

# PROJETO DE NÓS SENSORES PARA REDE DE MONITORAMENTO SOLARIMÉTRICO

**Linton Thiago Costa Esteves** – lintaum@gmail.com  
**Germano Pinto Guedes** - germano.uefs@gmail.com  
**Paulo César Machado de Abreu Farias** - pcmf@uefs.br  
Universidade Estadual de Feira de Santana – UEFS  
Km 03, BR-116 Campus Universitário – 44.031-460 – Feira de Santana – BA – Brasil  
**Victor Araujo Ferraz** - victor.ecomp@gmail.com  
Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas – CBPF  
Rua Dr. Xavier Sigaud, 150 – Urca – 22.290-180 – Rio de Janeiro – RJ – Brasil

**Resumo.** Este artigo descreve o projeto de um sistema microcontrolado para aquisição remota de dados solarimétricos. O sistema possui uma estação base ligada a um computador central via protocolo USB, que monitora as unidades remotas contidas no seu raio de alcance através de comunicação por rádio. Visando aumentar a autonomia das estações remotas foram incluídos dispositivos auxiliares de memória, que podem ser de dois tipos: EEPROM ou cartões SD. O projeto foi concebido objetivando fornecer uma alternativa configurável pelo usuário e de baixo custo.

**Palavras-chave:** Energia Solar, Instrumentação, microcontroladores, rede de sensores

## 1. INTRODUÇÃO

O Brasil tem mostrado nos últimos anos um crescente aumento do consumo de energia elétrica, o que tem forçado a ampliação da quantidade de energia produzida para absorver essa demanda. Atualmente, de acordo com dados da Agência Nacional de Energia Elétrica, ANEEL, as hidrelétricas fornecem a maior parte dessa energia, cerca de 70%, restando aproximadamente 30% para as outras fontes de energia [CONPET 2010]. No entanto, as usinas hidrelétricas, apesar de serem consideradas como uma fonte limpa de energia, causam um grande impacto ambiental durante a sua implantação.

Visando resolver a questão, o país tem buscado novas alternativas para suprir a demanda energética. Atualmente, uma das vertentes que tem apresentado uma solução interessante é a utilização da energia solar, uma fonte de energia não poluente e que apresenta uma grande disponibilidade, tanto em quantidade quanto em duração.

Por causa do seu grande território, o Brasil possui um considerável potencial de produção. Segundo a ANEEL [CONPET 2010] [ANEEL 2010], esse potencial pode chegar a 15 trilhões de MWh, e se concentra principalmente na região nordeste como é possível visualizar na Figura 1.

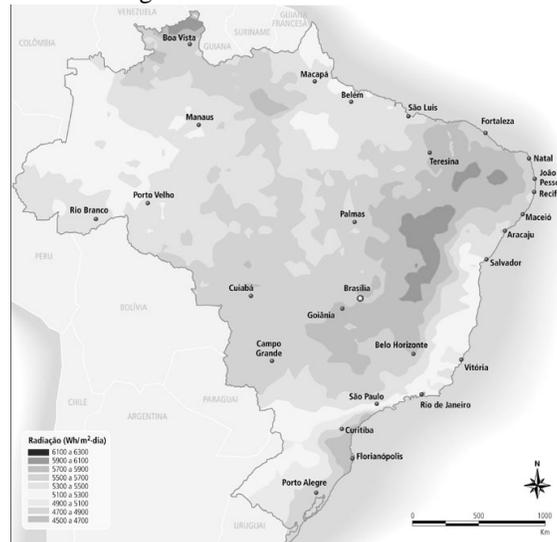


Figura 1 - Radiação solar global diária - média anual típica (Wh/m<sup>2</sup>.dia) [Anel 2010]

O primeiro passo a ser realizado quando se deseja implementar um sistema baseado em energia solar é o estudo do potencial energético local, medido pelos níveis de irradiação solar. Esse parâmetro apresenta uma grande variabilidade em função do clima local, além de depender de outros fatores físicos, sendo então necessária a realização de medidas em uma malha de pontos na região de interesse.

Apesar da existência de mapas desse tipo (Figura 1), a maioria deles é derivada de estimativas realizadas com medidas insuficientes e por isso oferecem uma visão mais global da área. Não tendo, portanto, a precisão necessária para uma análise mais confiável da viabilidade da implantação. Existem algumas iniciativas importantes, como o Sistema de Organização Nacional de Dados Ambientais (SONDA) [SONDA 2010], que vê, contribuindo para a melhoria dessas informações, possuindo diversas estações espalhadas pelo país, com um excelente controle de qualidade.

