

# SISTEMA EMBARCADO LINUX APLICADO AO MONITORAMENTO EM NUVEM DE PLANTA DE MICROGERAÇÃO FOTOVOLTAICA

**Ivonne Montero Dupont** – ivonne.mdupont@dee.ufc.br

**Renata Imaculada Soares Pereira** – renata@dee.ufc.br

**Paulo Cesar Marques de Carvalho** – carvalho@dee.ufc.br

Universidade Federal do Ceará, Departamento de Engenharia Elétrica

**Sandro César Silveira Jucá** – sandrojuca@ifce.edu.br

Instituto Federal do Ceará, Campus Maracanaú, Área da Telemática

**Resumo.** *O presente artigo descreve o desenvolvimento de um sistema de aquisição de dados e monitoramento online (REMS- Renewable Energy Monitoring System) via nuvem, aplicado a um painel fotovoltaico (FV). O REMS possibilita o sensoriamento e o controle de plantas de microgeração descentralizadas com comunicação a um banco de dados e servidor online via Sistema Embarcado Linux (ELS - Embedded Linux System). O sistema permite ainda a conexão de sensores digitais e analógicos utilizando o Sistema Embarcado Conversor Analógico/Digital (ADCES - Analog/Digital Converter Embedded System) também desenvolvido neste trabalho. O ADCES é baseado no sistema microcontrolado SanUSB, que é uma ferramenta composta de software e hardware livres da família PIC18Fxx5x com interface USB. O Raspberry Pi (Rpi), que compõe o ELS, é um computador com o tamanho de um cartão de crédito e apresenta baixo custo de hardware, comparado a PCs convencionais, além de custo zero do software livre Linux. A principal vantagem desta pesquisa é a possibilidade de monitoramento remoto via nuvem, ou seja, de qualquer sistema computacional conectado à Internet, sem a necessidade de um PC dedicado. Dessa forma, é possível realizar atualizações no firmware do microcontrolador e configurar o sistema embarcado Linux via Internet. As variáveis medidas no presente projeto são tensão e corrente do painel FV, temperatura do painel FV e ambiente, irradiância e umidade do ar. Foi realizada com sucesso a gravação online de microcontroladores PIC através de um sistema embarcado Linux, além da coleta dos dados dos sensores monitorados. A informação recebida foi armazenada no banco de dados na nuvem para sua posterior visualização através de gráficos e tabelas na página WEB desenvolvida neste trabalho.*

**Palavras-chave:** *Aquisição de Dados, Energias Renováveis, Monitoramento Online*

## 1. INTRODUÇÃO

Considerando os aspectos energéticos, o governo brasileiro vem desenvolvendo políticas para diversificar a matriz de geração de eletricidade do país. As principais motivações são:

- Na prática, não existe um potencial significativo para novas grandes usinas hidrelétricas no país. Embora um grande potencial teórico exista na região Norte (Amazônia), a sua utilização é muito discutível devido a razões sociais e ecológicas;
- Muitas das usinas hidrelétricas brasileiras estão localizadas longe dos principais centros consumidores, resultando em altas perdas por transmissão e distribuição;
- No caso de períodos com baixo índice de chuva durante vários anos, os níveis de reservatórios de água são reduzidos a valores críticos e o risco de escassez de abastecimento de eletricidade aumenta. Para minimizar isto, usinas termelétricas estão sendo ligadas a plena capacidade, levando a tarifas mais elevadas, com impactos econômicos e sociais associados.

Usinas de energias renováveis descentralizadas que utilizam recursos solar fotovoltaico (FV) e eólico são uma das principais opções para a diversificação da matriz. O país tem imensa irradiância solar anual (entre 1.600 e 2.300 kWh por m<sup>2</sup>) com uma baixa variabilidade sazonal e interanual, devido à sua localização em uma região tropical.

Na área de procedimentos de regulamentação, a resolução ANEEL REN 482, publicada em abril de 2012 (ANEEL, 2015), dá condições gerais para o acesso de microgeração (até 100 kW) e minigeração (de 100 kW até 1 MW) à rede de distribuição e introduz um sistema de compensação de energia (*net metering*); hidro, solar, eólica, biomassa ou cogeração são considerados fontes de eletricidade para alimentar a rede.

O advento da Resolução Normativa da ANEEL no Brasil torna ainda mais importante o desenvolvimento de sistemas de monitoramento *online* para micro e minigeração de plantas com base em fontes renováveis de energia, considerando que os sistemas de supervisão e de aquisição de dados são aplicáveis em diferentes fases do processo, como, por exemplo, na avaliação do potencial, no prognóstico de falhas, na verificação prática de dados do projeto, bem como na otimização da eficiência de conversão.

O desenvolvimento de um sistema microcontrolado de aquisição e supervisão de dados aplicado a plantas de bombeamento de água acionada por gerador eólico no estado do Ceará, Nordeste do Brasil, é apresentado em Brito et al. (2010). O sistema de aquisição é composto basicamente por um microcontrolador conectado a uma memória externa e um relógio em tempo real para transmitir dados para um computador via interface serial. Os dados são transmitidos

pelo protocolo de comunicação Modbus do microcontrolador para um sistema de supervisão e, em seguida, armazenadas em um banco de dados. O programa está configurado para realizar coletas em tempo real da velocidade do vento, fluxo de água e tensão do gerador, permitindo a visualização de gráficos do sistema.

