



SanUSBee: Ferramenta para gravação wireless de microcontroladores via Bluetooth e Zigbee

Sandro César Silveira Jucá¹, Renata Imaculada Soares Pereira², Mário Wander Maciel Vasconcelos³

¹ Professor do IFCE – Campus Maracanaú. e-mail:sandrojuca@ifce.edu.br

² Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica – UFC. e-mail: r.imaculada27@gmail.com

³ Professor do SENAI-CE – Maracanaú. e-mail:mario.wander@gmail.com

Resumo: O presente artigo descreve uma nova ferramenta computacional para gravação sem fio de microcontroladores utilizando os protocolos bluetooth ou Zigbee. Após a gravação do microcontrolador via bluetooth, é possível também realizar comunicação do microcontrolador com celular ou *tablet* utilizando o sistema operacional android. Este software livre de atualização sem fio do firmware de microcontroladores pode ser utilizado em monitoramento remoto com rede de sensores sem fio como, por exemplo, em sistemas descentralizados de geração de energia, em controle de acesso de laboratórios ou em robótica educacional. Durante a gravação sem fio dos microcontroladores, o software livre SanUSBee proposto mostrou bom desempenho, confiabilidade e fácil atualização de firmware.

Palavras-chave: Bluetooth, ZigBee, Microcontroladores, *Wireless*.

1. INTRODUÇÃO

Bluetooth é uma tecnologia para comunicação sem fio (wireless) de sistemas computacionais. O nome Bluetooth tem a origem de um conquistador *viking*, chamado Harald Bluetooth, que unificou a Dinamarca e a Noruega no século X, simbolizando a união de diferentes grupos de pessoas. A proposta do Bluetooth é substituir as várias soluções proprietárias existentes para comunicação com um padrão que possa ser adotada a nível mundial. Na transmissão bluetooth, a comunicação é efetuada aplicando uma técnica de espalhamento espectral com saltos de frequência, denominada de FHSS (*Frequency Hopping Spread Spectrum*). Desta forma a frequência nunca é a mesma minimizando as interferências e possibilitando a existência de outras redes bluetooth na mesma área geográfica (Couto, 2008). Os requisitos principais que nortearam o desenvolvimento do bluetooth foram o baixo consumo, baixo custo devido à produção em massa dos chips, alcance de até 10 metros e transmissão de voz e de dados.

Por outro lado, o termo ZigBee designa um conjunto de especificações para a comunicação sem fio entre dispositivos eletrônicos, com ênfase na baixa potência de operação, na baixa taxa de transmissão de dados e no baixo custo de implantação. Nenhuma das tecnologias wireless anteriores ao Zigbee foi dedicada a operar com taxas de bits típicas para dispositivos simples como sensores, lâmpadas e outros equipamentos para automação industrial e residencial.

Existem Os dispositivos baseados na tecnologia ZigBee operam na faixa ISM (*Industrial, Scientific and Medical*) que não requer licença para funcionamento, incluindo as faixas de 2,4GHz (Global), 915MHz (América) e 868MHz (Europa) e com taxas de transferência de dados de 250kbps em 2,4GHz, 40kbps em 915MHz e 20kbps em 868MHz. O alcance médio dos módulos Zigbee usado no projeto em ambientes internos/urbano é próximo a 100m, em linha visível é ambiente externo pode chegar a 1000 metros.

2. PROCEDIMENTO DA GRAVAÇÃO DE MICROCONTROLADORES VIA BLUETOOTH

Considerando as características do protocolo bluetooth, desenvolveu-se uma nova aplicação que consiste na gravação de microcontroladores, antes realizada com fio. A gravação wireless via bluetooth

pode ser feita com apenas um módulo bluetooth conectado ao microcontrolador, pois normalmente no PC coordenador, como em laptops e desktops, já existe um módulo bluetooth interno. A tensão do módulo Bluetooth encapsulado (ver Figura 1), suporta até 6V, ideal por se adequar à tensão do microcontrolador microcontrolador alimentado pela porta USB de 5V.

