



**SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL**  
**FACULDADE DE TECNOLOGIA SENAI/JARAGUÁ DO SUL**  
**RONALDO APARECIDO SCHROEDER**

**SENSORES EM REDE SEM FIOS**

**RONALDO APARECIDO SCHROEDER**

**JARAGUÁ DO SUL**

**2012**

**RONALDO APARECIDO SCHROEDER**

**SENSORES EM REDE SEM FIO**

Trabalho de Conclusão de Curso Apresentado ao Curso de Pós Graduação Especialização Lato Sensu em automação Industrial do Serviço de Aprendizagem Industrial – SENAI em Jaraguá do Sul – como requisito parcial para conclusão do curso.

Professora Orientadora. Juliane Maira Bento

**JARAGUÁ DO SUL**

**2012**

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabalho a minha esposa, companheira das horas difíceis que sempre soube achar as palavras para o incentivo a terminar esta caminhada.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus por estar presente entre vocês.

Agradeço aos meus familiares, os quais nunca me abandonaram, neste meu afastamento deles neste processo,.

Aos meus professores um forte abraço por me tratar como amigo neste período de minha vida.

## RESUMO

As bancadas de treinamento da sala de automação industrial nesta instituição, contem equipamentos atuais para desenvolver experiências de aprendizado, simulando instalações reais, sendo que nessa realidade apareceu um problema de interferência eletromagnética entre os equipamentos, oriundos principalmente dos inversores de frequência. Diferente do mundo real, onde uma instalação é fixa e tem proteções especiais para evitar esse inconveniente, os equipamentos educacionais são constantemente rearranjados de posição, e isto impede a instalação de proteções adequadas. A solução encontrada foi a de o inversor ser afastado dos cabos de comunicações. Como isso não pode ser realizado e eliminar os cabos também não, a alternativa veio de mudar o sistema de transmissão de dados, mudando a rede de sensores de cabeada para sem fio. No levantamento de informações a respeito do tema encontrou-se uma fornecedora de radio frequência especializada no assunto. Esta mesma empresa, a pedido da instituição, ministrou uma palestra informativa sobre os equipamentos, dando ênfase a capacidade de trabalho sem sofrer interferência externa. Com a análise dos catálogos dimensionou-se o melhor equipamento a ser utilizado e as formas de uso e conexões possíveis, possibilitando a instituição a realizar a compra adequada às necessidades do laboratório.

Palavras chave: automação, sensores, redes sem fio

## **ABSTRACT**

Countertops training room for industrial automation in this institution, contains current equipment to develop experiences of learning, simulating real installations, and this reality appear a problem of electromagnetic interference between the equipment, mainly from the drives. Unlike the real world, where a plant is fixed and has special protections to avoid this inconvenience, the educational equipment are constantly rearranged the position, and this prevents the installation of adequate protections. The solution was to be away from the inverter communications cables. As it cannot be achieved and does not eliminate the cables, the alternative switch shaft the data transmission system, shifting the sensors wired network for wireless. In gathering information on the subject found a supplier of radio frequency expert on the subject. The same company, at the request of the institution, gave an informative presentation about the equipment, emphasizing the ability to work without suffering interference. With the analysis of the catalogs scaled up the best equipment to be used and the uses and possible connections, allowing the institution to make the purchase meets the needs of the laboratory.

Keywords: automation, sensors, wireless networks

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Rede em estrela.....	20
Figura 2- Rede em árvore .....	20
Figura 3- Rede Mesh (malha).....	21
Figura 4- modelos de antenas para redes industriais.....	22
Figura 5- Formas possíveis de transmissão e recepção.....	36
Figura 6- As camadas do ZIGBEE .....	44
Figura 7-Topologias de redes ZIG BEE .....	46
Figura 8- Esteira de transporte.....	57
Figura 9- Motorização da esteira.....	57
Figura 10-Exposição lateral do painel de controle.....	58
Figura 11- Inversor de frequência CFW-08 PLUS.....	59
Figura 12-CLP WEG TP 03 40HRA .....	61
Figura 13- Outras CLPs .....	62
Figura 14- Kit de radio wireless ponto a ponto .....	64
Figura 15- Verificação sem fio do nível de água em torre.....	66
Figura 16- DX 70 ajustes iniciais .....	67
Figura 17- Terminais PWR e GND do DX 70.....	68
Figura 18- Disposição dos conectores I/O na barra de terminais.....	70
Figura 19-conexão de sensores.....	72
Figura 20-Conexão de sensores .....	72
Figura 21-Conexão de sensores .....	73
Figura 22- interruptores DIP .....	73
Figura 23- Sensor de presença a LED .....	78

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1– Tecnologias de redes sem fio.....	25
Tabela 2- Comparação das tecnologias.....	26
Tabela 3– Status dos LEDs.....	69
Tabela 4- Relação entre pulsos e intensidade de sinal. ....	69
Tabela 5-Especificações dos terminais do DX 70 .....	71
Tabela 6- Estado das saídas ao perder conexão de radio. ....	74
Tabela 7–Tipo de entrada digital .....	75
Tabela 8- Selecionar indicador de perda de conexão ou I/O normal.....	75
Tabela 9- Ajuste de limite do tempo de perda de conexão .....	76
Tabela 10- Ligações de um KIT DX 70 no laboratório.....	79
Tabela 11- Instalação de um KIT DX 70 em um conjunto de treinamento .....	80

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>11</b>
1.1	OBJETIVO GERAL.....	12
1.2	OBJETIVOS SECUNDÁRIOS .....	12
<b>2</b>	<b>SENSORES INDUSTRIAIS.....</b>	<b>13</b>
2.1	SENSORES.....	13
2.1.1	<b>Sensores analógicos.....</b>	<b>14</b>
2.1.2	<b>Sensores digitais.....</b>	<b>14</b>
2.1.3	<b>Transdutores.....</b>	<b>14</b>
2.1.4	<b>Conversores A/D E D/A.....</b>	<b>15</b>
2.2	CARACTERÍSTICAS IMPORTANTES NOS SENSORES .....	15
2.2.1	<b>Tipos de saída.....</b>	<b>15</b>
2.2.2	<b>Sensibilidade .....</b>	<b>16</b>
2.2.3	<b>Exatidão.....</b>	<b>16</b>
2.2.4	<b>Precisão.....</b>	<b>16</b>
2.2.5	<b>Linearidade .....</b>	<b>17</b>
2.2.6	<b>Alcance (Range) .....</b>	<b>17</b>
2.2.7	<b>Estabilidade .....</b>	<b>17</b>
2.2.8	<b>Velocidade de resposta .....</b>	<b>17</b>
2.2.9	<b>Outras características.....</b>	<b>17</b>
2.3	REDES DE SENSORES SEM FIO.....	18
2.3.1	<b>Tecnologia wireless .....</b>	<b>18</b>
2.3.2	<b>Funcionamento da rede de comunicação .....</b>	<b>19</b>
2.3.3	<b>Antenas .....</b>	<b>21</b>
2.3.4	<b>Tecnologias empregadas.....</b>	<b>22</b>
2.3.5	<b>Fundamentos de Wireless LAN.....</b>	<b>24</b>
2.3.6	<b>Tipos de LAN .....</b>	<b>25</b>
2.3.7	<b>Comparação das Tecnologias Wireless LAN.....</b>	<b>25</b>
2.3.8	<b>Modos de Operação .....</b>	<b>26</b>
2.3.9	<b>Métodos de Modulação.....</b>	<b>27</b>
2.3.10	<b>Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM).....</b>	<b>28</b>
2.3.11	<b>O Access Point .....</b>	<b>29</b>
2.3.12	<b>O Rádio do Cliente .....</b>	<b>30</b>
2.4	OS PADRÕES DA INDÚSTRIA.....	31
2.4.1	<b>IEEE 802.11b .....</b>	<b>31</b>
2.4.2	<b>IEEE 802.11g .....</b>	<b>31</b>
2.4.3	<b>IEEE 802.11a .....</b>	<b>32</b>
2.4.4	<b>IEEE 802.11d .....</b>	<b>32</b>
2.4.5	<b>IEEE 802.11e .....</b>	<b>32</b>
2.4.6	<b>IEEE 802.11f.....</b>	<b>33</b>
2.4.7	<b>IEEE 802.11h.....</b>	<b>33</b>
2.4.8	<b>IEEE 802.11i .....</b>	<b>33</b>
2.4.9	<b>HiperLAN/2 .....</b>	<b>34</b>
2.4.10	<b>Bluetooth.....</b>	<b>34</b>
2.4.11	<b>MIMO.....</b>	<b>35</b>

2.4.12	<b>MIMO, MISO e SIMO</b> .....	<b>36</b>
2.5	TECNOLOGIAS WIRELESS .....	37
2.5.1	<b>Sistemas Narrowband</b> .....	<b>37</b>
2.5.2	<b>Spread Spectrum:</b> .....	<b>37</b>
2.5.3	<b>Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS):</b> .....	<b>38</b>
2.5.4	<b>Frequency-hopping spread-spectrum (FHSS):</b> .....	<b>38</b>
2.6	FAIXAS E CANAIS DE RADIO .....	38
2.6.1	<b>O FCC e a ANATEL</b> .....	<b>39</b>
2.6.2	<b>Bandas ISM</b> .....	<b>40</b>
2.6.3	<b>Bandas UNII</b> .....	<b>41</b>
2.6.4	<b>Banda utilizada</b> .....	<b>42</b>
2.7	ZIGBEE .....	43
2.7.1	<b>Arquitetura</b> .....	<b>44</b>
2.8	INTERCONEXÃO ENTRE REDES <i>FIELD</i> BUS E REDES SEM FIO.....	49
3	<b>PROCEDIMENTOS METODOLOGICOS</b> .....	<b>54</b>
3.1	RESUMO.....	54
3.2	INTRODUÇÃO .....	54
3.2.1	<b>O laboratório</b> .....	<b>56</b>
3.2.2	<b>Esteira de transporte</b> .....	<b>56</b>
3.2.3	<b>Painel de controle</b> .....	<b>58</b>
3.2.4	<b>Inversor de frequência</b> .....	<b>59</b>
3.2.5	<b>Controlador Lógico programável</b> .....	<b>60</b>
3.3	METAS E OBJETIVOS.....	62
3.4	INSTALAÇÃO DE UM KIT DX70 .....	68
3.4.1	<b>Energização do DX 70</b> .....	<b>68</b>
3.4.2	<b>Verificando a comunicação entre par de DX 70</b> .....	<b>68</b>
3.4.3	<b>Indicador de intensidade de sinal</b> .....	<b>69</b>
3.4.4	<b>Conecte os sensores</b> .....	<b>70</b>
3.4.5	<b>Conexão dos sensores</b> .....	<b>72</b>
3.4.6	<b>Configurando o Gateway e o Node</b> .....	<b>73</b>
3.4.7	<b>Configurações dos interruptores DIP para kits DX70</b> .....	<b>74</b>
3.5	ESTRATÉGIA E EXECUÇÃO .....	77
3.6	LIGAÇÕES ATUAIS: .....	77
3.7	LIGAÇÕES POSSÍVEIS. ....	78
3.8	ANÁLISE .....	80
3.8.1	<b>Vantagens</b> .....	<b>81</b>
3.8.2	<b>Desvantagens</b> .....	<b>81</b>
4	<b>CONCLUSÃO</b> .....	<b>82</b>
5	<b>REFERENCIAS</b> .....	<b>84</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Os ambientes industriais atuais além de gerarem produtos de alta tecnologia, é também um grande consumidor da mesma. Ficou para trás no tempo a era que o ser humano conseguia controlar com as mãos e verificar visualmente o processo produtivo, hoje uma pessoa pode estar do outro lado do mundo em um avião, e ter acesso instantâneo da situação produtiva, estoque e números de vendas, através de gráficos ou imagens on-line da planta industrial.

Isso que parecia coisa de ficção científica há alguns anos tornou-se realidade com o advento da internet e a maciça aplicação das redes sem fios. Em vários aeroportos, estações, bares e instituições escolares e governamentais, temos a disposição a internet WI-FI, em muitos casos gratuita.

Como todo mundo, a indústria também quer utilizar dessas novas tecnologias para solucionar problemas e melhorar as condições de trabalho e produtividade. Mas nem toda inovação pode ser adaptada em algo ou equipamento já em funcionamento. Há casos em que a adaptação pode se tornar até mais cara que a montagem de uma planta nova. A tecnologia wireless vem na contramão dessa afirmação clássica, pois além de realizar o serviço das antigas redes cabeadas, oferece mobilidade e prática adaptação para ser implantada, resolve problemas de instalação em áreas onde os cabos convencionais não podem ser instalados, ou oferecem risco insalubre ao ser humano para instalação ou manutenção. Pode-se chegar a alterar toda uma rede cabeada de comunicação entre controladores, sensores e atuadores ,eliminando quase que totalmente os cabos.