Outro sistema de aquisição de dados, baseado em comunicação WiFi e monitoramento *online* utilizando *software* livre, aplicado em microgeração descentralizada a partir de fontes renováveis de energia, é descrito em Brito et al., (2014). O sistema foi desenvolvido utilizando o modem Wifly RN-XV acoplado a uma placa microcontrolada baseada na ferramenta livre SanUSB. Este mesmo sistema de monitoramento *online* foi aplicado em uma planta de bombeamento fotovoltaico (FV) sem baterias (Sampaio et al., 2014). O sistema de comunicação com o servidor *online* também é autônomo e alimentado por painel FV. A aplicação permite analisar os dados armazenados e os gráficos através de dispositivos computacionais como *notebooks*, *tablets* e *smartphones*.

Com base nas experiências citadas, é proposto no presente artigo um monitoramento *online* via nuvem, aplicado ao monitoramento descentralizado de plantas de microgeração de energia renovável.

## 2. SISTEMA EMBARCADO PARA MONITORAMENTO ONLINE PROPOSTO

O sistema proposto permite a criação de diversos perfis de PaaS (*Platform at a Service*) em um banco de dados na nuvem. O PaaS que é gerado livre e automaticamente pelo servidor *online* (por exemplo, PaaS A, B ou N), após o cadastro de uma senha pelo usuário, permite desenvolver, compilar, depurar e/ou testar uma aplicação na nuvem. Dessa forma, um usuário qualquer (A, B ou N) pode criar e configurar na nuvem e em tempo real um perfil de monitoramento, bem como realizar a configuração do *firmware* e das características de funcionamento do Sistema Embarcado de Monitoramento Online (REMS), como ilustrado na Fig. 1.

O REMS é composto por um Sistema Embarcado Linux (ELS), um Sistema Embarcado Conversor Analógico/Digital (ADCES) e um acesso à Internet que pode ser *WiFi* ou *Ethernet*. O *software* embarcado neste é gratuito e pode ser obtido após o registro de um novo perfil na plataforma de serviço PaaS no servidor da nuvem. O sistema é programado para funcionar de forma descentralizada e distribuída, permitindo que múltiplos usuários e múltiplos REMS se comuniquem ao mesmo tempo e usando o mesmo servidor na nuvem. No caso de configuração ou de modificação do REMS, conhecimentos básicos de instalação de aplicações no sistema operacional Linux são necessários. Neste trabalho foi feita a criação e configuração de um perfil de usuário para que os autores possam realizar diferentes configurações *online* dos componentes do sistema, como por exemplo, a configuração da rede sem fio do Rpi ou a gravação *online* do ADCES.

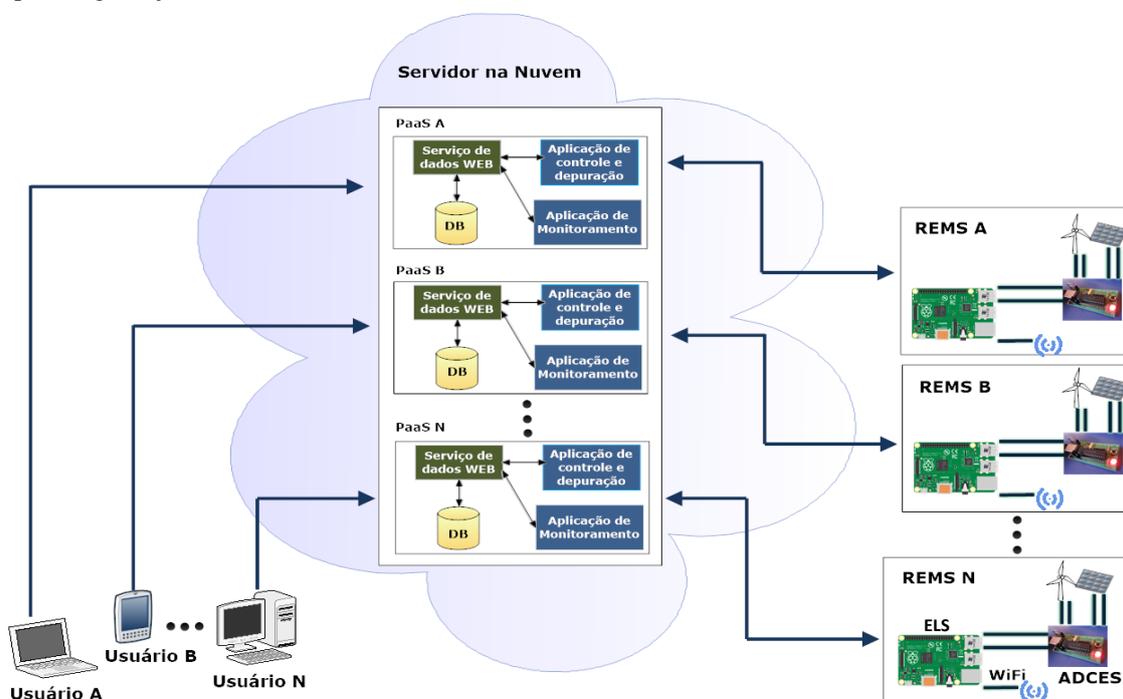


Figura 1- Ilustração do PaaS e do REMS proposto.

REMS possibilita o sensoriamento e o controle de plantas de microgeração descentralizada e comunicação com o perfil desenvolvido no servidor *online*, permitindo a conexão de sensores digitais (como anemômetros) e sensores analógicos (como corrente, irradiância e temperatura) usando o ADCES. Outra vantagem da plataforma proposta é que

usando o serviço *online* como um ponto de acesso, não é necessário desbloquear as portas e/ou firewall do roteador. O firmware ADCES também pode ser baixado *online* e atualizado pelo REMS via USB através do protocolo HID (*Human Interface Device*). Vale ressaltar que a comunicação entre o usuário e o sistema de monitoramento é feita de maneira remota, sem a necessidade de um computador dedicado no local.