Atualmente, existem no mercado vários módulos comerciais que possibilitam a aquisição de tais medidas [Wind 2010]. No entanto, esses produtos apresentam um custo relativamente alto, além de possuírem uma configuração fixa, o que acaba por dificultar sua utilização. Visando apresentar uma alternativa, foi construído um sistema de monitoramento remoto de dados solarimétricos com um custo consideravelmente mais baixo quando comparado com os módulos comerciais atuais. [WIND 2010]. Os suprimentos para a construção do módulo apresentam um custo baixo, e a estimativa é que, mesmo considerando os demais custos de desenvolvimento, o projeto continue apresentando uma alternativa economicamente viável.

O sistema possui uma unidade remota de aquisição de dados baseada em um microcontrolador da família Microchip PIC [Microchip 2010]. A estação se conecta a um radiômetro calibrado e se comunica via radiofrequência com uma base local, ligada a um computador. A unidade remota oferece dois tipos de memórias extras (o microcontrolador já possui uma memória interna), uma memória *EEPROM* e um cartão de memória, visando alcançar uma maior autonomia. A base local também utiliza um PIC, e se comunica com o computador pela interface USB [Axelson 2001], implementando dois tipos de transferência: emulação de interface serial [CDC 2010] e HID (*Human Interface Device*). O *firmware* dos microcontroladores foi desenvolvido em C, usando a biblioteca C18 da Microchip. Para o gerenciamento do sistema, foi implementado um sistema supervisor em Java.

## 2. MATERIAIS E METODOLOGIA APLICADA

A seguir será feita uma breve descrição dos recursos utilizados no projeto, realçando as suas principais características.

### 2.1. Microcontroladores PIC

Definindo de forma genérica, um microcontrolador é um dispositivo que integra um microprocessador e um conjunto de periféricos associados, embarcados na mesma pastilha. Baseado nessa premissa, um microcontrolador se caracteriza pela versatilidade e auto-suficiência, justificando a sua disseminação em diversos contextos, de eletrodomésticos a equipamentos de instrumentação industrial [Microcontroladores 2010].

O que diferencia os diversos tipos de microcontroladores são características como quantidade de memória interna (programa e dados), velocidade de processamento, quantidade de pinos entrada/saída (*I/O*), alimentação, quantidade e natureza de periféricos, arquitetura e conjunto de instruções.

Dentre as diversas empresas que fabricam microcontroladores, uma das mais populares é a Microchip, com a série PIC. A família de microcontroladores PIC está disponível em uma ampla gama de modelos, e suas principais vantagens são o seu baixo custo e a extensa comunidade de projetistas usuários, facilitando o desenvolvimento de *firmware*.

### 2.2. Comunicação USB

O protocolo de comunicação USB certamente é um dos mais utilizados atualmente para realizar a conexão entre periféricos e computador [Axelson 2010]. Grande parte desse sucesso se deve à versatilidade que o padrão oferece ao usuário, visto que o padrão abrange uma grande diversidade de periféricos e possui um manuseio relativamente simples.

O processo de reconhecimento de dispositivos é automático, a porta USB reconhece o aparelho conectado à mesma através de um processo de configuração inicial denominado enumeração (*enumeration*). O protocolo USB provê alimentação de 5 V a 100 mA, não sendo necessário fornecer alimentação alternativa para os dispositivos conectados.

A comunicação USB prevê quatro tipos diferentes de transferência: *control* (controle), *bulk*, *interrupt* (interrupção) e *isochronous* (isócrona). Cada uma delas atende a um conjunto de restrições quanto à quantidade de dados a transmitir, velocidade e correção de erros de transmissão.

Apesar da grande variedade de aplicações que os periféricos USB podem apresentar, muitos podem ser classificados em grupos que compartilhem das mesmas características. A forma encontrada para tratar esses dispositivos foi organizá-los em classes de dispositivos, de acordo com sua aplicação e suas características em comum.

Existem várias classes definidas pela especificação USB: *Audio, Communication, Human Interface Devices (HID), Printer, Imaging*, etc. A classe HID abrange os *mouses*, teclados, *joysticks* ou qualquer dispositivo que transfira blocos de informações de ou para o *host*, em velocidades moderadas usando transferências de controle ou *interrupt* [Axelson 2010]. Foi esse o tipo de classe utilizado no projeto, para comunicação USB entre a base local e o computador.

### 2.3. Cartões de Memória e Módulo HDBS

O módulo HDBS é utilizado para leitura e escrita de cartões de memória nos padrões SD e MMC [HDBS 2010]. Esse módulo pode implementar um sistema de partição dos tipos FAT16 ou FAT32 permitindo que os dados armazenados nos cartões possam ser lidos também por um computador pessoal.

