

# SISTEMA DE SUPERVISÃO DA PRODUÇÃO DE ENERGIA EM UMA BANCADA DE GERAÇÃO SOLAR-EÓLICA

*Data de submissão: 08/09/2023*

*Data de aceite: 02/10/2023*

### **Geronimo Barbosa Alexandre**

Mestre em Engenharia Elétrica  
Professor EBTT do IFPB Campus  
Cajazeiras  
Instituto Federal da Paraíba Campus  
Cajazeiras  
Rua José Antônio da Silva, 300, Bairro  
Jardim Oásis, Cajazeiras – PB

### **Antony Gaetano Silva Barros**

Graduando em Engenharia de Controle e  
Automação  
Instituto Federal da Paraíba Campus  
Cajazeiras  
Rua José Antônio da Silva, 300, Bairro  
Jardim Oásis, Cajazeiras – PB

**RESUMO:** O presente Trabalho teve como objetivo descrever o projeto e a construção de uma bancada didática de energia híbrida off-grid, solar e eólica. O protótipo didático dispõe de sistemas de supervisão local e remoto da produção da energia gerada. Inicialmente foi realizada a revisão dos protótipos análogos, em seguida foi elaborado o projeto elétrico e estrutural para uma planta de geração de 0,55kV. Os passos seguintes foram: a montagem física do produto, a instalação dos sensores em

pontos estratégicos, desenvolvimento e validação da supervisão e por fim os testes experimentais. Em paralelo a caracterização da bancada, guias experimentais foram confeccionadas para subsidiar as aulas e futuros treinamentos. Foram desenvolvidos três sistemas de supervisão local e remoto, um usando o software Elipse SCADA DEMO, outro usando o PLX-DAQ e o último foi um aplicativo para dispositivos móveis, todos usam a placa Arduino UNO R3 como hardware de aquisição / controle. O diferencial do trabalho está em: (1) supervisão local e remota da produção energética; (2) baixo consumo de energia pelos componentes utilizados; (3) caráter didático. O protótipo realizou medições ininterruptamente por 8 dias, com intervalos de amostragem de 5 em 5 minutos. O sistema de monitoramento da produção de energia mostrou-se confiável e eficiente com taxa de latência de 2s, bem como enviando mensagens de alerta em caso de mal funcionamento.

**PALAVRAS-CHAVE:** Protótipo didático, geração de energia, instrumentação, supervisão de dados.

# POWER PRODUCTION SUPERVISION SYSTEM IN A SOLAR-WIND GENERATION PLANT

**ABSTRACT:** This paper aimed to describe the design and construction of a didactic prototype on off-grid, solar and wind hybrid energy. The didactic product has local and remote supervision systems for the production of generated energy. Initially, a review of the analogous prototypes was carried out, then the electrical and structural design for a 0.55kV generation plant was prepared. The steps used were: the physical assembly of the product, the installation of sensors at strategic points, development and validation of supervision and finally the experimental tests. In parallel with the characterization of the product, experimental guides were made to support classes and future training. Three local and remote supervision systems were developed, one using the Elipse SCADA DEMO software, another using the PLX-DAQ and the last one was an application for mobile devices, all using the Arduino UNO R3 board as acquisition/control hardware. The differential of the work in: (1) local and remote supervision of energy production; (2) low energy consumption by the components used; (3) didactic character. The prototype carried out measurements uninterruptedly for 8 days, with sampling intervals of 5 in 5 minutes. The energy production monitoring system proved to be reliable and efficient in measurements with a latency rate of 2s, as well as sending alert messages in case of malfunction.

**KEYWORDS:** Didactic prototype, power generation, instrumentation, data supervision.

## 1 | INTRODUÇÃO

Um sistema de geração híbrida é a combinação de duas ou mais fontes energéticas trabalhando de maneira combinada, uma complementando as outras, garantindo o fornecimento contínuo de energia, aprimorando a confiabilidade do sistema de energia e a redução do custo da energia gerada (ALEXANDRE, 2022).

O sistema eólico-solar se completa ao longo do dia, o perfil da radiação solar obedece a uma curva gaussiana (NETO, *et al*, 2019), iniciando em valores baixos no início da manhã, atingindo o seu pico ao meio-dia e diminuindo até o entardecer. Nos momentos de baixa ou inexistência de radiação, o gerador eólico age como complemento ao sistema. Em especial no sertão Paraibano, temos ótimos índices de radiação solar durante o dia e ótimas rajadas de vento durante a noite em especial na madrugada.

Os sistemas híbridos fornecem um alto nível de segurança energética por meio da combinação de métodos de geração e podem incorporar um sistema de armazenamento (bateria e célula de combustível) ou um pequeno gerador alimentado por combustível fóssil para garantir a segurança máxima e cumprimento do fornecimento (TECNOVERITAS, 2018).