Existem diferenças entre tipos de redes e protocolos de comunicação, dedicados a funções específicas em que o usuário da rede necessita de conhecimentos específicos de ambos os tipos de redes a que esta trabalhando. Outros já vêm pré-configurados de fabrica e com protocolo proprietário onde o usuário não faz nenhum tipo de configuração por não ter acesso.

Encontra-se nesta pesquisa alguns tipos de sensores convencionais, tipos de redes wireless, e uma parte de compatibilidade destas com redes cabeadas de comunicação industrial.

## 1.1 OBJETIVO GERAL

A proximidade do inversor de frequência, dos equipamentos de controle gera uma interferência magnética nos cabos de redes, cabos de sensores e nos potenciômetros de controle da velocidade do inversor. Essa interferência perturba de forma inconstante nos sensores, fazendo parecer que o cabo de rede ou esta em curto ou aberto. Houve uma análise da alteração da posição do inversor para que ficasse distante e parasse de interferir, mas essa solução traria a necessidade de interligar os potenciômetros da bancada ao inversor através de cabos. Com isso reduzir-se-ia a mobilidade do equipamento, devido ao aumento do número de cabos a serem movidos a cada experimento diferente. Essa movimentação hoje já gera uma quantidade de cabos rompidos que aumenta o tempo de teste do aprendizado reduzindo a variedade de experimentos que possam ser realizados. A adaptação de uma rede wireless para os cabos dos sensores e potenciômetros resolveria todas essas dificuldades, pois na parte móvel do equipamento seriam ligados apenas cabos para a energização.

## 1.2 OBJETIVOS SECUNDÁRIOS

Tratando-se de um novo tipo de equipamento ao qual ainda não faz parte dos laboratórios de automação, a aquisição deste resolveria não apenas os problemas imediatos do laboratório de automação, mas possibilitaria o estudo deste em outras áreas afins ou divergentes, como a química, têxtil, metalúrgica ou informática. Podendo servir também de recurso para problemas existentes nas indústrias, aonde o aluno usuário do equipamento na instituição, possa aplicar seu conhecimento adquirido de forma a resolvê-lo de forma eficaz.

## 2 SENSORES INDUSTRIAIS

Seja na área acadêmica ou industrial, a melhoria nos sistemas de comunicação vem sendo, dia a dia aperfeiçoada a fim de reduzir tempos e adquirir confiabilidade nas informações. Com a grande quantidade de cabos e equipamentos trabalhando juntos, é certo de que algo irá interferir ou sofrer interferência em determinado momento. A essa interferência consegue-se amenizar escolhendo previamente a melhor configuração de comunicação, sensores e estações de processamentos numa nova planta. Mas realizar alterações ou inovações em plantas já instaladas, essas interferências são inevitáveis.

Mas antes de definir um modelo de comunicação para os sensores de determinado equipamento já em uso deve-se saber o que são sensores e seu papel na automação industrial. Uma definição breve nos deixará a par de algumas características próprias destes instrumentos essenciais à atividade industrial moderna.

Na seqüência expõe-se a forma que mais tem avançado na área de comunicação industrial, com grande tendência a reduzir as interferências de comunicação, as redes sem fio, notórias pela principal característica de sua tecnologia “a mobilidade”.

### 2.1 SENSORES

Segundo Thomazini, Albuquerque (2007, p.17) sensor é um termo empregado para designar equipamentos sensíveis a alguma forma de energia do ambiente que pode ser proveniente de luz, calor, movimento, relacionando informações sobre uma grandeza que precisa ser medida, como temperatura, pressão, velocidade, corrente, aceleração, posição, etc.

Um sensor nem sempre tem corrente e/ ou tensão necessárias para ser utilizado diretamente em um sistema de controle. Normalmente o sinal de saída do sensor

deve ser amplificado para poder ser utilizado de forma correta na entrada de um controlador.

### **2.1.1 Sensores analógicos**

Segundo Thomazini (2007, p.18) sensores analógicos podem assumir qualquer valor no seu sinal de saída ao longo do tempo, dentro da sua faixa de atuação. Algumas grandezas físicas que variam de valor com o tempo são: pressão, temperatura, velocidade, umidade, vazão, força, distancia, torque, luminosidade. Essas variáveis são medidas por elementos sensíveis com circuitos eletrônicos não digitais

### **2.1.2 Sensores digitais**

Segundo Thomazini, Albuquerque (2007, p18) esse tipo de sensor assume apenas um de dois valores no seu sinal de saída ao longo do tempo, que podem ser interpretados como sendo 0 ou 1. Não existem grandezas físicas que assumam esse valor, mas eles aparecem assim ao sistema de controle após um sinal analógico ser convertidos por um circuito transdutor. É utilizado, por exemplo, em detecção de passagem de objetos, *encoders* na determinação de distância ou velocidade.

### **2.1.3 Transdutores**

Conforme Thomazini, Albuquerque (2007, p.20) transdutor é a denominação que recebe um dispositivo completo, que contém o sensor usado para transformar uma grandeza qualquer em outra que pode ser utilizada nos dispositivos de controle.

Um transdutor pode ser considerado uma interface as formas de energia do ambiente e o circuito de controle ou eventualmente entre o controle e o atuador.

Os transdutores transformam uma grandeza física (temperatura, pressão, etc.) em um sinal de tensão ou corrente que pode ser facilmente interpretado por um sistema de controle.

#### **2.1.4 Conversores A/D E D/A**

É possível converter um sinal analógico em digital e vice-versa por meio dos conversores analógico-digital ou digital-analógico.

Quando a conversão é realizada, parte do sinal é perdida e pode haver pequenas distorções na grandeza realmente medida.

## **2.2 CARACTERÍSTICAS IMPORTANTES NOS SENSORES**

Segundo Thomazini, Albuquerque (2007) há uma série de características relacionadas aos sensores que devem ser levadas em consideração na hora da seleção do instrumento mais indicado para uma dada aplicação, algumas delas são relatadas a seguir.

### **2.2.1 Tipos de saída**

Digital ou binária:

A saída do dispositivo (transdutor ou sensor) é discreta, ou seja, só assume valores “0” ou “1”. Esse tipo de sensor só indica que a grandeza física medida atingiu seu valor pré-determinado. Exemplo: termostatos, pressostatos, chaves de níveis, etc.

Analógicas:

O dispositivo possui uma saída contínua. A leitura do sinal de saída do sensor é uma réplica da variação da grandeza física na entrada.

### **2.2.2 Sensibilidade**

Sensibilidade (ou ganho) é a razão entre o sinal de saída e o de entrada para os sensores. Para os analógicos a sensibilidade está ligada para a relação entre uma variação na grandeza em questão e a variação na medida fornecida pelo instrumento, ou seja, um sensor muito sensível é aquele que detecta pequenas variações na grandeza em menor intervalo de tempo e apresenta variações perceptíveis na saída.

### **2.2.3 Exatidão**

Consiste no erro da medida realizada por um transdutor em relação a um medidor padrão.

### **2.2.4 Precisão**

É a variação do erro em diversas leituras para uma grandeza padrão. Todo sensor possui um erro de leitura, mas se esse erro não variar durante a leitura de várias medidas este tem uma boa precisão, caso a medida varie a cada leitura, quanto maior sua variação menor a precisão deste sensor

### **2.2.5 Linearidade**

Este é um conceito para sensores analógicos. Ao plotar em um gráfico, o valor medido por um sensor sob teste, obtém-se a curva de linearidade. Os sensores considerados ideais são aqueles que apresentam uma linha reta como resultado.

### **2.2.6 Alcance (Range)**

Representa toda faixa de leitura de medidas que o sensor pode realizar, do menor ao maior valor.

### **2.2.7 Estabilidade**

Verifica-se a flutuação dos valores de saída do sensor, casos estes se alterem rapidamente, podem interferir na atuação do controlador que utiliza este sinal.

### **2.2.8 Velocidade de resposta**

Trata-se do tempo que o sensor, demora para que na sua saída, tenha o valor da nova medida de grandeza que esta monitorando. Sensores com baixa velocidade de resposta podem inviabilizar sistemas de automação por prejudicar a eficiência do processo.

### **2.2.9 Outras características**

Para determinar um sensor ainda leva-se em conta outra característica como facilidade de manutenção, custo, calibração, dimensões, faixa de trabalho, encapsulamento, histerese e vida útil.

## 2.3 REDES DE SENSORES SEM FIO

Segundo a National Instruments (2008, p.1) trata-se de uma rede de dispositivos independentes, dispostos geograficamente próximos com sensores para monitoramento de condições físicas ou ambientais, em comunicação com computadores através de roteadores para apresentar e ou processar os dados coletados.

A monitoração por esse tipo de rede engloba atividades que se destacam por limitação de potência ou infra estrutura que fazem a rede cabeada ser inviável economicamente. Mas é totalmente viável mesclar os dois modos de comunicação, com e sem cabos.

### 2.3.1 Tecnologia wireless

Segundo Almeida (2009, p.9, apud CUNHA, 2007 p.58 a 62) esta tecnologia foi criada pela atriz Hedy Lamarr e pelo compositor americano George Antheil, estes patentearam um método de telecomunicações, para guiar torpedos através de ondas de rádio não sujeitas à interferência inimiga. Usado durante a 2ª Guerra Mundial, recebeu a patente de nº 2.292.387 dos EUA, em 11/08/1942, sob o nome "Sistema Secreto de Comunicações".

Resumindo, uma rede sem fio (do inglês *wireless*) é um arranjo de comunicação onde equipamentos conseguem trocar informações sem a necessidade de serem ligados por fios. Aparelhos de comunicação sem fio utilizam o ultra-som, infravermelho, ondas eletromagnéticas etc., para trafegar a informação. Outra

característica que aumenta a variedade de utilização das redes sem fio é que estas informações podem estar codificadas utilizando um formato digital ou analógico.

Há ainda vários tipos e níveis de protocolos de comunicação utilizados pelos agentes desta comunicação.

Conforme Almeida (2009, p.10, apud IEE, 2012) há uma preferência por redes sem fio cuja informação é codificada digitalmente e que usam especificações abertas (de modo que o usuário não fique amarrado ao proprietário da especificação), por exemplo: as especificações do *Institute for Electrical and Electronic Engineers* (IEEE 802.11, IEEE 802.15), ISA SP 100 etc.

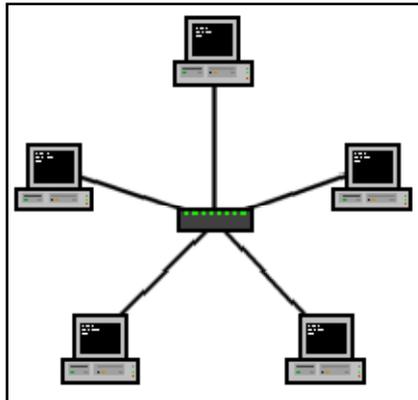
Dentro destas especificações, dar-se-á maior ênfase àquelas que tiverem maiores aplicabilidades na área industrial.

### **2.3.2 Funcionamento da rede de comunicação**

Almeida relata (2009, p. 12, apud GESSINGER, 2005) que para desenvolver uma planta ou alteração de infra-estrutura de comunicação com transmissão de sinais sem fio, é necessário entender os diversos componentes que são necessários, definir suas aplicações, locais da instalação, avaliar os aspectos de segurança, especificar todos os itens, comparar com as diferentes tecnologias que poderiam ser aplicadas, e detalhar as diversas etapas do projeto de implantação.

Um dos principais aspectos de um projeto de implantação de uma rede sem fios é quanto a sua topologia e a sua justificativa de necessidades de comunicação. Das possibilidades de configuração de redes a serem instaladas, a mais simples é a estrela onde os sinais de envio e recebimento passam sempre por um concentrador; vide figura 1.

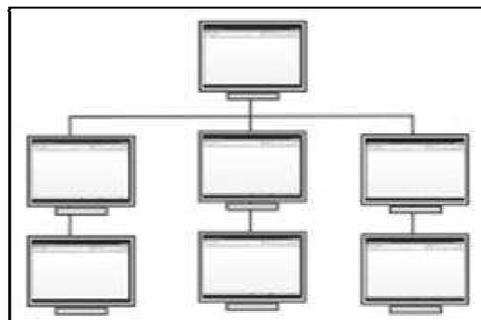
Figura 1- Rede em estrela



Fonte: Almeida (2009)

A rede em árvore é a qual onde se ramifica diversos concentradores conforme as áreas monitoradas, onde cada um deles pode monitorar as mesmas variáveis; vide figura 2.

