

Utilização da Tecnologia Zigbee para Sensoriamento de Nível de Rio para Monitoramento de Cheias

Jackson Alessandro Stuhler
jackson@unidavi.edu.br
Unidavi

Fábio Alexandrini
fabalexandrini@yahoo.com.br
Unidavi-IFC-Rio Sul

Carla F D Alexandrini
carla_alex10@hotmail.com
Unidavi

José Ernesto De Faveri
faveri@unidavi.edu.br
Unidavi

Thiago Souza Araujo
prof.araujo@unidavi.edu.br
Unidavi-USJ

Resumo: Devido ao grande número de cheias que correm no Alto Vale do Itajaí surge a necessidade de monitoramento dos rios e córregos como medida preventiva e de alerta antecipado contra a mesma, portanto este trabalho tem como proposta a utilização de meios eletrônicos para medição do nível de rios substituindo meios tradicionais de medição, utilizando a integração de rede de sensores dinâmicos com a tecnologia sem fio Zigbee. A utilização da rede de sensores utilizando o protocolo Zigbee se deve a suas características como baixo tempo de resposta, baixo custo e consumo de energia, o que torna ideal para a utilização de sensores, aliado a sua topologia que possui a capacidade de adaptar-se a alterações como perda de um nó ou mau funcionamento, vandalismo ou mudanças de posição, com a possibilidade de integração com um gateway a uma rede externa para o envio dos dados como TCP/IP, GPRS ou circuitos proprietários, no protótipo utilizado, implementa um sensor ultrassônico controlado por microcontrolador, transmitindo os dados através de um nó remoto Zigbee.

Palavras Chave: Tecnologia Zigbee - Monitoramento Cheias - Sensoriamento Rios - Desenv.Regional - Tec.Inf. Comunicação



INTRODUÇÃO

Cada Vez mais os desastres naturais estão se tornando um assunto presente nas vidas das pessoas mesmo não sendo atingidas por elas, pois estão se tornando freqüentes afetando milhões em todo mundo; inundações, furacões, terremotos, maremotos e incêndios, há mais desabrigados por causa dos desastres naturais do que por conflitos. O crescimento populacional, ocupação desordenada, aumento da pobreza e a destruição da natureza são uns dos requisitos que colocam cada vez mais pessoas no caminho do perigo.

No Brasil especialmente em Santa Catarina os desastres naturais mais freqüentes são as cheias e os deslizamentos, inúmeras medidas já foram ou estão sendo tomadas para prevenir, algumas destas recorrem à tecnologia da informação que é de suma importância para monitorar a situação decorrente.

Através de uma rede de sensores espalhados por diversas áreas, do qual monitoram os níveis dos rios, informando e alertando a população sobre eventual mudança de nível que venha afetar a mesma, mas a áreas onde há ausência de sensores, a leitura ainda depende da ação humana o que pode tornar as informações imprecisas e com atrasos, mas através de novas tecnologias como o Zigbee é possível aumentar ou criar uma rede de sensores que podem auxiliar no monitoramento os níveis de rio informando a situação de forma rápida e em tempo real.

OS DESASTRES NATURAIS

Os desastres naturais têm por muitas vezes devastado a humanidade ao longo dos séculos, mas atualmente tem se mostrado mais presente no cotidiano das pessoas, pelo aumento populacional que está cada vez mais ocupando áreas de risco, pela mídia que está cada vez mais presente nos acontecimentos, pela atividade humana que está agravando cada vez mais a situação que os cientistas sugerem ser resultado das mudanças climáticas globais.

Segundo o artigo Desastres Naturais (2009 p -1) um desastre natural é “Quando os fenômenos naturais atingem áreas ou regiões habitadas pelo homem, causando-lhe danos, passam a se chamar desastres naturais.” outro conceito adotado pela UN-ISDR (2009) considera desastre como uma grave perturbação do funcionamento de uma comunidade ou de uma sociedade envolvendo perdas humanas, materiais, econômicas ou ambientais de grande extensão, cujos impactos excedem a capacidade da comunidade ou da sociedade afetada de arcar com seus próprios recursos. Com esses conceitos podemos afirmar que além dos grandes desastres como os tsunamis, erupções vulcânicas, terremotos, ciclones e furacões, os fenômenos de menor intensidade como deslizamentos e inundações que podem ocorrer naturalmente ou pela ação do homem também são considerados desastres naturais.

Segundo o artigo Desastres Naturais (2009 p -1) é considerado um desastre natural quando ocorre um dos seguintes critérios:

- 10 ou mais óbitos;
- 100 ou mais pessoas afetadas;
- declaração de estado de emergência;
- pedido de auxílio internacional.

O artigo Desastre Naturais distingue os desastres segundo sua origem e sua intensidade.

Quanto à origem: podem ser classificados em: naturais ou humanos, os de origem natural são aqueles causados por fenômenos da natureza, já os de origem humana são aqueles que resultam de ação ou omissão humana.



Quanto à intensidade: é para facilitar o planejamento e a recuperação da área atingida, com isso é possível calcular as ações e os recursos necessários para socorro das vítimas.

Nível	Intensidade	Situação
I	Desastres de pequeno porte, também chamados de acidentes, onde os impactos causados são pouco importantes e os prejuízos pouco vultosos. (Prejuízo menor que 5% PIB municipal)	Facilmente superável com os recursos do município.
II	De média intensidade, onde os impactos são de alguma importância e os prejuízos são significativos, embora não sejam vultosos. (Prejuízos entre 5% e 10% PIB municipal)	Superável pelo município, desde que envolva uma mobilização e administração especial.
III	De grande intensidade, com danos importantes e prejuízos vultosos. (Prejuízos entre 10% e 30% PIB municipal)	A situação de normalidade pode ser restabelecida com recursos locais, desde que complementados com recursos estaduais e federais. (Situação de Emergência – SE)
IV	De muito grande intensidade, com impactos muito significativos e prejuízos muito vultosos. (Prejuízos maiores que 30% PIB municipal)	Não é superável pelo município, sem que receba ajuda externa. Eventualmente necessita de ajuda internacional. (Estado de Calamidade Pública – ECP)

Tabela 1 - Classificação dos desastres em relação à intensidade (Fonte: Artigo Desastres Naturais - modificado de Kobiyama et al, 2006).