O HDBS disponibiliza o controle por comandos pré-definidos em modo texto. Esses comandos abrangem diversos modos de abertura de arquivos, operações de leitura ou escrita, manipulação de diretórios, inicialização da interface, gerenciamento dos sistemas de arquivos, dentre outros. É importante salientar que a quantidade de comandos existentes é suficiente para o manuseio adequado dos cartões. Para realizar determinada ação, o usuário envia a *string* do comando correspondente através de comunicação serial [HDBS 2010].

### 2.4. Transmissor Radio Frequência TRF-2.4G

O componente TRF-2.4G (*transceiver*) é um circuito confeccionado pela Laipac Tech para transmissão de dados sem fio [LAIPAC, 2010]. Seu circuito é composto de antena, sintetizador de frequência, amplificador de sinal e possui embutido um cristal para o oscilador. Trabalha com sinais de frequência de 2,4 GHz, aceita transmissão *full-duplex*, incluindo codificação, decodificação e buffer de dados.

A potência de saída, os canais de operação e o modo de operação podem ser programados utilizando uma interface serial de três terminais. Seu consumo de corrente é de 10,5 mA durante a transmissão de dados, e 18 mA na recepção. No modo Baixa-Potência (*Power-Down*), o consumo de corrente cai para 1µA.

O transceiver pode operar em dois modos: *ShockBurst* e *Direct Mode*. O modo de operação utilizado foi o *ShockBurst*, que é dividido em duas etapas: o microcontrolador envia o dado a ser transmitido ao *transceiver*, que propaga esta informação aos receptores. Nesta primeira etapa, o microcontrolador pode enviar o dado na velocidade em que o desenvolvedor entender mais adequada, normalmente mais lenta, permitindo o uso de microcontroladores com baixa velocidade de processamento. O dado é armazenado no *buffer* interno do *transceiver*. A segunda etapa consiste em transmitir o dado já armazenado no *buffer* aos demais *transceivers* presentes no ambiente, independente do microcontrolador. Para velocidade de transmissão da segunda etapa é possível escolher entre 250 Kbps e 1 Mbps, configurados no transceiver. Para a recepção do dado pelo microcontrolador de um receptor, é realizado o processo inverso ao descrito anteriormente.

### 2.5. Memória 24FC512

A memória EEPROM 24FC512 [24FC512 2010] da Microchip possui uma capacidade de armazenamento de 512 Kbits. Pode funcionar com níveis de tensão entre 2,5 V e 5,5 V e frequência máxima de 1 MHz. Comunica-se com o dispositivo controlador através de um barramento I2C e permite a conexão de várias memórias no mesmo barramento.

### 2.6. Real Time Clock (RTC) DS1302

Uma aplicação que necessita associar algum dado a uma determinada marcação de tempo geralmente utiliza um *real time clock*. Esses dispositivos são verdadeiros relógios que fornecem informações de tempo ao circuito seja em hora, minuto, segundo, data ou outro tipo de formato suportado. O modelo DS1302 [DS1302 2010] da Dallas Semicondutores é um RTC que apresenta um baixo consumo (aproximadamente 1µW), opera com uma tensão entre 2 V e 5,5 V, é compatível com lógica TTL, possui uma memória RAM de 31 bytes. Pode operar no formato 24 horas ou 12 horas com indicador AM/PM e necessita apenas de três linhas de comunicação (CE, I/O e SCLK).

### 3. DESENVOLVIMENTO

#### 3.1. Histórico

O projeto está agora na segunda etapa de desenvolvimento. Na primeira fase, um dos principais desafios foi a identificação dos componentes necessários ao sistema. Optou-se por utilizar um microcontrolador PIC18F4550 como dispositivo controlador das estações remotas e da base. Essa escolha foi orientada principalmente pelas características de desempenho, facilidade de desenvolvimento e baixo custo destes dispositivos [PIC18F4550 2010].

Nessa etapa, também se verificou a necessidade de expansão da memória, já que as estações devem ter um bom período de autonomia. Foram então selecionados dois tipos de memória que poderiam atender essa demanda: cartões de memória SD e memórias EEPROM. No entanto, apenas a memória EEPROM foi utilizada através de um 24FC512 [24FC512 2010].

Como cada dado coletado possui uma hora e data específica, utilizou-se um RTC como fornecedor dessas informações. Dentre os circuitos pesquisados, escolheu-se o DS1302 alimentado independentemente por uma bateria de 5 V, evitando assim uma possível queda de tensão e conseqüente incoerência nas datas e horas fornecidas.