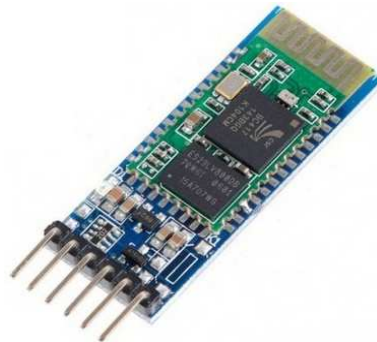


Figura 1 – Módulo bluetooth

De um lado um sistema computacional, que pode ser um PC, *tablet* ou *smartphone* e, do outro lado da rede, um módulo bluetooth é conectado ao microcontrolador do dispositivo final. Esta conexão permite a programação sem fio no microcontrolador PIC. Os programas necessários para executar este procedimento são livres e estão disponíveis nos arquivos do grupo online que utiliza a ferramenta SanUSB (2009).

Na Figura 2 observa-se uma ilustração da conexão necessária para efetuar a gravação do microcontrolador PIC de forma wireless Bluetooth com tensão de alimentação de 5V.

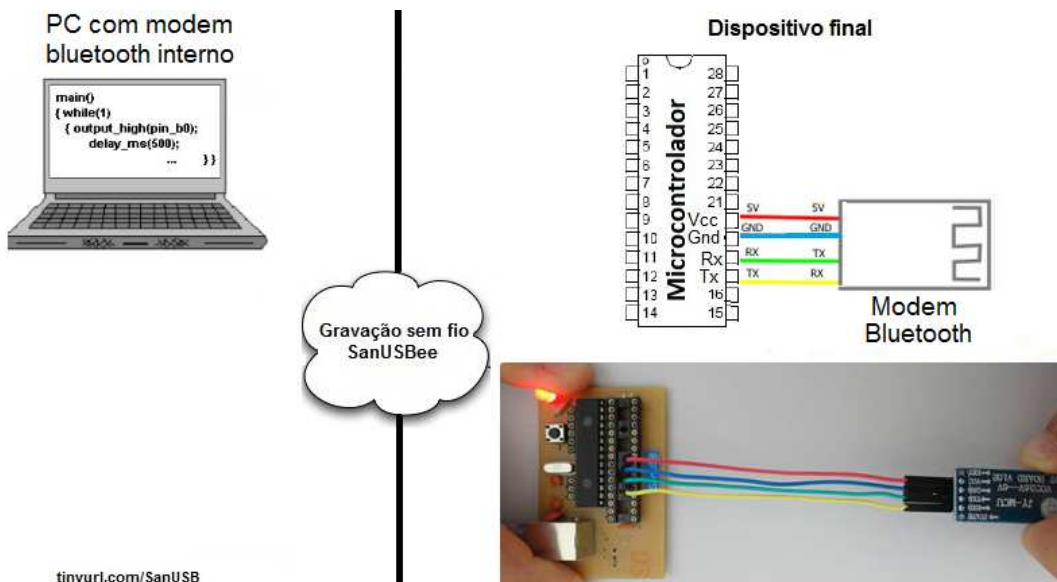


Figura 2 – Gravação sem fio de microcontroladores PIC via Bluetooth

Esta ferramenta é composta por um gerenciador pré-programado no microcontrolador e uma interface gráfica utilizado no PC para gravar o novo firmware na memória de programa do microcontrolador via Bluetooth ou Zigbee. Para mais detalhes é possível acompanhar vídeo-aulas do sanusbee no *youtube*.



