

DESENVOLVIMENTO DE UMA PLATAFORMA EXPERIMENTAL PARA AQUISIÇÃO DE DADOS DE GERAÇÃO FOTOVOLTAICA

Paulo Roberto Cagnini – paulocagnini@alunos.utfpr.edu.br

Flavio Lori Grando – flavio.grando.eng@gmail.com

Jean Patric da Costa – jpcosta@utfpr.edu.br

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Departamento de Engenharia Elétrica

Resumo. Este trabalho apresenta o desenvolvimento de uma plataforma experimental automatizada que tem a capacidade de coletar dados de geração de energia solar fotovoltaica, e de fatores que influenciam na geração de energia por painéis fotovoltaicos. O sistema tem a capacidade de analisar dois sistemas fotovoltaicos diferentes, podendo compará-los em diferentes condições ou comparar diferentes sistemas. A energia gerada pelos sistemas fotovoltaicos é controlada por cargas eletrônicas. As leituras de tensão e corrente são feitas com sensores de efeito Hall que garantem o isolamento dos sistemas de potência e de instrumentação. A plataforma também tem a capacidade de realizar leituras de temperatura dos módulos fotovoltaicos e irradiação solar, que são fatores que influenciam na geração de energia solar fotovoltaica. Os sinais dos sensores são condicionados e lidos por um dispositivo de aquisição de dados (DAQ) que os envia para um computador pessoal. No computador foi desenvolvido um programa supervisor para leitura e armazenamento das informações. A plataforma tem a capacidade de testar e analisar painéis fotovoltaicos individuais, sistemas compostos por múltiplos painéis e até mesmo sistemas fotovoltaicos com conversores de corrente contínua (CC/CC). A aquisição de dados de forma automática permite o registro em curtos intervalos de tempo (a cada um segundo) durante longos períodos de medição (dias), sem a necessidade de intervenção humana. Portanto, garante testes flexíveis com confiabilidade e alta resolução.

Palavras-chave: Geração fotovoltaica, Conversor CC/CC, Aquisição de dados.

1. INTRODUÇÃO

Empreendimentos em sistemas fotovoltaicos estão crescendo cada vez mais. Segundo o Ministério de Minas e Energia, a capacidade instalada de energia fotovoltaica cresceu quase 30% no mundo em 2014 e estima-se que até 2018 o Brasil será um dos 20 maiores produtores de energia solar do mundo (Ministério de Minas e Energia, 2017). Com a popularização das tecnologias para geração de energia fotovoltaica, somada às políticas governamentais de incentivo a geração de energia distribuída em baixa tensão e aos aumentos das tarifas de energia elétrica, é possível notar um crescimento expressivo nas aplicações de soluções fotovoltaicas em sistemas residenciais, comerciais e industriais (Pereira *et al.*, 2006).

Uma das iniciativas mais importantes tomadas pela ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica), foi a criação da resolução normativa 482/2012 que mais tarde foi atualizada com a resolução normativa 687/2015, que possibilita a geração distribuída e a cogeração qualificada, com o método de compensação de energia para pontos de consumo/geração (ANEEL, 2015). Isso mostra que o setor fotovoltaico se encontra em expansão, estimulando o desenvolvimento de novas tecnologias.

Os painéis fotovoltaicos correspondem em média a 40% do custo de um empreendimento fotovoltaico. Sendo assim, a qualidade da matéria prima e do processo de fabricação faz toda a diferença, já que vai influenciar diretamente no tempo de retorno do investimento (CEPEL & CRESESB, 2014). A qualidade dos conversores usados nos sistemas fotovoltaicos também é de grande importância, já que a eficácia dos algoritmos de MPPT ("Maximum Power Point Tracking" ou "seguimento do ponto de máxima extração de potência") e o rendimento dos conversores são responsáveis pelo aproveitamento da energia solar que o painel fotovoltaico é capaz de converter em energia elétrica. No caso de conversores CC/CA a qualidade da energia na sua saída é importante para a homologação na concessionária de energia elétrica e para aprovação do INMETRO (Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia).

Sistemas fotovoltaicos são formados essencialmente por painéis fotovoltaicos e conversores CC/CC ou CC/CA e em algumas aplicações são empregados ambos os conversores. Na Fig. 1 é possível visualizar um exemplo de sistema fotovoltaico isolado da rede elétrica de energia, na qual os dois conversores são empregados. Na ordem do fluxo de potência, primeiramente tem-se um sistema fotovoltaico, depois são usados conversores CC/CC que atuam no seguimento da máxima potência do sistema fotovoltaico, em seguida têm mais um conversor que atua como controlador de carga para um banco de baterias e para possíveis cargas CC existentes, depois tem-se um conversor CC/CA que alimenta as cargas em corrente alternada (ABB, 2014).

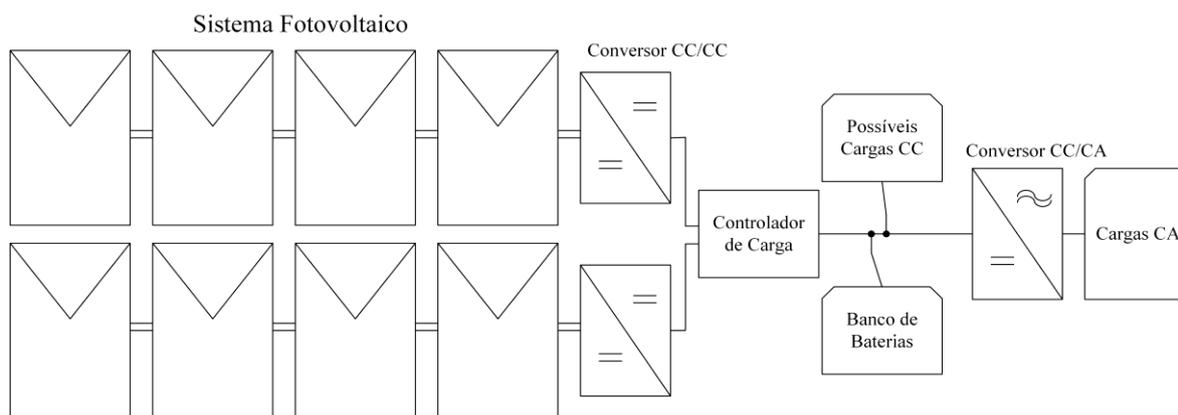


Figura 1 – Diagrama de um sistema fotovoltaico operando de forma isolado do sistema elétrico.