Apesar da existência de uma vasta variedade de formas de comunicação que poderiam ser utilizadas no projeto, para a comunicação entre a base local e a estação remota, um fator decisivo na escolha foi a facilidade de operação. Pensando nisso, a equipe optou por utilizar uma comunicação via rádio frequência entre a base e a estação utilizando o *chip* TRF2.4G [LAIPAC 2010]. A comunicação da base local com o computador central foi inicialmente estabelecida via uma interface serial RS232, substituída posteriormente pela conexão USB emulando a porta serial (Especificação USB CDC) [CDC 2010].

No estágio atual do projeto, foi feita a implementação da comunicação USB usando a especificação da classe de dispositivo HID, além da disponibilização de um sistema de armazenamento nas estações remotas com cartão SD ou MMC através do módulo HDBS [HDBS 2010].

#### 3.2. Projeto de Hardware

A arquitetura da estação remota (Figura 2) consiste no microcontrolador como unidade central e todos os periféricos conectados a ele. O *firmware* do microcontrolador é responsável por obter as amostras da aquisição, requisitar a hora e data ao RTC, armazená-las na memória externa, comunicar-se com o computador para envio dos dados, entre outras funcionalidades. Essa estação possui um programa monitor (*bootloader*) que permite a sua reprogramação pela interface USB.

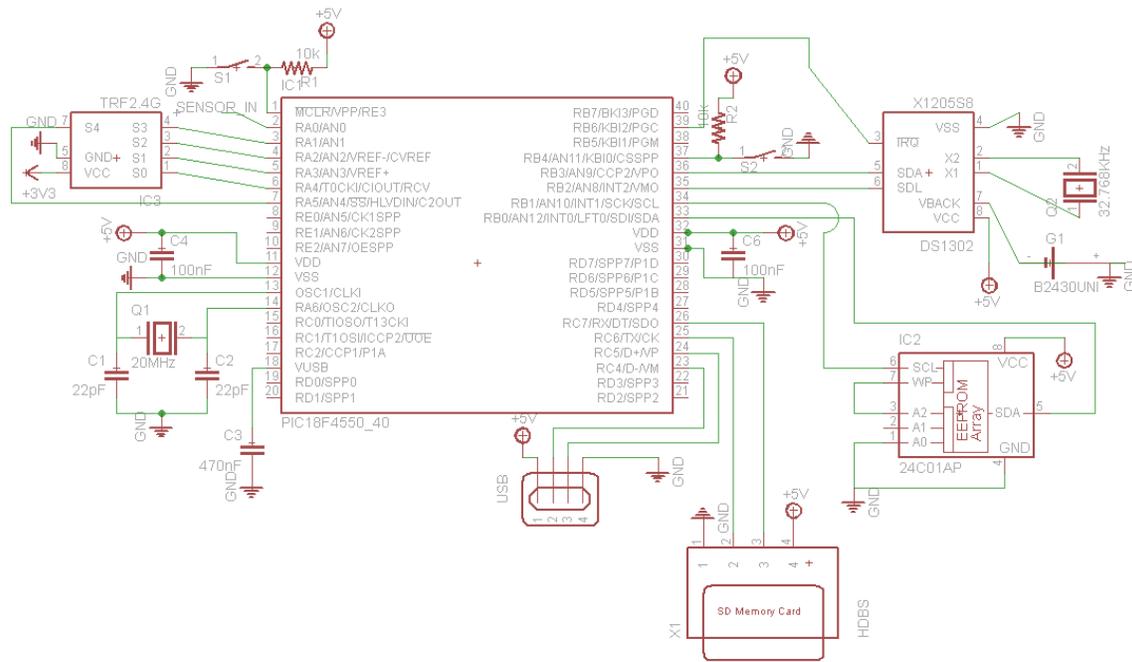


Figura 2 - Diagrama da Estação Remota

A base local, assim como a estação remota, possui um microcontrolador como unidade central. No entanto, nesse módulo são acoplados apenas os componentes necessários à comunicação USB juntamente com o transmissor TRF-2.4G. Sendo basicamente essa a diferença entre a arquitetura da base e estação. No seu microcontrolador é embarcado um programa cuja principal função é viabilizar o trânsito de informações entre o computador e a estação remota.

A fonte de alimentação para a base é proveniente do mesmo cabo USB que a conecta ao computador, o qual provê uma tensão constante de 5 V. Com esse nível de tensão é possível alimentar todos os periféricos exceto o TRF-2.4G que necessita do condicionamento da tensão de alimentação, de 5 V para 3,3 V, e esse condicionamento é realizado através de um regulador de tensão. Já a estação remota recebe alimentação de uma bateria de 5 V acoplada ao circuito.

### 3.4. Projeto de Software

Para o projeto foi necessária a construção de três *softwares* diferentes: o *firmware* da estação remota, o *firmware* da base e o gerenciador no computador pessoal. A programação da estação remota, assim como a da base, foi feita em linguagem C, através da plataforma MPLAB IDE v8.10 [MPLAB 2010] usando o compilador C18 [C18 2010], já o software do computador pessoal foi construído em JAVA na plataforma Netbeans 6.7.1 [NETBEANS 2010].