Abaixo, são listados os procedimentos para gravação wireless via Bluetooth:

- a) Circuito básico: Conecte o módulo bluetooth ao microcontrolador da placa SanUSB, com alimentação entre 3V e 6V e apenas quatro fios: Vcc (3,3V), Gnd, Tx e Rx, como mostra a Figura 2 acima. O fio vermelho é ligado ao pino 20 (Vcc) do microcontrolador e ao pino Vcc do modem bluetooth, o fio azul é ligado ao 19 (Gnd) do microcontrolador e ao pino Gnd do modem bluetooth, o fio verde é ligado ao pino 18 (Rx) do microcontrolador e ao pino Tx modem bluetooth, e o fio amarelo é ligado ao 17 (Tx) do microcontrolador e ao pino Rx do modem bluetooth.
- b) Parar o modem bluetooth: Após alimentar o modem bluetooth com 5V, conectado ao microcontrolador, deve ser realizado o pareamento com o computador indo em:
 - i. Iniciar -> Painel de controle -> Adicionar um dispositivo de bluetooth -> linvor ou SanUSB -> senha padrão: 1234;
 - ii. Após o pareamento, clique em Iniciar -> Painel de controle -> exibir impressoras e dispositivos. Irá aparecer o modem pareado, como, por exemplo, linvor ou SanUSB (ver Figura 3).



Figura 3 – Identificação do dispositivo bluetooth

- iii. Clicar em cima, por exemplo, do modem de linvor, e verificar qual porta criada pelo modem bluetooth (ver Figura 4), em Hardware, que será utilizada para a gravação wireless.

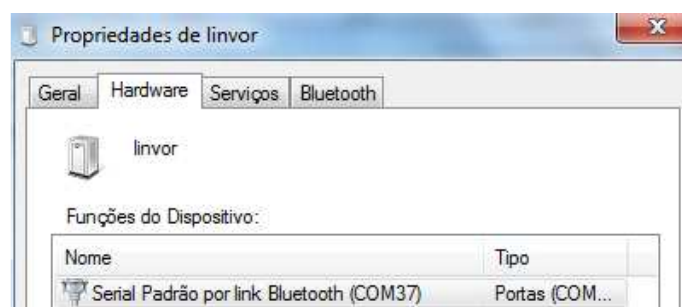


Figura 4 – Alterar propriedades da porta virtual gerada para comunicação



O número da porta Serial Padrão por Link Bluetooth (COM37) pode ser modificado, por exemplo, para COM9 ou outra de um dígito (recomendado), através do Gerenciador de Dispositivos, clicando com o botão direito em cima da porta -> propriedades -> Configuração de Porta -> Avançado -> Número da Porta COM.

- c) Configuração do módulo bluetooth: A gravação wireless só vai acontecer se o módulo bluetooth estiver configurado com o mesmo taxa de transmissão (*baud rate*) do microcontrolador (19200 bps). Normalmente a taxa de transmissão vem de fábrica com 9600 bps. Para isto, basta conectar, o módulo bluetooth ao microcontrolador, ver circuito básico acima, gravar via USB o firmware Configbluetoth9600to19200.hex (ver Figura 5) e verificar se o *led* no pino B7 irá piscar intermitentemente. Se o led não piscar, é possível alterar para 19200 bps utilizando comandos AT, digitando AT+BAUD5 em qualquer terminal de comunicação serial como *Hyperteminal*, *Bray's Terminal* ou *TeraTerm* utilizando um conversor USB-serial ligado nos pinos Vcc, Gnd, Tx e Rx do modem bluetooth.