Para sistemas com os dois tipos de conversores, como o mostrado na Fig. 1, o algoritmo de MPPT é implementado no conversor diretamente conectado aos painéis fotovoltaicos, neste caso, no conversor CC/CC. Já para o sistema conectado à rede, mostrado na Fig. 2 é possível fazer uso dos dois conversores na qual, o conversor CC/CC fica mais próximo do sistema fotovoltaico e possui o algoritmo de MPPT, entretanto na maioria das aplicações, principalmente residenciais, o conversor CC/CC não é usado, assim, o conversor CC/CA é conectado diretamente no sistema fotovoltaico. Conversores CC/CA que fazem a ligação do sistema fotovoltaico direta com a rede de distribuição, possuem algoritmos de MPPT implementados e fazem o papel dos dois conversores, rastreando a máxima potência do sistema fotovoltaico e injetando energia na rede elétrica (ABB, 2014).

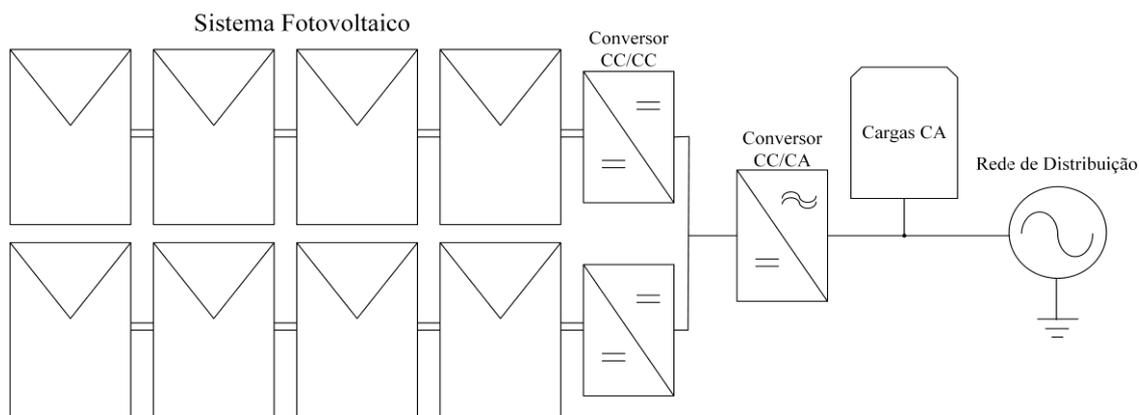


Figura 2 – Diagrama de um sistema fotovoltaico conectado ao sistema elétrico interligado.

Como consequência dos diferentes tipos de materiais e processos empregados na fabricação dos equipamentos, é possível encontrar no mercado equipamentos com diferentes rendimentos. Esses fatores afetam diretamente o custo do investimento e o tempo de retorno. Com essa preocupação, foi desenvolvida uma plataforma que tem como objetivo coletar e armazenar dados de geração de painéis fotovoltaicos e de fatores que influenciam a geração de energia de painéis fotovoltaicos.

2. MÉTODOS E PROCEDIMENTOS

A plataforma tem a capacidade de armazenar os dados coletados por longos períodos de tempo, assim é possível mapear o rendimento de conversores para várias faixas de operação e mapear a geração de sistemas fotovoltaicos durante um dia inteiro, ou até mesmo vários dias (a capacidade de armazenamento de dados é limitada apenas pela memória do computador em que está instalada). A Fig. 3 traz um diagrama da plataforma, na qual é possível visualizar os principais componentes que a constituem como o sistema fotovoltaico (ou conversor CC/CC), os sensores de tensão e corrente, e cargas eletrônicas que são os circuitos da parte de potência. Na Fig. 3 também é possível visualizar os componentes de instrumentação que estão divididos em dois blocos, instrumentação externa (fica fora do laboratório) e instrumentação interna (dentro do laboratório) que fazem as leituras e condicionamento dos sinais. O outro componente importante da plataforma é o Dispositivo de Aquisição de Dados (DAQ) da National Instruments que é responsável pela discretização dos sinais e comunicação com o microcomputador onde está instalado o *software* LabVIEW (NI, 2017).

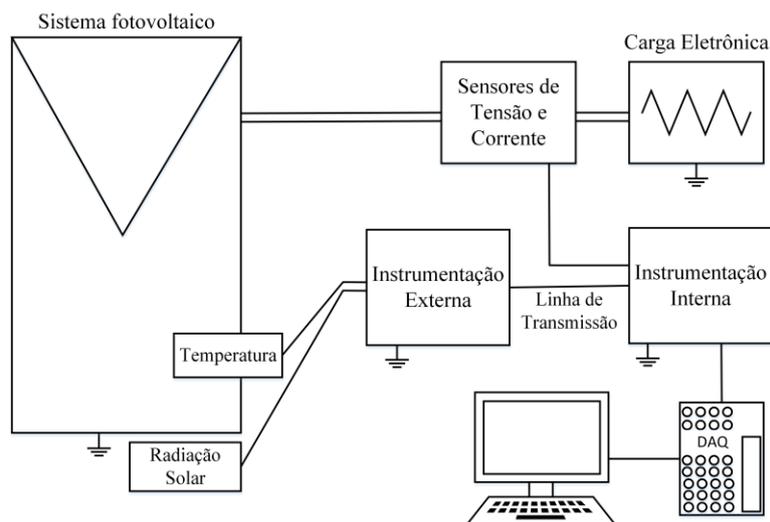


Figura 3 – Diagrama completo da plataforma de aquisição de dados de geração fotovoltaica.