Na Figura 1 é ilustrado as partes constituintes de um sistema híbrido: o(s) aerogerador (es), as placas solares, o banco de baterias  $12V_{CC}$ , o controlador de carga com tecnologia MPPT, o conversor CC-CA e a instalação elétrica (sendo representada pela régua de tomadas). Vale salientar que pode ser inserido outras fontes energéticas ao

sistema, como grupos de geradores diesel, geradores piezoelétricos, entre outros.



Figura 1. Sistema de geração de solar-eólica off-grid.

Fonte: TECNOVERITAS, 2018.

No Trabalho de RODRIGUES (2014) é apresentado uma bancada híbrida eólica/solar com um sistema de supervisão local feita usando o MATLAB App Designer da MathWorks, contudo não há o monitoramento remoto da geração do arranjo e não há medições das variáveis físicas.

Em MARTINELLO (2015) é apresentado um emulador da turbina eólica em bancada experimental com supervisão de grandezas aerodinâmicas e mecânicas da turbina por meio de placa de aquisição de custo elevado e o uso do software LabVIEW (software pago). No trabalho de AZEVEDO & COELHO (2014) é apresentado um sistema supervisorio para monitoramento de grandezas elétricas e mecânicas em uma turbina para fins comerciais.

Em ALEXANDRE, *et al* (2019) é apresentado um sistema de supervisão local da produção energética de uma planta de geração eólica usando o Eclipse SCADA DEMO e a plataforma ThingSpeak da MathWorks que usa conceitos de internet das coisas com canal web de supervisão remota. Contudo não há um sistema de banco de dados interagindo com o website.

Em VIERA, *et al* (2020) é apresentado um sistema híbrido eólica/solar com supervisão usando um canal web na plataforma ThingSpeak, um diferencial deste trabalho foi a confecção de guias de experimentos e o uso da bancada numa turma do curso de engenharia elétrica.

Neste contexto o objetivo do Trabalho é apresentar o projeto, a instrumentação e o sistema de supervisão de uma planta de geração de energia híbrida (solar e eólica), para utilização em estudos na área de fontes renováveis e qualidade da energia elétrica.

## 2 | MATERIAIS E MÉTODOS

Inicialmente foi feita a revisão bibliográfica nas seguintes plataformas acadêmicas: IEEE Explorer Digital Library, ScienceDirect, ResearchGate, Periódico Capes e Google Acadêmico, dessa pesquisa foram escolhidos alguns artigos que serviram de base do projeto (VIERA, *et al*, 2020), (ALEXANDRE, *et al*, 2014) e (RODRIGUES, 2014). Desta forma o trabalho trata-se de uma pesquisa quali-quantitativa com apresentação de um produto.

Em seguida foi elaborado os projetos elétrico e estrutural da bancada, bem como a lista de material com o respectivo orçamento. Na sequência foram realizadas pesquisas de mercado para busca do menor, mantendo a qualidade do produto, e respectiva compra dos materiais.

A bancada didática proposta é composta de três partes: (1) a geração fotovoltaica off-grid, (2) a geração eólica, e (3) o sistema de medição e supervisão da produção de energia. Logo o sistema tem como principais componentes: 1 painel solar de 155W<sub>p</sub>, um aerogerador de 0,4kW/24V, quatro baterias Elgin 12V/7Ah selada (VLRA), um controlador de carga solar, um controlador de carga eólico, um inversor onda senoidal pura 12/220V/1,5kW, diversas cargas resistivas, indutivas e capacitivas.

A bancada didática foi confeccionada e instalada no Campus pela empresa CONSTRUCAD Comercio e Serviços LDTA (CNPJ: 18.363.174/0001-84), sob o custo total de R\$ 6.000,00. Os equipamentos que compõem o produto didático estão dispostos na Tabela 1. O custo total do protótipo foi baixo (R\$ 6.000,00) quando comparado a uma bancada didática comercial similar (R\$ 80.000,00).

Material	Unidade
Kit geração eólica	1
Kit geração solar	1
Bateria estacionária 12V-7Ah	4
Mesa de ensaios	1
Multímetro e alicate wattímetro	1
Cabos e conectores diversos	-
Sensores e Arduino mega Wi-Fi	4

Tabela 1. Equipamentos presentes na bancada didática.

A instrumentação instalada foi: dois sensores de temperatura para aferir a temperatura em pontos diferentes da superfície da placa; sensor de corrente AC e sensor

de tensão AC para medir a corrente e tensão de saída do inversor, dois sensores de tensão CC para medir a tensão gerada pelo arranjo solar-eólico, um anemômetro fixo, um sensor/indicador de direção do vento com cabo para o microcontrolador.