Inundações e enchentes são uns dos desastres naturais que mais assola o sul do país, há registros desde o século passado, mas nas ultimas décadas vem se intensificando cada vez mais, muito se deve ao aumento populacional e conseqüentemente a ocupação de áreas inundáveis e também o mau planejamento da ocupação que não tem levado em consideração esse aspecto fundamental.

Segundo o artigo Desastres Naturais (2009), as inundações e enchentes são problemas geoambientais derivados de fenômenos ou perigos naturais de caráter hidrometeorológico ou hidrológico, ou seja, aqueles de natureza atmosférica, hidrológica ou oceanográfica.

Abaixo segue os seguintes conceitos dados do artigo:

Inundação representa o transbordamento das águas de um curso d'água, atingindo a planície de inundação ou área de várzea.

As enchentes ou cheias são definidas pela elevação do nível d'água no canal de drenagem devido ao aumento da vazão, atingindo a cota máxima do canal, porém, sem extravasar.

O alagamento é um acúmulo momentâneo de águas em determinados locais por deficiência no sistema de drenagem.

A enxurrada é escoamento superficial concentrado e com alta energia de transporte, que pode ou não estar associado a áreas de domínio dos processos fluviais.



Figura 1 - Perfil esquemático do processo de enchente e inundação (Fonte: Artigo Desastres Naturais Min. Cidades/IPT, 2007).



AS ENCHENTES NO VALE DO ITAJAÍ¹

As enchentes no vale do Itajaí já remota do século passado desde a colonização do Vale do Itajaí. Ha registros mais precisos de 1850 quando a colonização de Blumenau foi estabelecida, segundo o artigo A Gestão Inercial Das Enchentes No Vale do Itajaí, de 1850 a 1997 foram registrados mais de 67 enchentes em Blumenau, das quais 11 até 1900, 20 nos 50 anos subseqüentes e 36 nos últimos 46 anos, são aproximadamente 150 anos de enchentes no Alto Vale do Itajaí em media 1 enchente para cada 2.5 anos, desde essa época muitos procurarão soluções para o caso e até o momento nenhuma solução adequada foi encontrada, a solução paliativa para o problema está sendo a prevenção através do monitoramento e o alerta antecipado das enchentes.

O governo do Estado e a Agência de Cooperação Internacional do Japão (JICA) realizam estudos de prevenções de cheias em SC, através de ações com intuito de conter as cheias como o aumento da capacidade das barragens, prevenção de alagamentos, preparação e fortalecimento das defesas civis dos municípios. Há também o sistema de alerta de cheias realizado pelo CEOPS. Segundo o site <http://www.guiaeuropeu.com.br> o relatório oficial da enchente em Santa Catarina no ano de 2011 foi:

Municípios Atingidos = 96

Municípios em Situação de Emergência = 51

Municípios em Estado de Calamidade Pública = 10

Pessoas afetadas = 978.070

Pessoas desalojadas = 162.237

Pessoas desabrigadas = 15357

Pessoas feridas = 170

Pessoas mortas = 3

Residências afetadas = 29563

Prédios Públicos afetados = 367

Prédios Comunitários afetados = 132

Prédios Particulares = 51

Segundo o site <http://ceops.furb.br/> o órgão responsável pelo serviço de alerta de cheias na bacia do Itajaí é o CEOPS (centro de operações do sistema de alerta da bacia hidrográfica do Rio Itajaí) vinculado a FURB e ao IPA (Instituto de Pesquisas Ambientais), o CEOPS utiliza de equipamentos telemétricos e pluviométricos espalhados pela bacia para o monitoramento hidrometeorológico, em situações normais faz duas leituras diárias em cada estação através de um software chamado Quik Link e mais a leitura observada na régua, em situações especiais quando o nível do rio estiver acima e/ou quando ocorrer precipitação que ultrapasse um limite pré-determinado, a leitura ocorre de hora em hora.

O CEOPS possui apenas 16 estações de alerta telemétricas espalhadas pela bacia do Itajaí e alguns observadores para a leitura das réguas. Segundo o site <http://www.epagri.sc.gov.br/> as estações transmitem a cada hora via satélite os dados de chuva e dos níveis dos rios, essas estações são constituídas de torres de alumínio ou abrigos de alvenaria com uma antena de transmissão e painel solar para alimentar a estação.

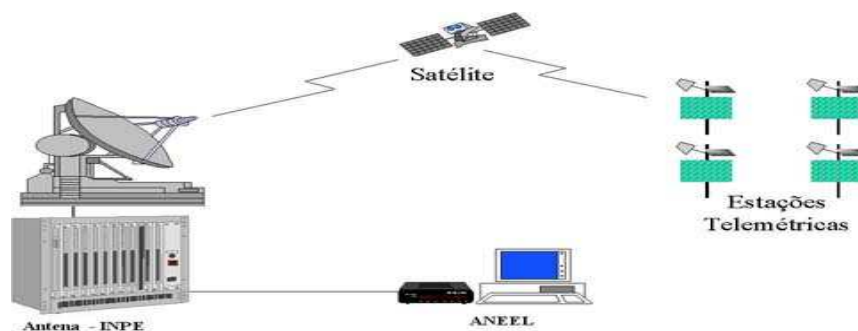


Figura 2 - processo de comunicação via satélite (Fonte: <http://www.aneel.gov.br>)

A ANEEL informa que as estações telemétricas formam uma rede de estações chamadas de PCD's (plataforma de coletas de dados), a transmissão das informações ocorre através dos satélites brasileiros SCD1, SCD2 e CBERS. Essas estações, com o intuito de diminuir os custos e aumentar o monitoramento dos rios, poderiam trabalhar em conjunto com tecnologias de rede sem fio.

REDES SEM FIO

Segundo Carissimi (2009-p119) uma rede sem fio é um sistema de comunicação ponto-a-ponto também chamado radio-enlace que utiliza uma portadora eletromagnética que se propaga pela atmosfera como meio de comunicação entre dois pontos. De acordo com a definição de Carissimi a comunicação sem fio popularmente chamada de wireless está presente algum tempo no cotidiano das pessoas, desde as primeiras transmissões de rádio por Marconi no início do Século até nos dias atuais com a enorme expansão dos padrões mais difundidos como o Wimax, Bluetooth e o Wi-Fi.