## 2.1 Sistema Embarcado Conversor Analógico/Digital (ADCES)

O ADCES é composto pelo sistema de desenvolvimento SanUSB, ilustrado na Fig. 2 (a). É uma ferramenta composta de *software* e *hardware* básico da família PIC18Fxx5x com interface USB (SanUSB, 2015). Esta ferramenta livre se mostra eficiente no desenvolvimento rápido de projetos reais, pois não há necessidade de remover o microcontrolador para a atualização do firmware. Além disso, o *software* de gravação de microcontroladores USB é multiplataforma, pois é executável no Windows®, Mac OSX e no Linux e também *plug and play*, ou seja, é reconhecido automaticamente pelos sistemas operacionais sem a necessidade de instalar *drivers* (Jucá et al., 2009).

Desta forma, esta ferramenta possibilita que a compilação, a gravação e a simulação real de um programa, possam ser feitos de forma rápida e eficaz a partir da conexão do microcontrolador a um sistema computacional via USB, que nesta aplicação é um Raspberry Pi (Rpi). O Rpi, ilustrado na Fig. 2 (b) considerado o menor computador do mundo, possui o tamanho de um cartão de crédito, conexões USB para conectar o teclado e o mouse utilizado em computadores de mesa, além de HDMI para monitores e saída de áudio. Além destas vantagens, pode-se destacar o baixo custo do *hardware*, além do custo zero do *software* livre embarcado, baseado em Debian Linux, denominado Raspbian.

Vale salientar que foi desenvolvida uma interface gráfica e um *software* de gravação inédito para transferência do firmware diretamente do Sistema embarcado Linux para o PIC do ADCES utilizando o protocolo HID (*Human Interface Device*) de comunicação através da porta USB. O ADCES proposto é também um sistema embarcado RISC e permite atualização *online* do firmware via nuvem. Desta forma, é aplicável a projetos de IoT (*Internet of Things*), com acesso remoto via Internet e não somente Intranet.

## 2.2 Descrição da conexão entre a placa SanUSB e o Raspberry Pi

Neste tópico, são descritas as duas formas de comunicação utilizadas neste estudo: a comunicação serial e a interface USB. Para realizar a comunicação serial entre um microcontrolador PIC e o sistema embarcado Linux baseado em Raspberry Pi, é preciso utilizar os pinos *Ground*, o GPIO 14 (TX) e o GPIO 15 (RX). Neste projeto, o computador utilizado para realizar a gravação do microcontrolador da placa PIC SanUSB é o próprio Raspberry Pi, cujos pinos de conexão para gravação via USB e comunicação serial são ilustrados na Fig. 2.

A transferência de programas é normalmente efetuada através de um *hardware* de gravação específico e via cabo. Através desta ferramenta, é possível efetuar a descarga de programas para o microcontrolador, conectado à USB do Rpi, de forma *online*, através do sistema embarcado Rpi conectado à Internet.

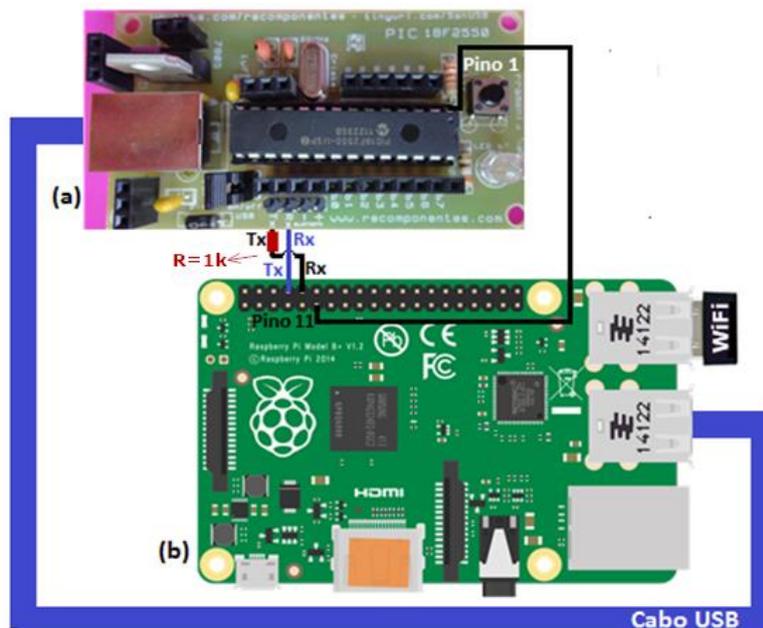


Figura 2- Conexão serial entre a placa SanUSB (a) e o Raspberry Pi (b).

## 2.3 Sensores implementados

Neste estudo, foram implementados na planta FV os sensores descritos na Tab. 1, identificados na Fig. 3.

Tabela 1- Sensores implementados na planta FV.

VARIÁVEL	SENSOR	REF.
Tensão	Divisor Resistivo por 4,6	1
Corrente	ACS712 – 5 A	2
Temperatura painel FV	LM35	3
Irradiância	Piranômetro Hukseflux LP02	4
Temperatura ambiente	DHT11	5
Umidade do ar		

