

## **DESENVOLVIMENTO DE UMA FERRAMENTA DIDÁTICA PARA GERENCIAMENTO DE REDES DE SENSORES SEM FIO ZIGBEE**

Cássia C. Silva – cassia.silva@cba.ifmt.edu.br  
Ruy de Oliveira – Ruy@cba.ifmt.edu.br  
Valtemir E. Nascimento – valtemir.nascimento@cba.ifmt.edu.br  
IFMT/ Departamento de Informática  
Rua Professora Zulmira Canavarros, 95, Centro  
78005-200 – Cuiabá – Mato Grosso  
Ailton A. Shinoda – shinoda@dee.feis.unesp.br  
UNESP/FEIS  
Avenida Brasil, 56 – Centro  
15385-000 - Ilha Solteira – SP  
Ed’Wilson T. Ferreira – edwilson.ferreira@cba.ifmt.edu.br  
IFMT/ Departamento de Informática  
Rua Professora Zulmira Canavarros, 95, Centro  
78005-200 – Cuiabá – Mato Grosso

**Resumo:** *Este trabalho apresenta uma ferramenta didática desenvolvida para auxiliar o processo de ensino da tecnologia de redes de sensores baseadas no padrão Zigbee IEEE 802.15.4. Por se tratar de um padrão relativamente recente, não há muitas ferramentas disponíveis que possibilitem o gerenciamento e a configuração dessas redes de forma simples e eficaz. A fim de preencher essa lacuna, um sistema de gerenciamento dessas redes, com interfaces gráficas amigáveis e várias opções de configuração, foi desenvolvida, e as suas funcionalidades são abordadas aqui.*

**Palavras-chave:** *Redes de sensores sem fio, Zigbee, Ferramenta didática de aprendizagem, Interface gráfica.*

### **1 INTRODUÇÃO**

Atualmente, um crescente número de usuários de redes de computadores optam por soluções baseadas em tecnologias sem fio (wireless), especialmente quando se trata de ampliação ou melhoria de uma rede já existente.

As Redes de Sensores sem Fio (RSSF) disponibilizam um grande leque de possibilidades de aplicação nas mais diversas áreas do conhecimento, como monitoramento ambiental, automação industrial, automação residencial, monitoramento de pacientes hospitalares, etc. (SOUZA 2009).

Essa multiplicidade de setores em que as RSSF podem ser empregadas evidencia a popularização e potencial de tais redes, apresentando-as como uma tecnologia de suporte e variedade de aplicações, relacionadas, doravante, ao cotidiano social.

As RSSF são formadas por pequenos elementos chamados nós sensores compostos de sensores, processador, rádio, memória e bateria.

O desenvolvimento de redes de sensores sem fio está baseado em três requisitos básicos, quais sejam: desempenho aceitável, economia de recursos e tolerância a falhas (Macedo 2006). Diante dos referidos requisitos, vê-se a necessidade de se estabelecer redes que se auto organizem, com dispositivos que trabalhem de forma cooperativa e forneçam serviços essenciais à comunicação.

Diversos padrões podem ser utilizados na construção de uma RSSF. Nesse contexto, observa-se o Zigbee como sendo um dos mais promissores (Fruett & Roa). Este admite um baixo consumo de energia, taxa de transmissão de dados razoável e uma pilha de protocolos mais simples, o que permite a sua implementação em sistemas com recursos limitados (VIERA, 2008).

No Brasil a tecnologia Zigbee está se consolidando por meio da utilização do hardware produzido pela Digi International<sup>1</sup>, o Xbee.

Todavia, apesar da crescente popularização do Padrão Zigbee, o entendimento do funcionamento dos sensores nessas redes, a abstração dos conceitos e o processo de ensino-aprendizagem dessa tecnologia em sala de aula, ocasionam numerosos desafios.

Nesse sentido, visualiza-se a dificuldade de acesso a uma ferramenta adequada que facilite a implementação de experimentos em laboratório, a exemplo, projetar uma RSSF e configurar seus dispositivos.