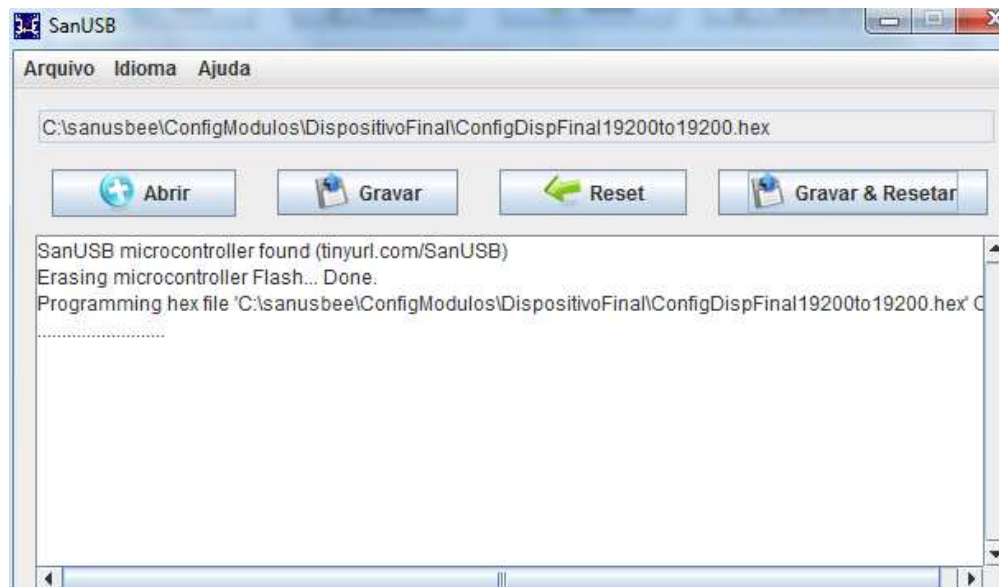


Figura 5 – Gravação do programa de configuração da taxa de transmissão dos dados

- d) Adaptador Wireless: Em seguida deve-se gravar, novamente via USB, o firmware *AdaptadorSerial.hex* da pasta *AdaptadorWireless*. Se, após a gravação do Adaptador, apresentar o erro “*Odd address at beginning of HEX file error*”, como na Figura 6, é necessário gravar novamente o *gerenciador.hex*, com qualquer gravador específico e, em seguida, realizar novamente a gravação via USB do firmware aplicativo *AdaptadorSerial.hex*. Após a transferência deste firmware, o microcontrolador está apto para gravação wireless.

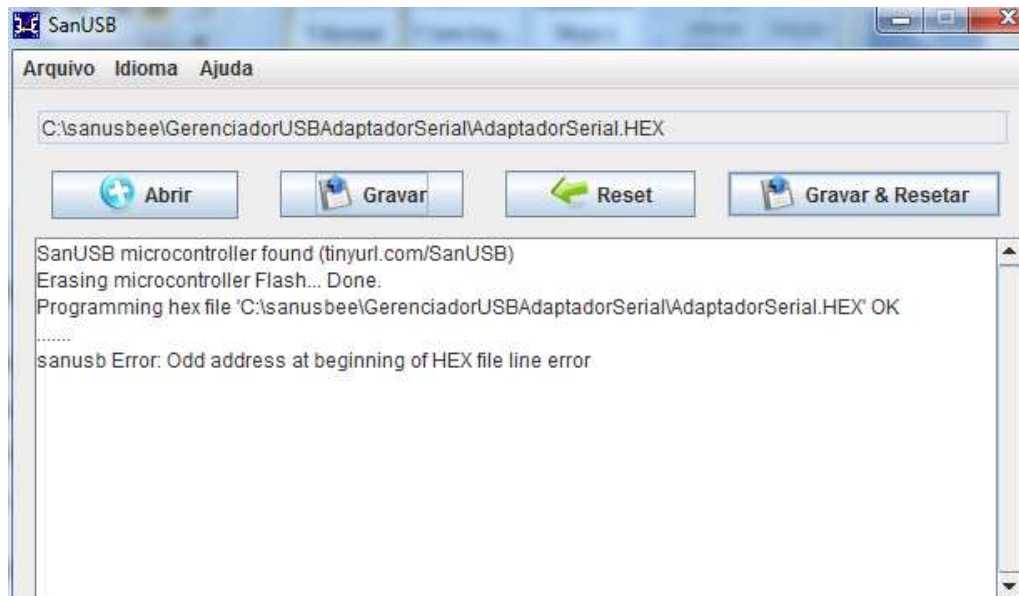


Figura 6 – Erro na gravação via USB

Por fim, basta acessar a pasta sanusbee pelo *Prompt* do Windows (Iniciar -> Pesquisar -> Prompt de Comando), como na Figura 7, e as linhas de comando, para transferir os programas aplicativos.hex como o Exemplo1wireless.hex contido na pasta sanusbee. Exemplo: `sanusbee Exemplo1Wireless.hex -p COM9`.