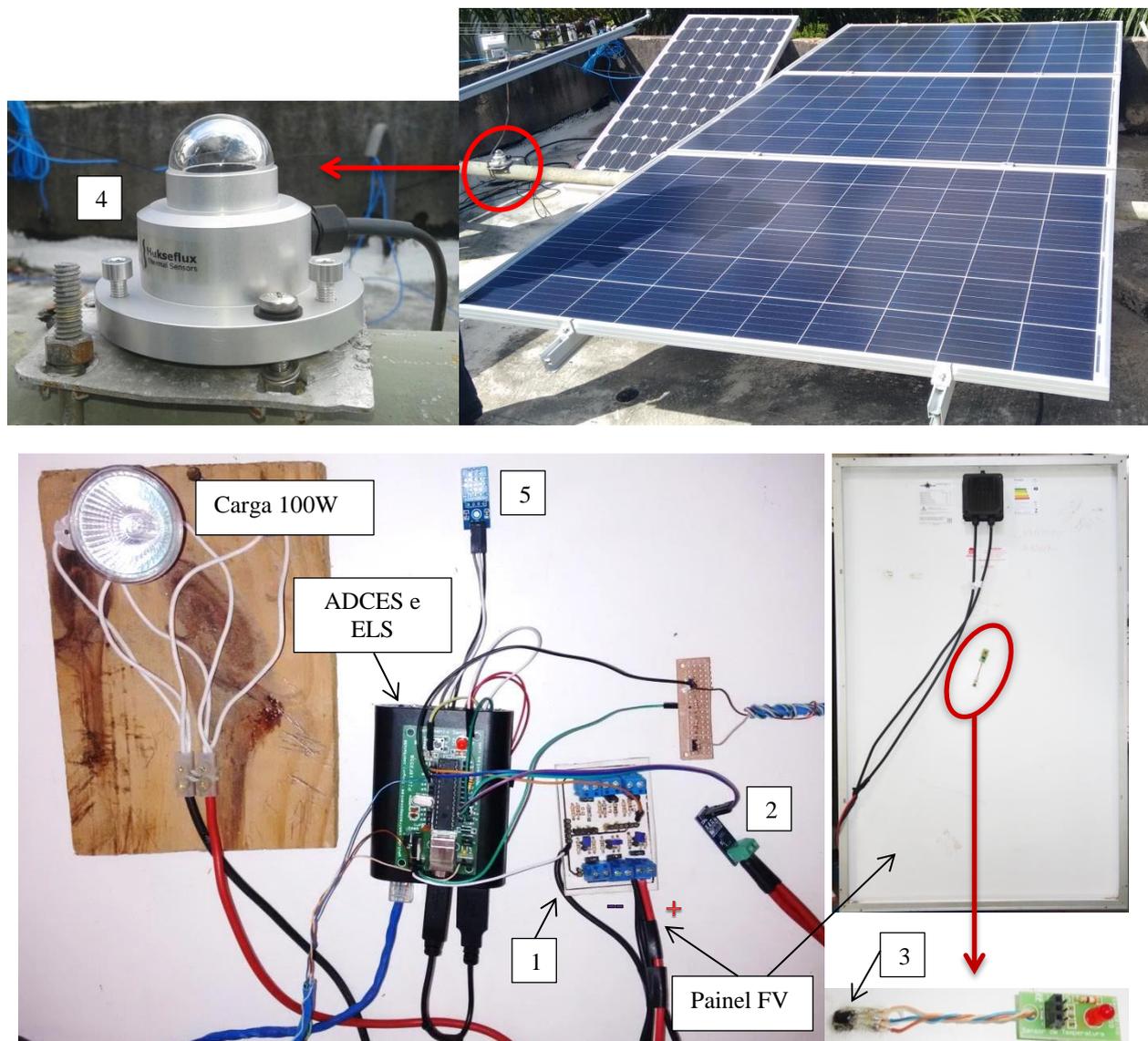


Figura 3- Conexão dos sensores ao painel FV.

Considerando a tensão do painel FV em circuito aberto em torno de 20 V, foi utilizado um divisor de tensão baseado em resistores com precisão de 5 %, no intuito que a tensão no ADCES não ultrapasse 5 V. Para medição de corrente foi utilizado o sensor ACS712 (precisão de 1,5 %). Para medição da irradiância solar foi utilizado um piranômetro Hukseflux LP02 (incerteza de calibração de 1,8 %). O sinal deste sensor é da ordem de  $\mu\text{V}$  e deve ser conectado a uma placa amplificadora de sinais, como, por exemplo, a baseada no CI LM324, que foi desenvolvida para esta finalidade. A saída amplificada (0 a 10 V), com precisão de aproximadamente 1%, é conectada a um divisor de tensão resistivo por dois (tolerância 5%) e em seguida ao pino de entrada analógica (AD) do ADCES. Este por sua vez transmite a medição via serial ao ELS, que envia ao servidor pela Internet para geração de gráficos.

A análise da temperatura em um painel FV é importante, pois o rendimento do painel cai à medida que a temperatura aumenta. Para esta medição foi utilizado o sensor LM35 fixado no centro do painel, onde há maior concentração de calor. Alimentado por uma tensão de 4-20 Vdc e GND, apresenta um sinal de saída de 10 mV/°C com uma faixa de medição de -55 a 150 °C e precisão de 0,5 °C.

O sensor é conectado ao PIC e envia o valor medido via interface serial ao Rpi. Isto é necessário, pois o Rpi não possui pinos de entrada analógicos, ou seja, conversor AD, necessário para leitura e conversão de valores analógicos em

digitais. Por outro lado, para medição da temperatura ambiente, foi utilizado o sensor DHT11. Este, por ser digital, pode ser conectado diretamente ao Rpi. Com as duas variáveis, temperatura e umidade, o Rpi pode então postar os dados no servidor na nuvem. A medição de temperatura ambiente vai de 0 a 50 °C com precisão de 2 °C e umidade, de 20 a 90 % com precisão de 5 %. O firmware implementado em linguagem C e armazenado no Raspberry Pi recebe os dados de temperatura e umidade do sensor DHT11 e armazena em um vetor juntamente com um *checksum* para verificação da integridade dos dados.

