpeak* é uma plataforma de análise de Internet das Coisas (IoT) que possibilita o tratamento e análise dos dados coletados. Além disso, a plataforma possibilita realizar análises por meio de softwares matemáticos, visualização de gráficos e também possibilita o download do histórico de dados coletados no formato de arquivo .csv [17][18].

Uma vez que, no levantamento realizado na literatura, é possível observar uma importante lacuna no desenvolvimento de soluções comerciais de monitoramento para estações meteorológicas, o presente trabalho propõe um sistema de monitoramento de uma estação meteorológica comercial, tanto de forma local quanto remota, utilizando

sistema supervisorio SCADA e a plataforma *ThingSpeak* de Internet das Coisas (IoT). O sistema de monitoramento local proposto da estação meteorológica comercial apresenta uma interface desenvolvida no *software* ScadaBr. Já para o monitoramento remoto proposto, os dados climatológicos coletados são enviados para a Plataforma *ThingSpeak*, onde podem ser visualizados remotamente através de um computador ou smartphone, neste último utilizando o aplicativo *ThingView*.

A estação solarimétrica em que o estudo será implementado faz parte do Projeto Prioritário de Eficiência Energética (PEE) e Minigeração de Energia Fotovoltaica da UNILAB em parceria com a Enel Distribuição Ceará. A parceria entre a UNILAB e a Enel também contempla um projeto de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) da chamada pública ANEEL nº 001/2016, intitulado Desenvolvimento de Sistemas de Monitoramento de Dados e Mitigação de Oscilações da Rede de Distribuição para Avaliação de Impactos da Minigeração na Qualidade da Energia da Unidade Didática da Auroras – UNILAB. Os objetivos do presente trabalho integram um dos temas de pesquisa do Projeto P&D citado. O esquema geral do sistema proposto como solução no Projeto de P&D supracitado é exposto na Fig. 1, com destaque para o sistema de aquisição de dados para monitoramento de sistemas fotovoltaicos e variáveis meteorológicas (em pontilhado). A Fig.1 mostra ainda que os dados aquisitados por esse sistema servem de base para modelagem de sistemas fotovoltaicos e para estudos dos impactos de eficiência e qualidade da energia gerada, sendo para este último relevante a amostragem de dados dos parâmetros da rede em diversos pontos do sistema (rede) através de equipamentos específicos para a medição e análise de energia.

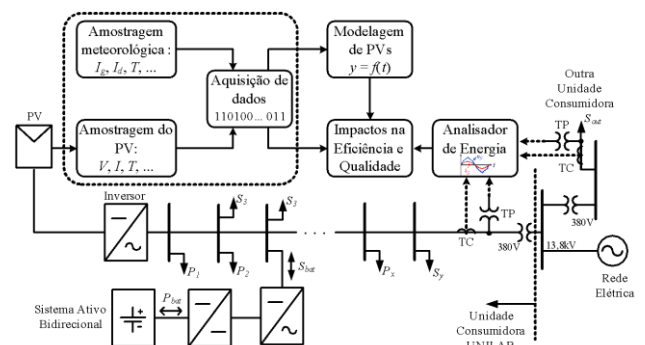


Fig. 1 Esquemático do sistema proposto no projeto estratégico de P&D (Chamada Pública ANEEL nº 01/2016).

Na seção II, será apresentada a metodologia implementada no trabalho proposto, detalhando os componentes utilizados e os procedimentos realizados para a comunicação com os dispositivos. A seção III apresenta os resultados obtidos no *ThingSpeak* e *ThingView*. As Conclusões serão descritas na Seção IV. Por fim, são apresentados os Agradecimentos e as Referências

## II. METODOLOGIA

Como citado anteriormente, o presente trabalho tem como objetivo promover o monitoramento da estação

meteorológica de forma local e remota. Para o monitoramento local, é proposto um sistema supervisorio desenvolvido em ScadaBr. Para o monitoramento remoto, é proposta uma solução que transfere os dados do *datalogger* a uma plataforma microcontrolada e esta, por sua vez, realiza o envio dos dados a uma plataforma de armazenamento em nuvem baseada em internet das coisas (IoT), o *ThingSpeak*. Desta forma, a arquitetura geral do sistema proposto pode ser descrita de acordo com o esquema apresentado na Fig. 2.