Essa expansão das redes sem fio aconteceu com o avanço da tecnologia, surgindo como alternativa para expansão de uma rede de cabeamento convencional ou melhoria de uma rede já existente. Mas essas redes sem fio têm como objetivo principal transportar altas taxas de transferência para voz, dados e imagem, com isso, esses equipamentos tem alto grau de complexidade o que torna caros para aplicações mais simples como sensoramento. Para as aplicações sem fio para sensoramento o que existiam até então são sistemas proprietários desenvolvidos para necessidades específicas como dispositivos de controle e sensores para a área industrial.

Estas redes sem fio de sensores é uma tecnologia que surgiu recentemente com o intuito de monitorar e controlar, suprimindo uma necessidade deixada por outras tecnologias de redes sem fio. Ela consiste de um grande número de sensores distribuídos numa região de interesse, são tipicamente alimentados por baterias chegando a operar por períodos longos de tempo, tem alcance reduzido e funções de computação limitadas, podendo ser equipados com diversos de tipos de sensores.

No que se referem ao alcance segundo Carissimi (2009-p49-53) as redes sem fio são classificadas levando em conta a área de cobertura da rede (distancias envolvida). A área de cobertura influencia diretamente nas técnicas de transmissão sendo que é considerada a existência de quatro grandes grupos Wpan, Wlan, Wman e Wwan:

WPAN (Wireless Personal Area Network) – São redes de curtíssima distancia com o objetivo de interconectar dispositivos de rede em poucos metros. (entre 10 e 100 metros). É um padrão para redes locais, definido pelo IEEE 802.15, para o endereçamento de redes sem fio

WLAN (Wireless Local Area Network) – São redes destinadas à interligação de redes locais com alcance considerável (entre 100 e 300 metros.) baseadas no padrão IEEE 802.11 são



utilizadas como extensão ou alternativa para as redes com cabeamento convencional (par metálico ou fibra óptica);

WMAN (Wireless Metropolitan Area Network) – São redes que fazem parte do que se convencionou chamar de tecnologia de acesso a internet. Neste grupo temos as tecnologias que tratam dos acessos de banda larga para última milha para redes em áreas metropolitanas,

WWAN (Wireless Wide Area Network) – Neste grupo estão as tecnologias voltadas para redes de longa distância. A internet e as redes corporativas utilizam para a comunicação de voz e serviços de dados, oferecido pelas concessionárias de telecomunicações.

Dentre as tecnologias de comunicação sem fio para sensoriamento que se destaca atualmente é o Zigbee. Zigbee é um padrão de comunicação wireless que tem por objetivo prove uma rede de monitoramento e controle com baixas taxas de dados, baixas taxas de processamento e com grande autonomia de operação. Foi desenvolvido especificamente para aplicações de baixo custo alimentado por baterias, nesta categoria se aplicam sensores de diversos tipos para uso em automação industrial e comercial, domotica e sistemas embarcados, telem medicina. Foi desenvolvido para ser uma alternativa de comunicação simples, usado onde não necessitem de soluções complexas, com isso torna se viável para aplicações de baixo custo como sensoriamento.

Segundo Dantas (2010 p-393) zigbee é uma especificação para redes sem fio pessoais (Wpans) baseado acima das camadas do modelo 802.15.4 do IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) onde implementa principalmente as tarefas de segurança e roteamento enquanto o padrão 802.15.4 implementa as camadas físicas do dispositivo com também as camadas de MAC (Médium Access Control). Para exercer a padronização entre os dispositivos e fabricantes um consorcio de empresas de diferentes segmentos do mercado chamado de “Zigbee Alliance” foi criado.

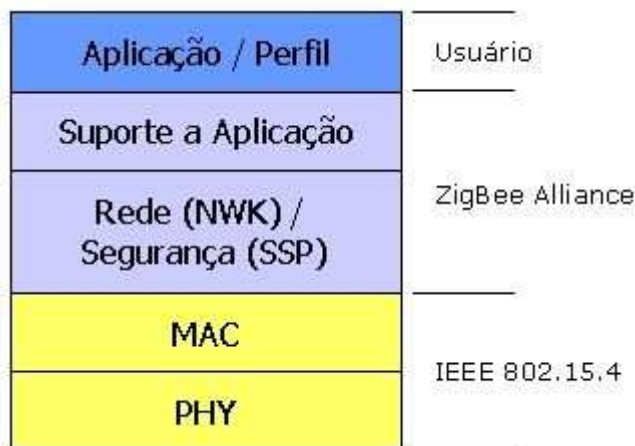


Figura 3 - Pilha do protocolo Zigbee (fonte: <http://www.vivasemfio.com>)

No protocolo zigbee utiliza se o padrão 802.15.4, cuja a camada física foi desenvolvida eletronicamente com um elevado nível de integração permitindo simplicidade nos equipamentos e consequentemente menor custo. Segundo Dantas (2010 p-395) o nível físico que é baseado o padrão 802.15.4 pode operar em duas frequências a 868/915 MHz e 2.4MHz com 16 canais e taxa de transmissão máxima da ordem de 250kbps, essas frequências operam na faixa ISM (Industrial, Scientific and Medical) não requerendo licença para funcionamento.

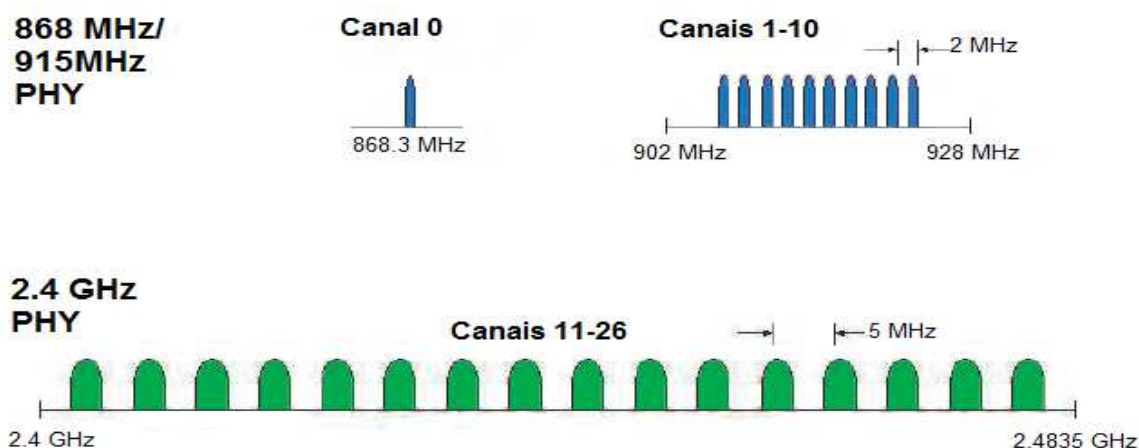


Figura 4 - Bandas de frequência de operação do Zigbee. (Fonte: <http://www.gta.ufrj.br>)

