



**XXIII SNPTEE  
SEMINÁRIO NACIONAL  
DE PRODUÇÃO E  
TRANSMISSÃO DE  
ENERGIA ELÉTRICA**

FI/GTL/25  
18 a 21 de Outubro de 2015  
Foz do Iguaçu - PR

## **GRUPO - XV**

### **GRUPO DE ESTUDO DE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO E TELECOMUNICAÇÃO PARA SISTEMAS ELÉTRICOS - GTL**

#### **SISTEMA DE TELECOMUNICAÇÃO ONLINE PARA MICROGERAÇÃO ELÉTRICA VIA MODEM WIFI EMBARCADO**

**Renata I. S. Pereira (\*)**

**Sandro C. S. Jucá**

**Paulo C. M. Carvalho**

## **RESUMO**

O presente trabalho desenvolvido consiste em um sistema baseado em hardware e software livre para telecomunicação *online*, utilizando modem WiFi embarcado, aplicado a uma planta de microgeração elétrica baseada em microgeradores termoeletricos (GTEs). Estes possuem pequena dimensão, zero emissão de carbono, ausência de partes móveis e ruído, além de produzirem energia elétrica através do reaproveitamento de resíduos de calor. O principal objetivo é analisar variáveis da planta através de um software de monitoramento *online* desenvolvido, no intuito de permitir que dados sejam armazenados em um banco *online* e que o usuário possa gerar gráficos com possibilidade de acesso remoto.

## **PALAVRAS-CHAVE**

Monitoramento WiFi, Sistema de Aquisição de dados, Microgeração Termoeletrica, Fontes de Energia Renovável

### **1.0 - INTRODUÇÃO**

Com base na resolução normativa n. 482 da ANEEL, que estabelece condições gerais para a microgeração de energia elétrica conectada na rede de distribuição por meio de unidades com potência instalada menor ou igual a 100 kW, torna-se ainda mais relevante o desenvolvimento de sistemas de monitoramento *online* para os processos de microgeração de energia elétrica.

Sistemas de aquisição de dados e de monitoramento *online* são aplicáveis em diversas etapas do processo de microgeração elétrica proveniente de fontes renováveis de energia como, por exemplo, na avaliação de potencial energético, no prognóstico de falhas na geração, na verificação prática de dados do projeto, bem como na otimização da eficiência de geração, tendo em vista que é possível informar, em tempo real, os parâmetros de geração e operação. Por outro lado, os equipamentos com esta finalidade específica ainda são pouco encontrados ou encontrados apenas em grandes centrais de geração com monitoramento complexo e com custos relativamente elevados, inviabilizando a implantação em clientes residenciais e em outros clientes que se encontram dentro da faixa de potência de microgeração de energia elétrica estabelecida pela ANEEL.

Como estudo de caso para aplicação do sistema embarcado de monitoramento *online* proposto, foi utilizada uma planta baseada em microgeradores termoeletricos (GTEs). Este princípio de

(\*) DEE – UFC, Caixa Postal 6001, Campus do Pici, CEP 60440-554, Fortaleza CE – Brasil.  
Tel: (+55 85) 3366-9585 – Fax: (+55 85) 3366-9574 – Email: renata@dee.ufc.br

microgeração alternativa tem atraído interesse considerável devido à pequena dimensão do dispositivo, zero emissão de carbono, ausência de partes móveis e de ruído acústico, além da alta confiabilidade. GTEs também são opções viáveis para produzir energia elétrica como, por exemplo, através do reaproveitamento de resíduos de calor proveniente de freios em veículos ou motores à combustão, em sistemas de concentração solar, bem como em cogeração elétrica através do aproveitamento de energia geotérmica.

Um GTE consiste na montagem de vários pares termoeletrônicos ligados em série cuja tensão gerada depende da temperatura da junção quente em relação à temperatura da junção fria. A geração de energia elétrica através do GTE é um dos principais processos de conversão direta de energia térmica e renovável em energia elétrica, e garante uma operação prolongada e confiável.

O sistema de telecomunicação *online* proposto, utilizando modem WiFi embarcado, foi implementado para analisar variáveis da planta de microgeração termoeletrônica. Além disso, foi desenvolvido também um software de monitoramento *online* para permitir que os dados sejam armazenados em um banco *online* e que o usuário possa gerar gráficos na mesma página, com acesso remoto através de dispositivos computacionais. No estudo de caso, foram analisados os valores de temperatura dos lados quente e frio do GTE, bem como valores de tensão, corrente e potência, gerados pelo GTE, para um circuito com cinco diferentes cargas e em circuito aberto.

Todo o sistema de monitoramento e de telecomunicação de dados foi desenvolvido em software livre para ser utilizado em multiplataforma (Linux, Windows® e Mac OSX), no intuito de facilitar a difusão da ferramenta computacional desenvolvida entre diversos perfis de usuários. O software livre de monitoramento *online* proposto possibilita também acompanhar e controlar remotamente cargas da planta de microgeração via *smartphones*, *tablets* ou outros dispositivos móveis com acesso à Internet. Durante a instalação do sistema de sensoriamento e a atualização no banco de dados, o software proposto mostrou bom desempenho, confiabilidade e fácil interatividade com os usuários.