A dificuldade em promover dinâmicas objetivando a demonstração prática do conteúdo estudado, poderá delongar o processo de ensino-aprendizagem. Daí a necessidade de uma ferramenta de apoio didático, o qual possa suprir indesejáveis obstáculos.

Para testes e configurações dos módulos Xbee, produto que possui a tecnologia Zigbee, é utilizado o X-CTU (DIGI 2011), um software com muitas funcionalidades, porém, sem foco didático.

Ainda, é sabido que cada indivíduo possui uma forma característica de aprendizagem, tendendo a usar excessivamente um sentido em detrimento dos demais. Assim, uns aprendem com mais facilidade vendo, outros ouvindo, outros fazendo. Seguindo essa inferência, quanto mais sentidos forem estimulados mais eficiente será o processo de aprendizagem (Mancilha 2004).

Visualizar, ouvir ou praticar o assunto em estudo facilita a abstração deste, além de ser uma grande forma de estímulo ao aluno. Analisando essa necessidade, foi proposto o desenvolvimento de uma Interface Gráfica de Administração de Redes de Sensores – ferramenta IGARS – como método de auxílio didático no ensino da tecnologia Zigbee.

Ademais, para melhor exposição da proposta oferecida, faz-se necessário apresentar as características da tecnologia Zigbee (seção 2), apresentando, posteriormente, o desenvolvimento e as principais funcionalidades da Interface de Gráfica de Gerenciamento de Redes de Sensores – ferramenta IGARS (seção 3). Por fim, a seção 4 expõe as considerações finais do trabalho.

---

<sup>1</sup> Distribuidor do produto Xbee e Xbee PRO, cujo datasheet está referenciado na seção 6

## 2 ZIGBEE

Zigbee é uma tecnologia global desenvolvida pela Zigbee Alliance (ALLIANCE 2011). Conforme a Alliance, o Zigbee foi projetado para trabalhar somente com padrão sem fio, atendendo especificamente as necessidades da baixa potencia de sensores sem fio bem como o baixo custo e redes de monitoramento da grande maioria do mercado.

Há dois conjuntos de recursos que definem como a RSSF Zigbee opera em redes mesh: Tratam-se do Zigbee e Zigbee Pro (ALLIANCE 2011). Ambos são compostos dos seguintes dispositivos: Coordenador, Roteadores e Dispositivos Finais. A Figura 1 ilustra o uso dessa tecnologia. O cenário mostra uma casa inteligente, onde a RSSF é composta de um coordenador, dois roteadores e três dispositivos finais.

O Coordenador atua na formação e controle da rede. Nesse sistema de casa inteligente está conectado a um computador.

O Roteador envia uma mensagem de rota para o resto da rede. Está como home theater no sistema de casa inteligente, oferecendo suporte avançado de iluminação e segurança, os quais podem ser lâmpadas ou condicionadores de ar.

Os Dispositivos finais executam funções específicas ou de controle. No sistema de casa inteligente podem ser interruptores de luz, sensores de temperatura ou sensores de segurança.