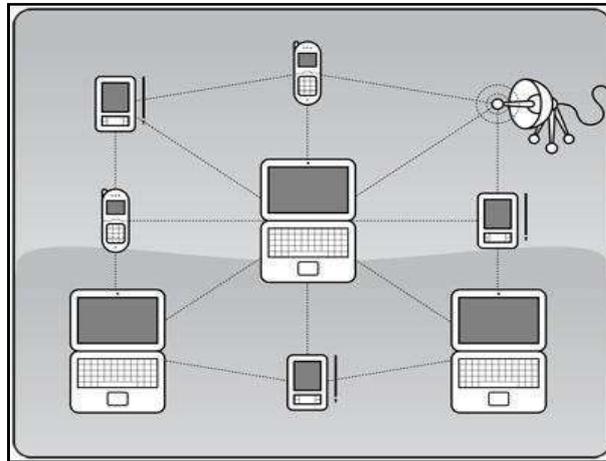
Figura 2- Rede em árvore



Fonte: Almeida (2009)

E finalmente a rede Mesh (malha) um encadeamento de outras redes onde todos os transmissores são mestres e escravos simultaneamente, esta configuração garante com maior segurança que em caso de queda de uma rota de comunicação os equipamentos escolhem uma outra rota aleatória até a confirmação do envio do sinal e seu reconhecimento; figura 3:

Figura 3- Rede Mesh (malha)



Fonte: Almeida (2009)

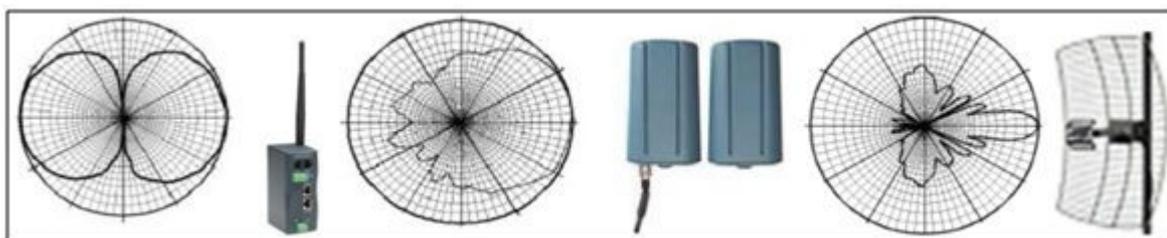
### 2.3.3 Antenas

Segundo Almeida (2009, p.13 apud BANAS, 2008, p.1) as antenas têm seus projetos refinados para que uma frequência particular irradie e receba o sinal de rádio. Sem estas os dispositivos sem fios gerariam um sinal RF com frequência tão baixa que não conseguiriam transmitir os sinais. As antenas podem ser adaptadas junto à unidade sem fio, porém, se houver necessidades, podem ser montadas normalmente separadas e conectados ao dispositivo por cabo coaxial. O cabo coaxial atenua o sinal do RF, porém não é uma perda significativa de precisão ou potência.

As antenas são projetadas para focalizar a energia do RF em determinados sentidos, de forma semelhante a uma lanterna que direciona o foco de sua lente, no sentido que é projetado. Na direção que é projetada, a energia do RF é ampliada com um ganho específico (expressado normalmente em dB). Em direção ao foco o ganho pode ser elevado normalmente de 5 a 10 dB (ou ampliado de 7 a 10 vezes).

Pode-se usar o valor de ganho da antena para compensar a perda de sinal de um cabo coaxial, e para aumentar igualmente o poder eficaz irradiado da antena transmissora. As antenas de recepção ampliam o sinal recebido. Assim, as antenas elevam o ganho e têm o mesmo efeito que aumentar a potência do RF no transmissor, e em melhorar a sensibilidade dos receptores, assim como compensar as perdas pela distância entre as antenas. Alguns modelos de antenas na figura 4.

Figura 4– modelos de antenas para redes industriais



Fonte: Almeida (2009)

#### 2.3.4 Tecnologias empregadas

Segundo Fagundes (2011, p.1) e RNP (1998, p.1) a tecnologia de Wireless LAN tem sido muito utilizada em depósitos, companhias aéreas e aplicações de aluguel de carros. Por meio dos esforços do IEEE (Institute of Electrical and Electronic Engineers) e dos esforços de certificação da WECA (Wireless Ethernet Compatibility Alliance) as redes sem fio estão deixando de ser uma alternativa para se tornarem a principal opção onde o cabeamento estruturado se torna inviável.

Atualmente, é fácil encontrar WLAN em casas, escritórios, chão de fábrica, hotéis e centros de convenção. Além de aumentar o seu uso em aeroportos e lojas. Os access points (pontos de conexão para as redes sem fio) tem sido utilizados na conexão de todos os tipos de equipamentos móveis, tais como: notebooks, computadores de mão e telefones. As primeiras redes sem fio tinham um conjunto de problemas: eram muito caras, eram lentas, tinham uma série de problemas de interferências e eram baseadas em tecnologias proprietárias. Dois eventos aconteceram para levar as redes sem fio para o topo.

Os problemas técnicos de incompatibilidade e gerenciamento do espectro foram resolvidos.

A tendência da sociedade é ter mais mobilidade, onde as redes sem fio tornando-se importante, principalmente para o uso de notebooks e computadores de mão.

Antes de 1998, instalar uma rede sem fio significava uso de uma ou mais soluções proprietárias. As conexões eram feitas por meio de redes pouco confiáveis, com baixas taxas de transmissão e a com um mínimo de segurança. O resultado do esforço de padronização levou a criação dos padrões HiperLAN/2, IEEE 802.11b e Bluetooth. Esse esforço de especificação assegurou que todos os equipamentos pudessem se comunicar utilizando os mesmos protocolos e interfaces de comunicação. No esforço de resolver os problemas de incompatibilidade das WLANs, a WECA tem planos para certificar todas as versões do IEEE 802.11 para os equipamentos do mercado, removendo todas as barreiras de dúvidas do mercado. Todos os equipamentos certificados deverão levar o selo de Wireless Fidelity (Wi-Fi). Em resposta aos requerimentos de mobilidade e com a interoperacionalidade assegurada pelos padrões da indústria, os fornecedores estão construindo cartões e estações base para as redes sem fio. Estão integrando o adaptador wireless dentro de motherboards de notebooks e computadores de mão. Essa integração é simples e permite a liberação dos slots de expansão.

Fagundes (2011, p.1) e RNP (1998, p.1) ressaltam que a interferência entre produtos competidores baseados nas tecnologias IEEE 802.11b e Bluetooth serão chave para a aceitação ou rejeição da nova tecnologia. Em certas condições de operação o Bluetooth e o IEEE 802.11b têm interferência e podem comprometer as aplicações. Reconhecendo a necessidade da coexistência dos dois padrões, vários fornecedores têm tomado algumas iniciativas para desenvolver tecnologias complementares que permitam que o Bluetooth e o IEEE 802.11b convivam harmoniosamente.

O Bluetooth, diferente das redes WLAN, tem o objetivo de eliminar os cabos em uma área limitada formando uma Personal Área Network (PAN). Essas redes terão a

principal funcionalidade de substituir os periféricos ligados ao computador. Por exemplo, com uma função complementar a conexão do computador a uma rede IEEE 802.11, as conexões aos periféricos usando Bluetooth irão conectar os scanners, as impressoras, os headset para reconhecimento de voz ou voz sobre IP (VoIP) e conectar os cradles dos palmtops (embora ainda exista a necessidade de cabos para a conexão de energia).

[ ] Conforme no ambiente das redes sem fios ainda permanece a nuvem sendo resolvidos começam a surgir os problemas de segurança. O IEEE e a WECA estão desenvolvendo métodos de segurança para atender às necessidades dos usuários. (FAGUNDES 2011, p.1)

A falta da qualidade de serviço (Quality of Service – QoS) é outro ponto de pressão sobre as redes sem fio. Com a convergência de voz e dados é natural se pensar em utilizar a voz sobre IP nas redes sem fios. As atuais WLANs não possuem alta escalabilidade e confiabilidade para o uso de voz, enquanto a facilidade de uso de QoS não for adicionado ao padrão IEEE 802.11. Como essa implementação tem de ter segurança, o IEEE está respondendo com um novo conjunto de especificações para a camada Media Access Control (MAC).

A tecnologia de WLAN tem conseguido superar todos os desafios até agora, os problemas de segurança e QoS devem ser superados em breve. A atual tecnologia de 11 Mbps está crescendo e superada pela tecnologia de 54 Mbps. A interoperacionalidade entre produtos de diferentes fornecedores utilizando o mesmo padrão deverá ser a chave do sucesso de mercado.

### **2.3.5 Fundamentos de Wireless LAN**

Todas as WLANs têm dois componentes principais:

Um access point (AP) que conecta a rede sem fio e executa as funções de uma estação base.

Uma ou mais estações de rádio dos clientes (CRs) localizadas nos equipamentos móveis.

### 2.3.6 Tipos de LAN

Como todo o padrão, também existe uma série de tecnologias na área de wireless, como algumas apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1– Tecnologias de redes sem fio

Padrão	Taxa de Transmissão	Uso
802.11 b/g	11/54 Mbps	Extensão de LAN e SOHO
802.11 a/h	54 Mbps	Padrão americano para redes de alta velocidade sem fio
HiperLAN/2	54 Mbps	Padrão europeu para redes de alta velocidade sem fio.
Bluetooth	1 Mbps	Substituição de cabos de conexão entre os periféricos e as estações de trabalho.

Fonte: Fagundes (2011)

### 2.3.7 Comparação das Tecnologias Wireless LAN

A Tabela 2 sumariza as características das tecnologias WLAN abordadas nesse trabalho.

Tabela 2- Comparação das tecnologias

	802.11b/g	802.11a/h	HiperLAN/2	Bluetooth
Frequência	2.4 GHz	5 GHz	5 GHz	2.4 GHz
MAC	CSMA/CA	CSMA/CA	Controle central TDMA/TDD	Detecção de Colisão
Modulação	DSSS/OFDM	OFDM	OFDM com seleção dinâmica de canal	FHSS
Autenticação	Sim	Sim	Sim	Sim
Criptografia	128-bit RC4	128-bit RC4	DES, 3DES	128-bit SAFER+
Roaming	Sim	Sim	Sim	Não
Suporte a conexões a rede fixa	Ethernet	Ethernet	Ethernet, IP, ATM, UMTS, FireWire, PPP	Ethernet
Gerenciamento	802.11 MIB	802.11 MIB	HiperLAN/2 MIB	Nenhum
Controle da taxa de transmissão	Adaptativo	Adaptativo	Adaptativo	Não

Fonte:Fagundes (2011)

### 2.3.8 Modos de Operação

Segundo Fagundes (2011, p1) e No Mundo Das Redes ( 2011, p.1) as WLANs suportam dois modos de operação: infra-estrutura e peer-to-peer. A infra-estrutura

usa a tecnologia de redes celulares onde cada célula de rádio é controlada por um access point cobrindo uma determinada área.

Nesse módulo, o equipamento móvel comunica-se com outros equipamentos ou com a rede de cabos por meio do access point. Esse modo é normalmente usado em aplicações comerciais.

O modo de operação peer-to-peer é um tipo de topologia ad-hoc onde os terminais remotos fazem troca de dados sem necessidade de um access point.

### **2.3.9 Métodos de Modulação**

Fagundes (2011, p.1) e Malburg (2004, p.1) relata que todas essas redes sem fio operando em 2,4 GHz usam a modulação por espectro de dispersão – spread spectrum modulation (SSM) que permite a máxima utilização dos canais da frequência de rádio.

O tipo de SSM empregado é a maior diferença entre os padrões.

O Bluetooth usa o FHSS – Frequency Hopping Spread Spectrum.

Outro método é o Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS).

Para atingir uma operação confiável em taxas superiores a 2-Mbps e uma extensão da área de operação, o DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum ). substituiu o FHSS como método de modulação. O Federal Communication Commission (FCC) especifica 11 canais para o uso do DSSS em 2,4-GHz, em um nível de potência menor que o FHSS.