## 2.4 Monitoramento Online

O objetivo do presente artigo é desenvolver um sistema embarcado Linux aplicado ao monitoramento na nuvem de uma planta de geração FV descentralizada, como ilustrado na Fig. 4. Neste item é descrito o ambiente *online* desenvolvido em software livre, baseado em PHP, com banco de dados MySQL para monitoramento da planta FV.

O processo de monitoramento está dividido nas seguintes etapas:

- Aquisição de dados através dos sensores: tensão e corrente FV, temperatura do painel e do ambiente, irradiância e umidade do ar;
- Envio dos dados pelo ADCES ao Rpi e condicionamento dos dados recebidos;
- Transmissão dos dados para um servidor na nuvem para geração de gráficos e manipulação dos dados de acordo com a necessidade do usuário.

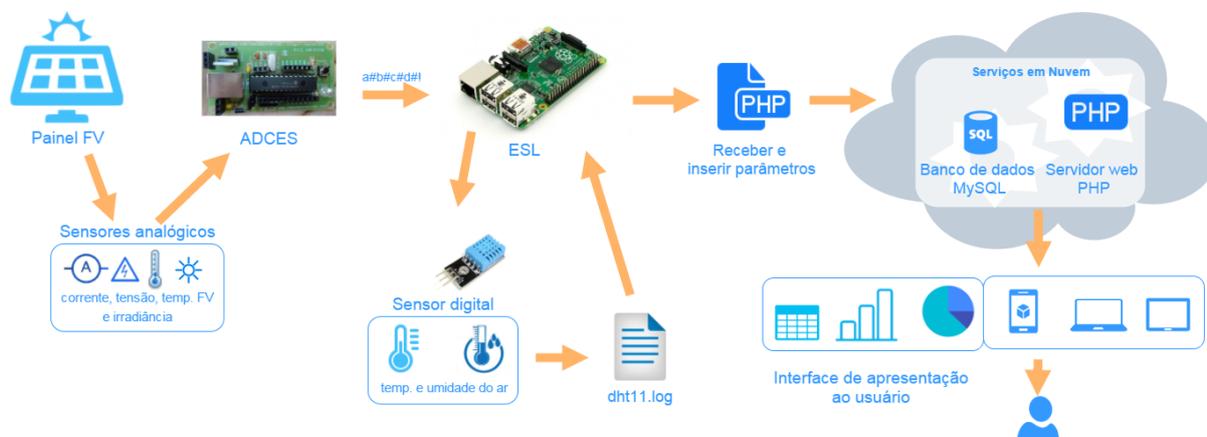


Figura 4- Diagrama geral do projeto proposto.

Os dados dos sensores analógicos recebidos pelo ADCES são tratados e enviados de forma serial em uma sequência de caracteres pré-definida. Esta cadeia é recebida pelo Rpi e tratada para extrair e concatenar os valores dos diferentes sensores, para depois enviá-los para uma página PHP que atua como uma interface de comunicação entre o Rpi e a base de dados. A aplicação foi desenvolvida com a linguagem de programação PHP para a construção de gráficos, devido ao fato de ser software livre. A visualização dos *logs* de monitoramento é feita a partir de um banco de dados estruturado MySQL, que pode ser consultado por qualquer dispositivo computacional, conectado à Internet, por meio de senha de acesso específica de cada usuário. As consultas podem ser realizadas a qualquer momento com a atualização das páginas a cada 30 segundos. Para acessar o sistema de monitoramento, é necessário digitar o endereço: <http://sanusb.org/ftpmonitor/> (inserido no ELS) e em seguida é exibido o formulário de autenticação do sistema.

O sensor DHT11, por ser digital, é conectado diretamente ao Rpi e permite medir os valores de temperatura e umidade. O Rpi recebe os dados do sensor e armazena em um arquivo a data da medição assim como a parte decimal e inteira tanto da temperatura quanto da umidade.

Depois de ser construída a cadeia com os valores de todos os sensores tanto analógicos quanto digitais, a informação é postada e armazenada no banco de dados num servidor na nuvem através do Rpi para sua apresentação aos usuários. Os dados coletados pelo sistema estão publicados em um servidor na Internet para serem visualizados remotamente através de uma página armazenada neste servidor. Nesta etapa está sendo utilizado um servidor gratuito para envio e recepção dos dados. Embora este tipo de serviço tenha uma série de limitações tais como a implementação de linguagens de script e a utilização de banco de dados, este pode ser utilizado durante desenvolvimento e testes.

A configuração através de uma interface de comunicação oferece maiores vantagens sobre uma configuração de envios e inserção diretamente sobre a base de dados, pois a última configuração não permite uma comunicação com servidores gratuitos na Internet. Por outro lado, com a configuração adotada, os dados são enviados para o servidor WEB e este é responsável por armazenar no banco de dados configurado.

Na guia 'Monitoramento' (Fig. 5), pode ser consultado o gráfico de cada sensor. É possível também acessar os gráficos em tempo real e os *logs* de monitoramento de todos os sensores configurados, bem como exportar e imprimir as informações para diferentes formatos (PNG, JPEG, PDF e SVG para gráficos; PDF e XLS para *logs*), permitindo filtrar por períodos de data.

A opção 'Gráficos gerais' (Fig. 5) exibe representações das médias diárias e os maiores e menores valores registrados para cada sensor. A opção 'Administração' (Fig. 5) oferece a lista dos usuários e sensores configurados no

sistema e facilita a gestão dos diferentes indicadores do banco de dados, bem como funções de manutenção e suporte necessário para o funcionamento adequado do sistema. Os novos usuários recebem uma notificação do sistema após a sua criação. O programa de monitoramento envia um e-mail com os dados do novo usuário junto com a senha inicial definida pelo administrador. No primeiro acesso ao sistema, a alteração da senha é obrigatória verificando assim a segurança e a integridade do sistema. Na guia 'Equipe de pesquisa (Fig. 5), pode ser consultado o Currículo Lattes de cada um dos participantes da pesquisa. Selecionando a opção *Logs*, mostrada na Fig. 5, o usuário pode acessar uma lista com os registros de medições armazenados para os sensores. O fluxograma de tratamento dos dados pode ser visto na Fig. 6. Vale ressaltar que o site do servidor só permite fazer *upload* de até 100 kB, o que limita em código fonte o tipo de arquivo a ser enviado para o servidor.