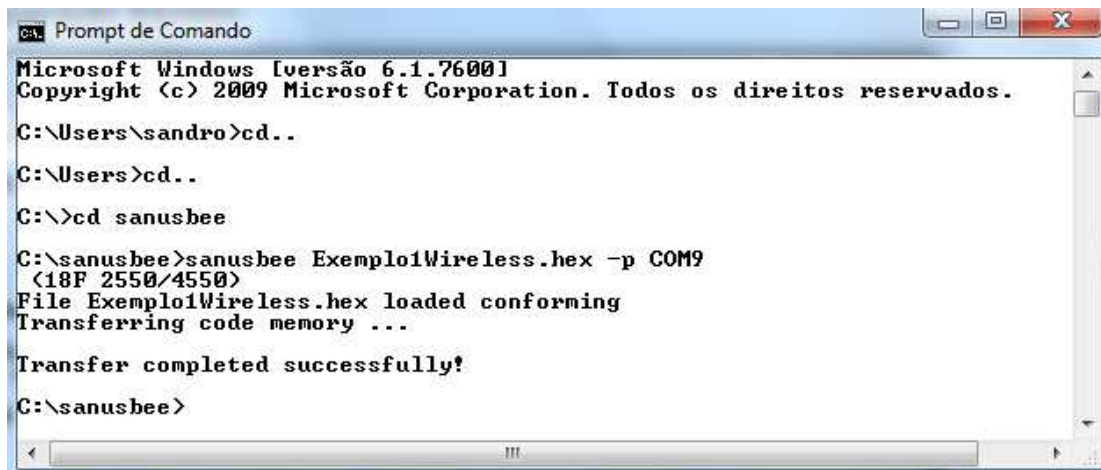


Figura 7 – Gravação através do *prompt* de comando

Após a gravação, já é possível verificar a comunicação entre o microcontrolador e o PC através do modem bluetooth, que permite o envio e a recepção de caracteres.

Após a gravação do microcontrolador via bluetooth, é possível realizar comunicação com celular ou *tablet* utilizando o sistema operacional android. Para isso, basta baixar os programas aplicativos de comunicação via bluetooth, disponíveis gratuitamente. Estes programas permitem o envio de caracteres para o microcontrolador via bluetooth e podem ser implementados também em controle de acesso (Pereira



et al., 2010) de laboratórios ou em robótica educacional, através de um telefone celular com sistema operacional android.

3. PROCEDIMENTO DA GRAVAÇÃO VIA ZIGBEE

A gravação wireless via Zigbee é realizada com dois módulos XBee da Série 1 (S1). De um lado, um módulo é conectado a um PC coordenador conectado ao PC via USB do PC através do chip FTDI FT232RL ou através de uma porta serial real com o MAX-232 e, do outro lado da rede, um módulo Zigbee é conectado ao microcontrolador do dispositivo final. Esta conexão permite a programação sem fio no microcontrolador PIC. O programa sanusbee para gravação sem fio está disponível nos arquivos do grupo SanUSB.

A Figura 8 mostra uma ilustração da gravação de microcontroladores de forma wireless via Zigbee com tensão de alimentação de 3,3V. As vantagens do modem bluetooth em relação ao Zigbee são o preço e a disponibilidade de modems bluetooth em vários sistemas computacionais como computadores e celulares. A desvantagem em relação ao Zigbee é a distância para gravação de microcontroladores máxima de 10 metros, enquanto o último pode chegar até um quilômetro.