## 2.0 - MICROGERADOR TERMOELÉTRICO (GTE)

O GTE baseia-se no efeito Seebeck, descoberto por Thomas Seebeck em 1821, que observou um fluxo de corrente elétrica sobre uma junção de dois metais diferentes, denominada de par termoeletrônico. Um GTE consiste na montagem de vários pares termoeletrônicos ligados em série para a formação das células termoeletrônicas cuja tensão gerada depende do fluxo de calor proveniente da temperatura da junção quente em relação à temperatura da junção fria (1). O valor final da tensão elétrica gerada vai depender principalmente da diferença de temperatura fornecida e do número de células termoeletrônicas ligadas em série. A geração de energia elétrica através do GTE é um dos principais processos de conversão direta de energia térmica em energia elétrica, e garante uma operação prolongada e confiável sem manutenção devido à inexistência de partes móveis (2) – (7).

O sistema de microgeração termoeletrônica desenvolvido é composto por quatro módulos termoeletrônicos TEHP1-1264-0.8 (4 x 4 cm) conectados em série, como ilustrado na Figura 1 - (a). Os módulos termoeletrônicos podem ser formados a partir de semicondutores tipo-*p* e tipo-*n* conectados eletricamente em série, no intuito de gerar tensão de saída de 5 V, e termicamente em paralelo entre duas camadas de material cerâmico. Um GTE gera energia elétrica a partir do aquecimento do lado quente e do resfriamento do lado frio. A carga deve ser conectada nas extremidades da ligação em série dos módulos. O lado quente do módulo foi fixado a uma base metálica no intuito deste suportar temperaturas até 250 °C. Esta base foi então posicionada na superfície da fonte de calor resistiva.

Elétrons do lado quente do GTE são mais energizados do que no lado frio. Estes elétrons fluem do lado quente para o frio gerando um gradiente de concentração ao longo do material tipo-*n*. Conectando cristais tipo-*n* e tipo-*p*, através de terminais metálicos aos pares, é possível aumentar a tensão e a potência de saída. Um GTE constituído de mais de um par termoeletrônico é ilustrado esquematicamente na Figura 1 - (b), que descreve os termoelementos semicondutores tipo-*p* e tipo-*n* conectados em série através de fios metálicos no intuito de formar um termopar (8).

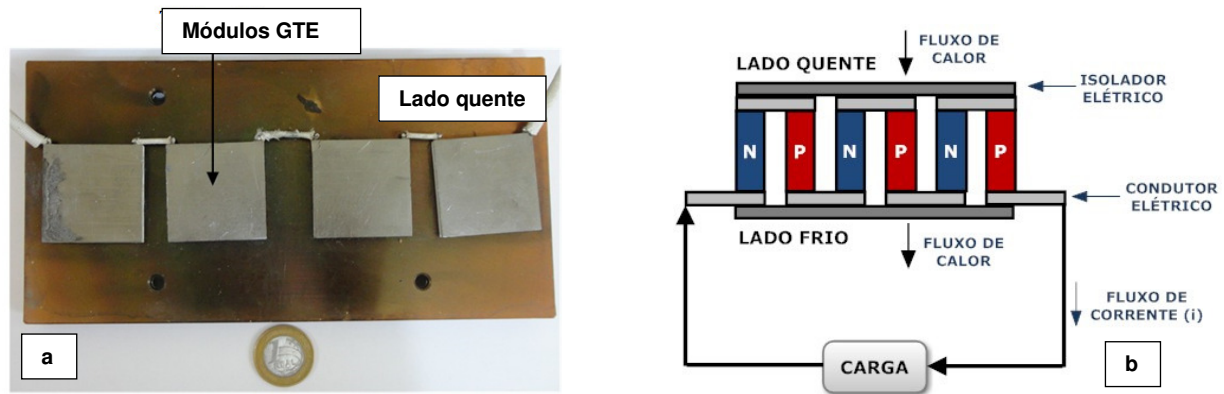


FIGURA 1 (a) – Módulos GTE (TEHP1-1264-0.8); (b) – Ilustração do processo de microgeração termoeétrica

Como uma fonte de geração de energia não poluidora, a microgeração termoeétrica tem atraído interesse considerável devido ao pequeno tamanho do dispositivo, zero emissão de carbono, ausência de partes móveis e de ruído acústico, confiabilidade e geração renovável de energia. GTEs são também uma boa opção para geração de energia elétrica através do reaproveitamento de resíduos de calor (9). Os geradores termoeletrônicos são utilizados também pela Administração Nacional da Aeronáutica e do Espaço (NASA) no intuito de fornecer energia elétrica ao robô *Curiosity* em Marte, através do calor liberado em reações de decaimento de radioisótopos nucleares (10), e, além disso, como fonte de cogeração elétrica renovável através do calor fornecido pela incineração de resíduos sólidos municipais, motores automobilísticos e maquinários industriais (11).