Figura 5- Menu de trabalho do sistema.

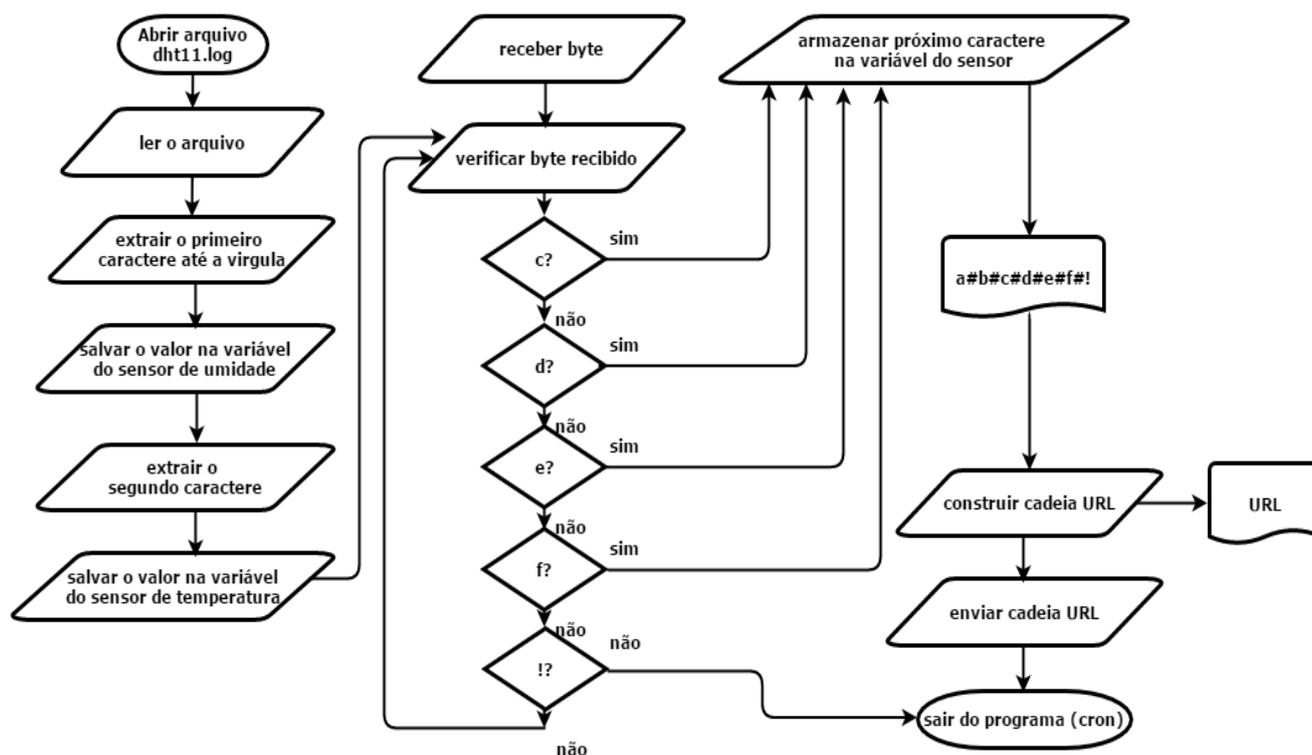


Figura 6- Fluxograma de tratamento dos dados dos sensores.

### 3. RESULTADOS

Neste tópico são apresentados os resultados obtidos com a aplicação *WEB* para monitoramento *online* referente aos dados de geração de um painel FV. Ao selecionar uma das opções do menu 'Monitoramento', é mostrado o gráfico com as medições armazenadas dos sensores. Um gráfico gerado na página *WEB* desenvolvida pode ser visto na Fig. 7, mostrando a temperatura do centro do painel FV e a irradiância no dia 07 de fevereiro de 2016. Observa-se que a temperatura do painel aumenta de acordo com a irradiância solar. Em um típico dia de sol pleno no Nordeste do Brasil, onde o sistema está instalado, o valor de irradiância pode chegar a mais de 1.000 W/m<sup>2</sup> em torno do meio dia. Com uma carga de 100 W, o painel de 95 W e 19 V começa gerar a partir de 6h, gradativamente, até o máximo entre 10h e 12h da manhã, iniciando a decrescer, dependendo do dia, entre 15h e 17h, onde há pouca irradiância solar sobre o painel FV. Em relação à temperatura do painel FV neste dia, os valores máximos de 64 °C a 78 °C são atingidos em torno de 10h e 12h da manhã, enquanto a temperatura ambiente apresenta uma média de 32 °C. Neste período do ano estão sendo registradas várias curvas diferentes, que podem ser verificadas na página *WEB*, devido a um fenômeno atípico no estado

do Ceará, com muitas chuvas e dias bastante nublados. Os pequenos valores de irradiância que ainda apresentam-se durante o período noturno são devido à faixa de tolerância de 5% dos resistores utilizados para a leitura do valor do piranômetro, que é recebido após condicionamento em uma placa amplificadora.