A linguagem C foi utilizada para programação da IDE Arduino, a ligação física da placa UNO R3 com o computador é feita por meio de um cabo de comunicação serial (RS232). Já a comunicação da bancada com a aplicativo mobile desenvolvido é feita por Bluetooth.

A interação do usuário com os sistemas de supervisão local e remota é ilustrada no diagrama de blocos da Figura 2. O acesso a supervisão local é feito por meio de computador local que está executando a aplicação SCADA, já o monitoramento remoto pode ser por qualquer dispositivo móvel com arquitetura Android que tenha conexão Bluetooth e o aplicativo instalado.

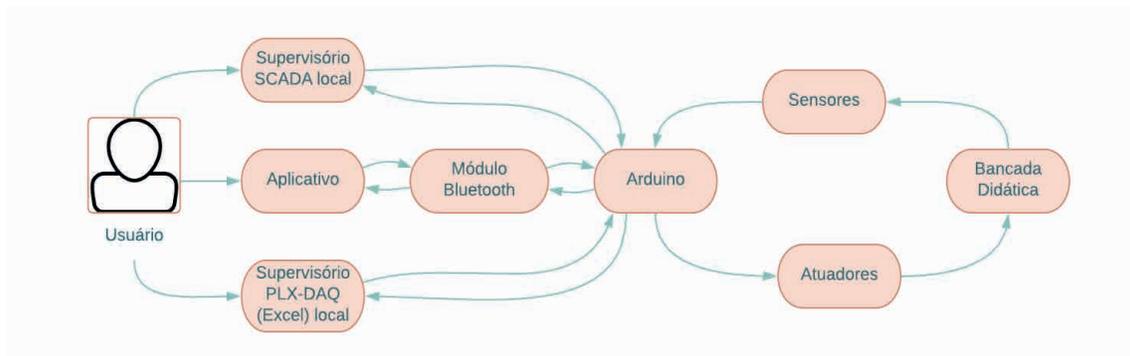


Figura 2. Fluxo de dados na supervisão da produção de energia.

A aplicação SCADA foi desenvolvida no software Elipse SCADA DEMO, sendo configurada para o cadastro de usuários, controle de acesso por senhas, monitoramento em tempo real e exportação dos dados operacionais após um dia de operação. Os dados são exportados em formato de tabelas e gráficos.

A supervisão via Excel foi desenvolvida usando a macro PLX-DAQ (Parallax Data Acquisition) da PARALLAX Corporation, fornecendo uma análise em planilha dos dados coletados em campo, análise laboratorial dos sensores e o monitoramento dos equipamentos (sensores de tensão e corrente) em tempo real.

Nas Figuras 3(a) é ilustrado o esquema da instrumentação utilizada para mensurar a potência gerada, usando os sensores de tensão DC 0-25V e sensor de corrente CC ou CA modelo ACS712 30A. Já na Figura 3(b) é ilustrado o fluxo de dados da medição a supervisão no Excel, com detalhe da comunicação RS232.

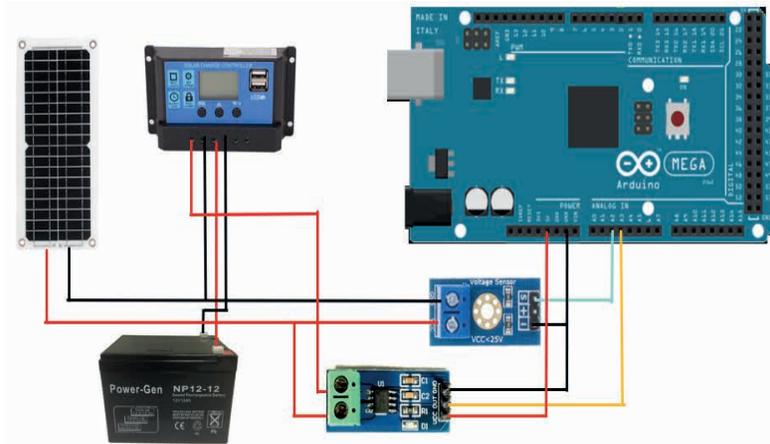


Figura 3(a). Esquema de ligação dos sensores de corrente e tensão.