O *software* embarcado na estação remota segue a máquina de estados proposta na figura 3. O dispositivo inicia-se no estado *Ocioso* e verifica o horário. Se estiver na faixa de horário de aquisição, o módulo remoto então passa para o estado *Aquisição de dados* e começa a fazer as medições. A cada intervalo padronizado de tempo adquire os dados e grava no cartão de memória, sempre verificando se está cheio. Caso a memória esteja cheia, um alerta é enviado a base a qual poderá receber os dados e descarregá-la. Ao final do horário de aquisições, ele retorna ao estado *Ocioso*.

Em ambos os estados, podem ocorrer requisições da base, fazendo com que o dispositivo passe para o estado *Requisição remota*. Nesse estado, o comando recebido é processado e executado, atendendo à requisição da base e notificando-a do término da execução. Após o processamento do comando ele retorna ao estado anterior.

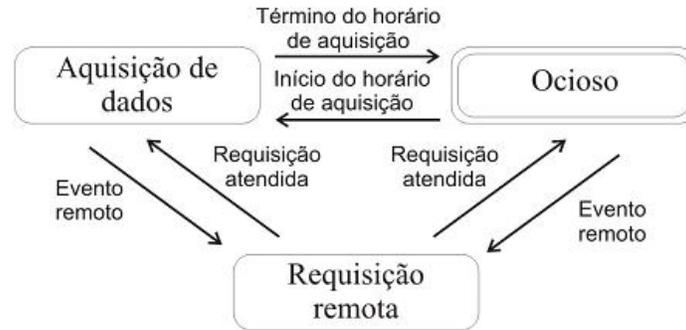


Figura 3 - Máquina de estados da estação

O *software* para a interface de comunicação sem fio é executado nos microcontroladores conectados à base local e à estação. O microcontrolador da base local repassa os comandos enviados pelo computador para o módulo remoto através do *transceiver*, ou envia para o computador os dados enviados pelo módulo. Este microcontrolador de interface é assim encarregado de configurar o *transceiver* para comunicação e repassar os dados de forma bidirecional.

A conexão com o computador é feita pela porta USB utilizando a classe de dispositivos HID, o que torna o reconhecimento do dispositivo automático, não sendo necessária a instalação de driver.

O aplicativo do computador pessoal funciona como um sistema supervisor, monitorando e gerenciando os processos de aquisição. Ele pode enviar comandos para os módulos remotos que os processam e retornam valores como resposta. O protocolo de comunicação baseia-se no paradigma mestre-escravo, sendo o supervisor o mestre, e as estações remotas os escravos.

### 3.5. Resultados

Objetivando testar a precisão e consistência dos dados adquiridos pelo equipamento, foi montado um aparato experimental para medir a mesma variável usando simultaneamente a estação desenvolvida e um sistema de aquisição de dados pré-existente, tornando então possível realizar uma comparação entre os dados obtidos pelas duas medidas.

O sistema foi então conectado durante os dias 24 e 25 de março de 2010 a um radiômetro calibrado [ZONEM 2010] para a aquisição de dados de insolação. Esse mesmo radiômetro fornece medidas a uma estação comercial de aquisição de dados já existente no local (*Datalogger*) [WIND 2010]. Após o período de aquisição, os dados dos dois sistemas foram comparados.

O sistema proposto apresenta uma taxa de amostragem variável, permitindo ao usuário selecionar qual a mais adequada a sua aplicação. Para o experimento foi utilizada uma amostragem por minuto, mesmo período utilizado pelo *Datalogger*.

A partir dos dados coletados pela estação de aquisição remota no dia 24 de março o gráfico na figura 4 foi construído. Com base no mesmo, é observável um aumento do nível de intensidade solar entre 7:00 e 13:39, com uma queda abrupta de intensidade a partir de 13:40, devido provavelmente ao aumento da nebulosidade no local, se mantendo a níveis baixos até o final do dia. A figura 5 demonstra o mesmo período de amostragem realizado pelo sistema já presente no laboratório.