2.1 Sensores de tensão e corrente

Os sensores de tensão e corrente usados no projeto são de efeito Hall, para garantir a isolamento galvânica das medidas. O sensor de tensão usado é o LEM LV 25-p, e o sensor de corrente é o LEM LA 55-p. O sensor de tensão é configurado para receber uma tensão máxima de entrada de até 300 V e saída de 10 mA, o sensor de corrente suporta até 50 A de corrente de entrada e saída de 50 mA. Ambos os sensores podem ser alimentados com tensões diferenciais de +/- 12 V a +/- 15 V. Os sensores têm saída em corrente, o que evita interferências eletromagnéticas e permite a transmissão dos sinais por distâncias maiores. Os sinais da saída dos sensores são enviados para a placa de instrumentação interna na qual são condicionados e filtrados antes de ir para o DAQ.

2.2 Cargas eletrônicas

As cargas eletrônicas utilizadas são do modelo 8522 fabricadas pela BK Precision, com potência nominal de 2400 W. Cargas eletrônicas possibilitam configurar os parâmetros de acordo com a necessidade e permite programar variações automáticas de parâmetros elétricos. Dessa forma, através da variação de impedância da carga é possível realizar o controle de tensão gerada pelos painéis (BK PRECISION, 2017). Essa variação se faz importante quando se deseja mapear as curvas de geração de painéis fotovoltaicos e quando não existe um sistema de rastreamento do ponto de máxima potência, já que com a variação de tensão, inevitavelmente em algum ponto da curva, o painel estará gerando sua máxima potência para as condições que estiver exposto. Com isso se repetindo em um curto intervalo de tempo, é possível analisar apenas os pontos de máxima potência e assim gerar uma curva de máxima capacidade diária de geração do painel.

2.3 Sensores de temperatura e irradiação solar

Os sensores de temperatura usados são LM35dz. Esse sensor foi escolhido por ter uma boa linearidade e precisão de 10 mV/°C e ser de baixo custo. Tem a saída em tensão proporcional a temperatura em graus Celsius, o que facilita a instrumentação do sinal. Os sensores são fixados na parte de trás dos painéis para registrarem de melhor forma a temperatura em que o painel está operando.

Para leitura de irradiação solar foi utilizado um piranômetro de fotodiodo QMS 101. Esse sensor tem sua saída em tensão diretamente proporcional à irradiância solar, sendo que para cada 1 W/m² incidido sobre ele gera 71 uV na saída. Por ter uma saída em sinal tão baixo, se faz necessário um estágio de amplificação desse sinal. O piranômetro está instalado ao lado dos painéis que serão analisados, com a mesma orientação e inclinação (Pereira *et al.*, 2006).

2.4 Instrumentação externa

A instrumentação externa consiste em circuitos de condicionamento de sinal instalados junto aos sensores, fora do laboratório. Esses circuitos servem basicamente para ler e amplificar os sinais de tensão das saídas dos sensores e depois transformar esses sinais de tensão em sinais de corrente com um transdutor Howland. A mudança de sinais de tensão para sinais de corrente é importante por que esses sinais precisam ser enviados via cabo por uma distância de aproximadamente 25 m. Sinais transmitidos em corrente sofrem pouca interferência eletromagnética e não sofrem atenuação com a resistência elétrica do cabo (Balbinoti e Brusamarello, 2010).

Para melhorar a qualidade das medidas de temperatura são usados dois sensores por painel analisado, a Fig. 4 mostra a topologia do circuito projetado para instrumentação dos sinais de temperatura. Os dois sinais de temperatura

entram pelos *buffers* de entrada, depois passam por um somador que realiza uma média dos sinais e amplifica o sinal resultante. O sinal amplificado V_s chega até o transdutor Howland que transforma esse sinal de tensão em sinal de corrente que será transmitido pelo cabo até dentro do laboratório (Pertence Junior, 2015). A corrente de saída do circuito é diretamente proporcional a tensão aplicada na entrada do transdutor, sendo definido por $V_s = R_s \cdot I_s$.

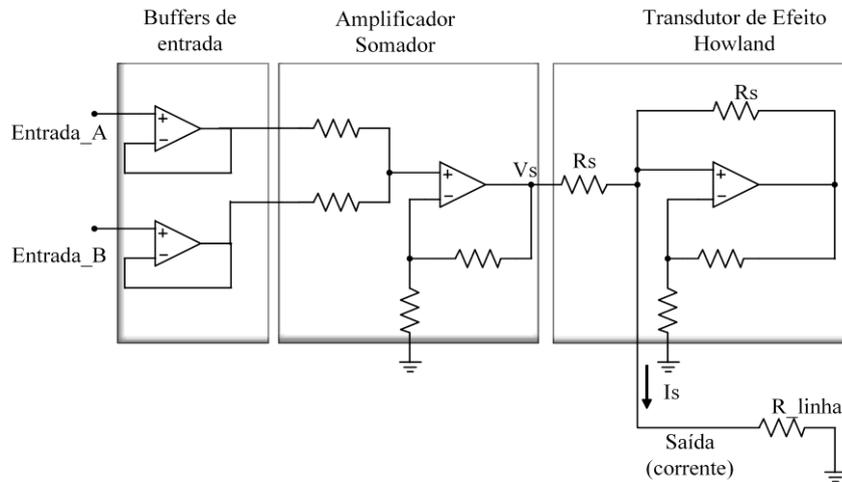


Figura 4 – Instrumentação usada para ler os sinais dos sensores de tensão, amplifica-los e transmiti-los em sinais de corrente.

O circuito de instrumentação do sensor de radiação solar mostrado na Fig.5 é semelhante ao usado para os sensores de temperatura, com exceção que nesse caso existe apenas um sensor, dispensando o somador, e a etapa de amplificação do sinal possui um ganho muito maior devido ao pequeno sinal de tensão na saída do piranômetro (Pertence Junior, 2015).