Sistemas termoeletrônicos podem ser projetados para trabalhar com grandes quantidades de energia (energia geotérmica (12), por exemplo), bem como em pequenas fontes de calor, no caso de aplicações automotivas ou residenciais para o reaproveitamento de resíduos de calor. Os módulos termoeletrônicos têm sido miniaturizados para uso como fonte de energia elétrica em relógios de pulso, através da diferença entre o calor corporal e o do ambiente (13). Desta forma, estes pequenos módulos podem ser produzidos em escala para uso em reaproveitamento de resíduos de calor residencial ou automotivo. Como pode ser visto na Figura 2, em um fluxo convencional de energia de um motor à combustão interna, apenas 25% da energia do combustível é utilizada para a propulsão do veículo, enquanto em torno de 40% é dissipado em forma de calor na exaustão (14). Isto significa que é possível economizar em até 20% a economia de combustível simplesmente ao capturar este calor dissipado no escape e converter em torno de apenas 10% deste em energia elétrica com a implementação de módulos termoeletrônicos (15). Neste contexto, o presente informe técnico descreve um sistema de monitoramento *online* e transmissão de dados via modem WiFi embarcado para a avaliação da eficiência de um módulo termoeletrônico.

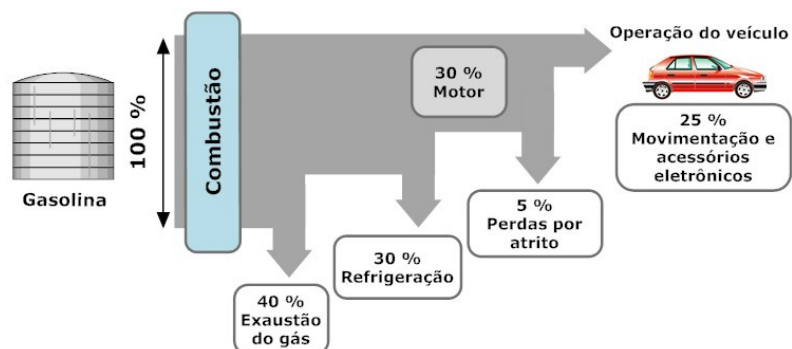


FIGURA 2 – Fluxo de energia de um motor veicular à combustão interna

### 3.0 - SISTEMA DE AQUISIÇÃO WIFI

Esta seção descreve o desenvolvimento do sistema embarcado de aquisição de dados com conexão

WiFi. A programação do sistema embarcado WiFi é baseada em código aberto e software livre, que é uma vantagem do sistema proposto. A placa envia os dados monitorados para um servidor *online* também programado em um software de código aberto.

Sistemas de aquisição de dados e monitoramento *online* são principalmente encontrados no Brasil em plantas de grande potência, com placas e circuitos complexos além do alto custo, tornando impraticável a implantação em clientes residenciais ou outros que se encaixam na faixa de microgeração (até 100 kW). Com base nisto, este informe técnico pretende desenvolver técnicas eficientes para monitoramento *online* em software livre, sensoramento e transmissão de dados via WiFi, no intuito de contribuir para a difusão e instalação de sistemas de microgeração baseados em fontes de energia renovável no Brasil, como a microgeração termoeétrica. O hardware modulado desenvolvido, visto na Figura 3, consiste de uma placa microcontrolada (a), chamada SanUSB, conectada a um modem WiFi RN-XV (b) através de uma placa de adaptação (c) desenvolvida para esta aplicação de forma a ajustar os pinos de conexão entre a SanUSB e o WiFi, bem como converter a tensão de 5 V (SanUSB) para 3,3 V (WiFi).

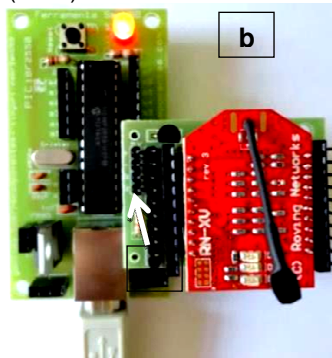


FIGURA 3 – Placa de aquisição de dados com modem WiFi

Uma plataforma baseada em WiFi para envio de dados sem fio é apresentada também em (16), que consistiu em enviar dados de sensores de movimento corporal de forma sem fio para um dispositivo móvel no intuito de controlar sistemas interativos, como aplicações musicais. Em (17), um dispositivo WiFi de bioimpedância para avaliação da sarcopenia, ou seja, perda de massa muscular devido à idade, é projetado, desenvolvido e analisado. O sistema baseou-se no protocolo WiFi para controle remoto do dispositivo e permitiu total integração à Internet. Um outro sistema sem fio desenvolvido para medições da temperatura corporal é mostrado em (18). Dois demais estudos em sensoramento remoto sem fio foram desenvolvidos em (19) e (20).

Além das aplicações citadas, (21) propôs uma rede de sensores sem fio no interior de edifícios para ser responsável por enviar dados e controlar atuadores via WiFi. A inovação segundo o autor refere-se ao SmartGate, ou seja, um *gateway* com dois transceptores integrados em uma única placa de circuito impresso. O uso do *gateway* permite a implementação de uma rede de sensores sem fio com receptores *wake-up* que podem ser acessados via Internet a partir de qualquer ponto do mundo, gerando economia de energia das baterias, pois o sensor efetua medição somente quando um comando é recebido remotamente.

O circuito microcontrolado utilizado no presente projeto é baseado em uma ferramenta computacional de programação de microcontroladores via USB desenvolvida em software livre, com registro deferido pelo Instituto Nacional de propriedade industrial (INPI) através do número 088503, executável nos sistemas operacionais Linux, Mac OSX e Windows®, com arquivos disponíveis no Grupo SanUSB (22) e liberada como software livre. Equipamentos desenvolvidos para aplicações específicas tendem a ter um melhor custo-benefício e facilitar a compreensão da forma de operação. Softwares livres são desenvolvidos a partir de contribuições voluntárias através da Internet por uma comunidade que inclui desenvolvedores distribuídos em todo o mundo. Este software oferece muitas vezes um melhor desempenho, incentiva a criatividade, permite aplicações dedicadas e possibilita também localizar e corrigir erros de código mais rápido do que em software proprietários (23). É importante enfatizar que a porta USB é utilizada como fonte de alimentação do sistema microcontrolado apenas durante a fase de desenvolvimento do código e programação da placa.