Já no nível de enlace o mecanismo de acesso ao meio adotado com o objetivo de diminuir as colisões dos nodos foi o CSMA-CA (Carrier sense multiple access with collision avoidance) e a modulação foi o DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum), que incorpora um padrão de redundância e os espalha pela largura de banda utilizada, permitindo que o dado seja identificado a que nó pertencente, como também, faz a detecção de erros. São também atribuições da camada física:

- Indicar qualidade de conexão
- Detectar potência dos canais
- Reportar canais livres (CCA - Clear Channel Assessment)

Na segurança a camada MAC utiliza o algoritmo AES (Advanced Encryption Standard) que criptografar o dado enviado, a validação do dado é feita por MIC (Message Integrity Code). No modo de operação do 802.15.4 existem duas formas: beaconing e non-beaconing, no modo beaconing os dispositivos transmitem sinais (beacon) para informar sua presença, desta forma podem permanecer inativos entre os sinais economizando energia, já no modo non-beaconing os dispositivos ficam ativos todo o tempo aumentando o consumo de energia, é utilizado em alguns casos dependendo da aplicação. Já o endereçamento usa dois tipos o EUI-64 de 64 bits e o endereço reduzido de 16bits.

Conforme o site ZigBee.org(2009) existe dois tipos de dispositivos em uma rede zigbee definidos pelo padrão IEEE sendo eles: os de função reduzida e os de função completa. **Dispositivo de função completa (FFD – Full-Function Device):** é apto a funcionar como coordenador roteador ou dispositivo final, com maior complexidade e poder computacional, pode se comunicar tanto com os FFDs quanto com os RFDs

Dispositivos de função reduzida (RFD – Reduced-Function Device): são equipamentos de função reduzida, são mais simples eletronicamente e atuam apenas como dispositivo final (end-pointings) comunicando somente com os FFDs, sua simplicidade tem como vantagem um consumo de energia e custo menor.

As Classes Lógicas dos dispositivos Zigbee podem de acordo com suas funções na rede (FFD ou RFD) ser classificados como: coordenador, roteador ou dispositivo final.

Coordenador: Ele é o responsável por iniciar uma rede Zigbee, sempre permanece em estado ativo para efetuar o roteamento dos dados e o controle, ele também determina o número máximo de roteadores filhos e os filhos de um roteador e a profundidade da rede.

Roteador: Ele é o responsável por rotear os dados, mais complexos eletronicamente que os dispositivos finais, possuem tabelas de roteamento que auxiliam para encontrar o menor caminho para os dados chegar ao destinatário. Utilizados em topologia de cluster e malha.



Dispositivo final: Como o próprio nome o sugere é o ultimo nó da rede, eletronicamente mais simples que os demais e, portanto mais baratos, passam a maior parte do tempo inativo economizando energia, não fazem roteamento nem coordenam apenas passam as informações dos sistemas de controle (sensores, atuadores e etc.)

A camada de rede do Zigbee pode possuir três topologias, segundo Dantas (2010 p-395) as topologias que usualmente são empregados na formação das redes Zigbee são: árvore estrela e malha. Essas características determinarão se a rede pode ser mais robusta, mais econômica, centralizadora ou distribuída, as topologias empregadas serão descrito a seguir.

Estrela: nesta topologia existe apenas um único coordenador central, tem como vantagem a simplicidade e proporciona uma vida mais longa da bateria em tempos de operação, como desvantagem tem o menor alcance e a dependência da rede sobre um único coordenador.

Malha (mesh): nesta topologia existe maior flexibilidade, segurança e escalabilidade, pois tem como vantagem a possibilidade de mais de um caminho de acesso entre os nodos desde que estejam dentro do alcance, mas continua existindo apenas um coordenador.

Árvore (árvore agregada ou cluster tree): nesta topologia tem-se como vantagem mais de um coordenador, é uma configuração híbrida que combina o melhor das topologias estrela e malha. Com a presença de mais de um coordenador e vários roteadores há um aumento da segurança do alcance da rede

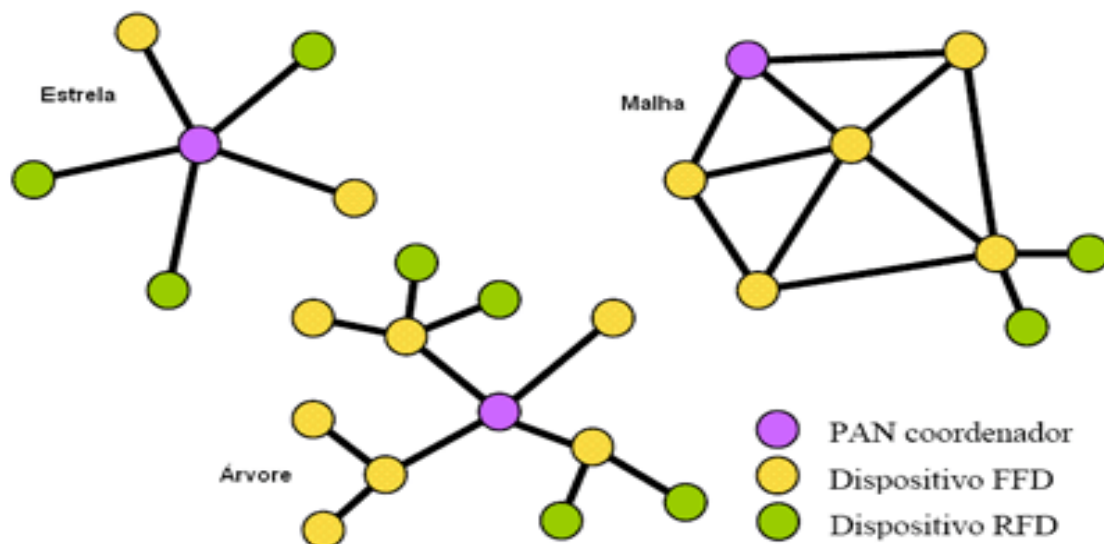


Figura 5 - topologia Zigbee (Fonte: <http://www.gta.ufrj.br>)

Uma das possibilidades de utilização da tecnologia de rede sem fio zigbee para o monitoramento de cheias é a integração com sensores de nível controlados por microcontroladores como o Arduino.