A Fig. 2 mostra todos os sensores presentes na estação meteorológica conectados ao registrador de dados. Além disso, são apresentados os dispositivos utilizados para a comunicação e aquisição dos dados do registrador, um NodeMCU ESP8266 e um computador onde o ScadaBR está instalado. São também indicados os respectivos protocolos de comunicação utilizados.

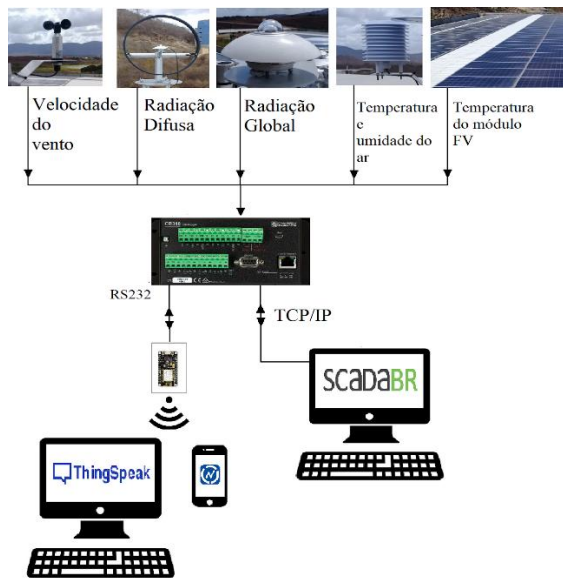


Fig. 2. Esquema geral do sistema proposto.

A. Estação meteorológica

A estação meteorológica, objeto de estudo, está localizada na laje do prédio principal do Campus das Auroras da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB). Devido sua localização (Fig. 3), a coleta *in loco* dos dados da estação torna-se uma atividade dispendiosa.



Fig. 3 Estação solarimétrica objeto de estudo.

A estação é composta por dois piranômetros classe A baseados em termopilha, sendo um para mensurar a radiação global e outro para medir, em conjunto com um anel de sombreamento, a radiação difusa; um anemômetro; um sensor de temperatura do ambiente e umidade relativa do ar e um sensor de temperatura do módulo FV.

O armazenamento dos dados é realizado pelo registrador de dados, também conhecido como *datalogger*, CR310 da fabricante Campbell Scientific. Além de armazenar os dados, o CR310 também foi programado para calcular a radiação direta através da diferença da radiação global pela radiação difusa, considerando os devidos fatores de correção.

B. ScadaBR – Monitoramento Local

O *datalogger* CR310 da estação meteorológica foi integrado ao computador, no qual o ScadaBR está instalado, por meio da porta padrão Ethernet, viabilizando o acesso através do protocolo Modbus TCP/IP.

Para que o ScadaBR receba os dados do *datalogger* CR310, foi criado um *Data Source* do tipo Modbus IP, onde são definidos os parâmetros de comunicação do *datalogger*/computador para efetivar a conexão.

No *datalogger* CR310, os parâmetros medidos ocupam registradores de *holding* de 16 bits. Cada variável coletada é acessada através dos endereços dos registradores e são do tipo *float* trocado de 4 bytes, ou seja, cada valor ocupa 2 registradores de *holding*. A Fig. 4 mostra a configuração de cada variável a ser monitorada, ou seja, de cada *Data Point*.

No ambiente de desenvolvimento de representação gráfica do ScadaBR foi construída uma interface de acesso mais amigável ao usuário. Foram criados gráficos que mostram em tempo real a evolução das variáveis durante o período configurado.

Data points					
Nome	Tipo de dado	Status	Escravo	Faixa	Offset
Bateria (V)	Númerico		1	Registrador holding 2	
Elevação Solar (°)	Númerico		1	Registrador holding 22	
Radiação Difusa (W/m2)	Númerico		1	Registrador holding 14	
Radiação Difusa Corrigida (W/m2)	Númerico		1	Registrador holding 16	
Radiação Direta Calculada (W/m2)	Númerico		1	Registrador holding 18	
Radiação Global (W/m2)	Númerico		1	Registrador holding 12	
Temp interna do painel (°C)	Númerico		1	Registrador holding 0	
Temperatura do ar (°C)	Númerico		1	Registrador holding 4	
Temperatura do módulo (°C)	Númerico		1	Registrador holding 8	
Umidade do ar (%)	Númerico		1	Registrador holding 6	
Velocidade do vento (m/s)	Númerico		1	Registrador holding 10	
Ângulo solar Azimute (°C)	Númerico		1	Registrador holding 20	

Fig. 4 Configuração do *data source* para a comunicação do *datalogger*/computador.