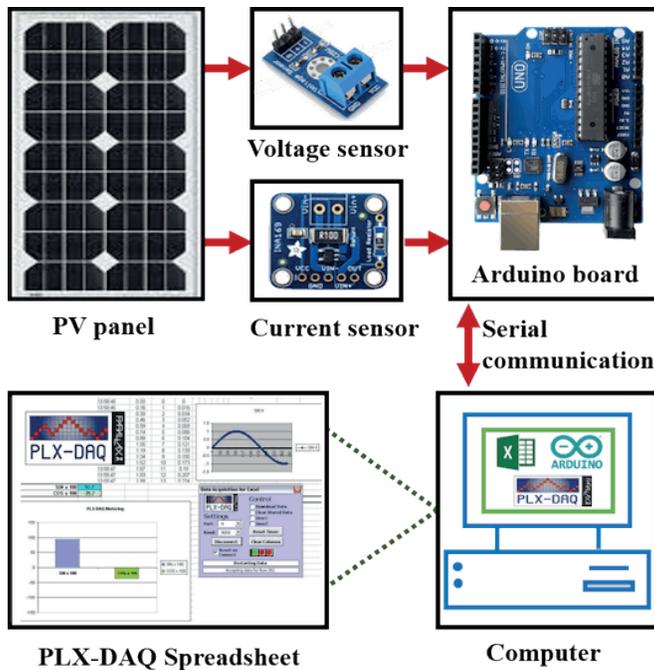


Figura 3(b). Arquitetura para medição em tempo real da potência gerada.

Fonte: El Hammoui *et al*, 2018.

A supervisão remota do processo foi implementada por meio do aplicativo Bluetooth Terminal HC-05 disponível na Play Store Google, onde o usuário pode baixar e instalar no seu dispositivo móvel, em seguida fazer o pareamento do celular com o módulo HC-05 que está conectado a bancada didática.

Neste trabalho foi utilizado o módulo Bluetooth HC-05 para comunicar-se com

o Arduino (portas RX e TX), por ser um hardware fácil de usar e prototipar, é barato e facilmente encontrado no mercado. Este módulo pode trabalhar tanto em modo mestre (faz e aceita pareamento com outros dispositivos) como no modo escravo (apenas aceita pareamento).

Todo o dimensionamento elétrico foi elaborado respeitando a NBR 5410 e as prescrições de segurança. A ideia da bancada é que o aluno faça todas as ligações elétricas propostas nos subsistemas (solar e eólica). Contudo o aluno aprende a parte de programação e desenvolvimento de interface para a supervisão da geração, bem como mapeamento do recurso energético.

O diferencial do trabalho está em: (1) supervisão local e remota da produção de energia; (2) baixo custo do protótipo; (3) caráter didático; (4) produto inovador para as instituições de ensino da região; (5) permitir estudar o impacto da penetração das fontes distribuídas no sistema elétrico, por meio dos indicadores da qualidade da energia elétrica.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

A bancada de geração híbrida isolada foi montada no Laboratório de Instalações Elétricas do IFPB Campus Cajazeiras. Na Figura 4 é ilustrado o protótipo de geração combinada (eólica e solar).



Figura 4. Bancada didática de geração combinada eólica-solar.

#### 3.1 Caracterização do painel solar

Visando caracterizar a placa solar de 155W<sub>p</sub> monocristalino Resun Solar foi realizada

o experimento descrito na Figura 5, onde foram usados três multímetros (um voltímetro, um amperímetro, e outro para medir temperatura na superfície da placa), um luxímetro e uma década resistiva (carga variável).

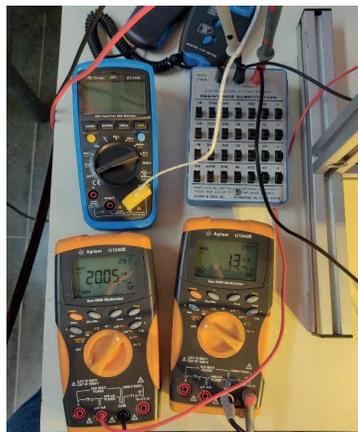
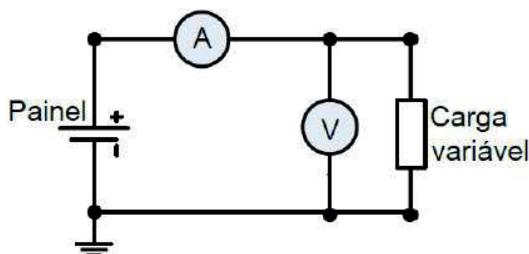


Figura 5 (a). Circuito para a curva  $V_{xI}$ . (b). Equipamentos usados para caracterização.

Fonte: Mollo Neto, 2017.

Aplicou-se iluminação artificial de alta intensidade ao painel fotovoltaico e variando-se o valor da carga na saída do módulo, anotou-se na Tabela 2 os valores mensurados.