SISTEMA ARDUINO

Arduino é o nome dado a um dispositivo eletrônico com finalidade didático e de hobby para desenvolvedores em sistemas embarcados e robótica, segundo McRoberts (2011 p-22) em uma de suas definições, Arduino é um pequeno computador com dispositivos e ou componentes externos onde é possível programá-lo para acessar esses dispositivos externos, em outra definição retirada da Wikipédia ele afirma que: “Um Arduino é um microcontrolador de placa única, e um conjunto de software para programá-lo. O hardware consiste em um projeto simples de hardware livre para o controlador, com um processador Atmel AVR e suporte embutido de entrada/saída. O software consiste de uma linguagem de programação padrão e do bootloader que roda na placa”. O Arduino tem origem na Itália,



criado por Máximo Banzi, ele é livre de patentes e os softwares que interagem são de código aberto (opens-source), tornando se assim uma ferramenta acessível com baixo custo, flexível e fácil de usar em objetos interativos e desenvolvimento independente.

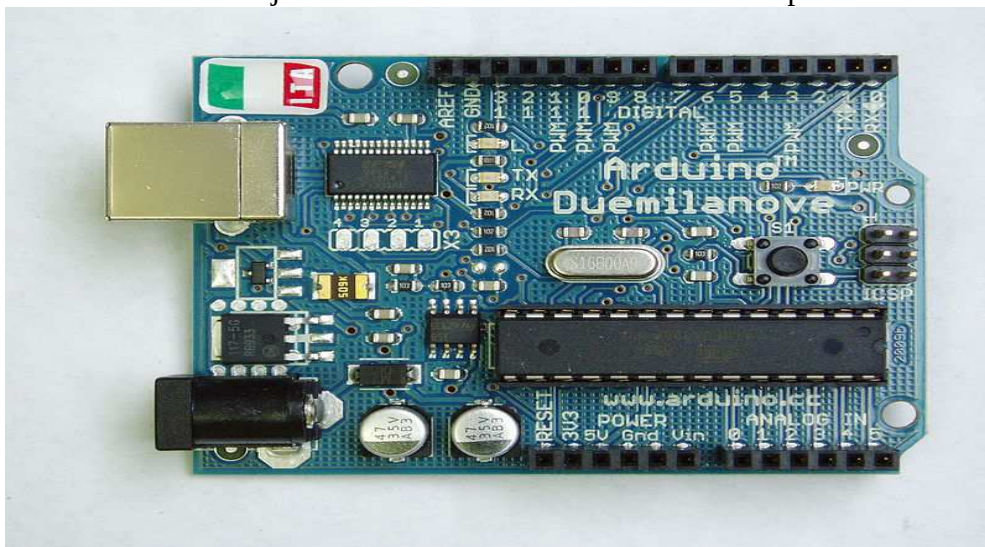


Figura 6 – Modelo: Arduino Duemilanove (Fonte: <http://linuxinrio.com.br>)

Para interagir com outras tecnologias o Arduino possui interfaces chamadas de Shields, são placas com componentes adicionais que podem ser encaixadas, deste modo é possível com a extensão apropriada inserir recursos com sensores de diversos tipos, controle de atuadores, e circuitos de acesso a redes 802.11, Bluetooth, Zigbee, GSM e outros diversos.

SENSORES

Segundo o conceito de Sturm (2004 p-11) sensores são dispositivos que transformam mudanças de uma grandeza física em variações de grandeza elétrica mensurável proporcional a variação desta grandeza. Outro conceito seria de Rosário (2005-p55) ele define como um transdutor que altera sua característica física interna devido ao fenômeno físico externo como som, luz, gás, campo elétrico e magnético etc. Os sensores podem ser usados para diversas situações como detectar um material medir uma grandeza ou ainda auxiliar nesta tarefa.

Os sensores possuem diversos tipos e seus respectivos parâmetros e graus de proteção, dentre os tipos de sensores mais utilizados estão:

Indutivos
Capacitivos
Resistivos
De encoder
De Termopar

De pressão
Magnéticos
Fotoelétricos
Ultrassônicos

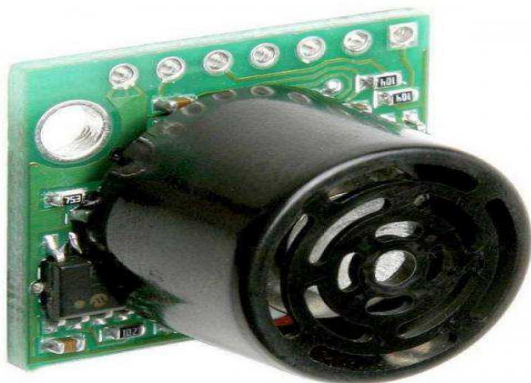




Figura 7 – Sensor Maxbotic LV (Fonte: <http://robotbox.net>)

Sensores ultrassônicos são os sensores que operam emitindo e recebendo ondas sonoras de alta frequência, são ondas superiores a 100kHz muito mais energéticas e direcionais por isso sua utilização, em nível de comparação a frequência audível para os seres humanos está na ordem de 20HZ a 20KHZ aproximadamente. Segundo Sturm (2004 p-66) Os sensores ultrassônicos é uma solução para a detecção da presença ou aproximação de algum objeto. Consiste basicamente em um transmissor e um receptor que podem estar separados, é os chamados modos oposto ou podem estar no mesmo invólucro que neste caso são chamados difusos. Os sensores ultrassônicos para a utilização como sensores de nível apresentam certas vantagens como permitir a medição continua do nível e não há contato direto com o material a ser medido e principalmente possuir longo alcance, como desvantagens são susceptíveis a mudanças de temperatura e sensíveis a corrente de ar e movimentos.

DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

Foi utilizado para o desenvolvimento do projeto um kit da Globalcode contendo um telêmetro ultrassônico da série Maxbotic LV-MaxSonar e um Arduino Uno com processador Atmel 328 um Shields para a conexão com o Zigbee, e um modulo Zigbee Xbee da Digi (antiga Maxstream) o projeto foi realizado em laboratório pela limitação dos equipamentos em questão.

O sistema proposto começou por ser a criação de um nó capaz de realizar sensorização remotamente utilizando o conjunto Arduino + Zigbee, um sistema reduzido o suficiente para ser econômico com a utilização de baterias, Já o sensor ultrassônico da Maxbotic possui diversos modelos diferenciados apenas pelo ângulo do feixe do sensor que varia de um modelo para o outro, quanto ao alcance, todos têm o mesmo sendo em torno de 254 polegadas (6,45 metros) de acordo com seu datasheet, a menor distancia que sensor detecta é 6 polegadas, não sendo reconhecido distancias menores, sua frequência é de 42Khz, e a cada 147 microssegundos é igual a uma polegada, esses dados são necessários para a criação do programa que determinara da distancia, abaixo um exemplo dos dados de distancia recebidos pelo computador

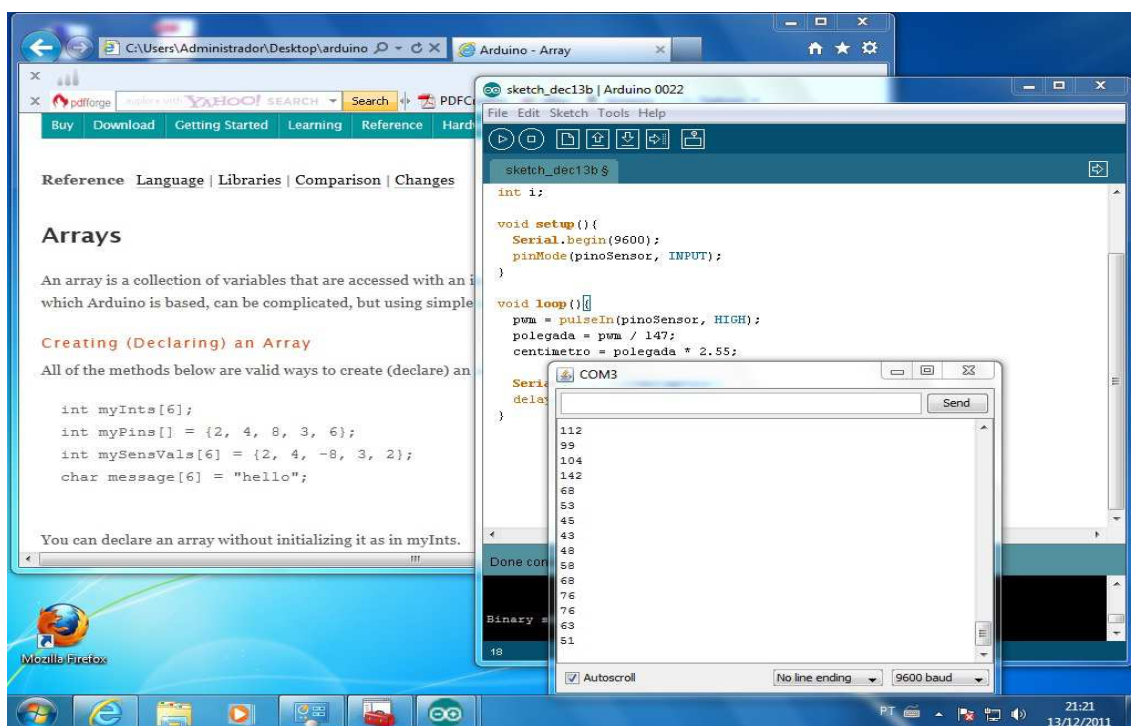


Figura 8 - distancia mostrada pelo sensor +Arduino + Zigbee (Fonte: Do Autor)

Como o Arduino foi utilizado o kit da Globalcode, não houve a necessidade de adaptação eletrônica entre o sensor e o Arduino, diferentemente de alguns kits, o sensor foi conectado diretamente na entrada PMW (Pulse Width Modulation - Modulação por Largura de Pulso) por ser mais fácil de utilizar, mas existem outras formas de conexão com o Arduino como a digital, analógica e a serial. Abaixo a figura mostra o programa utilizado para a leitura de distância.

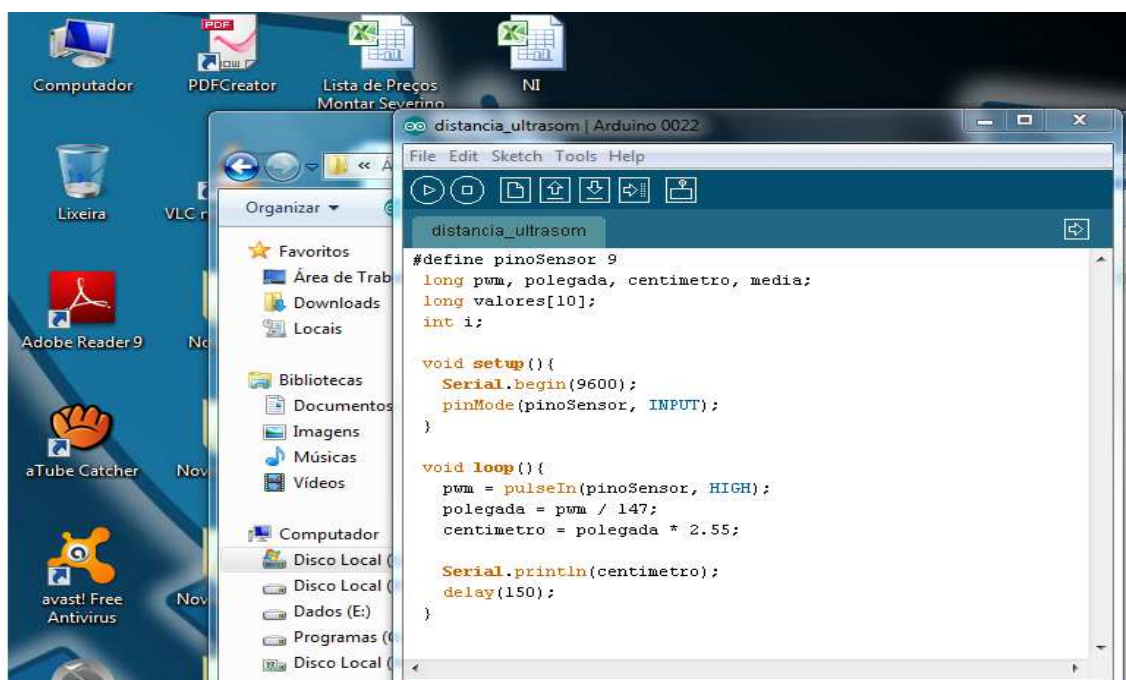


Figura 9 - programa utilizado para medir a distância (Fonte: do Autor)