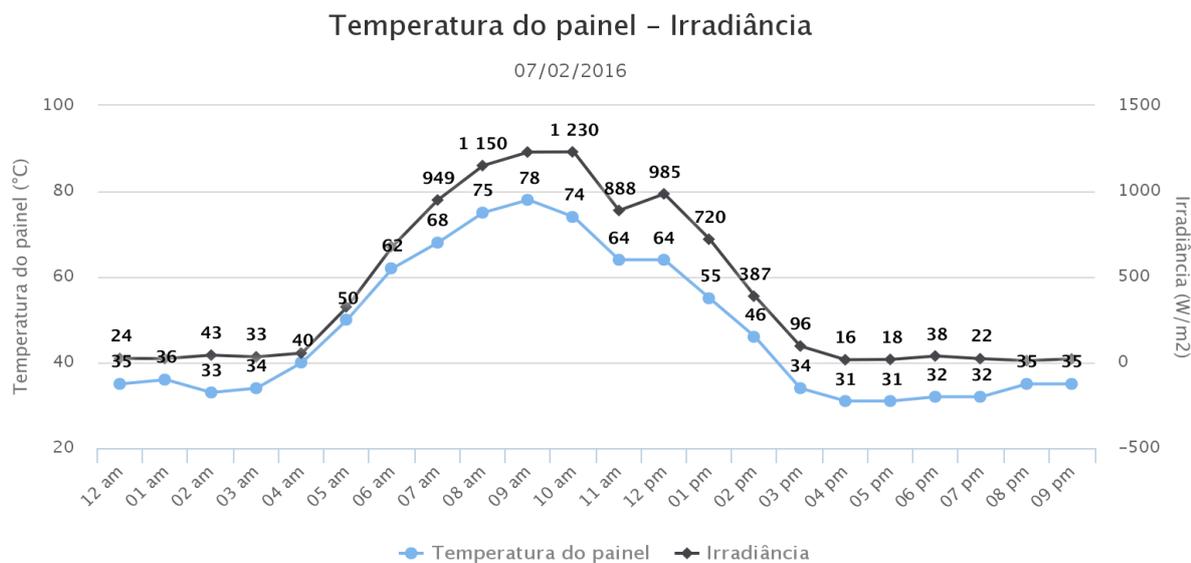


Figura 7- Temperatura do painel FV e irradiância solar no dia 07/02/2016.

A umidade do ar manteve-se em uma média de 40% durante o mês de janeiro. Apesar da cidade de Fortaleza-CE apresentar um excelente potencial solar, apresenta também altas temperaturas, o que reduz a eficiência do painel. É possível visualizar também na Fig. 8, as medições de tensão, corrente e potência do painel FV no dia 07 de fevereiro de 2016. Observa-se que entre 10h e 12h tem-se o máximo de geração, com tensão chegando a 18,4 V, corrente de 3,4 A e potência máxima de 62,5 W. Vale ressaltar que, como a natureza da irradiância solar é aleatória e que se tem uma carga de 100 W, dificilmente o valor de pico previsto de 95 W do painel FV será atingido, pois é um valor obtido em laboratório para irradiância de 1.000 W/m<sup>2</sup> e a 25 °C em circuito aberto. Em caso de uso de MPPT, pode-se chegar aproximadamente ao ponto de máxima potência do painel.

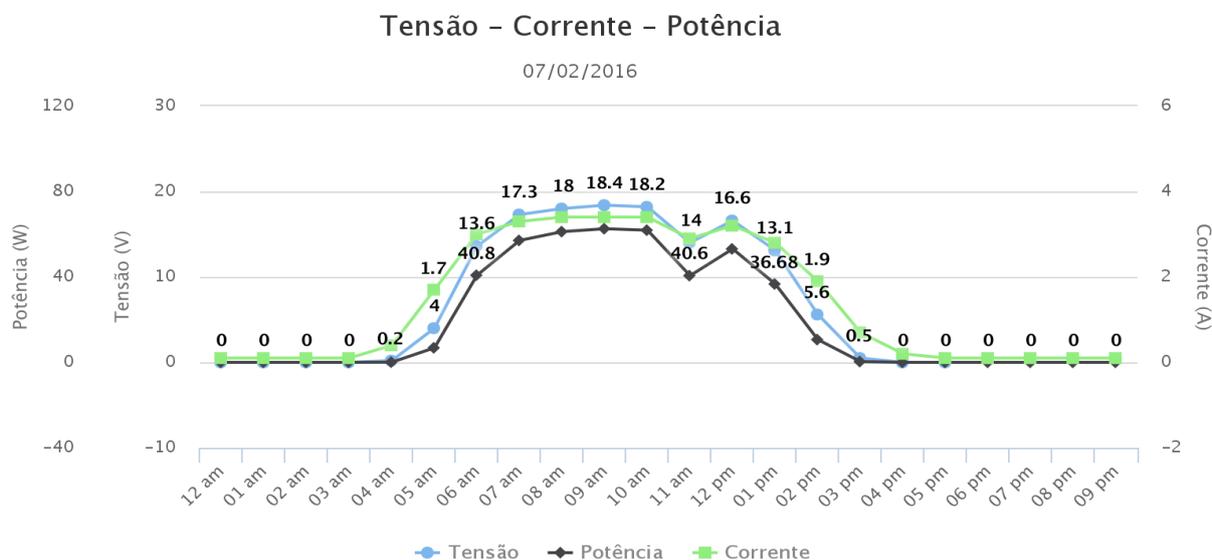


Figura 8- Tensão, corrente e potência do painel FV no dia 07/02/2016.

#### 4. CONCLUSÕES

Como os recursos financeiros dos países em desenvolvimento são geralmente limitados, as soluções dedicadas para monitoramento e identificação dos recursos energéticos locais e para o monitoramento em tempo real de plantas descentralizadas que utilizam fontes renováveis de energia podem contribuir para uma política de descentralização da geração de energia elétrica nestes países, como é o caso do Brasil.