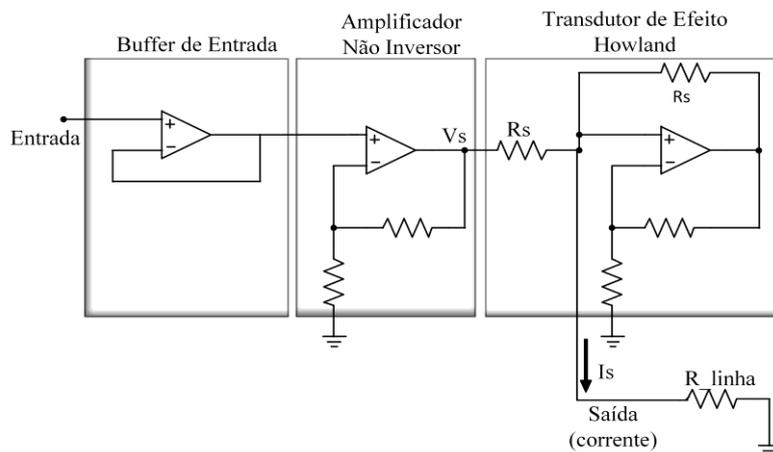


Figura 5 – Instrumentação usada para ler o sinal do piranômetro, amplifica-lo e transmiti-lo em sinal de corrente.

2.5 Instrumentação interna

Todos os sinais lidos pelos sensores da plataforma são transmitidos em sinais de corrente até chegar a placa que foi chamada de “instrumentação interna”, a Fig. 6 exibe a topologia do circuito utilizado para cada canal. Os sinais de corrente passam por um resistor *shunt* R_{gs} que converte os sinais de corrente em tensão. Esse novo sinal de tensão passa por um amplificador de instrumentação INA 128. O ganho do amplificador de instrumentação é determinado pelo resistor de ganho R_{gi} . Os terminais destinados ao resistor R_{gi} são deixados em aberto, caracterizando uma alta impedância, deixando o amplificador com ganho unitário. Além disso o circuito do INA 128 possui um outro pino de referência Pin_{ref} que serve para inserir um *offset* na tensão de saída, esse pino é aterrado, deixando a saída com o mesmo nível de tensão de entrada (Balbinoti e Brusamarello, 2010).

Depois de passar pelo INA 128, os sinais passam por um filtro passa baixa (filtro *anti-aliasing*) com frequência de corte em 600 Hz. Essa frequência foi escolhida por ficar uma década acima da frequência da rede elétrica, assim, futuramente poderá se fazer leituras de tensões e correntes alternadas. O amp-op usado nos filtros é o AD706 que possui características interessantes para projetos de filtros para baixas frequências, como alta impedância de entrada e baixo *slew rate* (Analog Devices, 2017).

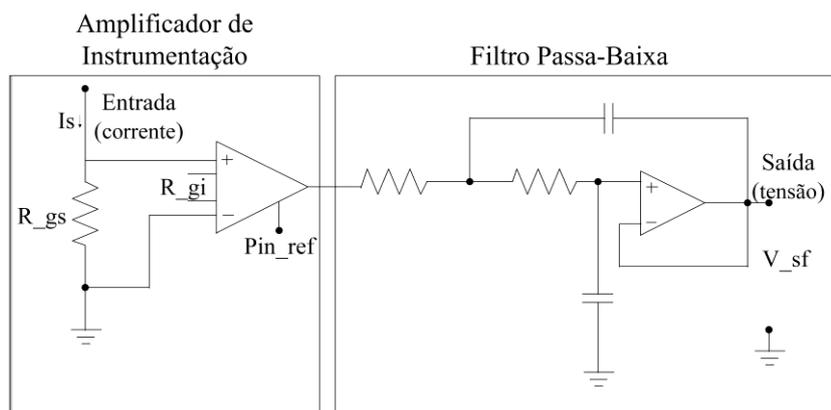


Figura 6 – Instrumentação usada para filtrar todos os sinais lidos pelos sensores da plataforma.

2.6 Dispositivo de aquisição de dados e LabVIEW

Depois que todos os sinais passam pelos filtros, eles ficam disponíveis em um barramento e são transmitidos para o DAQ, que fará a leitura, amostragem e condicionamento digital dos sinais. O DAQ usado no projeto é o NI USB-6259 da National Instruments. Esse dispositivo de aquisição de dados tem 16 canais de entrada analógicos que recebem sinais de tensão de -10 V a 10 V, possui conversor analógico/digital de 16 bits com capacidade de realizar 1,25 milhões de amostras por segundo. Isso garante uma ótima resolução para as medidas coletadas (NI, 2017).

Para o DAQ ser utilizado foi desenvolvido um programa em ambiente LabVIEW. Esse programa será responsável pela coleta, análise, tratamento e armazenamento dos dados condicionados pela instrumentação analógica. A interface desenvolvida é capaz de fazer a leitura dos sinais contínuos amostrados, exibir esses sinais em gráficos em tempo real na tela do microcomputador e armazenar esses dados na memória em um arquivo “texto”. O programa realiza mil amostras por segundo, faz uma média dessas amostras para gerar um único ponto que será visível nos gráficos em tempo real e armazena esse ponto no arquivo texto. O programa foi desenvolvido para analisar até quatro sistemas fotovoltaicos simultaneamente, como pode ser visto na Fig. 7. A limitação de dois sistemas analisados se dá exclusivamente pela limitação da instrumentação construída.