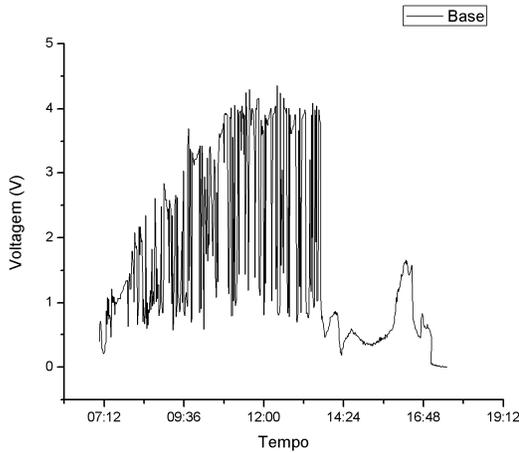


Figura 4 – Dados Adquiridos pela Base em 24 de março

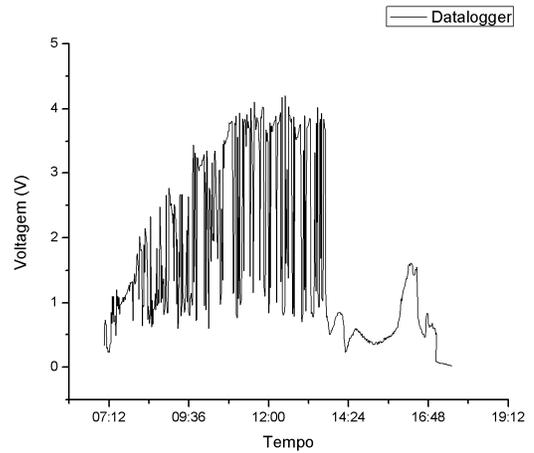


Figura 5 - Dados adquiridos pelo Datalogger em 24 de março

A figura 6 apresenta a superposição dos gráficos das figuras 4 e 5, demonstrando a coerência entre os resultados obtidos pelos dois sistemas. A figura 6 demonstra o histograma do erro absoluto entre as duas formas de medidas.

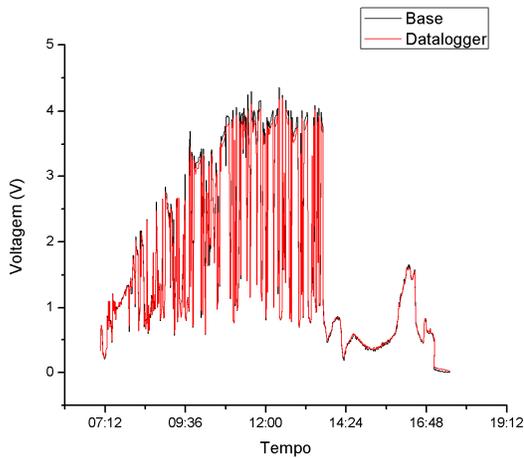


Figura 6 – Superposição amostras em 24 de março

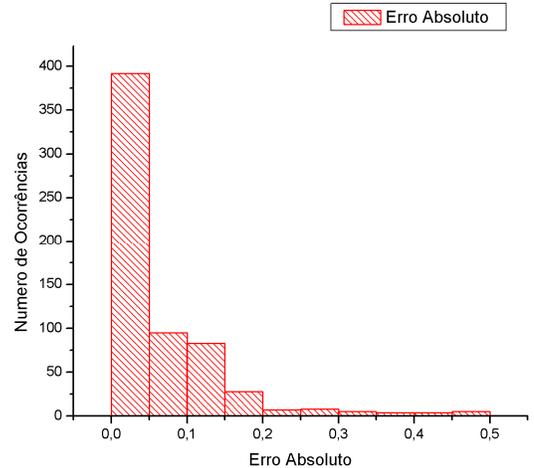


Figura 7- Histograma do erro absoluto em 24 de março

Os dados coletados no dia 25 de março pela estação e pelo *Datalogger* são dispostos nas figuras 8 e 9. Analisando os gráficos, é observável um aumento de insolação entre aproximadamente 7:00 e 10:00 seguido de um período de baixa intensidade luminosa entre 10:00 e 13:30 onde a partir do qual a intensidade sofre um aumento constante até o final do dia.