C. Módulo de comunicação – Monitoramento Remoto

Para a proposta de monitoramento remoto, os dados armazenados no *datalogger* CR310 são transferidos para uma plataforma microcontrolada através da interface RS232 do *datalogger* usando o protocolo Modbus RTU e com uma taxa de transmissão de 9600 bps.

A plataforma microcontrolada utilizada para se comunicar com o *datalogger* é a placa de desenvolvimento

NodeMCU ESP8266, composta por porta Wireless 802.11 b/g/n com antena embutida, conector micro-USB e 11 portas GPIO (do inglês, *General Purpose Input/Output*). A placa possui tensão de operação entre 4,5V e 9V e taxa de transferência de até 460.800 bps, além de possuir um conversor analógico/digital. Uma vez que a placa NodeMCU ESP8266 não possui interface RS232 para conexão direta com o *datalogger* CR310, foi utilizado o módulo MAX3232 para realizar a conversão do sinal serial oriundo da interface RS232 do *datalogger* em um sinal de nível TTL.

O protocolo de comunicação utilizado é o protocolo Modbus RTU, o qual é baseado na comunicação mestre-escravo, onde apenas o único dispositivo mestre pode inicializar a comunicação (*query*) enquanto os dispositivos escravos respondem enviando os dados solicitados pelo mestre ou realizando alguma ação solicitada. No caso do presente trabalho, a placa NodeMCU ESP8266 representa o mestre, realizando a requisição de leitura dos registradores; enquanto o *datalogger* CR310 representa o escravo, o qual responde enviando os dados solicitados.

A Fig. 5 apresenta as partes que compõem a mensagem Modbus RTU, que realiza a comunicação NodeMCU Esp8266/Datalogger [19][20].

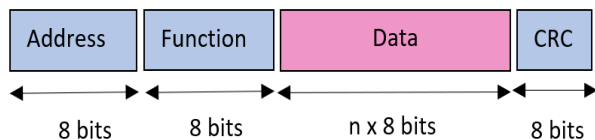


Fig. 5 Estrutura da mensagem Modbus.

No campo *Address* temos a informação do endereço do escravo com o qual o mestre deseja se comunicar. A resposta enviada pelo escravo contém seu próprio endereço para informar ao mestre qual escravo está respondendo.

No campo *Function* é enviado um comando ao escravo, ou seja, que tipo de ação o mestre solicita que ele exerça.

O campo *Data* Dados é o campo da mensagem onde o mestre informa parâmetros adicionais que são necessários de acordo com a função utilizada. Para o escravo, é o campo utilizado para responder com os dados solicitados pelo mestre.

Por fim, o campo CRC (*Cyclical Redundancy Checking*) é o campo de verificação de erro, resultado de um cálculo de verificação de redundância chamado CRC16.

De forma resumida, o algoritmo do *firmware* implementado para a comunicação é mostrado na Fig. 6. Inicialmente são declaradas as bibliotecas necessárias e variáveis. Em seguida, as requisições de leitura de registradores são enviadas ao *datalogger* CR310 (*slave*). Foi enviada 1 requisição por segundo em um ciclo de leituras, e em seguida foi calculada a média dos valores obtidos. Cada campo da estrutura da mensagem recebida pelo NodeMCU ESP8266 (*master*) é analisado com o objetivo de confirmar se o conteúdo da mensagem recebida corresponde à solicitação realizada. Se o conteúdo da mensagem estiver incorreto ou se a conexão com o *datalogger* não for bem sucedida uma nova requisição é enviada. Caso a mensagem recebida esteja correta é criado um pacote com os dados obtidos que, em seguida, é enviado a *ThingSpeak*.