[ ]O DSSS modula dados por quebra da seqüência (chipping) conhecidos como código de Barker. O código Barker é uma seqüência de 11 bits com certa propriedade matemática ideal para modulação de radiofrequência. Na seqüência de dados são executadas operações OR (XOR) com o código Barker para gerar uma série de objetos de dados chamados chips (não

confundir com microprocessadores). Cada bit é codificado por 11 bits do código Barker, onde cada grupo de 11 chips codificados representa um bit do dado. (FAGUNDES 2011, p1)

A modulação do sinal de radiofrequência utiliza uma variedade de técnicas. Para transmissão de 1-Mbps é utilizada a técnica BPSK – Binary Phase Shift Keying.

Para transmissão de 2-Mbps é utilizada a técnica QPSK – Quadrature Phase Shift Keying. O QPSK utiliza quatro rotações (0, 90, 180 e 270 graus) para codificar 2 bits de informação no mesmo espaço onde o BPSK codifica 1. Entretanto, para aumentar a taxa de transmissão utilizando essas técnicas deve-se aumentar a potência de transmissão.

A modulação do sinal de radiofrequência utiliza uma variedade de técnicas. Para transmissão de 1-Mbps é utilizada a técnica BPSK – Binary Phase Shift Keying.

Para transmissão de 2-Mbps é utilizada a técnica QPSK – Quadrature Phase Shift Keying. O QPSK utiliza quatro rotações (0, 90, 180 e 270 graus) para codificar 2 bits de informação no mesmo espaço onde o BPSK codifica 1. Entretanto, para aumentar a taxa de transmissão utilizando essas técnicas deve-se aumentar a potência de transmissão.

Conforme Fagundes (2011, p1) e WIMAX (2007, p.1), a potência está limitada em 1 Watt, então deve-se adaptar as taxas de transmissão. Para se atingir 11 Mbps a técnica de codificação deve ser alterada. O código Barker foi substituído pela seqüência CCK – Complementary Code Keying. Esse método usa 64 códigos únicos para codificar o sinal, com até 6-bits representados por um único símbolo. O código CCK é modulado pela técnica QPSK com uma taxa de transmissão de 2-Mbps, permitindo adicionar 2-bits de informação em cada símbolo. Enquanto oito chips são utilizados para cada 6 bits, o QPSK modula codificando 8 bits em cada símbolo.

### **2.3.10 Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM)**

Segundo Fagundes (2011, p.1) e WIMAX (2007, p.1), o DSSS é suscetível a obstáculos (pilares, móveis e as paredes). Essa restrição do DSSS reduz a taxa efetiva de transmissão. Para resolver esse problema é utilizada a técnica de multiplexação por divisão de frequência ortogonal (OFDM), uma forma de modulação com múltiplas portadoras. É utilizada para codificar uma string de dados do WLAN operando em 5-GHz e acima de 11-GHz em redes de 2,4-GHz. ao transmitir um alto volume de informações o canal de transmissão é dividido em vários subcanais, cada um com uma portadora independente.

O OFDM é usado em várias aplicações de WLAN. Na sua forma de implementação, o OFDM é chamado de coded OFDM (COFDM). O COFDM quebra uma portadora de dados de alta velocidade em várias portadoras de velocidades menores, e todas transmitem em paralelo..

[...] Cada portadora de alta velocidade é de 20 MHz e possui 52 subcanais, cada um com aproximadamente 300 kHz. Quatro subcanais são utilizados para a correção de erros e manter a coerência do sinal de frequência. Os restantes 48 subcanais são para dados. O COFDM prove um robusto transporte em diferentes ambientes, onde a transmissão dos sinais de rádio é refletida por vários pontos. (FAGUNDES, 2011, p.1)

Conforme Fagundes (2011, p.1), para baixas velocidades, o BPSK é usado para codificar 125 Kbps por cada canal de dados, resultando em 6000 Kbps, ou 6-Mbps. Usando QPSK, o montante de dados codificados por canal dobra para 250 Kbps por canal, resultando em 12-Mbps. Utilizando 16 níveis o QAM – Quadrature Amplitude Modulation pode codificar 4 bits atingindo uma taxa de transmissão de dados de 24-Mbps. Para taxas de transmissão de 54-Mbps são utilizados 64 níveis de codificação de símbolos, que codifica 8 bits por Hertz ou 10 bits por Hertz.

### **2.3.11 O Access Point**

Os access points funcionam como transmissores de rádio e como bridge, transferindo dados dos equipamentos por meio dos access points para a rede de

cabos fixos (LAN). Ele é similar nas redes sem fios a uma switch ou a um hub das redes cabeadas. Em WLAN, os access points substituem as switch/hub e as ondas de rádio substituem os cabos.

Conforme Fagundes (2011, p.1) além das funções de bridge entre a rede wireless e a cabeada, o access points provê as funções de um roteador. Eles podem funcionar como um servidor DHCP – Dynamic Host Configuration Protocol, e fazer tradução de endereços (NAT – Network Address Translation), para atender vários usuários utilizando um único endereço IP. Pode-se fazer uma divisão de carga entre múltiplos access points. Permite que um usuário transite de um access point a outro sem perder comunicação, funcionalidade conhecida como roaming muito usada nos celulares.

O número de clientes que podem acessar um único access point depende das condições do layout físico, tráfego da rede e das aplicações que serão suportadas pela WLAN. Os access points têm um alcance médio de 50 metros até no máximo 100 metros, embora isto dependa fortemente das características do local. Com exceção do IEEE 802.11a e do HiperLAN/2, todas as WLAN (incluindo o Bluetooth) usam a frequência de 2,4-GHz. Essa mesma frequência é utilizada pelas novas gerações de telefones sem fio, alguns sistemas de controle de iluminação e todos os aparelhos de microondas.

### **2.3.12 O Rádio do Cliente**

[ ]...cada equipamento final deve ter um rádio que permita acessar os access points. Esses cartões são tipicamente um PC Card Type II com antena integrada e desenhada para ocupar um slot de expansão do equipamento. Existem alguns adaptadores desses cartões para computadores desktops. (FAGUNDES 2011, p.1)

Os novos equipamentos já vêm com cartões wireless embutidos no hardware. Os softwares e drives que acompanham os PC cards apresentam várias diferenças. Os softwares devem suportar Windows 95/98/Me/2000/XP e ainda com suporte para

Windows CE/PocketPC e Palm. Os cartões também devem suportar Linux, FreeBSD e MacOS.

## 2.4 OS PADRÕES DA INDÚSTRIA

### 2.4.1 IEEE 802.11b

Fagundes (2011, p.1) e TELECO (20120, p.1) relata que o IEEE 802.11b é especificado para operar em 2,4GHz utilizando a banda ISM (Industrial, Scientific and Medical band). Os canais de radiofrequência usam a modulação DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum), permitindo altas taxas de velocidade em distâncias de até 50 metros. O padrão permite taxas de transferência de até 11-Mbps, que são até cinco vezes maiores do que a especificação original do IEEE 802.11 e próxima ao padrão Ethernet. Tipicamente, o padrão IEEE 802.11b é utilizado em pequenos escritórios, em hospitais, em depósitos e em chão de fábrica. Seu principal uso deverá tender para prover conectividade em salas de conferências, áreas de trabalhos, e qualquer outro ambiente inconveniente ou perigoso para se instalar cabos.

### 2.4.2 IEEE 802.11g

Conforme Fagundes (2011, p.1) e TELECO (20120, p.1) o IEEE 802.11g prevê a especificação do MAC (Médium Access Control) e da camada física (PHY). A camada física será uma extensão do IEEE 802.11b com uma taxa de transmissão de 54-Mbps usando a modulação OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing). A especificação IEEE 802.11g é compatível com a especificação IEEE 802.11b. Usando um protocolo estendido, o 802.11g permite o uso misto da rede. Essa característica de uso misto permite que equipamentos que usam o 802.11b operando em 11-Mbps possam compartilhar a mesma rede com os novos

equipamentos operando em 54-Mbps. Isso permitirá a migração sem impacto das redes de 11- Mbps para as redes de 54-Mbps.

### **2.4.3 IEEE 802.11a**

Conforme Fagundes (2011, p.1) e TELECO (20120, p.1) o IEEE 802.11a é o equivalente Fast-Ethernet do padrão IEEE 802.11b. Ela especifica uma rede cinco vezes mais rápida do que o 802.11b. O IEEE 802.11a é desenhado para operar numa banda de frequência de 5-GHz- UNII (Unlicensed National Information Infrastructure). A potência máxima especificada é de 50 mW para produtos operando em 5,15-GHz até 5,25-GHz, 250mW para produtos operando em 5,25-GHz até 5,35-GHz e de 800mW para 5,725-GHz até 5,82-GHz (tipicamente para aplicações em áreas abertas). Diferente dos padrões IEEE 802.11b/g, o IEEE 802.11a não usa o padrão DSSS. Ao contrário, utiliza o OFDM que opera mais facilmente em ambientes de escritórios.

### **2.4.4 IEEE 802.11d**

Relata Fagundes (2011, p.1) e TELECO (20120, p.1) que o padrão IEEE 802.11d foi desenvolvido para áreas fora dos chamados cinco grandes domínios regulatórios (Estados Unidos, Canadá, Europa, Japão e Austrália). O 802.11d tem um frame estendido que inclui campos com informações dos países, parâmetros de frequência e tabelas com parâmetros.

### **2.4.5 IEEE 802.11e**

O Task Group criado para desenvolver o padrão 802.11e inicialmente tinha o objetivo de desenvolver os aspectos de segurança e qualidade de serviço (QoS)

para a sub-camada MAC. Mais tarde as questões de segurança foram atribuídas ao Task Group 802.11i, ficando o 802.11e responsável por desenvolver os aspectos de QoS. O QoS deve ser adicionado às redes WLANs para me permitir o uso VoIP. Também será requerido para o ambiente doméstico, onde deverá suportar voz, vídeo e dados.

#### **2.4.6 IEEE 802.11f**

O padrão IEEE 802.11 especifica a subcamada MAC e a camada física para as WLANs e define os princípios básicos da arquitetura da rede, incluído os conceitos de access points e dos sistemas distribuídos. O IEEE 802.11f está definindo as recomendações práticas, mais que os padrões. Essas recomendações descrevem os serviços dos access points (SAP), as primitivas, o conjunto de funções e os protocolos que deverão ser compartilhados pelos múltiplos fornecedores para operarem em rede.

#### **2.4.7 IEEE 802.11h**

[ ]... na Europa, os radares e satélites usam a banda de 5-GHz, a mesma utilizada pelo padrão IEEE 802.11a. Isto significa que podem existir interferências com radares e satélites. O padrão 802.11h adiciona uma função de seleção dinâmica de frequência (DFS – Dynamic Frequency Selection) e um controle de potência de transmissão (TPC – Transmit Power Control) para o padrão 802.11a. (FAGUNDES 2011, p.1)

#### **2.4.8 IEEE 802.11i**

O Task Group IEEE 802.11i foi criado para melhorar as funções de segurança do protocolo 802.11 MAC, que agora é conhecido como Enhanced Security Network (ESN). O esforço do ESN é unificar todos os esforços para melhorar a segurança

das WLANs. Sua visão consiste em avaliar os protocolos Wired Equivalent Protocol (WEP), Temporal Key Integrity Protocol (TKIP), Advanced Encryption Standard (AES), IEEE 802.1x para autenticação e criptografia.,

[ ]...percebendo que o algoritmo RC4 não é robusto o suficiente para as futuras necessidades, o grupo de trabalho 802.11i está trabalhando na integração do AES dentro da subcamada MAC. O AES segue o padrão do DES –Data Encryption Standard. Como o DES o AES usa criptografia por blocos. Diferente do DES, o AES pode exceder as chaves de 1024 bits, reduzindo as possibilidades de ataques. (FAGUNDES 2011, p.1)

#### **2.4.9 HiperLAN/2**

Desenvolvido pelo Instituto Europeu de Padrões de Telecomunicações (ETSI – European Telecommunications Standards Institute), o HiperLAN/2 é uma especificação de wireless LAN para operar até 54-Mbps, que pode ser utilizada em várias redes, incluindo as redes 3G, redes ATM e redes baseadas em IP. O padrão prevê o uso de dados, voz e vídeo. A especificação inclui o QoS, fundamental para o transporte em redes determinísticas. Similar ao 802.11a o HiperLAN/2 opera em 5-GHz utilizando a modulação OFDM. Sua subcamada MAC é diferente do padrão 802.11a.