O Zigbee foi utilizado o kit da Digi já previamente configurado, segundo seu datasheet a frequência de operação é de 2.4GHz com uma potência e em torno de 63miliwatt, taxa de transmissão em de 250kbps, -96dbm de ganho, e o alcance em torno dos 300metros em campo aberto.

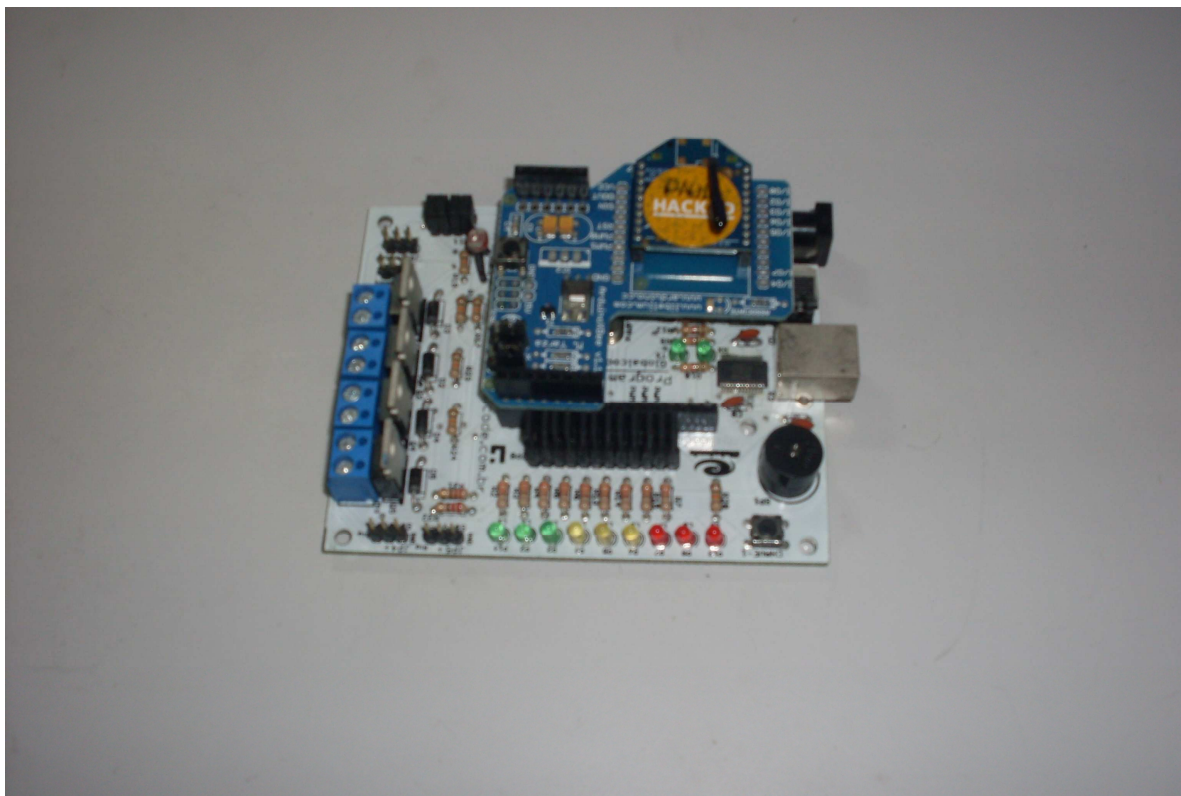


Figura 10 - Conjunto Arduino Zigbee em teste (Fonte: Do Autor)

Como mostrado na foto acima o modulo zigbee recebe um Shield para o acoplamento com o Arduino.

RESULTADOS OBTIDOS

Os testes foram realizados com o protótipo entre os dias 08 a 14/12/2011, primeiramente com o conjunto sensor e Arduino e posteriormente introduzido o conjunto Zigbee e Shields. Os testes realizados com o conjunto sensor e Arduino demonstraram-se satisfatórios, o alcance do sensor respondeu as expectativas descritas no seu datasheet, a distância realizada nos testes foi em torno de 2 à 3metros; em uma aplicação de sensoriamento de nível de rio há a necessidade de sensores ultrassônico de maior alcance como os descritos em <http://www.levelcontrol.com.br>, os modelos se-020 / se-040 / se-080 / se-200 com alcance em torno de 20 metros. No caso do Arduino haverá a necessidade de um acoplamento eletrônico com o sensor industrial, no teste não foi necessário adaptações, pois o sensor faz parte do kit. O software usado para a leitura de distancia foi escrito em C utilizando o programa de configuração Arduino 1.0 encontrado em <http://arduino.cc/en/Main/Software>.

Já a comunicação Zigbee foi testada com sucesso entre os dois nós a 10 metros de distancia em laboratório com paredes entre os mesmos, o que segundo as especificações da Digi já era esperado, e 70 metros aproximadamente em ambiente externo, mas sem linha de visada, devido a posição das instalações, de qualquer modo o alcance em ambientes internos ou externos com obstáculos, como os dos testes, sempre é de uma ordem de grandeza inferior ao alcance em áreas sem obstáculos.



Para aplicações de sensoriamento de nível de rio, módulos Zigbee com maiores distancia se fazem necessário, no caso, a tabela da fabricante Digi encontrado em <http://www.albacore.com.br/> mostra modelos como o Xbee-PRO ZB com alcance de até 3200m de distancia, ideais para cobrir uma grande área de uma cidade. O programa utilizado para a configuração do Zigbee é o X-CTU encontrado em <http://www.digi.com/support>.