Neste contexto, o sistema de transmissão de dados para monitoramento da eficiência dos módulos GTE (ver Figura 4) consiste de uma placa de controle de potência CA do lado quente (a), sensor de

temperatura (termopar) do lado quente (b), placa de aquisição de dados (c) e modem WiFi (d).

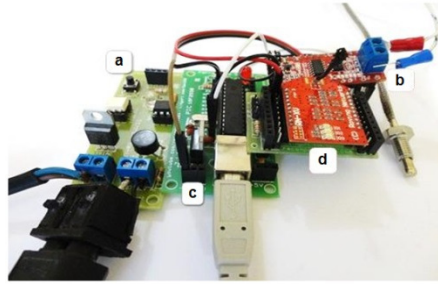


FIGURA 4 – Sistema de Aquisição de dados WiFi aplicado a microgeração de módulos termoelétricos

#### 4.0 - MONITORAMENTO DE MICROGERAÇÃO DO GTE

Redes WiFi usam tecnologias de ondas de rádio com os padrões do Instituto de Engenheiros Eletricistas e Eletrônicos (IEEE), entre elas a IEEE 802.11a, a 802.11b, e a 802.11g. Estes padrões fornecem conexão sem fio segura e confiável. Redes WiFi podem ser utilizadas para conexão entre dispositivos computacionais, como também para conectá-los à Internet (24). A rede WiFi opera nas bandas de rádio não licenciadas 2.4 GHz nos padrões IEEE 802.11b e IEEE 802.11g e na frequência 5 GHz no padrão 802.11a (25).

O modem WiFi é baseado no módulo RN-171 para promover conexão às redes sem fio. Para o funcionamento deste modem são necessários apenas quatro pinos, destinados à alimentação e à transmissão de dados. Este dispositivo possui uma antena independente, que aumenta o raio de ação e fornece sinais de transmissão mais fortes. Oferece também suporte aos protocolos mais comuns de comunicação, entre os quais *Transmission Control Protocol* (TCP), *User Datagram Protocol* (UDP) e *File Transfer Protocol* (FTP).

Se houver mais de um módulo WiFi ou dispositivo computacional conectado à Internet em uma rede doméstica utilizando um roteador de banda larga ou gateway, na maioria das vezes somente este roteador contém um endereço IP Internet e cada dispositivo na rede interna utiliza um endereço IP Intranet local que é fornecido pelo roteador. O endereço IP local Intranet geralmente é criado de forma dinâmica através de um serviço chamado *Dynamic Host Configuration Protocol* (DHCP) do roteador, ou definido de forma estática pelo usuário, de acordo com a rede; por exemplo, se o roteador for 192.168.1.1, o endereço IP fixo da Intranet criado pelo usuário pode ser, por exemplo, 192.168.1.195, se não houver nenhum outro dispositivo configurado previamente com este IP. No monitoramento *online* desenvolvido, o circuito microcontrolado conectado ao módulo WiFi pode operar nos dois modos, como servidor, ou seja, quando um navegador (locutor ou cliente) solicita que microcontrolador (ouvidor ou servidor) ligue uma carga; e como cliente (locutor), quando o microcontrolador envia dados analógicos ou digitais para um servidor qualquer com banco de dados.

Neste caso, o envio de informações para o banco de dados *online* foi configurado com acesso remoto via WiFi, sem tarifação por fluxo de dados, diferentemente das aplicações que utilizam o protocolo 3G/GPRS disponibilizado pelas operadoras de telefonia móvel. Neste contexto, o desenvolvimento, a programação e a aplicação de um sistema de monitoramento *online* e aquisição de dados sem fio usando software de código aberto são descritos. O banco de dados *online* pode ser consultado por qualquer dispositivo computacional com acesso à Internet através de senha pessoal. A consulta pode ser feita a qualquer momento, com atualização a cada minuto (26). A Figura 5 mostra o monitoramento desenvolvido em dois estágios 'a' e 'b':

- a. Sensoriamento, condicionamento e transmissão de dados;
- b. Armazenamento dos dados em um banco *online* e apresentação ao usuário.



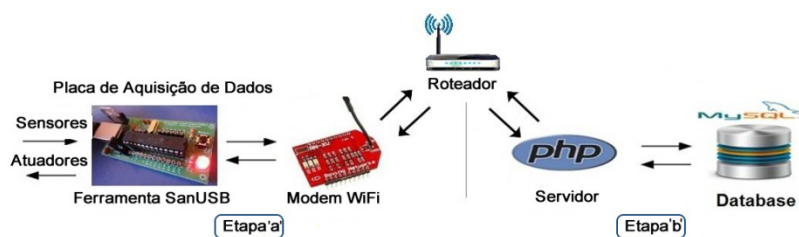


FIGURA 5 – Passos do software de código aberto do sistema de monitoramento

O primeiro estágio, 'a', estabelece a comunicação entre os sensores conectados à placa de aquisição de dados. O segundo estágio, 'b', refere-se à camada de apresentação, desenvolvida na linguagem de programação PHP com banco de dados MySQL. Desta forma, uma opção livre para monitoramento *online* aplicada a fontes de energia renovável é introduzida. O primeiro estágio de sensoriamento, condicionamento e aquisição sem fio lê os dados dos sensores a cada minuto e os salva na memória interna do microcontrolador (EEPROM). A cada dez minutos, a média dos valores medidos é calculada e enviada ao segundo estágio. É importante mencionar que atuadores podem ser conectados à placa, permitindo o controle de cargas WiFi através do servidor. Neste, foram desenvolvidas uma interface de comunicação com o sistema de aquisição e outra trabalhando em paralelo para apresentação ao usuário.