Resistor ( $\Omega$ )	Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	Luminosidade (Lux)	Tensão medida (V)	Corrente medida (A)	Potência calculada (W)	Fator de forma (FF)	Eficiência ( $\eta$ )
1	27	88	0,0264	0,2488	0,00656832	0,000247685	0,002745666
2	27	88	0,0512	0,2486	0,01272832	0,000479973	0,005320648
10	27	86	0,2471	0,2452	0,06058892	0,002284753	0,025327169
40	27	87	0,9822	0,2453	0,24093366	0,009085391	0,100714248
109	27	86	2,42	0,2421	0,585882	0,022093081	0,24490835
300	27	86	6,97	0,2327	1,621919	0,061161101	0,677988923
400	27	86	8,77	0,219	1,92063	0,072425223	0,802855053
1k	27	86	12,82	0,1291	1,655062	0,062410893	0,691843244
3k	27	86	14,38	0,00479	0,0688802	0,00259741	0,028793061
4k	27	86	14,52	0,00362	0,0525624	0,001982081	0,021971951
10k	27	86	14,79	0,00148	0,0218892	0,000825422	0,009150047
20k	27	86	14,88	0,00075	0,01116	0,000420834	0,004665064
40k	27	86	14,92	0,00037	0,0055204	0,000208169	0,002307618
100k	27	86	14,94	0,00015	0,002241	8,45061E-05	0,000936775
200k	27	86	14,95	0,00007	0,0010465	3,94626E-05	0,000437454
400k	27	86	14,97	0,00003	0,0004491	1,69352E-05	0,000187731
1M	27	86	14,97	0,0000162	0,000242514	9,14498E-06	0,000101375

2M	27	86	14,94	0,000009	0,00013446	5,07037E-06	5,62065E-05
3M	27	86	14,94	0,0000065	0,00009711	3,66193E-06	4,05936E-05
4M	27	86	14,93	0,0000052	0,000077636	2,92758E-06	3,24531E-05

Tabela 2. Medições para o ensaio de caracterização do painel solar.

O fator de forma (FF) foi calculado conforme PINHO & GALDINO (2014), como sendo a razão entre a máxima potência do painel solar e o produto da corrente de curto-circuito com a tensão de circuito aberto,

$$FF = \frac{V_{MP} I_{MP}}{V_{OC} I_{SC}} \quad (1)$$

Onde:

$V_{MP}$  – Tensão para obter a máxima potência (V);

$I_{MP}$  – Corrente obtida no ponto de máxima potência (A);

$V_{OC}$  – Tensão de circuito aberto (V)

$I_{SC}$  – Corrente de curto-circuito (A).

Já a eficiência do painel é dada pela equação (2), onde é uma relação entre a potência elétrica gerada e a potência da incidência solar, conforme PINHO & GALDINO (2014),

$$\eta = \frac{P_{MP}}{A * G} * 100\% \quad (2)$$

Onde:

A- Área da placa solar (m<sup>2</sup>);

G – é a irradiância solar direta incidente no painel solar = 1367W/m<sup>2</sup>;

$P_{MP}$  – Potência máxima obtida da curva VxI.

### 3.2 Caracterização do aerogerador

Com o intuito de aferir a tensão gerada pela turbina eólica 400W 12/24V (modelo 5FA-400 da Mars Rock) em função da velocidade do vento, ligou-se um ventilador em frente ao aerogerador e com o auxílio do multímetro mediu-se a tensão gerada, conforme fabricante, a turbina começa a geração a partir de ventos com velocidade de 2m/s. O resultado da medição é ilustrado na Figura 6, quando o ventilador atingiu velocidade plena de 3m/s e o aerogerador gerou 4.3V.



Figura 6. Tensão gerada pelo aerogerador quando  $v=3\text{m/s}$ .

### 3.3 Caracterização do inversor EPEVER

Visando avaliar o sistema de geração como um todo (Figuras 1 e 4), ou seja, o inversor EPEVER 12Vcc-220Vca / 1500W, onda senoidal pura alimentando cargas CA. Foram realizados ensaios com três cargas diferentes (lâmpada LED de 9 W, ventilador de 121W e refletor de 236W). Na Tabela 3 é ilustrado as grandezas mensuradas durante os testes de validação do inversor no atendimento ao consumidor.

Carga CA	Tensão	Corrente	Potência
Ventilador	220,9V	0,547A	121W
Refletor	220,9V	1,068A	236W
Lâmpada LED	220,9V	0,0409A	9W

Tabela 3. Informações fornecidas sobre o consumidor pelo inversor EPEVER.

No momento dos testes o conversor CC-CA foi alimentado por uma única bateria estacionária de 12V 50Ah, contudo a bancada dispõe de 6 baterias que podem ser associadas em série ou paralelo conforme necessidade das cargas.

### 3.4 Supervisão da potência gerada usando o Excel (PLX-DAQ)

Os detalhes da instrumentação usada para a aquisição da tensão e da corrente gerada pelo painel solar, a carga CC (motor 12V acionado por uma chave) e as ligações da bateria ao controlador de carga é ilustrado na Figura 7.