#### **2.4.10 Bluetooth**

Descreve Fagundes (2011, p.1) e INFOWESTER (2011, p.1) Diferentemente dos objetivos das WLANs que são desenhadas para serem extensão das redes locais, o Bluetooth tem o objetivo de substituir os cabos que conectam os periféricos das estações de trabalho. O Bluetooth provê as funcionalidades de ponto de acesso para voz e dados, redes pessoais e eliminação de cabos entre a estação de trabalho e os periféricos.

A topologia de rede suporta até sete conexões simultâneas dentro de uma piconet, com uma taxa de transmissão de 1-Mbps. Seus canais assíncronos podem suportar 1 link assimétrico com um downlink de 721 kbps e um uplink de 56 kbps e 1 link simétrico com 432,6 kbps em ambas as direções. Essa diferença de velocidade é devida ao overhead do protocolo. A potência de transmissão é de até 0,1 Watts permitindo uma distância de até 10 metros. Usa a banda de frequência ISM de 2,4-GHz, a mesma utilizada pelo padrão IEEE 802.11b/g. O Bluetooth usa a modulação FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum). O hopping rate é de 1600 hops por segundo por meio dos 79 canais em operação normal. Existem quatro hops de reserva usados para o setup das conexões. O Bluetooth define dois níveis de potência – um baixo que cobre a área pessoal dentro de uma sala, e uma alta que pode cobrir uma área maior, tal como uma casa. A topologia da rede permite conectar rádios para serem mestres ou escravos. Para prevenir conflitos, cada rádio usa um único padrão de hopping. Todos os equipamentos de uma piconet usam o mesmo hop. Até dez piconets podem-se operar sem impacto. Similar a outros protocolos, a criptografia é utilizada para proteger as transmissões entre os equipamentos na rede. A criptografia é baseada no algoritmo Secure And Fast Encryption Routine – SAFER. Esse algoritmo é desenhado para ser implementado em software e apresenta um baixo esforço computacional. Os aspectos de segurança do Bluetooth devem ser melhorados para oferecer mais robustez nas transmissões de dados entre os equipamentos da rede.

#### **2.4.11 MIMO**

Conforme Fagundes (2011, p.1) e Telecom Hall (2012, p.1) a tecnologia MIMO (Multiple Input Multiple Output), pronuncia-se "my-mo", quebra a barreira dos 100 Mbps em transmissões wireless. O MIMO utiliza múltiplas antenas para transmissão e recepção para melhorar o desempenho.

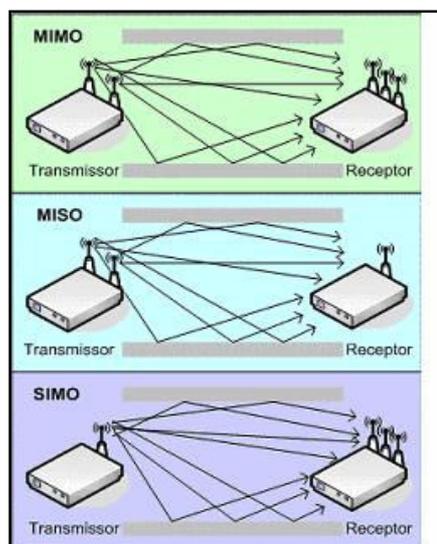
Quando dois transmissores e dois ou mais receptores são usados, dois canais de transmissão podem ser transmitidos duplicando a taxa de transferência de dados, além de aumentar a distância entre os equipamentos. O padrão IEEE 802.11n utiliza

a tecnologia MIMO que no mínimo pode duplicar a taxa de transmissão de 54Mbps dos padrões 802.11a e 802.11g para 108Mbps.

#### 2.4.12 MIMO, MISO e SIMO

Relata Fagundes (2011, p.1) e Telecom Hall (2012, p.1) são várias são as vantagens de se utilizar múltiplas antenas em vez de uma. A terminologia é "M" para Múltiplo, "S" para única, "I" para input e "O" para output. Entretanto, os termos input e output são relativos às transmissões no ar e não aos equipamentos. Essa notação particular, múltiplos inputs (MI) significa que múltiplos transmissores enviam múltiplos fluxos de dados no ar; múltiplos outputs (MO) significam que múltiplos receptores estão recebendo múltiplos fluxos de dados através do ar. A Figura 5 mostra as formas possíveis de transmissão e recepção utilizando a tecnologia de múltiplas transmissões e recepções.

Figura 5- Formas possíveis de transmissão e recepção.



Fonte: Fagundes (2011)

## 2.5 TECNOLOGIAS WIRELESS

Conforme Netadmin (2004,p 1) e RNP (1998, p1) Há várias tecnologias envolvidas nas redes locais sem fio e cada uma tem suas particularidades, suas limitações e suas vantagens. A seguir, são apresentadas algumas das mais empregadas.

### 2.5.1 Sistemas Narrowband

Os sistemas narrowband (banda estreita) operam em frequência de rádio determinada, mantendo o sinal de rádio o mais estreito possível ,o suficiente para transmitir as informações. O crosstalk indesejável entre os vários canais de comunicação pode ser atenuado coordenando cuidadosamente os diferentes usuários nos diferentes canais de frequência.

### 2.5.2 Spread Spectrum:

Segundo Netadmin (2004, p.1) e RNP (1998, p1) é a técnica de rádio frequência desenvolvida pelo exército e utilizada em sistemas de comunicação de necessidade crítica, garantindo segurança e rentabilidade. O Spread Spectrum é o mais utilizado atualmente. Utiliza a técnica de espalhamento espectral com sinais de rádio frequência de banda larga, foi desenvolvida para dar segurança, integridade e confiabilidade deixando de lado a eficiência no uso da largura de banda.

Em outras palavras, maior largura de banda é consumida que no caso de transmissão narrowband, mas deixar de lado este aspecto produz um sinal que é, com efeito, muito mais ruidoso e assim mais fácil de detectar, proporcionando aos receptores conhecer os parâmetros do sinal spread-spectrum via broadcast. Se um receptor não é sintonizado na frequência correta, um sinal spread-spectrum

inspeciona o ruído de fundo. Existem duas alternativas principais: Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS) e Frequency Hopping Spread Spectrum (FHSS).

### **2.5.3 Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS):**

Conforme Netadmin (2004, p.1) e RNP (1998, p1) o DSSS gera um bit-code (também chamado de chip ou chipping code) redundante para cada bit transmitido. Quanto maior o chip maior será a probabilidade de recuperação da informação original. Contudo, uma maior banda é requerida. Mesmo que um ou mais bits no chip sejam danificados durante a transmissão, técnicas estatísticas embutidas no rádio são capazes de recuperar os dados originais sem a necessidade de retransmissão. A maioria dos fabricantes de produtos para Wireless LAN tem adotado a tecnologia DSSS depois de considerar os benefícios versus os custos e benefício que se obtém com ela. Tal é o caso dos produtos Wireless da D-Link.

### **2.5.4 Frequency-hopping spread-spectrum (FHSS):**

Netadmin (2004, p.1) e RNP (1998, p1) detalha que este modelo utiliza um sinal portador que troca de frequência no padrão que é conhecido pelo transmissor e receptor. Devidamente sincronizada, a rede efetua esta troca para manter um único canal analógico de operação.

## **2.6 FAIXAS E CANAIS DE RADIO**

Segundo Almeida (2009, p. 18) e Guia Do Hardware (2008, p.1) o uso dos dispositivos sem fios é regulado pesadamente no mundo inteiro. Cada país tem um departamento governamental responsável para decidir onde e como os dispositivos sem fios podem ser usados, e em que frequências de rádio. A maioria de países

(mas não todos) alocou partes do espectro para o uso aberto, ou "licença livre" de uso. A maioria de produtos sem fio para aplicações industriais e comerciais trabalham com faixas estreitas e usam as áreas de licença-livres do espectro, para evitar o atraso, o custo e a trabalhadeira de obter licenças. As faixas licença-livres são usadas igualmente pelas áreas, Industrial, Científica e Médica - ISM "Industrial, Scientific & Medical". Em muitos países há diversas faixas do ISM disponíveis, em partes diferentes do espectro.

Muitos hardwares relacionados a diversas tecnologias são baseados em padrões, e WLANs (Wireless Local Area Network) não são uma exceção a essa regra. Existem organizações que definem e suportam os padrões que permitem a interoperabilidade entre hardware de diferentes fabricantes. Se as leis e padrões que guiam a tecnologia *wireless* forem seguidas corretamente pode-se assegurar que qualquer sistema sem fio implementado terá interoperabilidade.

### **2.6.1 O FCC e a ANATEL**

Relata Almeida (2009, p.18), que o FCC (Federal Communications Commission) é uma agência governamental independente dos Estados Unidos responsável por criar as regras dentro das quais dispositivos *wireless* pode operar, determinar em que parte do espectro de radio frequências estas redes podem operar e em que potência, usando quais tecnologias de transmissão e como e onde várias peças do hardware podem ser utilizadas. No Brasil esta tarefa é executada pela ANATEL (Agência Nacional de Telecomunicações), a qual por razões econômicas e tecnológicas tende a seguir as determinações do FCC. O FCC estabelece regras limitando quais frequências as redes *wireless* podem usar e a potência de saída em cada uma dessas bandas. O FCC especificou que estas podem usar as bandas ISM, que são bandas não licenciadas. As bandas ISM estão localizadas começando em 902 MHz, 2,4 GHz e 5,8 GHz e variam na largura em torno de 26 a 150 MHz. a implementação de um sistema *wireless* não Licenciado, não há necessidade de equisição à ANATEL no que tange a largura de banda e necessidade de potência para começar a operar. Embora ainda haja limites para a potência de transmissão.

Logo, a maior vantagem de uma banda não licenciada é a inexistência do custo com licenciamento, o que permite pequenos negócios implementarem uma rede sem fio e irem crescendo de acordo com a necessidade, fomentando ainda mais o crescimento do mercado *wireless*. Por outro lado, o fato da banda ser não licenciada possui também uma desvantagem já que vários sistemas *wireless* podem estar competindo na mesma banda e interferindo entre si.

As larguras das faixas dos canais definem com que velocidade as ordens podem ser transmitidas. Quanto maior a faixa de um canal, mais elevada à taxa de transmissão de dados. As faixas de frequência mais elevadas são mais largas, assim como os canais nestas faixas são igualmente mais largos, permitindo assim as taxas de dados na comunicação sem fio mais elevadas.

### **2.6.2 Bandas ISM**

Existem três bandas ISM não licenciadas e regulamentadas pelo FCC/ANATEL que as redes sem fio podem usar. As bandas de 900 MHz, a de 2,4 GHz e a de 5,8 GHz.

Banda de 900 MHz - É definida na faixa de frequências de 902 a 928 MHz com largura de 26MHz. Embora esta banda tenha sido usada por *wireless*, ela tem sido preterida pelas bandas de frequência mais alta que possuem maior largura de banda. Alguns dos dispositivos que usam essa banda são telefones sem fio e câmeras *wireless*. Organizações que ainda usam essa banda sofrem com o alto custo de reposição para equipamentos defeituosos.

Banda de 2,4 GHz – Esta banda é usada por todos os dispositivos compatíveis com 802.11, 802.11b e 802.11g e é a mais popular das 3 bandas descritas. A banda é definida na faixa de frequências de 2,4 a 2,5 GHz com largura de 100 MHz. Destes 100 MHz entre 2,4 e 2,5 GHz, somente a faixa de 2,4 a 2,485 GHz tem sido usada por dispositivos sem fio.

Banda de 5,8 GHz – Esta banda é freqüentemente chamada de banda 5GHz ISM. É definida na faixa de freqüências de 5,725 a 5,875 GHz com largura de banda de 150 MHz. Esta banda não é especificada para uso com dispositivos sem fio, o que tende a fazer alguma confusão. Esta banda sobrepõe parte de uma outra banda não licenciada, a 5GHz UNII, e esta sim, é a que é utilizada pelos dispositivos *wireless*.

### 2.6.3 Bandas UNII

Segundo Almeida (2009, p. 20) e Guia Do Hardware (2008, p.1) as bandas 5GHz UNII podem ser divididas em três bandas com largura de 100 MHz (inferior, central e superior) e são usadas por dispositivos compatíveis com 802.11a. Dentro de cada uma das três bandas há quatro canais DSSS não coincidentes, cada qual separados por 5 MHz. O FCC determinou que a banda inferior deverá ser usada somente para aplicações *indoor*, a banda central para uso *indoor* ou *outdoor*, e a banda superior somente para uso *outdoor*. Como Pontos de acesso são comumente usados *indoor*, as bandas de 5GHz UNII permitiriam o uso de 8 APs (*Access Points*) *indoors* em canais não coincidentes usando as bandas inferior e central.