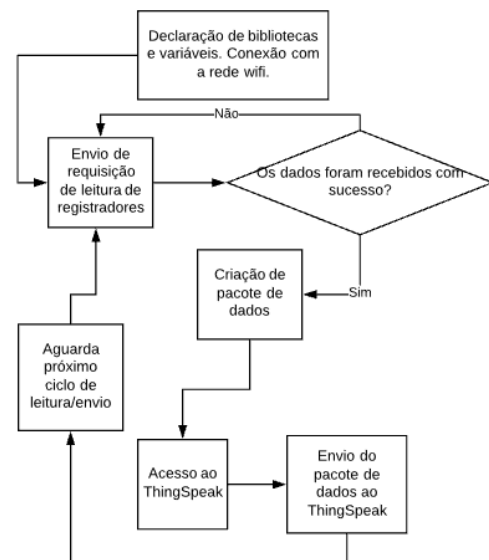


Fig. 6 Fluxograma do algoritmo do firmware implementado na placa NodeMCU Esp8266.

#### D. ThingSpeak e ThingView

O *ThingSpeak*® é uma plataforma analítica *open source* que fornece vários serviços voltados para aplicações de internet das coisas (IoT), permitindo agregar, visualizar e analisar fluxos de dados, em forma de gráficos, salvos na nuvem em tempo real. Como já mencionado anteriormente, tal plataforma foi utilizada no presente trabalho. Para isto, foram configurados pontos de dados para onde foram enviados os parâmetros medidos pela estação meteorológica.

Para o monitoramento remoto através de smartphone, foi utilizado o *ThingView*, um aplicativo para sistemas IOS e Android disponível gratuitamente que permite a visualização de todos os gráficos dinâmicos criados no *ThingSpeak*.

### III. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Fig.7 apresenta os dados do datalogger da estação meteorológica monitorados localmente pelo ScadaBR. É possível visualizar os dados na lista de observação (*watch list*) conforme o tempo de atualização configurado, como também observar a atualização dos valores em tempo real.

Watch list				Monitoramento
Estação - Batt_volt	13,12V	09:33:28	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Estação - Elevação Solar	55,52°	09:33:29	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Estação - Radiação Difusa Corrigida	244,50 W/m^2	09:33:29	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Estação - Radiação Difusa	217,30 W/m^2	09:33:30	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Estação - Radiação Direta Calculada	14,32 W/m^2	09:33:32	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Estação - Radiação Global	256,30 W/m^2	09:33:31	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Estação - Temperatura do módulo FV	27,38°C	09:33:34	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Estação - Temperatura_ar	24,76°C	09:33:33	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Estação - Umidade do ar	91,90%	09:33:37	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Estação - Velocidade do vento	2,50m/s	09:33:35	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Estação - Angulo Solar Azimute	105,20°	09:33:36	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Estação - Ptemp_interna	30,48°C	09:33:38	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Fig. 7 Lista de observação dos dados da estação meteorológica.



A Fig. 8 mostra a interface desenvolvida para o monitoramento local da estação meteorológica, com as variáveis meteorológicas de radiação global, radiação direta, radiação difusa, velocidade do vento, temperatura do módulo, temperatura do ambiente e umidade. A interface mostra ainda alguns parâmetros do painel elétrico como estado da bateria e temperatura interna do painel elétrico, permitindo identificar a ocorrência de problemas no painel fotovoltaico de 18W que alimenta a bateria que supre a demanda de energia da estação.

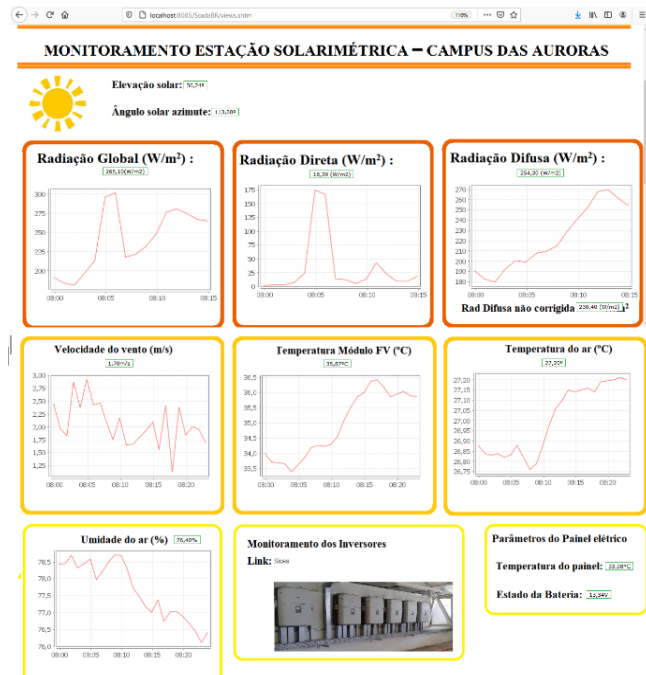


Fig. 8 Interface gráfica de monitoramento da estação meteorológica.