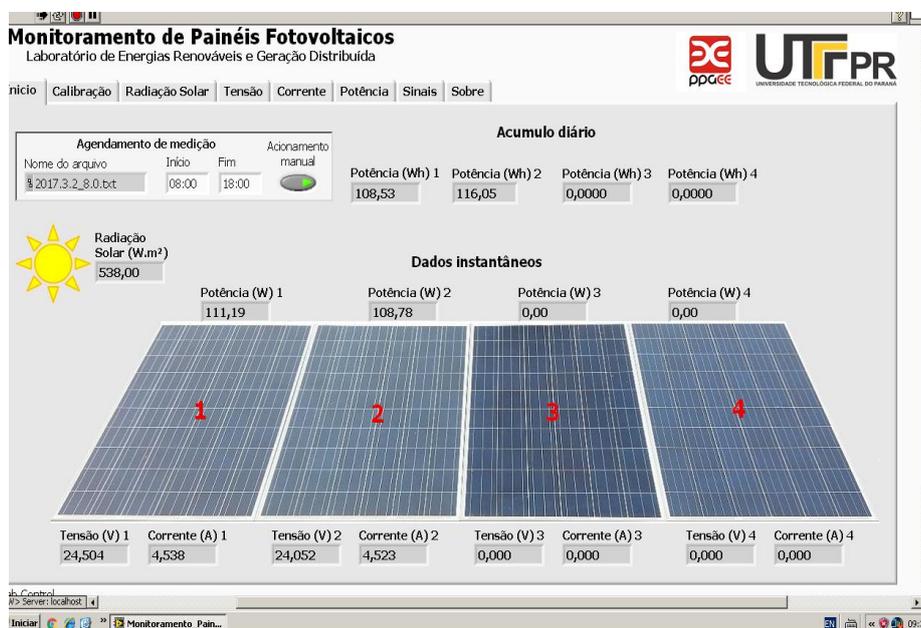


Figura 7 – Aba principal do programa desenvolvido em LabVIEW para a plataforma de aquisição de dados de geração de sistemas fotovoltaicos.

Na Fig.7 é possível visualizar a aba principal do programa, onde podem ser configurados o horário de início e término das medições de forma automática (para economizar espaço da memória, não registrando a noite, quando não existe geração). Nesta mesma aba pode ser visualizada a energia acumulada gerada por cada sistema e também valores de potência, tensão e corrente instantâneos. Valores de irradiância solar instantâneos também são exibidos na parte superior esquerda da aba.

Na parte superior da Fig. 7 é possível ver as outras abas que podem ser selecionadas, a primeira “calibração” serve para converter os sinais amostrados, em dados de acordo com a magnitude das grandezas de interesse. Essa calibração pode ser feita com uma equação até de terceira ordem, e os sinais são calibrados individualmente. A segunda aba exibe um gráfico em tempo real da radiação solar medida. A terceira aba exibe os sinais de tensão de cada sistema, e nessa aba também podem ser visualizados os sinais de temperatura de cada painel. Na quarta aba estão os sinais de corrente e na quinta os sinais calculados de potência gerada. A sexta aba chamada de “sinais” exibe os sinais medidos pelo DAQ sem calibração, funcionando como um osciloscópio.

3. RESULTADOS

Os resultados foram coletados no laboratório de Energias Renováveis do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Pato Branco. Para os testes estão disponíveis quatro painéis fotovoltaicos de 250 Wp de diferentes fabricantes.

A Fig. 8 mostra a curva de potência medida pela plataforma em um dia claro e sem nuvens, na qual a curva em azul é referente a potência gerada pelo painel 1 e a curva em verde é referente a potência gerada pelo painel 2. A área abaixo de cada curva é a energia que cada painel gerou, sendo que o painel 1 gerou 1303 Wh enquanto o painel 2 gerou 1309 Wh. Ao longo do período de medição a irradiação sobre os painéis sofreu poucas interferências, prejudicando pouco a geração total de energia diária. A maior interferência sofrida foi próxima das 18:00 horas, quando um prédio próximo projetou sombra sobre os painéis. A interferência desse sombreamento também pode ser observada na Fig. 9 que mostra a curva de irradiação solar para esse mesmo dia. Na curva de irradiação, a interferência pelo sombreamento se dá alguns minutos mais tarde, pela localização do piranômetro, que está mais distante do prédio que os painéis.

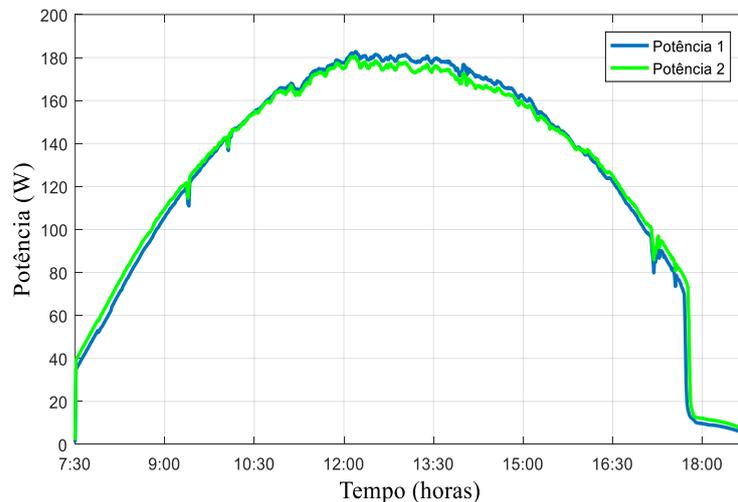


Figura 8 – Curva de potência diária de dois painéis fotovoltaicos de 250 Wp. Dados coletados dia 17/10/2017.

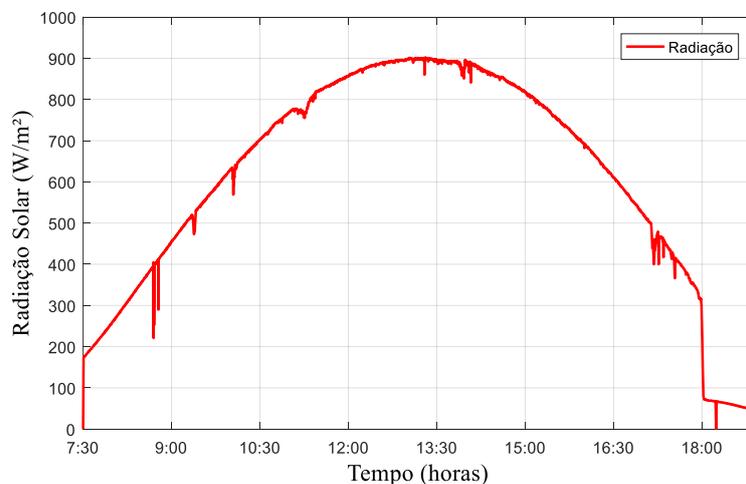


Figura 9 – Curva de irradiação solar diária. Dados coletados dia 17/10/2017.