Banda Inferior – A banda inferior vai de 5,15 a 5,25GHz, e de acordo com o FCC, pode ter uma potência de saída máxima de 50mW. Na implementação de dispositivos 802.11a, o IEEE especificou a potência de saída máxima para rádios 802.11a em 40mW (80%), reservando a banda inferior para uso *indoor* somente.

Banda Central – A banda central vai de 5,25 a 5,35GHz, de acordo com o FCC, pode ter uma potência de saída máxima de 250mW. O IEEE especificou 200mW para potência de saída. Este limite de potência permite seu uso tanto para aplicações *indoor* ou *outdoor*. Normalmente é usado para enlaces *outdoor* de curta distância envolvendo dois prédios. Para casos de instalações domésticas, tal configuração poderia envolver um link de RF entre uma casa e a garagem ou a casado vizinho. Devido à alta potência de saída e sua flexibilidade quanto ao uso, produtos que operam nessa banda poderão ter grande aceitação no futuro.

Banda Superior – A banda superior vai de 5,725 a 5,875GHz e às vezes é confundida com a banda ISM de 5,8GHz, o FCC limita a potência de saída em 1W. O IEEE especificou 800mW para a potência de saída. Seu uso está restrito para aplicações *outdoor*, exceto em casos de link RF de grande distância.

#### **2.6.4 Banda utilizada**

Segundo Almeida (2009, p. 21) e Guia Do Hardware (2008, p.1) que a faixa de 2.4 GHz é razoavelmente universal, com algumas diferenças entre países quanto a itens específicos – por exemplo, potência –, mas que, em geral, é liberada da mesma forma pelo FCC nos EUA como pela Anatel no Brasil. Essa faixa se estende de 2.4 GHz até 2.483 GHz, ou seja, tem 83 MHz de “largura”. Devido à liberação da faixa, muitos diferentes tipos de comunicação a utilizam. Por exemplo, é nessa mesma faixa que funciona o WiFi que permite aos computadores operarem sem fio. Conforme for a faixa, pode ser bastante congestionada. Uma das formas de utilização das faixas de 83 MHz é sua divisão em 16 diferentes “canais”, cada um com uma largura de 4 MHz. Os dispositivos podem se comunicar livremente em qualquer desses canais.

De fato, entre o transmissor e o receptor se estabelece uma seqüência de alternância de freqüência (canais), de forma a tornar a rede mais resistente a interferências e bloqueios (que costumam se concentrar em freqüências específicas e não ao longo do espectro inteiro), e também mais seguro, pois somente o transmissor e receptor sabem qual a seqüência de alternância que será usada (dessa forma, fica difícil para um “intruso” interromper, captar ou falsear as comunicações). Essa técnica chama-se *frequency hopping*. Os 83 MHz costumam ser divididos em 16 canais de 4 MHz cada. Esta é uma forma convencional de usar o *air space* e é empregada por estratégias do tipo *Wireless Hart*. Trata-se de uma utilização bastante difundida e pela qual há larga oferta de circuitos integrados e rádios. Como os canais têm 4 MHz de largura, os rádios que praticam o *frequency hopping* dessa forma são chamados de *fat hoppers*, pois a largura dos canais é bastante “gorda”.

De fato, não se trata da forma mais eficiente de utilizar o *airspace* disponível. Existem rádios hoje que dividem os mesmos 83 MHz em 80 canais de 1 MHz cada. Esses 80 canais são subdivididos em 4 bandas de 20 canais cada. Os esquemas desse tipo são chamados de *narrow hoppers* devido à “magreza” dos canais. Se os parâmetros forem iguais, um sistema que utiliza um esquema de *narrow hoppers* tem mais de quatro vezes a capacidade de um de *fat hoppers*. No entanto, é usual tentar limitar a operação num conjunto de 20 canais.

O desempenho, neste caso, é cerca de 20 a 30% maior do que o esquema dos *fat hoppers*, com cerca de 75% da banda dos 83 MHz livre para outras aplicações. A SP100 da ISA busca comportar o uso de 16 canais de 4 MHz concomitantemente.

## 2.7 ZIGBEE

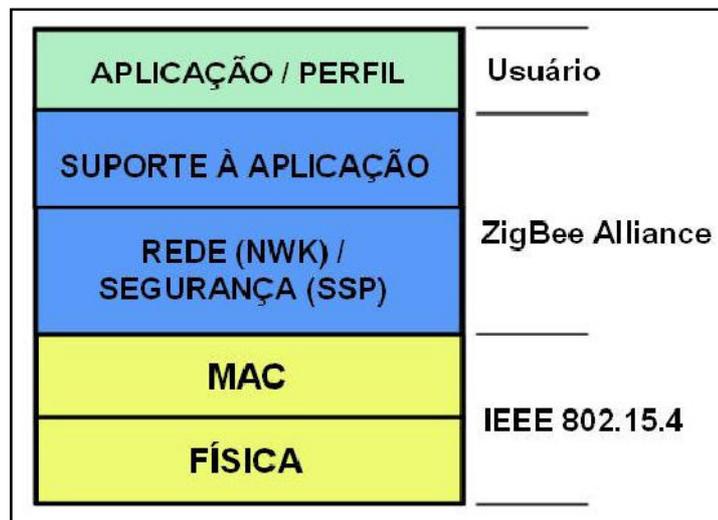
Segundo Nascimento (2008, p.34) e Pinheiro (2004, p.1) ZIGBEE é um protocolo de rede sem fio, desenvolvido pela ZigBee Alliance, para aplicações de automação e controle remoto, permitindo baixo custo e baixo consumo para conectar equipamentos que necessitam de fonte de energia independente duradoura, sem requerem altas taxas de transferência de dados.

A ZigBee Alliance é constituída por mais de 200 empresas, oriundas de mais de 20 países distintos, integram ela especialistas da área de telecomunicações e semicondutores, incluindo membros do IEEE. A arquitetura ZigBee é baseada no modelo OSI, define apenas as camadas relevantes para alcançar as funcionalidades desejadas. Cada camada executa um conjunto de serviços para a camada superior: uma entidade de dados fornece somente o serviço de transmissão de dados e uma entidade de gerenciamento provê todos os outros serviços.

A especificação ZigBee define as camadas de rede e aplicação, e o serviço de segurança entre elas. A definição das camadas física e de acesso ao meio é de

responsabilidade da norma IEEE 802.15.4. As camadas ZigBee podem ser vistas na figura 6.

Figura 6- As camadas do ZIGBEE



Fonte: Nascimento (2008)

[ ]...A camada física provê a comunicação no meio físico. A camada MAC fornece serviços que permite a comunicação ponto a ponto (um salto) confiável entre dispositivos. A camada de rede ZIGBEE provê roteamento e funções de múltiplos saltos necessárias para criar diferentes topologias. A camada de aplicação inclui uma subcamada APS de suporte à aplicação, o objeto de dispositivo ZigBee (ZDO) e as aplicações definidas pelos fabricantes. O ZDO é responsável por todo o gerenciamento do dispositivo. ZIGBEE é mais apropriado para aplicações que envolvam dispositivos remotos alimentados por baterias, nomeadamente sensores e atuadores, já que permite baixos consumos, taxas aceitáveis e possui uma pilha protocolar mais simples que possibilita a sua implementação em sistemas com recursos limitados. NASCIMENTO (2008, p.34)

### 2.7.1 Arquitetura

Nascimento (2008, p. 35) e Pinheiro (2004, p.1) destacam a existência de uma vasta área de aplicação, desde o controle industrial até automação doméstica, o protocolo ZIGBEE possui as seguintes características:

- Reduzido consumo de potência;
- Pilha de protocolos simplificada;
- Possibilidade de suportar elevada densidade de nós por rede (máximo de 65535 por cada coordenador, contra 7 do Bluetooth e 30 do Wi-Fi);
- Diferentes topologias: estrela, em malha e árvore;
- Tempo de associação à rede menor que outros protocolos;
- Apenas dois estados de operação: *active* e *sleep*;
- Dois modos de operação da rede: com sinalização e sem sinalização;
- Os dispositivos podem ser de três tipos: coordenador, *router* e *end device*;
- Elevada segurança, com recurso a criptografia de 128 bits.

Segundo Nascimento (2008, p. 35) e Pinheiro (2004, p.1) um dispositivo ZigBee pode ser um FFD (*full-function device*) ou um RFD (*reduced function device*). Uma rede deve possuir pelo menos um FFD, operando como coordenador da PAN (*personal area network*). Um RFD é usado para aplicações extremamente simples que não enviam grandes quantidades de dados. Um dispositivo FFD pode conversar com RFDs ou FFDs, enquanto que um RFD pode conversar apenas com um FFD. Comunicação direta entre RFDs não é possível, é preciso que os pacotes passem por um FFD.

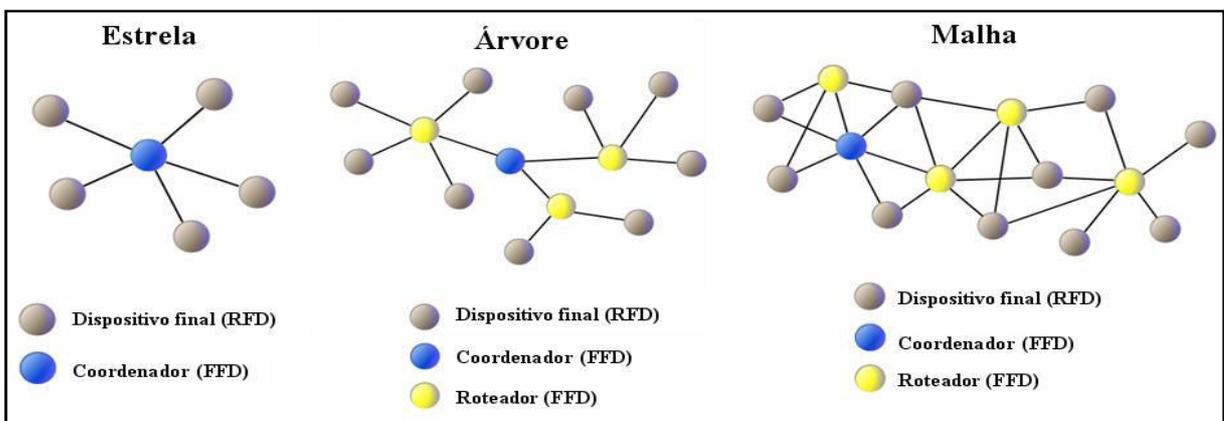
Dispositivos RFDs podem buscar redes disponíveis, transferir dados de sua aplicação quando solicitado ou programado, determinar se há dados pendentes, requisitar dados do coordenador, e hibernar por longos períodos para minimizar o consumo de bateria. Dispositivos FFDs descobrem outros FFDs e RFDs para estabelecer comunicação, e podem ser alimentados pela rede elétrica. Os tipos de dispositivos lógicos são coordenador, *router* e *end device*. O primeiro é responsável

pela criação e manutenção da rede ZIGBEE, armazenando informação de gestão interna importantes para o seu funcionamento, atribuir endereços aos RFDs, e podendo também funcionar como ponte (*bridge*) entre diferentes redes ZigBee. Deve ser um dispositivo do tipo FFD.

O *router*, além de ser um nó normal, funciona paralelamente como um roteador intermediário, permitindo a comunicação entre nós sem a intervenção do coordenador. Para isso deve ser um dispositivo do tipo FFD.

O terceiro tipo, *end device*, apenas comunica-se com a rede, não tendo nenhuma função de gestão, e não executa qualquer das outras funções ZIGBEE. Pode ser um dispositivo FFD ou RFD. ZIGBEE suporta as topologias estrela, em malha e em árvore vistas aqui na figura 7.

Figura 7-Topologias de redes ZIG BEE



Fonte: Nascimento (2008)

[ ]...Conforme a topologia estrela, numa rede ZigBee requer um dispositivo FFD atuando como coordenador da rede e os demais podem ser RFDs para reduzir o custo. Após um dispositivo FFD ser acionado pela primeira vez, sua própria rede é estabelecida, tornando-se o coordenador da rede. Cada rede escolhe um identificador da PAN único no raio de alcance da rede. Assim, cada rede opera independentemente. Redes em estrela são comuns e fornecem longa vida de operação às baterias. (NASCIMENTO 2008, p. 36)

Na topologia em malha também há um coordenador da PAN, mas tanto coordenador como os *routers* são livres para comunicar com outro dispositivo FFD. Isto permite a expansão física da rede (maior alcance). O coordenador registra toda a entrada e

saída dos dispositivos, sem assumir um papel centralizador do fluxo de informações como ocorre na topologia estrela. Os *routers* na topologia em malha não devem emitir pacotes de sinalização. Redes em malha permitem alto nível de confiabilidade e escalabilidade ao prover mais de um caminho dentro da rede. Exemplos de uso como, monitoramento e controle industrial, e redes de sensores, são beneficiadas com essa topologia.