O ScadaBR permite a visualização de uma pequena parte do histórico de dados. Para acessar todas as informações de uma determinada variável (*data point*), deve-se recorrer ao uso de ferramentas de gerenciamento de banco de dados Derby, o qual é o banco de dados padrão do ScadaBR. É preciso ter em mente que tal ação pode limitar o acesso a informação uma vez que é necessário que o usuário tenha certo domínio dessas ferramentas.

Durante todos os experimentos para o monitoramento remoto da estação meteorológica, a comunicação entre o *datalogger* da estação meteorológica e a placa de desenvolvimento NodeMCU ESP8266, bem como o envio dos dados ao *ThingSpeak* ocorreu satisfatoriamente.

O *hardware* desenvolvido para a comunicação NodeMCU 8266/*datalogger* foi alocado dentro do painel elétrico da estação meteorológica no qual o *datalogger* da mesma se encontra, como mostra a Fig. 9.

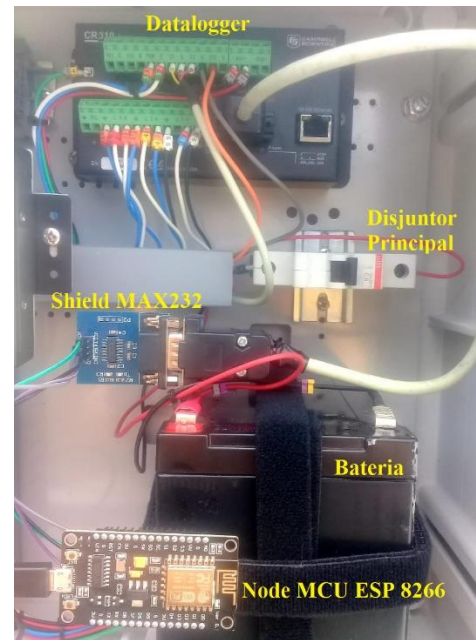


Fig. 9 Hardware de aquisição e componentes do painel da estação.

As Figs. 10 a 16 mostram os gráficos das grandezas meteorológicas apresentadas no *ThingSpeak*.