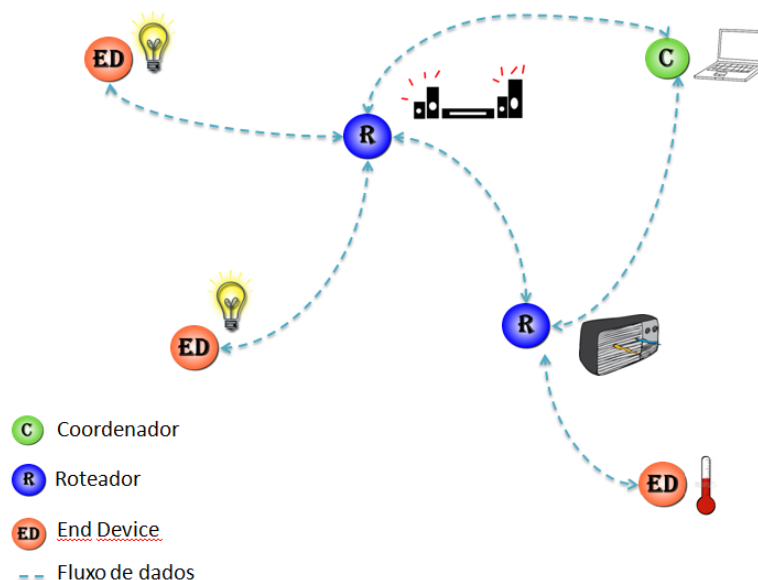


Figura1 – Topologia de uma RSSF Zigbee

A função que o dispositivo de um RSSF Zigbee desempenha depende da configuração que foi definida para o hardware. O hardware mostrado na Figura 2 pode exercer qualquer uma das funções dos dispositivos da RSSF Zigbee, ilustrado na Figura 1.



Figura 2 – Módulo Xbee

### **3 A INTERFACE GRÁFICA DE ADMINISTRAÇÃO DE REDES DE SENSORES – IGARS**

A área educacional está permeada de uma quantidade relevante de métodos didáticos em diversos setores do conhecimento, desenvolvidos com o objetivo de tornar simples e prático o conteúdo ora estudado (OSAKU 2008). A proposta da ferramenta IGARS é justamente o contexto acima descrito, fomentada, entretanto, para aplicação no âmbito de Redes de Sensores.

A linguagem escolhida para o desenvolvimento dessa ferramenta foi a C#, por possuir uma vasta documentação e existirem muitas APIs (Interface de Programação de Aplicações) disponíveis para a tecnologia, além do que, a linguagem de programação orientada a objeto, possibilita o aproveitamento do código (BOA 2004).

A ferramenta IGARS, por questões didáticas, foi dividida em módulos, visando a facilitação do desenvolvimento da aplicação. As principais funcionalidades dos módulos são:

- Representação Gráfica da RSSF Zigbee;
- Armazenamento dos dados enviados e recebidos pelos dispositivos Xbee;
- Configuração dos parâmetros dos dispositivos Xbee;
- Monitoramento e tratamento dos dados de entrada e saída analógico/ digital dos dispositivos Xbee.

A interface em que o usuário tem acesso às funcionalidades citadas está ilustrada na Figura 3. Na tela infra exposta, o usuário poderá escolher a porta em que está conectado o nó Coordenador da Rede, como também fazer uso de outras quatro opções: Formação da Rede, Rede, Configuração dos Módulos e Dados I/O.

Após conectar o Coordenador da Rede à porta serial, o usuário tem a opção, na aba Formação da Rede, de localizar todos os dispositivos que compõem a rede, além de poder visualizar a topologia que se formou. Esse recurso agiliza expressivamente o processo de assimilação dos conceitos envolvidos numa rede Zigbee.

A aba Rede oferece informações (referente à identificação do dispositivo, endereço, etc.) sobre os dispositivos da rede que foi formada. Como se vê na Figura 3, há também a aba Configuração dos dispositivos (leitura e alteração dos parâmetros do dispositivo) e a aba Dados I/O (tratamento de dados de entrada e saída analógico e digital no dispositivo). Nessa tela o usuário pode armazenar os dados enviados e recebidos (Rx, Tx) através do botão gravar. Apresentam-se, por conseguinte, os detalhes de funcionamento dos principais módulos da interface IGARS.

#### **3.1 Representação Gráfica da RSSF Zigbee**

A finalidade deste módulo é o mapeamento da rede, como ilustrado na Figura 3, possibilitando a visualização do comportamento das RSSF Zigbee na formação da sua topologia, haja vista que essas Redes se auto reorganizarem, trabalhando de forma cooperativa, conforme o experimento realizado pelo usuário. No que diz respeito ao experimento, a exemplo, pode ser feito a inclusão ou retirada de um novo dispositivo na rede. Enfim, este módulo torna simples a tarefa relativamente tediosa que é o acompanhamento dinâmico da topologia da rede em estudo. O mapeamento da RSSF oferece, ainda, informações dos dispositivos que compõem essa rede como endereço, nome, etc.