A primeira interface é responsável por receber os dados, armazená-los no banco de dados persistente e enviar uma confirmação ao circuito microcontrolado. Já a interface com o usuário fornece um *front-end* amigável que possibilita a visualização dos dados na forma de planilha ou gráfico. O firmware embarcado foi programado usando um filtro digital para identificar e excluir os valores anormais que diferem em mais de 100% dos valores máximos e mínimos de referência da variável medida a cada minuto. O sistema como um todo é mostrado na Figura 6.

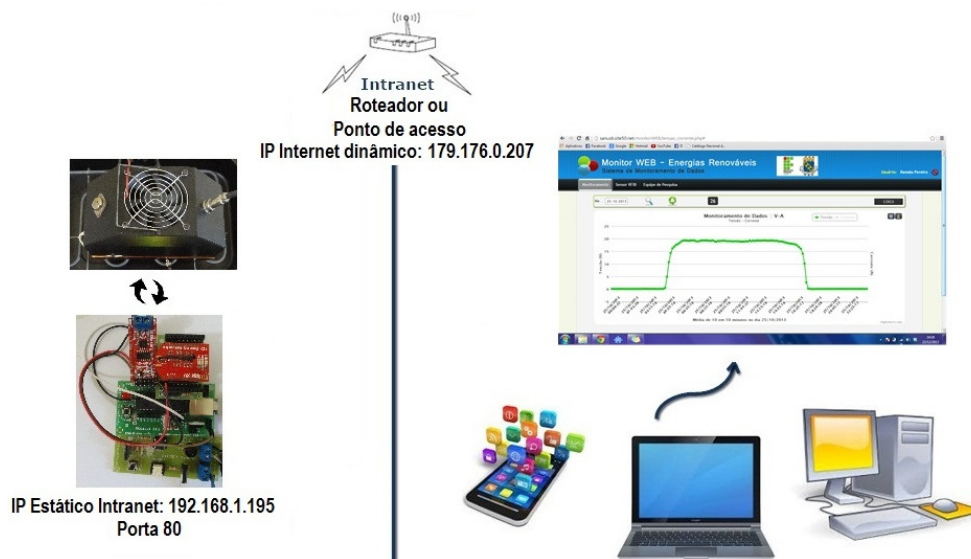


FIGURA 6 – Processo de monitoramento *online* via modem WiFi

O *software* livre de monitoramento utilizado, denominado Monitor WEB, é uma aplicação desenvolvida em um servidor *online* com a linguagem de programação PHP em conjunto com uma base de dados estruturada no SGBD (Sistema de Gerenciamento de Bancos de Dados) no intuito de servir como visualização do monitoramento dos dados de microgeração, enviados através de comunicação WiFi. Para acessar a página WEB, é necessário entrar no link do site em PHP e preencher os dados de autenticação com usuário e senha pré-registrados. Desta forma, somente os usuários pré-cadastrados podem ser redirecionados para a página inicial do sistema.

Através do monitor WEB é possível consultar os dados armazenados no banco *online* através de *smartphones* ou PCs. Considerando que o padrão ethernet é a solução mais utilizada atualmente, em sistemas prioritários para interconectividade de redes, o custo de sistemas de monitoramento para

microgeração em rede WiFi com software livre tende a ser cada vez menor. O tempo de amostragem mínimo para visualização do dado no servidor é de aproximadamente três segundos após o envio deste via WiFi, que é considerada como uma limitação para sistemas em tempo real.

No menu 'Monitoramento', é possível visualizar os dados medidos na forma de gráfico e de *logs*, como mostrado na Figura 7. Ao clicar no submenu 'Logs', é possível visualizar os dados em forma de planilha, com registro de data e hora que o valor foi recebido pelo banco. Para gerar os gráficos, foi utilizada a biblioteca *Highcharts*, escrita em Java Script, que é uma linguagem de programação interpretada para WEB. O gráfico é atualizado a cada 30 segundos e para exibir a medição de um dia específico, é necessário selecionar no calendário uma data válida e confirmar no botão lupa. Logo depois, o gráfico será atualizado mostrando a média representativa de dez minutos do sensor selecionado. O sistema também oferece opção de imprimir ou exportar os gráficos nos formatos PNG, JPEG, PDF, e SVG.



FIGURA 7 – Tela do Menu expandida

Para acessar o sistema remotamente através de um dispositivo computacional, é necessário digitar o IP estático pré-definido no código, como citado anteriormente, por exemplo 192.168.1.195, seguido de uma barra e de um dos comandos programados no circuito microcontrolado (192.168.1.195/YT), como pode ser visto na Figura 8, juntamente com a tela de confirmação de recebimento dos dados de medição do microgerador termoelétrico por parte do servidor *online*.