Já uma rede em árvore é um caso específico de redes em malha conectadas como uma só, sendo que a maioria dos dispositivos são FFDs, e os RFDs ficam localizados nos extremos da árvore. Qualquer FFD pode atuar como coordenador, provendo serviços de sincronização, mas apenas um será o coordenador da PAN.

Neste formato de rede efetua-se a distribuição de dados e mensagens de controle numa estrutura hierárquica, onde o coordenador assume o papel de nó central da rede. Redes em árvore utilizam uma topologia híbrida estrela/malha que combina os melhores pontos de ambas para alta confiabilidade e suporte a nós alimentados por baterias. Pode ser empregada a comunicação com sinalizadores.

Detalha Nascimento (2008, p. 37) e Pinheiro (2004, p.1) que redes ZigBee consistem de diferentes tipos de tráfego, cada um com suas características únicas:

-Dados periódicos: dados são tipicamente manipulados usando um sistema com sinalizador, onde o dispositivo desperta periodicamente, verifica o pacote de sinalização, troca dados, e volta a dormir (retorna ao modo *sleep*). Comum em aplicações do tipo sensores.

-Dados intermitentes: dados são manipulados em um sistema sem sinalização ou desconectado. No modo de operação desconectado, o dispositivo fará parte da rede somente quando é preciso comunicar, usando energia da bateria somente neste momento. Usualmente aplicado em aplicações definidas ou com estímulo externo, como interruptores de luz.

-Dados repetitivos com baixa latência: usa a capacidade de reserva de *time slots*. Método de QoS (*Quality of Service* – Qualidade de Serviço) que atribui ao dispositivo

um período de tempo específico, definido pelo coordenador, para realizar o que desejar sem disputa ou latência. Usados em aplicações como sistemas de segurança.

[...] Em todas as aplicações, por menor que seja o pacote dos dispositivos ZigBee, resulta em um throughput efetivo alto comparado com outros padrões. Um novo nó pode ser reconhecido e associado à rede ZigBee em aproximadamente 30 ms. Acordar um nó dormente, ou seja, fazer com que o nó operando no estado sleep entre no estado active, leva cerca de 15 ms, assim como acessar um canal e transmitir dados. As aplicações ZigBee se beneficiam da habilidade de rapidamente anexar informações, desanexar e ir dormir, o que resulta em baixo consumo de energia e duração estendida de bateria. Em termos de endereçamento de dispositivos, endereços longos são implementados na camada MAC pelo fabricante e têm 64 bits de comprimento. Endereços curtos, por outro lado, são atribuídos dinamicamente e têm 16 bits de comprimento. Endereçamento curto é usado pela simplicidade e para reduzir requisitos de armazenamento na plataforma de hardware. (NASCIMENTO, 2008, p 37)

Relata Nascimento (2008,p.37) e Pinheiro (2004, p.1) que cada rede ZigBee precisa de um coordenador que possa manipular até 255 dispositivos no caso de endereçamento com 16 bits, e no máximo 65535 nós no caso de 64 bits. A cada nó é especificado um endereço quando este se conecta à rede ZigBee. Um nó contém uma ou mais especificações de dispositivo e possui um único rádio IEEE 802.15.4. As partes individuais dos nós são subunidades contendo uma descrição de dispositivo em cada subunidade.

[...] ZigBee provê um nível de sub-endereçamento, usado em conjunto com o mecanismo do IEEE 802.15.4. Um número de endpoint pode ser usado para identificar as subunidades individualmente. Cada subunidade é identificada pelo seu endpoint específico na faixa de 1 a 240. Um comando é enviado para um objeto de aplicação no endereço de destino (endereço de rádio mais endpoint). Um endereço IEEE 802.15.4 completo ocupa 10 octetos (identificador da PAN mais endereço IEEE de 64 bits) e mais um octeto é necessário para o endpoint. (NASCIMENTO, 2008, p. 37)

A camada SSP (*security service provider*) fornece serviços de segurança, estabelecendo e trocando chaves de segurança, e usando estas chaves para fixar as comunicações. A arquitetura inclui mecanismos de segurança em três camadas da pilha de protocolos. As camadas MAC, de rede e de aplicação são responsáveis pelo transporte seguro de seus respectivos quadros. A regra geral é que a camada responsável para gerar um quadro de dados é responsável por codificá-lo quando

envia, e autenticá-lo quando recebe. Além disso, a subcamada APS dispõe serviços para o estabelecimento e manutenção de relações seguras. O ZDO gerencia as políticas de segurança e a configuração de segurança de um dispositivo.

## 2.8 INTERCONEXÃO ENTRE REDES *FIELD*BUS E REDES SEM FIO

Segundo Nascimento (2008, p.47) e Pinheiro (2006, p.1) devido às especificações da transmissão sem fio, não é desejável que todos os nós de uma rede industrial de comunicação sejam sem fio. Há a necessidade de adaptar as plantas existentes, com pontos que dêem suporte para a tecnologia sem fio. Ao invés de criar novos sistemas, aumenta a procura por redes *fieldbus* híbridas. Os protocolos utilizados em sistemas cabeados não são projetados para um meio sem fio, deve-se então trocá-los por protocolos adaptados nos enlaces sem fio, não sendo necessariamente ter que modificar a pilha de protocolos das estações cabeadas. Além do mais, os dispositivos cabeados precisam se conectar com os nós sem fio, trazendo a necessidade de formas de interconexão. Entretanto, as diferenças entre as propriedades de transmissão introduzem dificuldades a esta convivência.

Estas dificuldades são agravadas pelas necessidades especiais existentes nas redes de campo industriais. A informação típica em ambientes industriais é de estado/situação, e em operação de um dispositivo toma a forma de “rajadas” repetidas de pequenos pacotes. Ao mesmo tempo, estes pacotes estão associados a tarefas críticas exigindo requisitos de tempo restritos em ambientes hostis. Assim, em geral, a taxa de transferência de dados da rede é relativamente baixa, mas sua confiabilidade necessita ser muito alta. Nos sistemas *fieldbus* em que os pacotes de dados são transmitidos para uma estação com endereço explícito, a confiabilidade da entrega pode ser aumentada através de diversos mecanismos, como retransmissão de pacotes, duplicação de pacotes ou códigos corretores de erros. Por outro lado, em sistemas de tipo produtor-consumidor, em que os dados são transmitidos em *broadcast* e as estações interessadas copiam estes dados, tais mecanismos não são usados.

Geralmente, os dados são transmitidos em intervalos regulares e as perdas são detectadas ao comparar o período conhecido e o instante de chegada do último pacote. Esta informação é usada pela aplicação para agir apropriadamente.

Nascimento (2008, p. 47) e Pinheiro (2006, p.1) destacam requisitos importantes que devem ser preservados em sistemas industriais de comunicação para a realização da interconexão:

- Manipular tráfego periódico com diferentes períodos, sendo capaz de transportar a informação antes do fim do período em que o dado é amostrado;

- Manipulação de tráfego aperiódico com latência delimitada;

- Disponibilizar consulta em tempo real de um número variado de entradas em diferentes nós da rede;

- Para dados esporádicos, dispor a possibilidade de memorização da ordem em que os eventos ocorreram;

- Transferir dados de um nó para outro nó, ou para vários nós.

Segmentos cabeados e sem fio são interconectados com o uso de equipamentos acopladores. Um segmento é interpretado como um conjunto de estações conectadas a um meio comum, que utilizam os mesmos protocolos e concordam nos parâmetros de transmissão de dados, sendo assim capazes de se comunicar diretamente. Em redes sem fio, os segmentos são denominados de células.

Explica Nascimento (2008, p.48) e Pinheiro (2006, p.1) que os dispositivos usados no acoplamento podem ser: repetidores, pontes ou *gateways*. Soluções de interconexão baseada em repetidores representam que todos os nós compartilham o mesmo meio. O mesmo mecanismo de controle de acesso ao meio é usado na parte cabeada e na parte sem fio. Repetidores operam sobre a camada física. Convencionalmente, eles trabalham bit por bit recebem o sinal na entrada, regenerando o pacote de dados e emitindo-o do outro lado. Mas no contexto de

repetidores localizados entre segmentos e células, implica em mudanças no esquema de codificação. Entretanto, teoricamente, os repetidores são transparentes para os protocolos acima da camada física.

[ ]. Como a transmissão sem fio é mais susceptível a erros, um tipo diferente de repetidor pode ser usado. Ao invés de repetir o sinal bit por bit, o repetidor de palavras espera que certo número de bits chegue do lado cabeado, calcula um código de correção de erros, e transmite os bits da informação junto com o código corretor. Ao receber dados do lado sem fio, o repetidor usa o código corretor para corrigir possíveis erros e retransmite os bits de informação, possivelmente corretos, no segmento cabeado. Este tipo de repetidor introduz um atraso longo, contudo menor que o atraso de uma ponte ou gateway. (NASCIMENTO, 2008, p. 48)

Se houver diferenças nas taxas de bits nos dois lados do repetidor, o repetidor precisa armazenar a informação. Dependendo da direção da informação a política de armazenamento irá diferir. Se for do lado mais rápido para o mais lento, é necessário armazenar os bits que chegam antes de emití-los do outro lado. Se a ocorrer em sentido contrário, é preciso armazenar uma quantidade suficiente de bits para emitir o pacote completo no lado mais rápido. Isto significa que o repetidor deve conhecer o tamanho máximo do pacote.

Ressalta Nascimento (2008, p. 48) e Pinheiro (2006, p.1) que possíveis colisões na parte sem fio não podem ser detectadas durante a transmissão, existem restrições quanto ao tipo de protocolo de acesso ao meio que será usado na camada de enlace, sendo que os protocolos que possuem detecção de colisão não podem ser usados diretamente nestas redes.

Transmissões na presença de um grande número de nós, com o uso de repetidores podem ocasionar períodos ou latências inaceitáveis. Sendo que ao usar uma ponte, os nós serão divididos em dois segmentos.

Em casos em que uma maior parte do tráfego permanece em cada segmento (ou célula) e o tráfego entre segmentos é mínimo, a solução baseada em ponte permite uma significativa redução na latência se comparada com a solução baseada em repetidores. Pontes atuam na camada de enlace, recebendo um quadro MAC completo, verificando-o e possivelmente repassando o quadro no outro lado.

Já as pontes conversoras (*translation bridges*) são usadas quando ambas as redes possuem endereçamento e funções da camada de enlace suficientemente parecidas que permitam uma conversão direta dos PDUs entre as duas redes. Pontes de encapsulamento (ou tunelamento) devem ser usadas quando a conversão não é possível. O quadro é encapsulado no formato da rede de destino antes de ser repassado.

Para esses casos existe então, um tempo de espera antes de emitir o quadro na saída para a rede de destino, que depende principalmente do protocolo MAC. Em geral, os usos de pontes requerem que as camadas superiores sejam idênticas em ambos os lados. Uma ponte participa como um nó em ambas as redes.

Segundo Nascimento (2008, p. 49) e Pinheiro (2006, p.1) Gateways são úteis quando o segmento cabeado e a célula sem fio são elaborados com protocolos incompatíveis na camada de enlace. Por exemplo, um protocolo baseado no modelo cliente-servidor não inclui a mesma informação que um protocolo baseado no modelo produtor consumidor. O primeiro inclui os endereços dos nós de fonte e de destino.

O segundo inclui apenas a identificação dos dados. Não é possível usar uma ponte. Os gateways atuam na camada de aplicação, e também são necessários quando as camadas de aplicação dos segmentos diferem entre si. Quando um gateway recebe alguma indicação de serviço de aplicação, esta é convertida em uma requisição de serviço na rede de destino. Quando a confirmação é recebida, o gateway repassa-a como uma resposta no outro lado. Soluções baseadas em gateways possuem, em geral, latências maiores do que soluções com pontes, devido aos cabeçalhos adicionais introduzidos pelas camadas superiores. Uma solução interessante é ter um gateway atuando como proxy.