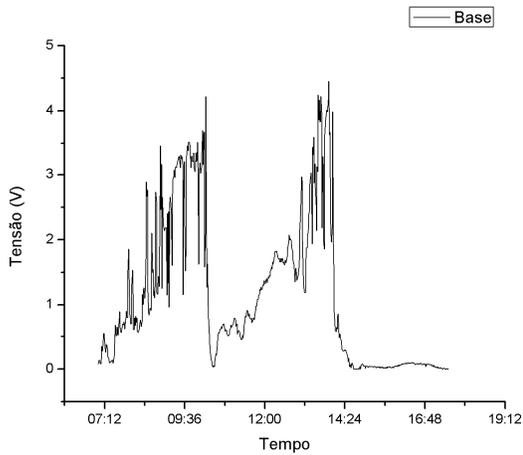


Figura 8 – Dados Adquiridos pela Base em 25 de março

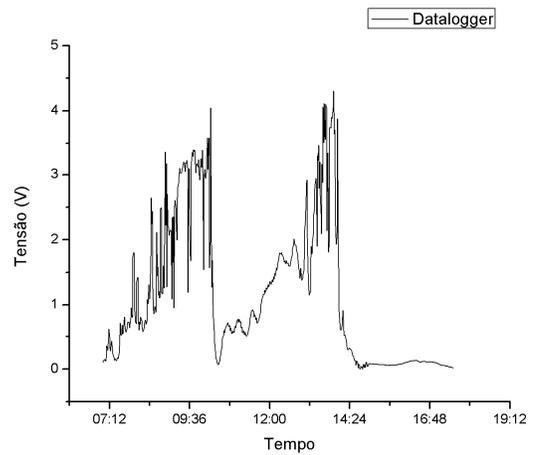


Figura 9 - Dados adquiridos pelo Datalogger em 25 de março

Novamente é feita uma superposição entre os dois gráficos obtidos, Figura 10, sendo então gerado o gráfico da figura 10, onde novamente é possível constatar a coerência entre os dados obtidos pelos dois sistemas. O erro real absoluto entre as duas medidas é constatado na figura 11.

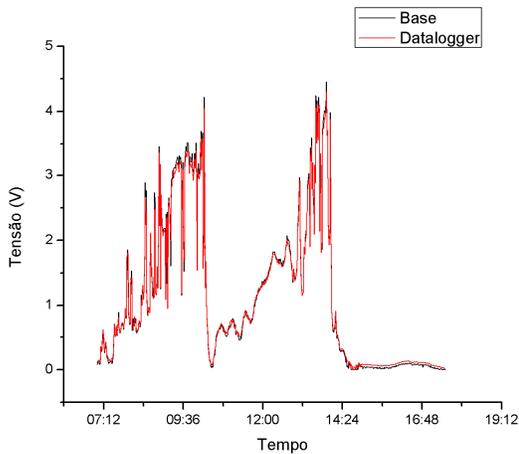


Figura 10– Superposição amostras em 25 de março

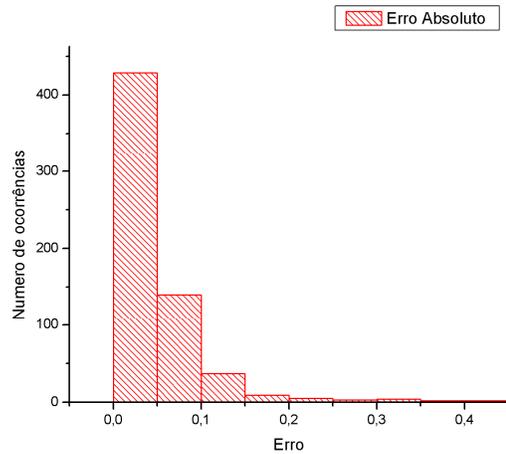


Figura 11 - Histograma do erro absoluto em 25 de março

É possível observar nas medidas alguma discrepância entre os dados obtidos pelo *Datalogger* e o sistema proposto. Este erro pode ser diminuído com um melhor condicionamento do sinal de entrada, e com um projeto criterioso da placa de circuito impresso.

#### 4. CONCLUSÕES

Até o momento, todos os testes realizados no sistema indicam êxito. Os resultados das aquisições mostram concordância com os parâmetros esperados, apresentando uma precisão satisfatória. O protocolo de comunicação USB

apresentou-se bastante favorável, mantendo uma boa confiabilidade nas comunicações e ao mesmo tempo uma taxa de transferência satisfatória.

O *software* desenvolvido em JAVA atendeu completamente as necessidades do projeto atual, tanto no monitoramento das estações quanto na manipulação das amostras recebidas, criando gráficos e gerando arquivos de texto com o objetivo de facilitar a interpretação e manuseio das mesmas por parte do usuário.

A opção por um microcontrolador de uso geral mostrou-se acertada, pois beneficiou o projeto com a vasta gama de referências de código e de ferramentas de desenvolvimento estáveis. Além disso, por usar componentes eletrônicos típicos, o custo de fabricação das unidades é relativamente baixo, possibilitando a replicação do sistema em uma malha de estações de aquisição.

Atualmente, a equipe de desenvolvimento está aprimorando o *software* e o protocolo de monitoramento de coleta de dados das estações, visando tornar os mesmos mais flexíveis ao aumentar o leque de operações possíveis. Ao mesmo tempo, os parâmetros de operação do sistema estão sendo estabelecidos, como autonomia e consumo.