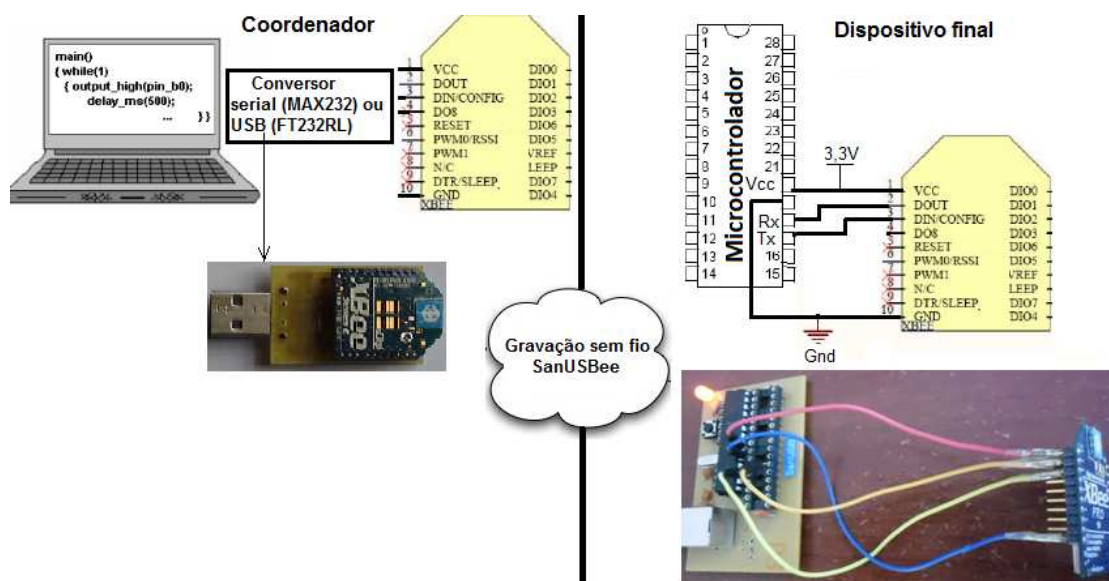


Figura 8 – Gravação de microcontroladores sem fio via Zigbee

A seguir são listados os procedimentos para gravação:

a) Circuito básico: Conecte o módulo Xbee ao microcontrolador da placa SanUSB, com alimentação entre 3V e 3,6V e apenas 4 fios: Vcc (3,3V), Gnd, Tx e Rx, como mostra a figura 8, onde o fio vermelho é ligado ao pino 20 (Vcc) do microcontrolador e ao pino 1 (Vcc) do modem Zigbee, o fio azul é ligado ao 19 (Gnd) do microcontrolador e ao pino 10 (Gnd) do modem Zigbee, o fio laranja é ligado ao pino 18 (Rx) do microcontrolador e ao pino 2 (D_{OUT}) do modem Zigbee, e o fio amarelo é ligado ao 17 (Tx) do microcontrolador e ao pino 3 (D_{IN}) do modem Zigbee.

b) Configuração dos Módulos: A gravação wireless só vai acontecer se os módulos Xbee da série 1 (coordenador e dispositivo final) estiverem configurados com o mesmo *baud rate* do



microcontrolador (19200 bps). Para o coordenador, basta conectar, o módulo coordenador ao microcontrolador, ver circuito básico acima, gravar via USB e examinar em qual firmware (*ConfigCoord9600to19200.hex* ou *ConfigCoord19200to19200.hex*) o LED no pino B7 irá piscar intermitentemente. Se o LED não piscar, provavelmente existe um erro na ligação do circuito. Após a configuração, coloque o módulo Coordenador no conversor USB-serial e conecte ao PC. Faça posteriormente o mesmo para o módulo Dispositivo final, gravando o firmware (*ConfigDispFinal9600to19200.hex* ou *ConfigDispFinal19200to19200.hex*) e deixe-o conectado ao microcontrolador. Quando o led do pino B7 estiver piscando, significa que os módulos estão conectados corretamente e estão aptos para gravação wireless.

Adaptador Wireless: Agora grave, novamente via USB, o firmware *AdaptadorSerial.hex* da pasta *AdaptadorWireless*. Se, após a gravação do Adaptador, apresentar o erro *Odd address at beginning of HEX file error*, como visto no tópico anterior sobre bluetooth, é necessário gravar novamente o *gerenciador.hex*, com qualquer gravador específico ou com o circuito de 3 resistores e um cabo serial, mostrado no final do tutorial da ferramenta SanUSB. Em seguida, é necessário realizar novamente a gravação via USB do firmware aplicativo *AdaptadorSerial.hex*. Após a transferência deste firmware, o microcontrolador está apto para gravação *wireless*.