Depois da radiação solar, o fator que mais influencia na geração fotovoltaica é a temperatura que as células operam (Beltrão, 2008). A Fig. 10 mostra a temperatura registrada pelos sensores LM35dz da plataforma para o mesmo dia de medição de potência da Fig. 8 e irradiação solar da Fig. 9. Pode-se observar que com o aumento da radiação solar sobre os painéis e com o aumento da circulação de corrente elétrica, houve um aumento da temperatura, sendo que o painel dois foi o que mais aqueceu. O aumento de temperatura justifica que inicialmente era o painel 2 que mais gerava energia, depois (com o aumento da temperatura) o painel 1 passa a gerar mais e depois novamente (com a diminuição da temperatura) o painel 2 têm a maior geração. Nas curvas de temperatura podem ser observadas várias oscilações, isso é devido ao vento, que aumenta a dissipação de calor dos painéis de acordo com sua intensidade. As variações de temperatura têm uma dinâmica mais lenta, o que acaba mudando um pouco a forma da curva e não deixa evidente as rápidas variações de radiação. Devido essa dinâmica mais lenta, os valores máximos de temperatura são registrados minutos depois do valor máximo de radiação.

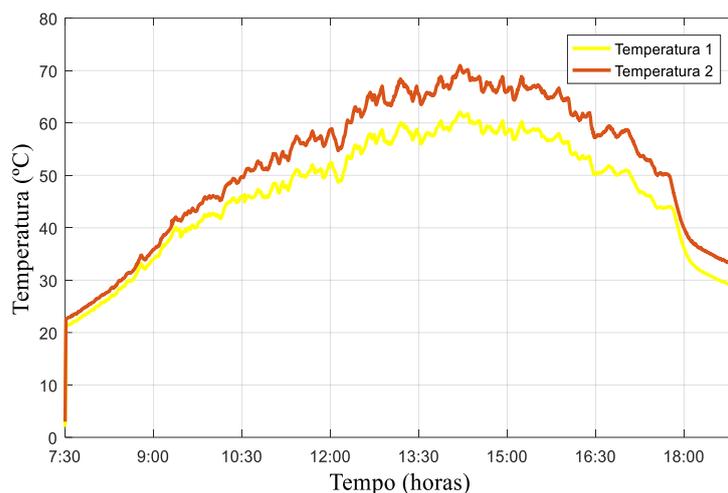


Figura 10 – Curva de temperatura diária medida de dois painéis fotovoltaicos. Dados coletados dia 17/10/2017.

A Fig. 11 mostra as curvas de geração dos mesmos painéis analisados anteriormente, mas agora para um dia nublado e chuvoso. Para esse dia o painel 1 gerou 106 Wh e o painel 2 gerou 127 Wh. É importante ressaltar a semelhança entre as curvas de potência e radiação (Fig. 12), na qual essas duas grandezas estão sujeitas a rápidas variações que são lidas e registradas pela plataforma.

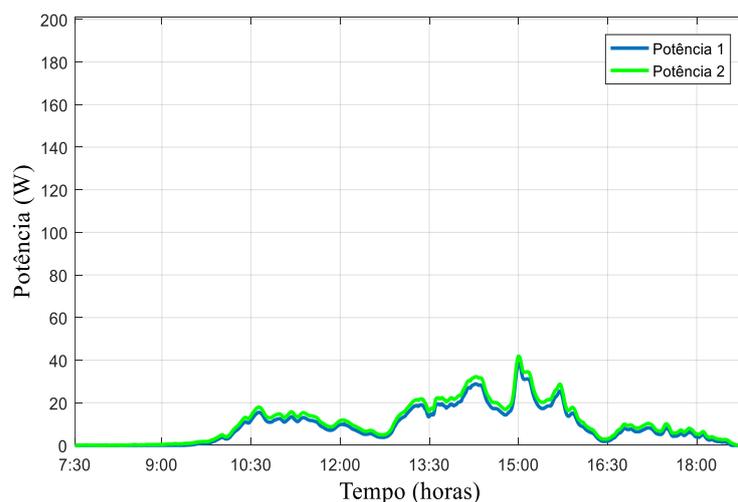


Figura 11 – Curva de potência diária de dois painéis fotovoltaicos de 250 Wp. Dados coletados dia 25/10/2017.

A Fig. 13 exibe os valores de temperatura registrados para esse dia chuvoso. As curvas de temperatura são semelhantes as curvas de potência e irradiação, com a diferença que por possuir uma dinâmica mais lenta, não possui os picos acentuados, como o observado logo depois das 15:00 horas.

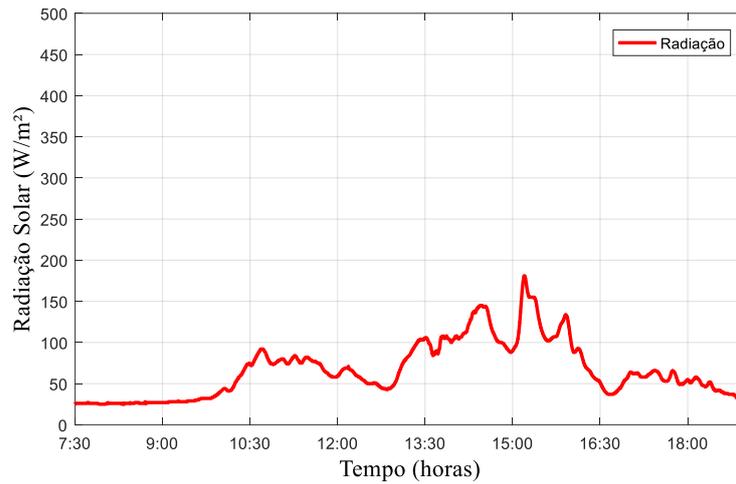


Figura 12 – Curva de irradiação solar diária. Dados coletados dia 25/10/2017.