Apesar de ter sido desenvolvido para a aquisição de dados solarimétricos, o sistema apresenta-se bem genérico sendo possível que o mesmo possa realizar a coleta de dados de diferentes tipos como temperatura, pressão, umidade, etc., ou até vários tipos ao mesmo tempo sendo necessário apenas a conexão do sensor desejado e condicionamento do sinal.

## 5. REFERÊNCIAS

- 24FC512, Microchip 512K I2C Serial EEPROM (2010) <http://www.microchip.com/wwwproducts/Devices.aspx?dDocName=en010802>, acessado em fevereiro 2010.
- ANNEL - Agência Nacional de Energia Elétrica, Atlas, (2010), [http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/Atlas/energia\\_solar/3\\_3.htm](http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/Atlas/energia_solar/3_3.htm), acessado em fevereiro 2010.
- Axelson, J. (2001) USB Complete, Lakeview Research, segunda edição.
- C18, MPLAB C Compiler for PIC18 MCUs (2010), [http://www.microchip.com/stellent/idcplg?IdcService=SS\\_GET\\_PAGE&nodeId=1406&dDocName=en010014](http://www.microchip.com/stellent/idcplg?IdcService=SS_GET_PAGE&nodeId=1406&dDocName=en010014), acessado em fevereiro 2010.
- CDC, Migrating Applications to USB from RS-232 UART with Minimal Impact on PC Software (2010), <http://ww1.microchip.com/downloads/en/AppNotes/00956b.pdf>, acessado em fevereiro 2010.
- CONPET - Ministério de Minas e Energia (2010), [http://www.conpet.gov.br/noticias/noticia.php?id\\_noticia=487&segmento](http://www.conpet.gov.br/noticias/noticia.php?id_noticia=487&segmento), acessado em fevereiro 2010.
- DS1302, Real Time Clock (2010), <http://datasheets.maxim-ic.com/en/ds/DS1302.pdf>, acessado em fevereiro 2010.
- HDBS, (2010), <http://www.tato.ind.br/files/Manual%20HDBS.pdf> acessado em fevereiro 2010.
- LAIPAC. TRF-2.4G Data Sheet. Laipac Technology Inc. (2010), <http://www.sparkfun.com/datasheets/RF/RF24G.pdf>, ultimo acesso em fevereiro 2010.
- Microchip (2010), <http://www.microchip.com>, último acesso em 25 de fevereiro 2010.
- Microcontroladores, PIC Escola Politécnica - Universidade de São Paulo (2010), [http://www.pcs.usp.br/~jkinoshi/2005/PCS2031\\_projeto01\\_Introducao\\_PIC\\_v4.doc](http://www.pcs.usp.br/~jkinoshi/2005/PCS2031_projeto01_Introducao_PIC_v4.doc), acessado em fevereiro 2010.
- MPLAB, Integrated Development Environment (2010), [http://www.microchip.com/stellent/idcplg?IdcService=SS\\_GET\\_PAGE&nodeId=1406&dDocName=en019469](http://www.microchip.com/stellent/idcplg?IdcService=SS_GET_PAGE&nodeId=1406&dDocName=en019469), acessado em fevereiro 2010.
- NETBEANS, Ide v6.7.1 (2010), <http://netbeans.org/>, acessado em fevereiro 2010.
- NOMAD, Nomad 2 Wind Data Logger (2010), <http://www.secondwind.com/Products+Systems/nomad.html>, acessado em fevereiro 2010.
- PIC18F4550, Data sheet (2010), <http://www.microchip.com/wwwproducts/Devices.aspx?dDocName=en010300>, acessado em fevereiro 2010.
- SONDA, Sistema de Organização Nacional de Dados Ambientais - CPTEC/INPE. [online]: <http://www.cptec.inpe.br/sonda/>, 2010.
- WIND, S. NOMAD 2 Data Logger for Wind Resource Assessment Datasheet. Second Wind Inc. (2010), <http://www.secondwind.com>, acessado em fevereiro 2010.
- ZONEM, K., CPM21 Data Sheet. Kipp & Zonem B.V., (2010), [HTTP://www.kippzone.com/download/kipp\\_manual\\_cpm21\\_176.pdf](http://www.kippzone.com/download/kipp_manual_cpm21_176.pdf), acessado em fevereiro 2010

## DESIGN OF SENSOR NODES FOR A SOLARIMETRIC MONITORING NETWORK

**Abstract.** *This article describes the design of a microcontrolled system for remote solarimetric data acquisition. The system has a base station connected to a central computer through the USB protocol that monitors the remote units located in its range via radio communication. In order to increase the autonomy of the remote stations were included extra memory devices to the system that may be of two types:EEPROM or SD cards. The project was planned to provide an user's configurable and low cost alternative.*

**Key words:** *Solar Energy, Instrumentation, Microcontrollers, Sensor Network.*