Figura 7. Detalhes da plataforma de aquisição de dados.

A Figura 8 ilustra a tela da aplicação gerada quando configuramos a macro PLX-DAQ no Excel para a supervisão da potência gerada.

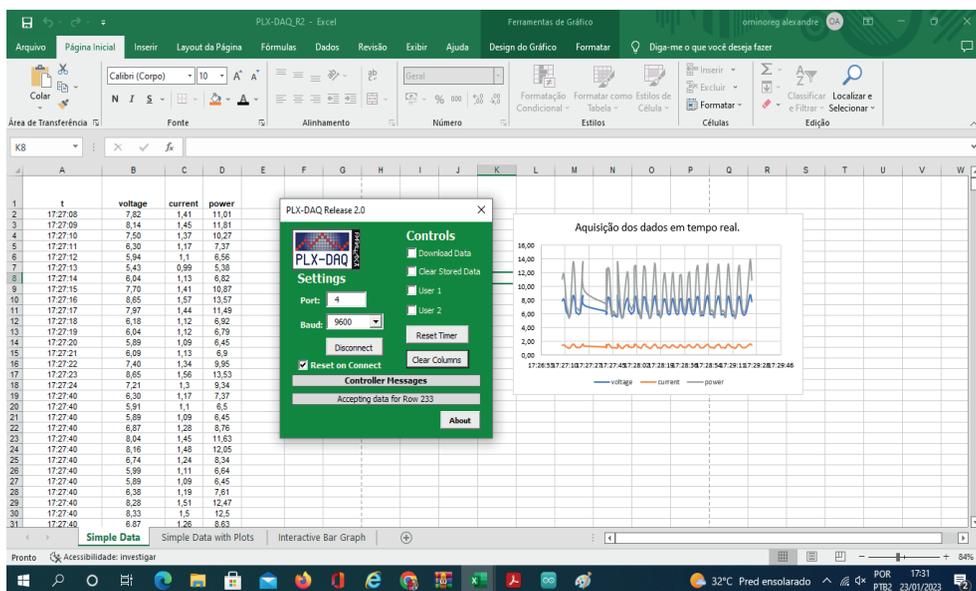


Figura 8. Tela do Excel na supervisão dos dados medidos em tempo real.

A placa Arduino Uno R3 recebe os dados dos sensores e em tempo real plota o gráfico na janela do Excel, a taxa de amostragem (*baud rate*) usada foi de 9600.

A potência gerada pela fonte alternativa (solar + eólica) é igual ao produto da tensão pela corrente, dados mensurados pelos sensores instalados. Todo o monitoramento do processo é realizado localmente, que possibilita o monitoramento em tempo real dos dados

(atualização de 1 em 1 segundos), o envio diário dos dados medidos e exportação dos dados em formato de tabelas e/ou gráficos. Sendo assim, o microcontrolador Arduino Uno R3 comportou-se com um hardware de alto desempenho.

### 3.5 Supervisão da potência gerada por aplicativo Bluetooth

O aplicativo mobile foi desenvolvido usando a plataforma de desenvolvimento web MIT App Inventor. Inicialmente o usuário, baixa o App FAE Energy (arquivo apk) disponível no Play Store Google, em seguida instala no seu dispositivo, ao clicar duas vezes no App instalado, abrirá a Tela de pareamento do aplicativo com o módulo Bluetooth HC-05, conforme Figura 9. Em seguida o usuário será levado a tela de monitoramento da potência gerada (Figura 10).



Figura 9. Pareamento do aplicativo com o módulo HC-05;