O presente artigo apresentou uma nova proposta de sistema de aquisição de dados sem fio e monitoramento *online* em nuvem aplicado à geração FV descentralizada de energia elétrica. O sistema desenvolvido de monitoramento *WEB* mostrou-se eficaz devido à possibilidade de consulta *online* e em tempo real da operação da planta de microgeração

elétrica, apresentando a execução projetada. A utilização de ferramentas baseadas em *software* livre para sistemas de monitoramento *online*, aplicadas em microgeração, permite maior interação e acessibilidade aos usuários em geral, devido ao baixo custo. O modelo proposto pode ser expandido para registrar dados de outros tipos de sensores analógicos ou digitais, bem como para outros tipos de aplicações utilizando fontes renováveis de energia. Outra vantagem da plataforma proposta é que utilizando o serviço em nuvem como ponto de acesso não há necessidade de desbloquear portas e/ou firewall.

A gravação *online* de microcontroladores PIC através de um *Raspberry Pi* foi realizada com sucesso. O sistema microcontrolado utilizado, SanUSB, permitiu a gravação direta através do PIC conectado à USB do *Raspberry Pi*, conectado à Internet. O baixo custo do *hardware*, além do custo zero do *software* embarcado, baseado no *Linux* são as duas principais vantagens, além da possibilidade de uso deste sistema para o aprendizado de linguagens de programação, sistemas embarcados e a integração com os microcontroladores para aplicação em projetos reais nas áreas de Eletrônica, Robótica e Informática.

Como estudo de caso para o sistema de monitoramento da configuração proposta, foi utilizado um painel FV e vários sensores ligados ao sistema desenvolvido para coletar dados de tensão e corrente do painel, temperatura do painel e temperatura ambiente, irradiância solar e umidade do ar. Os dados coletados foram enviados ao banco de dados na nuvem para sua posterior consulta. Além dos gráficos e tabelas gerados na página WEB para uma melhor visualização e tratamento dos dados, é oferecida também a possibilidade de exportá-los em planilhas para processamento em outros programas. Como resultados, pode-se observar que com uma carga de 100 W, o painel de 95 W e 19 V apresenta geração de energia elétrica, no mês de fevereiro de 2016, de 6h ou 7h da manhã até às 15h ou 17h, de acordo com o dia. Em relação à temperatura do painel FV, o valor máximo de 64 °C a 78 °C é atingido entre 10h e 12h da manhã, enquanto a temperatura ambiente apresenta uma média 32 °C. O valor máximo de 18,4 V foi atingido no momento em que houve um pico de irradiância de 1.230 W/m<sup>2</sup>.

### **Agradecimentos**

CNPq pela bolsa de Mestrado em Eng. Elétrica concedida à primeira autora e CAPES pela bolsa de Doutorado em Eng. Elétrica concedida à segunda autora.

### **REFERÊNCIAS**

- ANEEL, 2015. Resolução Normativa nº 482. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>>. Acesso em 15 Nov 2015.
- Brito, D.N., Figueiredo, R.P., Jucá, S.C.S., Pereira, R.I.S., Sampaio, F., Maciel, M.A.S., 2014. Software Livre de Monitoramento Online de Microgeração Elétrica Via Modem WiFi. In: II Encontro Nacional de Computação dos Institutos Federais. pp. 2–5.
- Brito, F.T., Jucá, S.C.S., Carvalho, P.C.M., Souza, R.W.R., 2010. Sistema de supervisão em baixo custo de uma planta de bombeamento de água acionada por gerador eólico. In: III Congresso Brasileiro de Energia Solar - CBENS.
- Jucá, S.C.S., Carvalho, P.C.M., Brito, F.T., 2009. SanUSB: software educacional para o ensino da tecnologia de microcontroladores. Ciências & Cognição, pp. 134–144.
- Sampaio, F., Jucá, S.C.S., Pereira, R.I.S., 2014. Aplicação WEB para Monitoramento Online de Microgeração Elétrica via Modem WiFi utilizando Fontes Renováveis de Energia. In: Encontro Anual de Tecnologia da Informação e Semana Acadêmica de Tecnologia da Informação - EATI. pp. 223–230.
- SanUSB, G., 2015. Ferramenta SanUSB. Disponível em: <<http://tinyurl.com/SanuSB>>. Acesso em 15 Nov 2015.

### **LINUX EMBEDDED SYSTEM APPLIED TO CLOUD MONITORING OF A MICROGENERATION PV PLANT**

**Abstract.** *This paper describes the development of a data acquisition and a cloud monitoring system (REMS) applied to a photovoltaic panel (PV). The REMS performs sensing and control of decentralized microgeneration plants with communication to a database and an online server via an Embedded Linux System (ELS). REMS allows also the connection of digital and analog sensors using the Analog/Digital Converter Embedded System (ADCES) developed to this application. The ADCES is based on the microcontroller system SanUSB, which is a tool of free software and hardware of the PIC18Fxx5x family with USB interface. The Raspberry Pi, which makes up the ELS, is a computer with the size of a credit card and a low-cost hardware, compared to conventional PCs, but zero cost of the free Linux software. The main advantage of this research is the possibility of remote monitoring via cloud, or any computer system connected to the Internet without the need for a dedicated PC. Thus, it can perform updates to the microcontroller firmware and configure the ELS via Internet. The variables measured are voltage and current of the PV panel, the PV panel and ambient temperature, irradiance and humidity. Was successfully performed the online recording of PIC microcontrollers through a Rpi beyond the collection of data from sensors monitored. The information received was stored in the cloud database for later viewing through charts and tables on the web site developed in this work.*

**Key words:** *Data acquisition, Online Monitoring, Renewable Energy*