Para gravar o programa, é necessário utilizar o *prompt* de comando e executar as linhas de comando da mesma forma realizada pelo método de gravação via bluetooth. Este sistema de atualização sem fio do firmware dos microcontroladores via Zigbee pode contribuir para o monitoramento remoto (Jucá et al., 2009) com rede de sensores sem fio como.

Utilizando ferramentas computacionais livres do grupo SanUSB, estudantes foram três vezes consecutivas campeões da Competição de Robótica do IFCE (2007, 2008 e 2009) na categoria Localização, campeões da Feira Brasileira de Ciências e Engenharia (FEBRACE09) da USP em São Paulo na Categoria Engenharia (2009), como também obtiveram Prêmio de Inovação em Aplicação Tecnológica na Feria Explora 2009 na Colômbia, campeões na Categoria *Supranível* do Foro Internacional de Ciencia e Ingenieria 2010 no Chile e campeões da V Feira Estadual de Ciências e Cultura da Secretária de Educação (SEDUC) do Estado do Ceará, em 2011, na categoria de robótica educacional (O Povo, 2011).

4. CONCLUSÕES

Este trabalho mostrou uma nova ferramenta computacional para gravação sem fio de microcontroladores utilizando os protocolos bluetooth e Zigbee. Após a gravação do microcontrolador via bluetooth, é possível realizar comunicação com celular ou *tablet* utilizando sistema operacional android. Para isso, basta baixar os programas aplicativos como o *BlueTerm*, disponíveis gratuitamente. Este sistema de atualização sem fio do firmware dos microcontroladores pode ser utilizado em monitoramento remoto com rede de sensores sem fio como, por exemplo, em sistemas descentralizados de geração de energia, em controle de acesso de laboratórios ou em robótica educacional. Durante a gravação sem fio dos microcontroladores, o software SanUSBee proposto funcionou bom desempenho, confiabilidade e fácil atualização de firmware.

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer ao Departamento de Engenharia Elétrica da UFC, ao Laboratório de Eletrônica e Sistemas Embarcados (LAESE) do IFCE - Campus Maracanaú e ao DAAD (*Deutscher Akademischer Austausch Dienst*) pela bolsa de doutorado sanduíche concedida ao primeiro autor.



REFERÊNCIAS

COUTO, A.A. **Aplicações Bluetooth e Perspectivas de Evolução: Um Novo Serviço de Emergência em Plataformas Open-Source**. 2008. 97p. Dissertação (Mestrado em Redes e Serviços de Comunicação) - Faculdade de Engenharia, Universidade do Minho, Porto, 2008.

JUCÁ, S.C.S.; CARVALHO, P.C.M.; BRITO, F.T. SanUSB: software educacional para o ensino. da tecnologia de microcontroladores. **Ciências & Cognição**, Rio de Janeiro, v. 14, p. 134-144, 2009.

JUCÁ, S.C.S.; CARVALHO, P.C.M.; BRITO, F.T. A Low Cost Concept for Data Acquisition Systems Applied to Decentralized Renewable Energy Plants. **Sensors** 2011, 11, 743-756.

O Povo, J. **Da Escola Pública para o mundo**. Disponível em: <<http://publica.opovo.com.br/page,493,109.html?i=2086691>> Acesso em: 29 ago. 2012.

PEREIRA, R.I.S; JUCÁ, S. C. S.; OLIVEIRA, F. C. Controle e Registro de Acesso Microcontrolado de Baixo Custo. *In*: CONGRESSO DE PESQUISA E INOVAÇÃO DA REDE NORTE NORDESTE DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA, 1., 2010, Maceió. **Anais ...** Maceió: CEFET-AL. 1 CD-ROM.