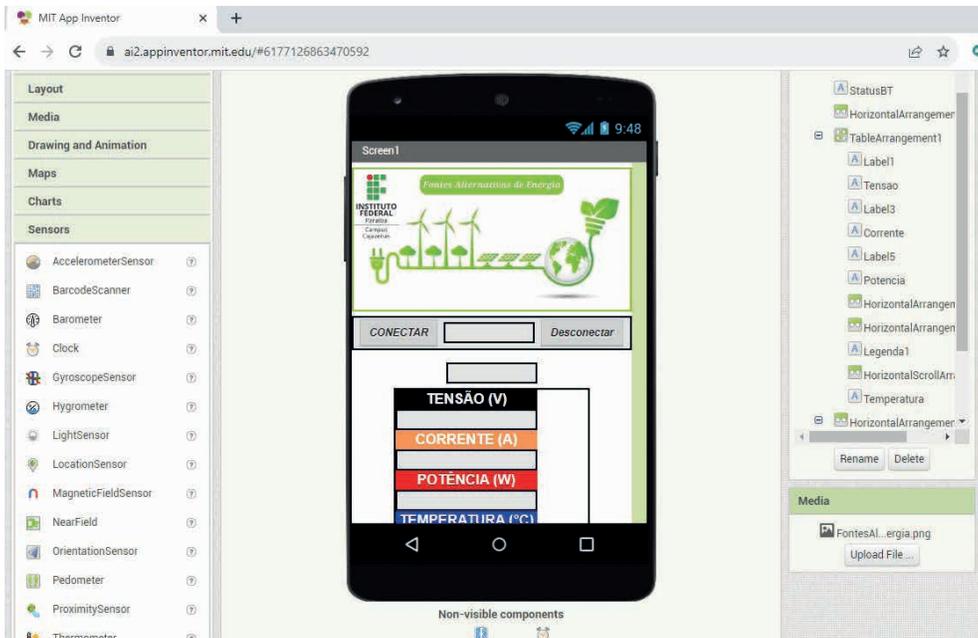


Figura 10. Tela para monitoramento da geração de energia.

O aplicativo irá mostrar na tela do celular os dados de tensão, corrente, potência gerada e temperatura na superfície do painel solar. Durante os testes experimentais de validação do App na operação do processo didático foi observado um atraso no envio / recebimento dos dados de aproximadamente 2 (dois) segundos, sendo um tempo insignificante quando comparado com a dinâmica da planta elétrica (minutos).

### 3.6 Supervisão da potência gerada por aplicação SCADA

Foi desenvolvida uma aplicação SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition), por meio do software Elipse SCADA Demo, para a supervisão de dados da bancada de geração usando a placa Arduino como hardware de aquisição. A aplicação dispõe de uma tela de login e a tela de supervisão. Na tela de login o estudante cadastra seu usuário e senha por meio das configurações do software, o que garante a segurança para que somente alunos cadastrados possam realizar os experimentos.

Na Figura 11 é ilustrado a tela de supervisão da geração de energia, todos os dados disponibilizados no Elipse SCADA são processados na forma de relatórios (gráficos e tabelas) e enviados ao final de 24 horas para o banco de dados local. O protocolo de comunicação utilizado entre o microcontrolador e o Elipse SCADA foi o Modbus RTU, RS485 do tipo ponto a ponto. O protocolo e os tag's necessárias são definidos na programação do microcontrolador.

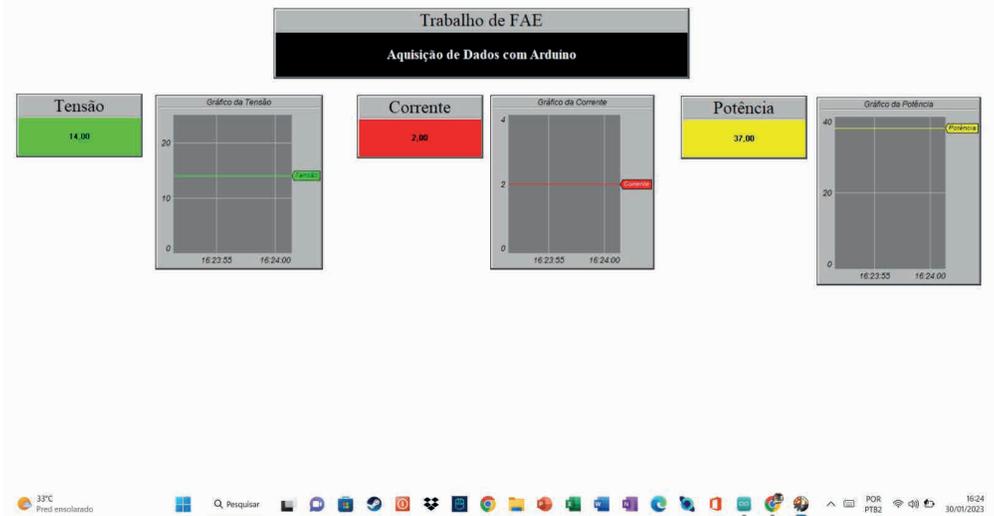


Figura 11. Monitoramento da produção de energia na aplicação SCADA.

O protótipo desenvolvido é usado como ferramenta de ensino-aprendizagem nas disciplinas de eletrônica de potência, instalações elétricas e fontes alternativas de energia no curso de graduação em engenharia de controle e automação do IFPB - Campus Cajazeiras, bem como na difusão das fontes renováveis de energia no sertão Paraibano por meio de treinamentos à comunidade externa.