Fig. 10 Monitoramento da temperatura do ar obtido no *ThingSpeak*



Fig. 11 Monitoramento da umidade relativa do ar obtido no *ThingSpeak*

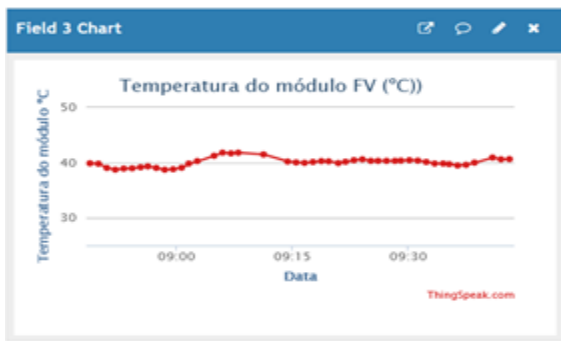


Fig. 12 Monitoramento da temperatura do módulo FV obtido no ThingSpeak



Fig. 16 Monitoramento da radiação direta obtido no ThingSpeak



Fig. 13 Monitoramento da velocidade do vento obtido no ThingSpeak

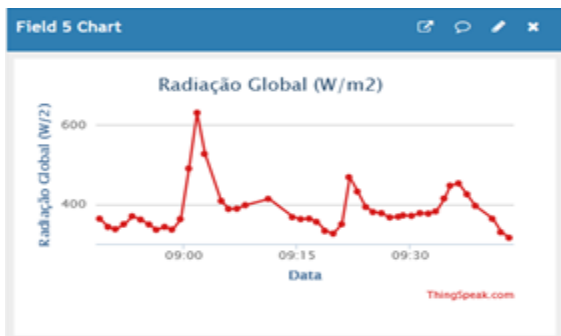


Fig. 14 Monitoramento da radiação global obtido no ThingSpeak

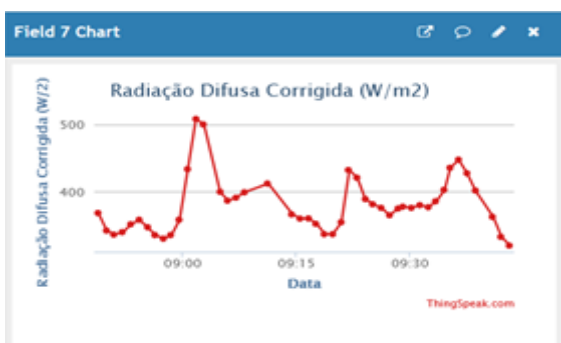


Fig. 15 Monitoramento da radiação difusa do ar obtido no ThingSpeak

É possível observar que os dados meteorológicos da estação puderam ser monitorados de forma remota satisfatoriamente e utilizando ambiente amigável e didático.

Entretanto, mesmo tendo especificado no *firmware* o tempo de amostragem de 1 minuto, em alguns pontos do gráfico é perceptível a irregularidade no tempo de recebimento dos dados pelo ThingSpeak. Esse fato pode ser explicado pela instabilidade do sinal wi-fi no local onde a estação fica localizada.

A Fig.17 apresenta a tela de visualização coletada por um smartphone do aplicativo *ThingView*.

A partir da Fig. 17 podemos observar a versatilidade/acessibilidade do sistema de monitoramento remoto proposto, uma vez que é possível acessar as informações da estação meteorológica através de um smartphone em qualquer local.

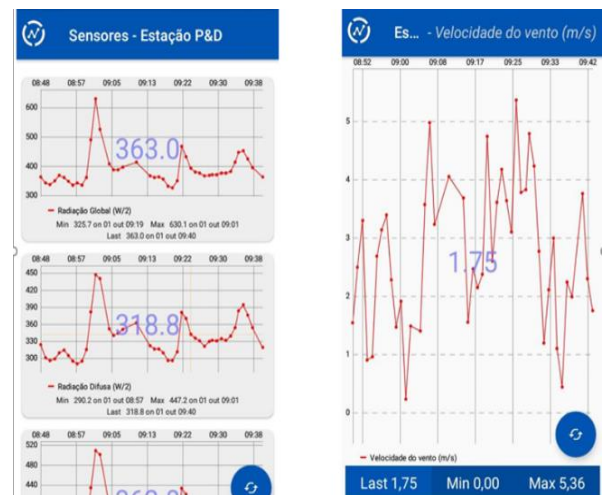


Fig. 17. Gráficos no ThingView

Para aplicações como a apresentada no presente trabalho, a versão gratuita do *ThingSpeak*, embora limitada, é completamente suficiente e atende aos propósitos do trabalho desenvolvido. O *ThingView* representa uma boa ferramenta de fácil manuseio, sendo possível manipular o gráfico através do zoom na tela e monitorar a estação de qualquer local.

#### IV. CONCLUSÃO

Neste trabalho foram desenvolvidas soluções para o monitoramento de uma estação meteorológica utilizando a plataforma de prototipagem IoT NodeMcu ESP8266 através do protocolo de comunicação Modbus, para monitoramento remoto, e utilizando o sistema supervisor ScadaBR, para o monitoramento local.

No caso do monitoramento local da estação, a interface desenvolvida no software ScadaBr facilitou a observação em tempo real dos parâmetros meteorológicos.

Para o monitoramento remoto da estação meteorológica, a plataforma escolhida *Thingspeak* atendeu as expectativas, registrando e disponibilizando todos os dados da estação meteorológica. É importante destacar a principal limitação da versão gratuita, o qual é o número de pontos de dados disponíveis, podendo limitar o seu uso em sistemas que necessitem de mais pontos de dados.

De forma geral, observamos que a aplicação de internet das coisas no monitoramento de grandezas meteorológicas utilizando placa microcontrolada de baixo custo e plataforma gratuita de armazenamento de dados se mostrou completamente eficaz em seu propósito.

#### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), ao Programa de Eficiência Energética da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL - PEE) e Enel Distribuição Ceará por todo o suporte oferecido para a execução desta pesquisa.