#### **3.2 Armazenamento dos dados enviados e recebidos pelos dispositivos Xbee**

No que tange a funcionalidade contida no módulo que admite a Representação Gráfica da RSSF Zigbee (Figura 3) nota-se que o usuário tem a opção de fazer o armazenamento dos

dados enviados e recebidos pelos dispositivos Xbee. Essa exportação de dados (botão gravar) Rx e Tx, torna possível futuras manipulações dos dados coletados no experimento.

### 3.3 Configuração dos parâmetros dos dispositivos Xbee

O Módulo em apreço permite a leitura e alteração dos parâmetros do dispositivo Xbee local e remoto, a exemplo, pode ser enviado um comando que altere o nome de um dispositivo Xbee local. Todas as alterações feitas nos parâmetros dos dispositivos que compõe a RSSF podem ser visualizadas na aba Redes ou na Representação Gráfica dessa RSSF Zigbee, através da aba Formação da Rede.

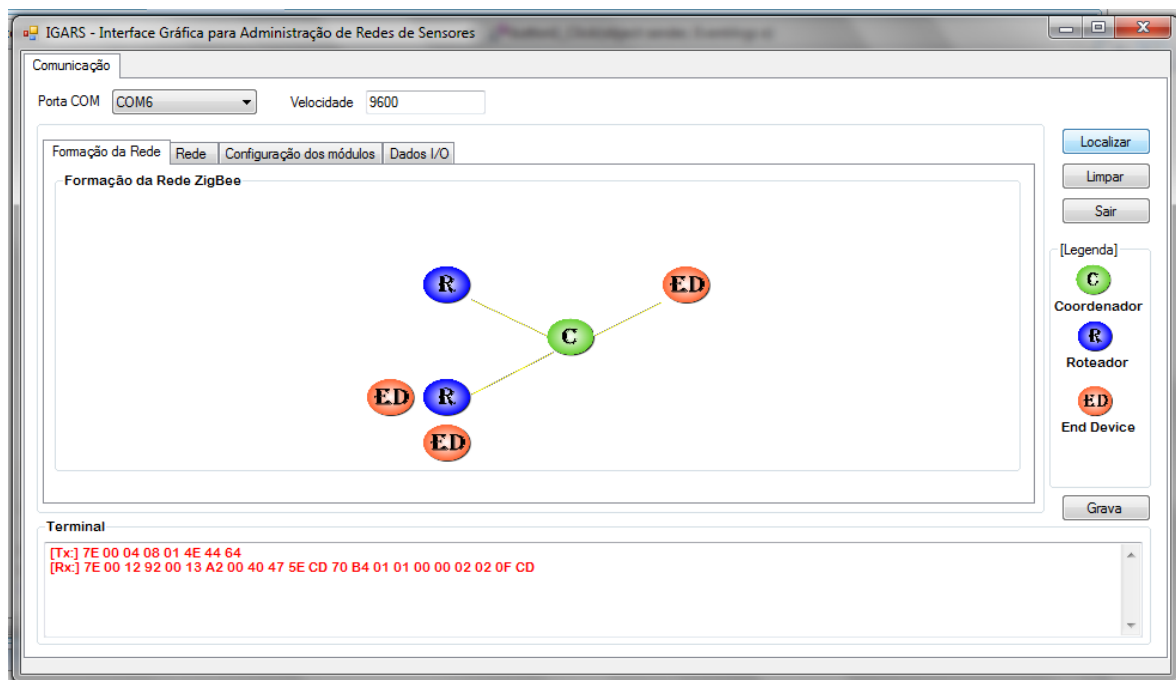


Figura 3 – Tela com acesso aos principais módulos: Representação Gráfica da RSSF Zigbee; Armazenamento de dados enviados e recebidos pelos dispositivos Xbee; Configuração dos parâmetros dos dispositivos Xbee; Monitoramento e tratamento dos dados de entrada e saída analógico/ digital dos dispositivos Xbee