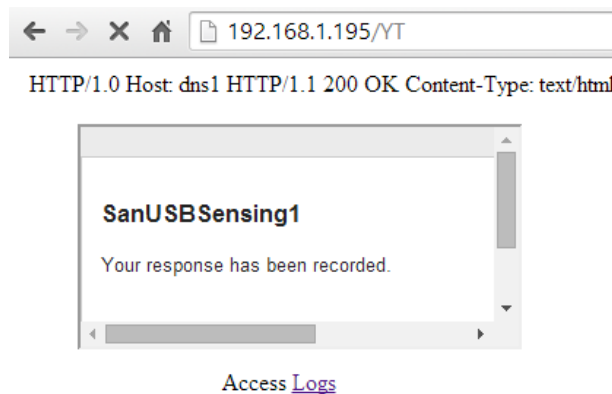


FIGURA 8 – Resposta de confirmação do recebimento do dado pelo servidor *online*.

Ao acessar o *link* 'Logs', o usuário pode acompanhar em tempo real as informações enviadas pelo sistema via WiFi a cada dez segundos. É possível também gerar os gráficos na mesma página em que os dados são armazenados, como mostrado na Figura 9.

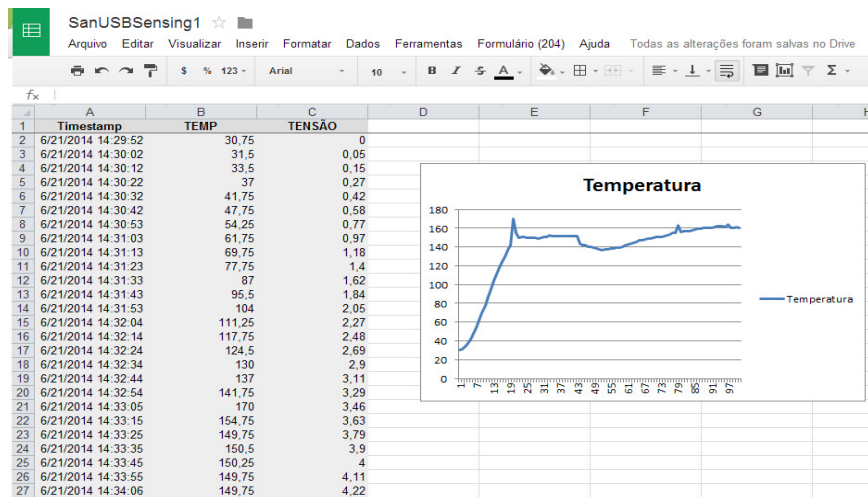


FIGURA 9 – Visualização dos dados armazenados e de um gráfico gerado na mesma página

## 5.0 - RESULTADOS

O sistema de controle de temperatura do lado quente do GTE desenvolvido foi graduado para uma temperatura de referência de 200°C. Em uma análise, este valor foi atingido em aproximadamente 16 minutos, como pode ser visto na Figura 10 - (a). A temperatura do lado frio foi mantida em 40°C, logo a diferença de temperatura foi de 160°C. Os valores de temperatura foram comparados com o sensor de temperatura infravermelho VA6510 (27). Cinco diferentes cargas (10 Ω, 20 Ω, 30 Ω, 40 Ω e 50 Ω) foram utilizadas. O gráfico da Figura 10 - (b) mostra os valores de tensão obtidos de acordo com o tempo de estabilização da temperatura no lado quente a 200°C, ou seja, 16 minutos. Os módulos geram aproximadamente 5 V para as cinco diferentes cargas, contudo, cada uma apresenta uma curva diferente no tempo. A carga maior, de 50 Ω, gera o valor máximo de 5 V após 15 minutos, mantendo-se neste ponto devido ao controle implementado, enquanto as outras atingem o pico em menos tempo, por apresentarem resistências menores.

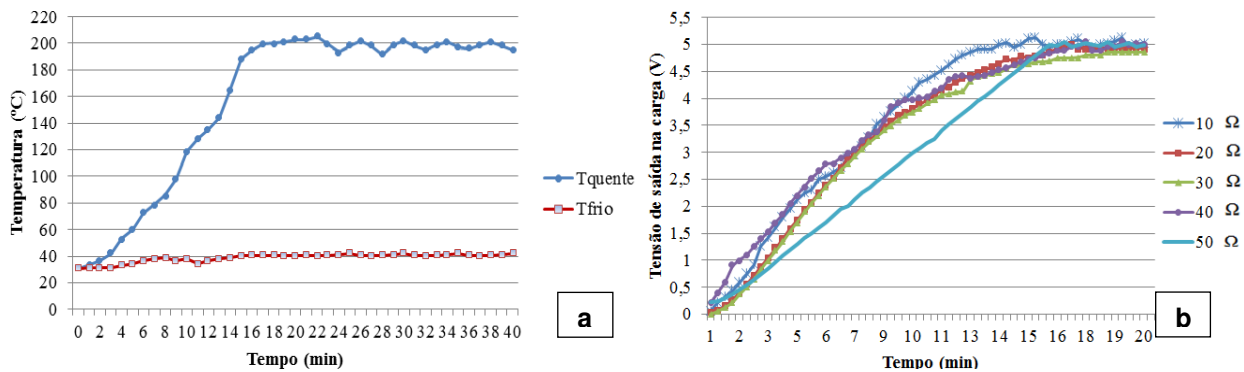


FIGURA 10 (a) – Variação de temperatura dos lados quente e frio do GTE; (b) – Tensão de saída para cinco diferentes cargas