#### REFERÊNCIAS

- [1] WELIWATHTHAGE, S. R. G. ARACHCHIGE, U. S. P. R. **Solar Energy Technology**. Journal of Research Technology and Engineering, Vol. 1, Issue 3, 2020
- [2] BACELAR, T. S. **Características das condições ambientais no reservatório da UHE sobradinho no contexto da geração fotovoltaica flutuante**. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Pernambuco. 2019.
- [3] FLUKE ACADEMY. Artigo do Blog: **A importância da temperatura para os sistemas fotovoltaicos**. 2020. Disponível em: [https://www.flukeacademy.com.br/blog/post/52/a\\_import%C3%A2ncia\\_da\\_temperatura\\_para\\_os\\_sistemas\\_fotovoltaicos](https://www.flukeacademy.com.br/blog/post/52/a_import%C3%A2ncia_da_temperatura_para_os_sistemas_fotovoltaicos).
- [4] PINTO, L. I. C. MARTINS, F. R. PEREIRA, E. B. **O mercado brasileiro da energia eólica, impactos sociais e ambientais**. Artigo Científico. Revista Ambiente e água. Vol. 12, nº 6. Taubaté, 2017.
- [5] SILVA, P. R. Estudo do efeito da composição solar no desempenho de módulos Fv caracterizados em condições reais de operação. Dissertação de mestrado. 2018.
- [6] THEIS, J. Análise da degradação induzida pelo potencial em módulos fotovoltaicos de silício cristalino. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2020.
- [7] GOBBO, G. G. **Estudo de Viabilidade Econômica de uma Usina Fotovoltaica na Universidade Estadual de Londrina**. Trabalho de conclusão de curso. Universidade Estadual de Londrina. 2020.
- [8] EPE. Empresa de Pesquisa Energética. **EXPANSÃO DA GERAÇÃO EMPREENDIMENTOS FOTOVOLTAICOS: Instruções para Solicitação de Cadastro e Habilitação Técnica com vistas à participação nos Leilões de Energia Elétrica**. 2016.
- [9] J. Sánchez-Benítez, A. M. Amaral, T. S. S. Vale, M. A. C. M. dos Santos, L. Vellamei, and I. L. N. Santos, "Avaliação de um piranômetro de baixo custo em condições de campo," Simpósio Nacional de Instrumentação Agropecuária, ser. 451-454, 2019.
- [10] SANTOS, J. C. P. GONÇALVES, E. P. BASTOS, E. J. B. Criação e desenvolvimento do banco de dados da estação meteorológica UNIVAP-FAU. Artigo Científico. Brazilian Journal of Developtment. Vol. 6, nº 12. p.94087-94095. 2020
- [11] TAGLIARI, I. B. Sistema de supervisão de processos industriais através de computador pessoal. 2010. Trabalho de conclusão de curso.
- [12] MANUAL SCADABR. **Manual do Software**. Fundação Centros de Referência em Tecnologias Inovadoras. 2010.
- [13] SIGMA SENSORS. Estação Meteorológica para monitoramento climático e ambiental. 2020.
- [14] WOFFORD, Z. **Design of Remote Datalogger Connection and Live Data Tweeting System**. Monografia. University of Arkansas. 2019.
- [15] ALMEIDA NETO, E. L. et Al. **Estação meteorológica wifi de baixo custo baseado em Thingspeak**. VII Congresso Brasileiro de Energia Solar. 2018
- [16] REIS, A. A. **Aplicação de internet das coisas no monitoramento de corrente, tensão e temperatura em moto de indução trifásico**. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Uberlândia. 2019.
- [17] MATHWORKS. Disponível em <https://www.mathworks.com/products/thingspeak.html>. 2019.
- [18] CARRION, P. QUARESMA, M. **Internet da Coisas (IoT): Definições e aplicabilidade aos usuários finais**, p. 6067 Anais do 13º Congresso Pesquisa e Desenvolvimento em Design (2018). São Paulo: Blucher, 2019.
- [19] MODICON. **Modicon Modbus Protocol Reference Guide**. 1996.
- [20] NOVUS. **Conceitos Básicos de RS485 e RS422**. Disponível em: <https://www.novus.com.br/downloads/Arquivos/conceitos%20b%C3%AAsicos%20de%20rs485%20e%20rs422.pdf>.