### 3.4 Monitoramento e tratamento dos dados de entrada e saída analógico/ digital dos dispositivos Xbee

O Módulo em questão concerne a entrada e saída de dados. Nessa tela o usuário consegue testar algumas aplicabilidades que podem ser desenvolvidas em uma RSSF. No exemplo da Figura 4 o usuário consegue verificar a transferência de dados de temperatura, coletados por sensores devidamente instalados entre os módulos. Como pode ser visualizado, para este experimento o usuário selecionou o dispositivo e o pino de onde será feita a leitura do dado (valor) pretendido. Em seguida o usuário definiu o intervalo de variação dentro do qual o valor medido deve estar contido. Este valor varia de acordo com o tipo de sensor que está sendo utilizado. O passo seguinte foi escolher a correspondência entre os valores medidos e os respectivos valores convertidos (mín./ máx.) para a unidade correta, que neste caso é C de Celsius. Portanto a grandeza Temperatura foi inserida também. A funcionalidade constatada



possibilita a realização de outros experimentos em laboratórios educativos como transferência de dados de pressão atmosférica, umidade do ar, etc.

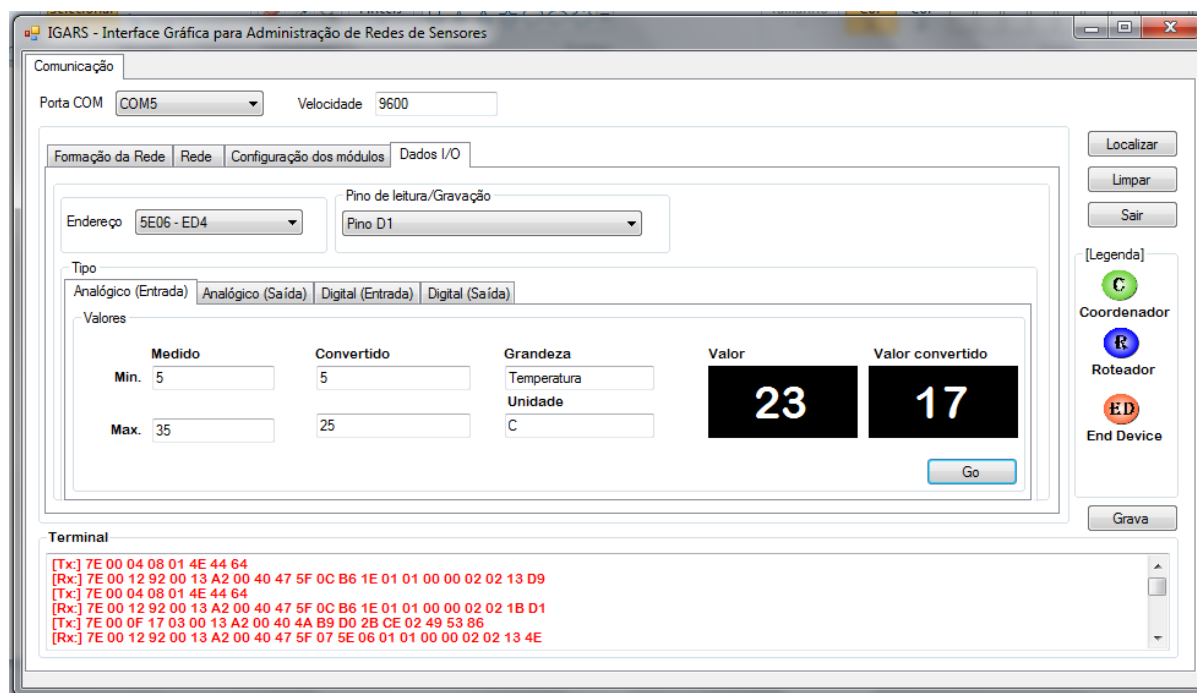


Figura 4 – Monitoramento e tratamento dos dados de entrada e saída analógico/ digital dos dispositivos Xbee

## 4 CONCLUSÕES

O presente artigo apresentou o desenvolvimento de uma ferramenta de auxílio didático no ensino da tecnologia de RSSF Zigbee. Como visto, a tecnologia Zigbee oferece possibilidades de aplicação em diversos setores. Nesse viés, o cenário empresarial inclina-se consideravelmente a adoção dessa tecnologia como solução viável.