## 4 | CONCLUSÕES

Após os testes de validação da bancada didática híbrida e dos sistemas de supervisão pode-se chegar às seguintes conclusões:

- Que a bancada didática apresentou baixo custo (6.000,00 R\$) quando comparada a bancadas comerciais similares, a exemplo do kit didático em Energia Solar e Eólica on-grid e off-grid da Exxer que custa 85.000,00 R\$ ou o Laboratório de microgeração com sincronismo trifásico da De Lorenzo que custa 105.000,00 R\$;
- Que o monitoramento das variáveis de decisão da geração híbrida em tempo real via a plataforma de hardware microcontrolado *Open Source*, temperatura do ambiente externo, tensão e corrente no aerogerador e no módulo fotovoltaico, atingiu boa confiabilidade dos dados mensurados, baixo consumo energético e mínimo atraso (taxa de latência de  $2\mu s$ ) entre a leitura e a exibição na tela de monitoramento.
- Foi possível analisar que a interface para o usuário, telas de monitoramento, é simples e de fácil acesso, requerendo apenas um computador ou um celular com conexão internet.

- Observa-se também que o posicionamento dos sensores foi estratégico contribuindo para uma transmissão de dados eficiente, apresentando atrasos na comunicação de microssegundos.
- Devido à dificuldade dos alunos na disciplina de Fontes Alternativas de Energia propõe-se a utilização deste material em aulas práticas.

Como trabalho futuros sugere-se: término do servidor web para monitoramento da curva de geração diária; avaliação dos parâmetros mecânicos e aerodinâmicos da turbina eólica com envio de mensagens para o setor de manutenção da planta de geração diariamente; monitoramento da carga e descarga das baterias.

## REFERÊNCIAS

ARDUINO. **Download do IDE do Arduino**. Acesso em: 17/07/2023. Disponível em: <https://www.arduino.cc/en/main/software>

ALEXANDRE, Projeto de um sistema didático de geração de energia híbrida. **Anais**. Congresso Técnico-Científico da Engenharia e da Agronomia (CONTECC 2022), Goiânia/GO, 2022.

ALEXANDRE, *et al.* Sistema eólico isolado de pequeno porte: montagem e supervisão de dados. **Caderno de Pesquisa, Ciência e Inovação**. v.2, n.2, Campina Grande, editora EPGRAF, 2019. Cap. 5, p. 50-59.

AZEVEDO, A. L. G.; COELHO, T. F. L. **Projeto e implementação de sistema supervisor para gerador eólico**. 59f. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Automação Industrial). Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2014.

El HAMMOUMI *et al.* Low-cost virtual instrumentation of PV panel characteristics using Excel and Arduino in comparison with traditional instrumentation. **Renewables: Wind, Water, and Solar**, 2018. Springer Open. <<https://sustainenergyres.springeropen.com/articles/10.1186/s40807-018-0049-0>>

Elipse SCADA. Download do software Elipse SCADA Demo. Acesso em: 27/07/2023. Disponível: <<https://www.elipse.com.br/downloads/?cat=69&key=&language=ptbr>>

MATINELLO, D. **Sistema de emulação de aerogeradores para aplicações em geração distribuída de energia elétrica**. 117f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica). Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2015.

MOLLO NETO, M. *et al.* Ensaio para obtenção das características elétricas de uma células fotovoltaica para aplicação em um rastreador solar. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.14 n.25; p. 2017.

MIT App Inventor. **Plataforma de desenvolvimento Web**. Acesso em: 21/07/2023. Disponível: <<http://appinventor.mit.edu/>>

NETO, *et al.* Modelo matemático para estimação de irradiação solar incidente. **Anais**. Congresso Técnico-Científico da Engenharia e da Agronomia (CONTECC 2019), Palmas/TO, 2019.

PARALLAX. Download da ferramenta PLX-DAQ. Acesso em: 17/07/2023. Disponível em: <https://www.parallax.com/package/plx-daq/>

PINHO, J. T.; GALDINO, M. A. Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos.

**CEPEL-DTE-CRESESB**. Rio de Janeiro, 2014. Acesso em 31/07/2023. Disponível em: <[http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Manual\\_de\\_Engenharia\\_FV\\_2014.pdf](http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Manual_de_Engenharia_FV_2014.pdf)>

RODRIGUES, P. R. **Projeto de bancada didática experimental para uso de energia solar e eólica**. 101f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Energia). Universidade de Brasília. Brasília -DF, 2014.

TECNOVERITAS. **Sistemas híbridos aplicados na indústria**. Acesso em: 25/07/2023. Disponível em: <https://www.tecnoveritas.net/pt/multimedia/newsletters-pt/industria/sistemas-hibridos-industria/>

VIEIRA, E. F. L, *et al*. Projeto e montagem de uma bancada didática híbrida, eólica e solar. **Anais**. VIII Congresso Brasileiro de Energia Solar. Fortaleza – CE, 2020.