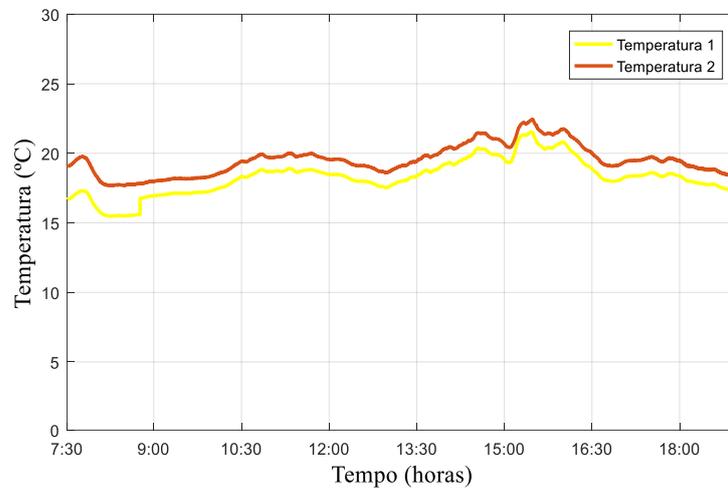


Figura 13 – Curva de temperatura diária medida de dois painéis fotovoltaicos. Dados coletados dia 25/10/2017.

As Fig. 14, 15 e 16 mostram os resultados obtidos com o monitoramento de um carregador de baterias bidirecional carregando um banco de baterias. O carregador bidirecional é um conversor CC/CC projetado para ser parte de um sistema fotovoltaico isolado, onde o carregador bidirecional tem a função de carregar as baterias em caso de excesso de geração e descarregar as baterias quando se necessita de energia e não existe geração fotovoltaica suficiente para alimentar a carga.

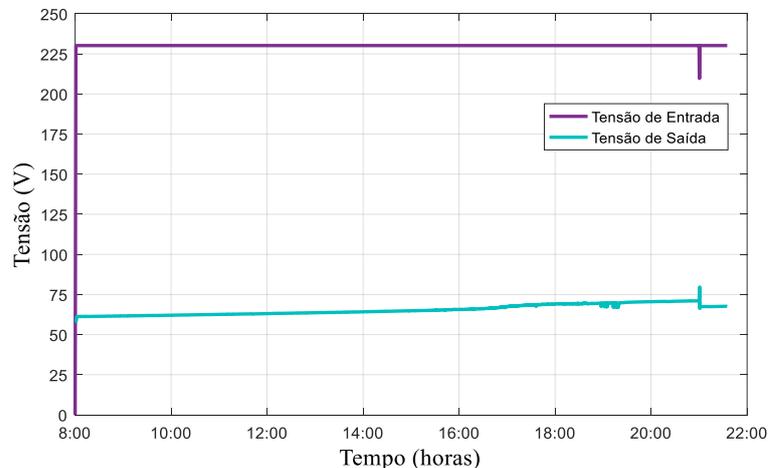


Figura 14 – Tensões de entrada e saída de um carregador de baterias bidirecional carregando um banco de baterias.

A Fig. 14 é possível ver a tensão de entrada mantida em torno de 230 V e a tensão de saída vai subindo de acordo com o aumento de carga do banco de baterias. A Fig. 15 mostra os valores de corrente durante esse processo de carga do banco de baterias. Inicialmente com o banco de baterias descarregado, o conversor injeta mais corrente e tem um controle de corrente para manter a carga constante, chegando perto do final do período de carga, o conversor passa para o modo de controle de tensão, onde a tensão é mantida constante e a corrente vai diminuindo até o banco estar quase totalmente carregado.

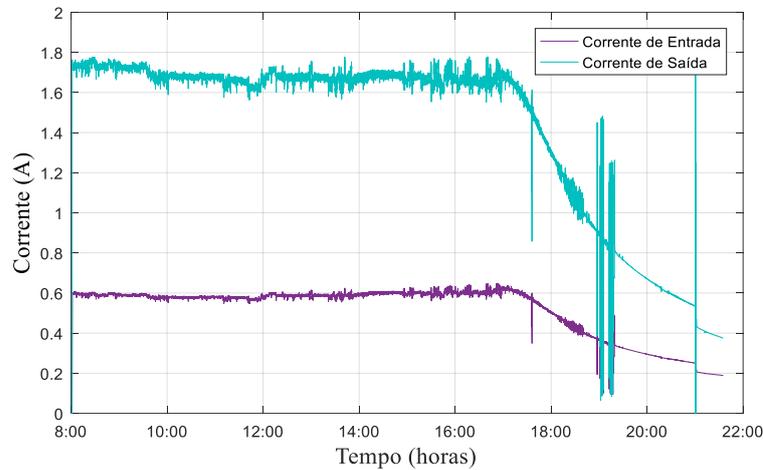


Figura 15 – Correntes de entrada e saída de um carregador de baterias bidirecional carregando um banco de baterias.

Durante o processo de carga do banco de baterias, parte da energia é dissipada nas chaves do próprio conversor e no transformador isolador, a Fig. 16 mostra a potência de entrada e saída desse conversor. A energia que entrou no conversor durante o período de carga, ficou em torno de 1141 Wh e a energia de saída em torno de 885 Wh o que caracteriza um aproveitamento de 77,6% de toda a energia cedida ao conversor.