## 6.0 - CONCLUSÃO

Novas tecnologias como a microgeração termoelétrica precisam de sistemas de monitoramento para aquisição de dados como tensão e temperatura de forma a oferecer um estudo mais eficiente em relação ao funcionamento. Devido à possibilidade de uso em reaproveitamento de resíduos de calor, esta forma de geração é uma alternativa viável, considerando diversas vantagens como ausência de partes móveis, vida útil de até 100.000 h de operação, direção de calor reversível (usada em sistemas de aquecimento e resfriamento), pode operar em ambientes hostis e menores que os necessários para os convencionais sistemas de resfriamento, além de não dependerem da posição de como são alocados no sistema. O circuito microcontrolado, bem como o *software* de monitoramento *online*, foram desenvolvidos em *software* livre e em multiplataforma (Linux, Windows® e Mac OSX), com o objetivo de



facilitar a difusão da ferramenta computacional desenvolvida entre diversos perfis de usuários. É possível visualizar os dados do monitoramento através de *smartphones*, *tablets*, PCs ou qualquer outro dispositivo computacional com acesso à Internet, através de usuário e senha de acesso. As consultas ao banco de dados podem ser feitas a qualquer momento com atualização a cada minuto. Como estudo de caso foram utilizados quatro microgeradores termoelétricos (GTEs) em série. Para esta aplicação, o sistema desenvolvido apresentou-se eficiente em relação ao monitoramento em tempo real da planta de microgeração, apesar dos dados serem enviados ao banco em até três segundos após a medição, adequando-se ao controle de temperatura com resposta lenta inerente, estando, portanto, de acordo com o projeto. O uso de ferramentas de código aberto permite ainda a acessibilidade dos diversos perfis de usuários. O sistema pode também ser expandido para armazenar dados de outros sensores digitais ou analógicos, bem como outros tipos de dados relacionados à plantas de energias renováveis.

## 7.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) ROWE, D. M., MIN, G. Design Theory of Thermoelectric Modules for Electrical Power Generation – IEEE Proc. Science Measurement Technology, 6, 351-356, 1996.
- (2) SCHWYTER, E., GLATZ, W., DURRER, L., HIEROLD, C. Flexible micro thermoelectric generator based on electroplated  $\text{Bi}_{2+x}\text{Te}_{3-x}$  – Proc. DTIP of MEMS & MOEMS, 9-11, 2008.
- (3) HAN, H. S., KIM, Y. H., KIM, S. Y., UM, S., HYUN, J. M. Performance Measurement and Analysis of a Thermoelectric Power Generator – Proc. IEEE Thermal and Thermomechanical Phenomena in Electronic Systems, 1-7, 2010.
- (4) SCHWYTER, E., GLATZ, W., DURRER, L., HIEROLD, C.  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$ -Based flexible micro thermoelectric generator with optimized design – J. Microelectromech, 18, 763-772, 2009.
- (5) KUCUKKOMURLER, A. Thermoelectric Power high temperature wireless sensing – J. Thermal Sci. and Techn., 4, 63-73, 2009.
- (6) JANG, B., HAN, S. S., KIM, J. Optimal design for micro-thermoelectric generators using finite element analysis – Microelectronic Engineering, 88, 775-778, 2011.
- (7) NUWAYHID, R. Y., ROWE, D. M., MIN, G. Low cost stove-top thermoelectric generator for regions with unreliable electricity supply – Renew. Energy, 28, 205-222, 2003.
- (8) LINEYKIN, S., BEN-YAAKOV, S. Modeling and Analysis of Thermoelectric Modules – IEEE Transactions on Industry Applications, 43, 2, 505-512, 2007.
- (9) KAO, P. H., SHIH, P. J., DAI, C. L., LIU, M. C. Fabrication and Characterization of CMOS-MEMS Thermoelectric Micro Generators – Sensors, 10, 1315-1325, 2010.
- (10) NASA'S JET PROPULSION LABORATORY. Multi-Mission Radioisotope Thermoelectric Generator Heat Exchangers for the Mars Science Laboratory Rover – NASA Tech Briefs, 2012.
- (11) JUCÁ, S. C. S., CARVALHO, P. C. M., PEREIRA, R. I. S., PETROV, D., HILLERGMANN, U. Design and Implementation of a High Temperature Control Monitoring Applied to Micro Thermoelectric Generators – International Conference on Renewable Energies and Power Quality (ICREPPQ), 11, 2013.
- (12) AHISKA, R., DISLITAS, S. Microcontroller Based Thermoelectric Generator Application – G. U. J. of Sci., 19, 131-146, 2006.
- (13) PARADISO, J. A., STARNER, T. Energy scavenging for mobile and wireless electronics – IEEE Energy Harvesting & conservation, 4.1, 18-27, 2005.
- (14) ROWE, D. M. Thermoelectrics, an environmentally-friendly source of electrical power – Renewable Energy, 16, 1251-1256, 1999.
- (15) STABLER, F. Automotive applications of high efficiency thermoelectrics – Proc. DARPA/ONR Program Review and DOE High Efficiency Thermoelectric Workshop, 1-26, 2002.
- (16) TORRESEN, J., HAFTING, Y., NYMOEN, K. A New Wi-Fi based Platform for Wireless Sensor Data Collection – Disponível em: < [http://folk.uio.no/jimtoer/NIME2013\\_JimTorresen.pdf](http://folk.uio.no/jimtoer/NIME2013_JimTorresen.pdf) >. Acesso em: 25 Janeiro 2014.
- (17) KRIZAJ, D., BALOH, M., BRAJKOVIC, R., ZAGAR, T. Design and Development of a Portable Wi-Fi enabled BIA device – Journal of Physics, Conferência Série 434, 2013.
- (18) MARTINS, G. C., SOUSA, F. R. An RF-Powered Temperature Sensor Designed for Biomedical Applications – 26th Symposium on Integrated Circuits and Systems Design, SBCCI 2013, Curitiba - Brasil.
- (19) DURANTE, M. S., MAHLKNECHT, S. An Ultra-Low Power Wakeup Receiver for Wireless Sensor Nodes – The Third International Conference on Sensor Technologies and Applications, SENSORCOMM, 167 -170, 2009.