Abaixo a tabela mostra os valores decorrentes dos equipamentos utilizados no protótipo:

Equipamento	Sensor	Arduino	Shields	Zigbee
Preço	R\$153,00	R\$252,00	R\$139,00	R\$134,00
Vendedor	Multilógica Shop	Globalcode	Multilógica Shop	Xbeestore
Total	R\$ 678,00			

Tabela 2 – Valores comerciais dos equipamentos utilizados.

Segundo o site comiteitajai.org o rio Itajaí-açu é formado por 7 afluentes, iniciando pela junção dos rios Itajaí do Oeste e Itajaí do Sul no município de Rio do Sul, com uma extensão próxima de 25.000 km de cursos d'água, o que nesse caso torna se inviável a colocação de sensores ao longo dos rios, mesmo que todos tivesse linha de visada para obter o alcance maximo.

Sub-bacias	Comprimento do rio (km)	Área da bacia (km ²)
Itajaí do Sul	101,0 km	2.027,6 km ²
Itajaí do Oeste	132,0 km	3.013,7 km ²
Itajaí do Norte	185,0 km	3.354,2 km ²
Benedito	83,0 km	1.500,1 km ²
Luis Alves	59,6 km	578,7 km ²
Itajaí-açu	188,0 km	2.780,0 km ²
Itajaí Mirim	170,0 km	1.677,2 km ²

Tabela 3 – Extensões dos principais rios que integram o rio Itajaí Açu. (fonte <http://comiteitajai.org.br>)

Mas uma solução seria a colocação de módulos em pontos estratégicos, como por exemplo, nos principais córregos e na saída de cada afluente do rio Itajaí-açu, outra possibilidade é a utilização de alimentação dos módulos através de energia solar, segundo o site <http://www.brasilhobby.com.br> um painel de energia solar, somada com uma bateria interna para alimentação noturna está em torno de R\$315,00 reais, no total um protótipo como demonstrado neste artigo com alimentação por energia solar custaria em torno de R\$993,00 aproximadamente sem o custo de instalação.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar de ser muito promissor o Zigbee é uma tecnologia recente e com isso, de pouca representatividade no mundo wireless atualmente, mas pela sua natureza, que é a de transmitir informações de sensores e controles, o Zigbee completa uma lacuna aonde até o momento existiam apenas tecnologias proprietárias e não padronizadas. Por isso o Zigbee pode ser útil na utilização de sensoriamento remoto, não apenas de nível, mas também com sensores pluviométrico, barométricos, de temperatura, até mesmo podendo ser instaladas de forma temporária como sensores móveis, já que uma das características desta rede é a introdução ou a retirada de um nó sem a necessidade de configurá-la.

Para trabalhos futuros será criado um módulo de sensoriamento pluviométrico onde deverá incluir testes de hardware, distancia entre os nós, comportamento da rede com a saída e entrada de um nó na rede Zigbee. Outra proposta é a utilização do sistema Arduino mais



simples chamado Severino (<http://arduino tutorial.blogspot.com>), com o intuito de reduzir custos.

O protótipo descrito neste artigo teve como proposta mostrar a utilização de uma nova tecnologia wireless para a utilização de sensoriamento remoto, no qual, a pesquisa e os testes mostra que é possível cumprir esse papel.

REFERÊNCIAS

ANEEL, Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/>> Acesso em: 9 janeiro de 2012.

Carissimi, Alexandre da silva; Rochol, Juergen; Granville, Lisandro Zambenedetti. **Redes de Computadores**. Porto Alegre: Bookman, 2009.

CEOPS, Disponível em:< <http://ceops.furb.br/> > Acesso em: 28 janeiro de 2012.

Comiteitajai, Disponível em:< <http://comiteitajai.org.br/> > Acesso em: 11 fevereiro de 2012

Companhia siderúrgica de Tubarão, SENAI. **Instrumentação Básica I – Instrumentação – Pressão e Nível**. Espírito Santo, 1999.

Dantas, Mario.**Redes de Comunicação e Computadores: Abordagem Quantitativa**. Florianópolis: Visual Books, 2010.

Digi, Disponível em:< <http://www.digi.com>> Acesso em: 28 janeiro de 2012.

Epagri, Disponível em:< <http://www.epagri.sc.gov.br/>> Acesso em: 9 janeiro de 2012.

Frank, Beate. **A Gestão Inercial das Enchentes no Vale do Itajaí**.

Guia Europeu, Disponível em:< <http://www.guiaeuropeu.com.br/>> Acesso em: 10 janeiro de 2012.

INCONTROL. **Manual de operação e instalação ITS-1000 Transmissor de nível remoto**. São Paulo, 2008.

KeikoTominaga, Lúcia; Santoro, Jair; Amaral, Rosângela. **Desastres Naturais – Conhecer para prevenir**. Instituto Geológico, São Paulo, 2009.

LABegalini Zucato, Fabio. **Rede Zigbee gerenciada por sistema de monitoramento remoto utilizando TCP/IP e GPRS**. São Carlos, 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica)

McRoberts, Michel. **Arduino Básico**. São Paulo: Novatec Editora Ltda, 2011.

Monsignore, Ferdinando. **Sensoriamento de ambiente utilizando o padrão Zigbee**. São Carlos, 2007 Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica).

Oliveira, Mário Anderson de. **Sensores de Nível**. Msc./ UFSC instituto federal de educação tecnológica do MT, 2007.

Plínio Ribeiro, Murilo. **Introduzindo tecnologia sem fio em redes intra-veicular**. Salvador, Universidade Federal da Bahia.

Rio do Sul, Disponível em:< <http://www.riodosul.sc.gov.br/>> Acesso em: 10 janeiro de 2012.

Rosário, João Mauricio. **Princípios de Mecatrônica**. São Paulo: Prentice Hall, 2005.

Severino, Disponível em:< <http://arduino tutorial.blogspot.com>> Acesso em: 11 fevereiro de 2012.

Sturm, Wilerson. **Sensores Industriais: Conceitos Teóricos e Aplicações Práticas**. Rio de Janeiro, 2004.

Xbeestore, Disponível em:< <http://xbeestore.lojavirtualfc.com.br>> Acesso em: 28 janeiro de 2012.

ZigBee Alliance, Disponível em:< <http://www.caba.org/standard/zigbee.html>> Acesso em: 15 de janeiro de 2012.