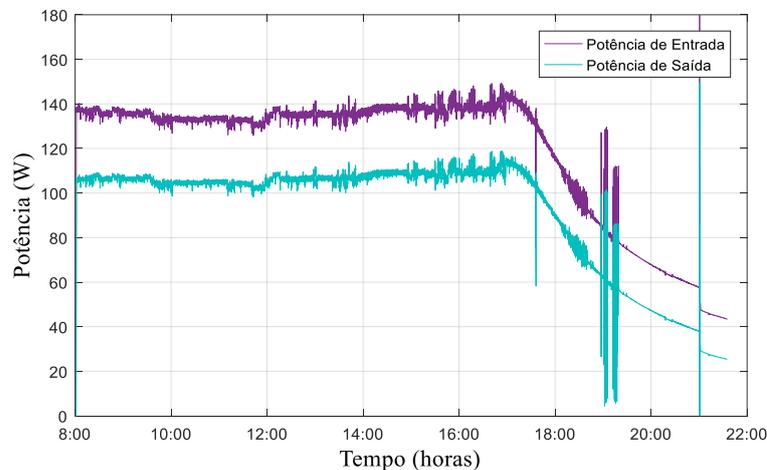


Figura 16 – Potências de entrada e saída de um carregador de baterias bidirecional carregando um banco de baterias.

4. CONCLUSÃO

A plataforma construída tem a capacidade de analisar dois sistemas fotovoltaicos distintos e de forma totalmente isolada. Isso permite a comparação entre dois sistemas fotovoltaicos expostos as mesmas condições, ou painéis de diferentes fabricantes ou diferentes tecnologias de fabricação. Do ponto de vista comercial isso é importante para encontrar o sistema ou painel fotovoltaico com o melhor custo/benefício.

Outra aplicação da plataforma é na análise de rendimento de conversores CC/CC. Isso é possível devido a plataforma ter dois canais para leitura de tensão e dois canais para leituras de corrente, no qual os sensores utilizados são sensores de efeito Hall que garantem a isolamento galvânica entre circuitos. Assim é possível analisar a entrada do conversor e a saída sem que um sinal influencie diretamente no outro.

Os resultados obtidos de maneira automática pela plataforma possibilitam a análise de sistemas fotovoltaicos ou conversores CC/CC de forma prática e fácil, dispensando a supervisão contínua de profissionais. Além disso, os dados coletados se mostraram coerentes com os valores esperados para cada equipamento medido. A capacidade que a plataforma tem de programar as medições facilita a análise contínua de sistemas fotovoltaicos

Como trabalhos futuros, pretende-se expandir a capacidade de análise da plataforma, instalando um anemômetro para medição da velocidade do vento e melhoria do programa desenvolvido em LabVIEW, para que também seja possível a análise de conversores de corrente alternada.

Agradecimentos

Gostaria de agradecer a CAPES, CNPq, FA, a Diretoria de Relações Empresariais e Comunitárias da UTFPR Pato Branco pelo apoio e incentivo. Também gostaria de agradecer as empresas Dimeva Distribuidora e Importadora, Ecologic aquecedor solar e Acon Comercio Internacional pela doação de painéis fotovoltaicos.

REFERÊNCIAS

- ABB. 2014. Technical Application nº 10 Photovoltaic Plants. ABB.
- Analog Devices, 2017. Analog Filter Wizard. Disponível em: <http://www.analog.com/designtools/en/filterwizard/>. Acesso em: 13 de Setembro de 2017
- ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica, 2017. Resolução Normativa nº 687. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2015687.pdf> . Acesso em: 13 de setembro de 2017.
- Beltrão, R. E, 2008. Efeito da temperatura na geração de energia de módulos fotovoltaicos submetidos a condições climáticas distintas. Estudo de caso para as localidades de Recife e Araripina. Recife.
- BK PRECISION, 2017. DC Electronic Loads. Disponível em: <https://www.bkprecision.com/dc-loads-category-page>. Acesso em 08 de outubro de 2017
- Balbinot, A., Brusamarello, V.J., 2010, Instrumentação e Fundamentos de Medidas, Vol. I e II, 2ª Ed., Ed. LTC.
- Pereira, E. B; Martins, F. R.; Abreu, S. L.; Rüther, R. 2006. Atlas brasileiro de energia solar. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, Brasil.
- CEPEL-Centro de Pesquisas de Energia Elétrica; CRESESB- Centro de Referência Para Energia Solar e Eólica Sergio Brito. Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos. Rio de Janeiro, RJ: Especial 2014.
- Pertence Junior, A. et al. Amplificadores operacionais e filtros ativos: eletrônica analógica. 8. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.
- MME. Ministério de Minas e Energia, 2017. Energia Solar no Brasil e no Mundo. Disponível em: <http://www.brasil.gov.br/infraestrutura/2016/07/brasil-deve-integrar-top-20-em-energia-solar-em-2018>. Acesso em: 10 de outubro de 2017.
- NI. National Instruments, 2017. Suporte, NI USB-6259 BNC. Disponível em: <http://sine.ni.com/psp/app/doc/p/id/psp-67/lang/pt>. Acesso em: 17 de setembro de 2017.

DEVELOPMENT OF AN EXPERIMENTAL PLATFORM FOR ACQUISITION OF PHOTOVOLTAIC GENERATION DATA

Abstract. *This paper presents the development of an automated experimental platform that has an ability to collect photovoltaic energy generation data and factors that influence the generation of energy by photovoltaic panels. The system has a capability of analysis of the different photovoltaic systems, being able to compare them to the different conditions or to compare different systems. The energy generated by photovoltaic systems is controlled by electronic loads. Both voltage and current are measured by Hall Effect sensors, which guarantee galvanic isolation between the power and the instrumentation systems. The platform also has the capacity to perform temperature readings of the photovoltaic modules and solar radiation, which are factors of influence in the generation of photovoltaic energy. The sensor signals are conditioned and read by a data acquisition device (DAQ) which sends this data to a personal computer. In the computer was developed a supervisory program for reading and storing the information. The platform has the ability to test and analyze either photovoltaic panels individually or multiple panels and even photovoltaic systems with direct current (DC / DC) converters. The acquisition of data automatically allows the registration at short intervals of time (every second) during long periods of measurement (days), without a need for human intervention. Therefore, it guarantees flexible tests with reliability and high resolution.*

Key words: *Photovoltaic Generation, DC/DC converter, Data Acquisition.*