- (20) RAISIGEL, H., CHABANIS, G., RESSEJAC, I., TROUILLON, M. Autonomous Wireless Sensor Node for Building Climate Conditioning Application – Fourth International Conference on Sensor Technologies and Applications, SENSORCOMM, 68-73, 2010.
- (21) GAMM, G. U., SESTER, S., REINDL, L. M. SmartGate-connecting wireless sensor nodes to the Internet – J. Sens. Sens. Syst., 2, 45–50, 2013.
- (22) GRUPO SANUSB. Disponível em: < <http://www.tinyurl.com/SanUSB> >. Acesso em: 02 Outubro 2014.
- (23) PAULSON, J. W., SUCCI, G., EBERLEIN, A. An empirical study of open-source and closed-source software products – IEEE Transactions on Software Engineering, 30, 246-256, 2004.
- (24) RADHA, G. S. V., RAO, K., RADHAMANI, G. WiMAX: A Wireless Technology Revolution. Nova York: Auerbach Publications, 2007.
- (25) IEEE802. Official IEEE 802.11 working group timelines. Disponível em: < [http://www.ieee802.org/11/Reports/802.11\\_Timelines.htm](http://www.ieee802.org/11/Reports/802.11_Timelines.htm) >. Acesso em: 04 Abril 2014.
- (26) PEREIRA, R. I. S., CARVALHO, P. C. M., JUCÁ, S. C. S., SAMPAIO, F., Alencar, A. S. C. Monitoramento online para microgeração utilizando fontes renováveis de energia - Seminário nacional de produção e transmissão de energia elétrica (XXII SNTPEE), Brasília – Brasil, 2013.
- (27) V&A INSTRUMENT. Mini-infrared Thermometer User Manual, 2010.

## 8.0 DADOS BIOGRÁFICOS



**Renata Imaculada Soares Pereira.** Nascida em Fortaleza - CE, em 1990. Atualmente é aluna de doutorado do programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da UFC. Concluiu mestrado em Engenharia Elétrica na UFC (2014), Tecnólogo em Manutenção Industrial (2012) e curso técnico em Automação Industrial (2009) no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE - Campus Maracanaú). Foi bolsista de iniciação científica do laboratório LAESE no IFCE - Campus Maracanaú e é coautora do livro “Desenvolvimento de Sistemas de Aquisição de Dados Sem Fio”. Áreas de atuação: sistemas embarcados para aquisição de dados, monitoramento *online* e energias renováveis.



**Sandro César Silveira Jucá.** Brasileiro, nascido em Fortaleza - CE, em 1975. Graduiu-se em Tecnologia Mecatrônica pelo Centro Federal de Educação Tecnológica do Ceará (CEFET-CE). Cursos Licenciatura em Física e especialização em Automação Industrial pela Universidade Estadual do Ceará (UECE). É mestre e doutor em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Ceará (UFC). Realizou pesquisa com doutorado-sanduíche do DAAD na Universidade de Paderborn (*Uni Paderborn*), de 2011 a 2012. É professor e pesquisador da área de Telemática do IFCE - Campus Maracanaú. É coautor do livro “Desenvolvimento de Sistemas de Aquisição de Dados Sem Fio”. Os temas de pesquisa são Fontes Renováveis de Energia e Sistemas Embarcados.



**Paulo Cesar Marques de Carvalho.** Nascido em Fortaleza - CE, em 1963. Possui graduação em Engenharia Elétrica pela UFC (1989), Mestrado em Engenharia Elétrica pela UFPB (1992) e Doutorado em Engenharia Elétrica pela Universidade de Paderborn, Alemanha (1997). Desde 1998 é professor do Departamento de Engenharia Elétrica da UFC. Tem atividades de ensino, pesquisa e extensão nos temas: geração fotovoltaica, eólica e biodigestores. Possui mais de 100 artigos científicos publicados e é coautor dos livros “Geração Eólica”, “Geração de Energia Elétrica – Fundamentos”, “Métodos de dimensionamento de sistemas fotovoltaicos: Aplicações em dessalinização” e “Desenvolvimento de Sistemas de Aquisição de Dados Sem Fio”.