Diante de tal configuração, torna-se interessante o desenvolvimento de métodos didáticos de ensino da tecnologia Zigbee em sala de aula.

A ferramenta IGARS proporciona ao usuário várias opções de interação com os módulos Xbee, tais como configuração dos dispositivos, tratamentos de dados, visualização do comportamento da rede em casos adversos, entre outros. Ademais, tal ferramenta possui uma interface de simples manuseio. A prática operacional possibilita ao aluno adquirir considerável familiaridade com as aplicações do protocolo Zigbee.

Entende-se, desse modo, que o emprego da Interface IGARS revela-se como uma vantajosa ferramenta didática no sentido de viabilizar, motivar e despertar a curiosidade do aluno no aprendizado da tecnologia Zigbee.

No que concerne a trabalhos futuros, há várias APIs prontas e adaptadas a novas implementações na ferramenta IGARS, o que possibilita o aprimoramento e a criação de novas funcionalidades para essa ferramenta.

## AGRADECIMENTOS

À FAPEMAT pelo apoio financeiro a este trabalho, ao meu orientador, Professor Doutor Ruy de Oliveira, pela atenção necessária à elaboração e revisão do trabalho. Ao meu colega Lucas pela ajuda nas pesquisas e experimentos e a todos que colaboraram na realização desse trabalho.

## REFERENCIAS

BOAS V.R. P., **Uma Ferramenta Orientada ao Objeto para Monitoramento de Cargas em Sistemas Paralelos**. Universidade de São Paulo, Instituto de Física de São Carlos.2004. Dissertação de Mestrado.

Digi International Inc. 2008 Manual Xbee ZB/XbeePRO ZBRF Modules.

Digi International Inc. 2008. Pode ser baixado no link: <http://www.digi.com/support/kbase/kbaseresultdetl.jsp?kb=125>, acessado em 02/06/2011.

FRUETT, F.; ROA, Y. H. H.. Redes de Sensores Sem Fio: Uma Abordagem Prática. In: XVIII Congresso Brasileiro de Automática, 2010, Bonito. XVIII Congresso Brasileiro de Automática, 2010.

MACEDO, D. F., UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS, Instituto de Ciências Exatas. **Um Protocolo de Roteamento para Redes de Sensores Sem Fio Adaptável por Regras de Aplicação**, 2006. Trabalho de Conclusão de Curso.

MANCILHA, J., No Controle das Emoções, um dos Segredos do Aprendizado. Entrevista publicada na Folha Dirigida em Dezembro de 2004. Encontrado no link: [http://www.pnl.med.br/site/control\\_emocoes.htm](http://www.pnl.med.br/site/control_emocoes.htm)

OSAKU, E.F., Desenvolvimento de um Software didático para o apoio ao Aprendizado de Ventilação Mecânica. **Anais** do XXVIII Congresso da SBC, WIN – Workshop de Informática Média, Belém do Pará: 2008.

SOUZA, M. P., UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE, Departamento de Engenharia Elétrica. **Diversidade Cooperativa Adaptativa Aplicada a Redes de Sensores sem Fio**, 2009. Dissertação de Mestrado

VIERA, P. P., UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA, Centro de Tecnologia. **Requisitos Básicos para a Implementação de uma Rede de Sensores Sem Fio**, 2008. Trabalho de Conclusão de Curso.

Zigbee Alliance, <http://www.zigbee.org/Home.aspx>, acessado em 02/06/2011.



## DEVELOPMENT OF A DIDACTIC TOOL FOR MANAGEMENT OF WIRELESS SENSOR NETWORKS ZIGBEE

**Abstract:** *This paper presents a teaching tool developed to improve the learning process of the sensor networks technology based on the Zigbee IEEE 802.15.4 standard. As this standard is relatively recent, there are not sufficiently available tools for a simple and efficient administration of these networks. Thus, we developed a customized graphical user interface for monitoring and controlling such networks. Our approach is user friendly and encompasses several configuration options, which are detailed in this paper.*

**Key-words:** *Wireless sensor networks, Zigbee, didactic tool for learning, graphical interface.*