[ ]. O objetivo é superar o atraso adicional realizando solicitações antecipadamente. O gateway responde a um dos lados como se fosse um nó da outra rede, guardando uma imagem dos dados de todas as estações de um dos lados. Ao receber uma solicitação de serviço, o valor armazenado é retornado como resposta. O gateway, então, atua como uma estação-base para a célula, representando os nós sem fio no segmento cabeado. Além da preocupação com o dispositivo de acoplamento, é

fundamental observar o processo de encaminhamento das mensagens.  
(NASCIMENTO, 2008, p.49)

Redes de comunicação utilizam endereços para identificar as estações e assim encaminhar mensagens a estas. Existem duas possibilidades de como entregar um pacote de um nó em uma rede para um nó em outra rede com esquemas de endereçamento diferentes:

A. Um endereço virtual da rede de origem é atribuído ao nó de destino pertencente à outra rede;

B. O nó fonte envia o pacote ao dispositivo acoplador, e este entrega o pacote ao nó de destino.

Conforme Nascimento (2008, p. 50) e Pinheiro (2006, p.1) no primeiro esquema o nó fonte é indiferente quanto ao protocolo do companheiro, ou seja, a interconexão é transparente. Já no segundo caso ocorre o oposto. O atraso introduzido pelos acopladores é importante. Em repetidores e em certos tipos de pontes, os pacotes são repassados entre segmentos sem modificações em seus conteúdos ou com pequenas modificações (por exemplo, uma mudança no formato do endereçamento). O atraso de retransmissão no acoplador, definido como o intervalo de tempo entre o instante em que o último bit do pacote é recebido da origem e o instante em que o último bit do pacote é transmitido ao destino.

### **3 PROCEDIMENTOS METODOLOGICOS**

#### **3.1 RESUMO**

As aulas ministradas no laboratório de automação da instituição utilizam como material didático, bancadas com equipamentos de controle de velocidade, controladores lógicos digitais e atuadores analógicos conectados com sensores e motores em uma esteira distanciada alguns metros do local da bancada.

Apresenta-se nesse meio um, problema de “ruído” na rede de comunicação entre os sensores e o controlador lógico programável, pois os cabos de rede e energia percorrem a mesma via e estão muito próximos um do outro.

Devido ao perfil educacional do laboratório, fica inviabilizado o padrão de instalação industrial que reduz de forma eficaz as interferências externas às redes.

A idéia de comunicação wireless entre os controladores lógicos e os sensores tende a reduzir de forma semelhante a instalação industrial sem perder a flexibilidade de educacional solicitada.

#### **3.2 INTRODUÇÃO**

A automação está cada dia mais presente na vida de todos, sendo uma onda renovada a cada descoberta da ciência. A história nos mostra que algumas idéias que eram consideradas delírios de ficção científica a algumas décadas, já se encontram a venda nas lojas reais ou virtuais, sendo as lojas de internet algo inimaginável há apenas alguns anos atrás. O uso dos equipamentos sem fio vem se ampliando de forma exponencial no mercado, tanto na indústria, no comércio, residências ou entidades de ensino.

É de conhecimento geral que o uso de equipamentos que usam cabos para comunicação, alimentação, ou ambos, se constantemente manuseados, tendem a romper ou interferir um ao outro. Exemplo disso são os telefones que no seu início usavam quilômetros de cabos em uma central para atender uma pequena cidade.

Com o advento da telefonia móvel este problema reduziu para um patamar muito baixo comparado a telefonia fixa cabeada. Com isso eliminou-se quase a zero a interferência da rede elétrica nos cabos telefônicos e conseqüentemente a interferência.

Na indústria, com o advento da eletrônica de controle ressurgiu esse problema já conhecido dos antigos usuários de telefone. Apesar de agora não ser mais a pessoa a escutar a “chiadeira” no telefone, e sim, os receptores eletrônicos dos equipamentos, que não compreendem ou perdem os sinais enviados entre controlador-sensor-atuador.

Com esse problema, crescente em proporção a automação de controle exigida numa planta, sobressai como solução à comunicação “sem cabo” entre as partes mais sensíveis da planta, ou a que requer maior flexibilidade e não pode ser conectada e desconectada de seus cabos a cada instante.

Durante o uso dos laboratórios pelos alunos, notou-se uma perda considerável de dados, e redução da velocidade de comunicação entre o mestre e escravos. A interferência estava presente tanto em rede profibus ou modbus, com destaque nas comunicações simples entre sensores analógicos para indicação de velocidade dos controladores dos motores e nos sensores digitais de presença nas esteiras.

Somente com os inversores de frequência desligados a interferência desaparecia. Apresentava-se aqui o problema. A busca de soluções para reduzir ou eliminar o problema resultou na realização dessa obra.

### **3.2.1 O laboratório**

Para a realização de experimentos na área de programação de CLP (Controlador Lógico Programável) e inversores de frequência, usamos o laboratório de automação, frisando que este era um laboratório onde a instalação era apenas de inversores e as esteiras, como a chegada dos CLPs foi uma novidade, eles foram instalados no mesmo painel dos equipamentos já instalados para dispor aos alunos uma melhora de possibilidades de exercícios e treinos.

Hoje se dispõe de quatro conjuntos com iguais equipamentos, abaixo a descrição dos equipamentos de um conjunto:

### **3.2.2 Esteira de transporte**

Apresentada na figura 8, ela é utilizada de forma semelhante às encontradas na indústria, onde os sensores de presença indicam se o material a ser transportado está sobre a esteira e os de barreira para indicar os processos de contagem, determinação de tempo sobre a esteira, comprimento, sentido de rotação e outros determinados pela programação no CLP criada pelos alunos e função do sensor.

Possui 2,5 metros de comprimento com esteira de 30 cm de largura, capacidade de 20 kg/m em posição horizontal, regulagem para inclinação entre pontas de 30 graus, suporte lateral para fixação de sensores, motorizada a motor elétrico de 1cv mostrado na figura 10, acoplado a caixa de redução de 1-32 com eixo passante e possibilidade de conexão de encoder, possui na figura 9 a visualização de 1 sensor de presença e 2 sensores de barreira.

Figura 8- Esteira de transporte



Fonte: O autor (2012)

Figura 9- Motorização da esteira



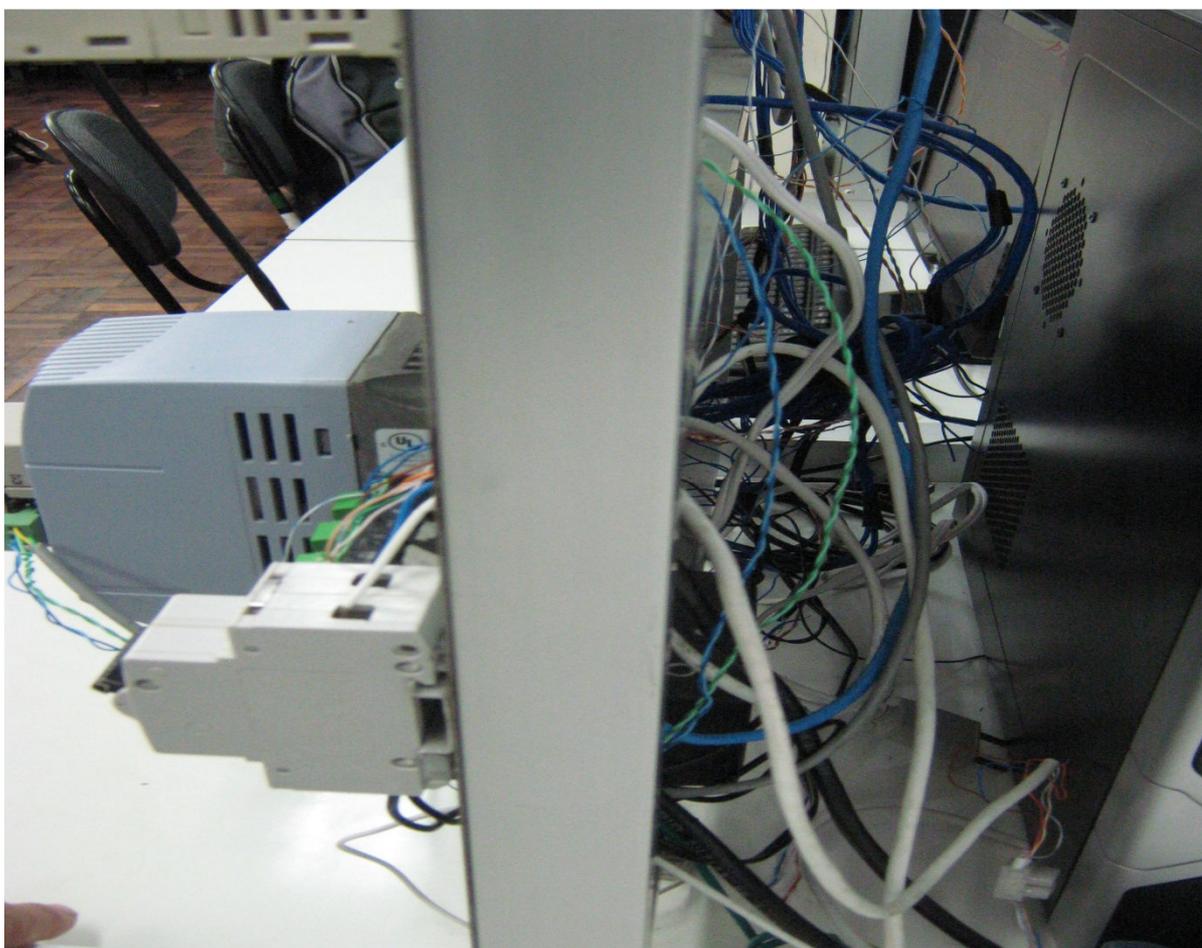
Fonte: O autor (2012)

Pode-se notar na foto que há cabos de energia e comunicação passando juntos em um mesmo ponto, assim como também cabos desconectados (rompidos), lembrando que é uma instalação educacional e sofre alterações constantes de layout.

### 3.2.3 Painel de controle

Apresentado na figura 10 observa-se o problema de interferência na rede em sua fonte, a proximidade do inversor de frequência dos cabos de rede.

Figura 10-Exposição lateral do painel de controle.

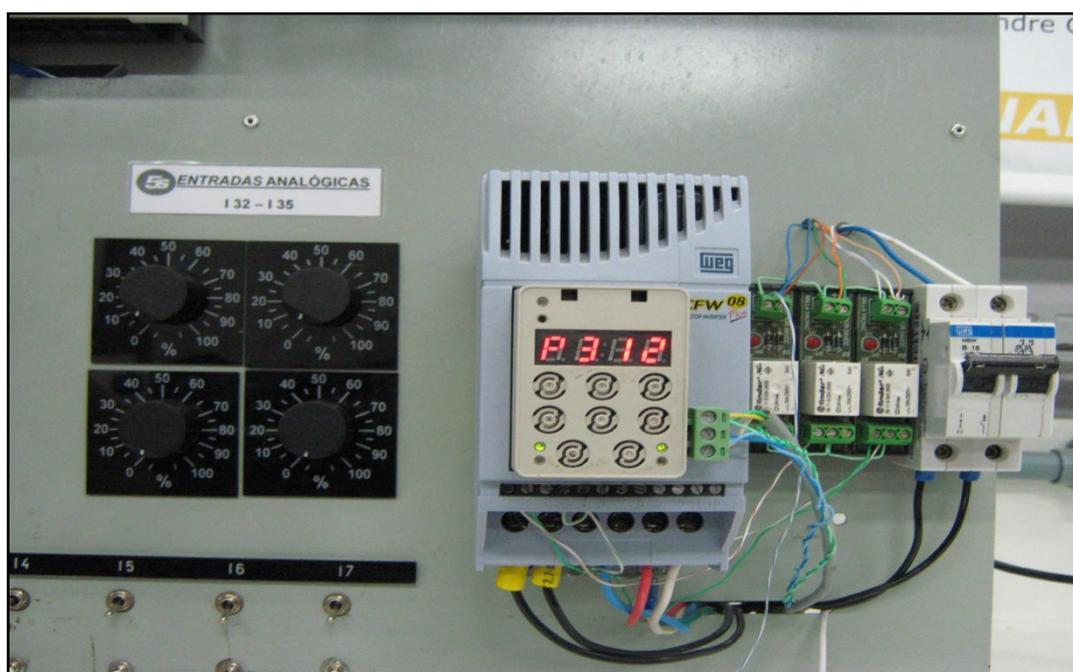


Fonte: O Autor (2012)

### 3.2.4 Inversor de frequência

Inversor de frequência marca WEG, modelo CFW 08 PLUS, com capacidade para motor de 1cv, com interface para comunicação RS 232 ou RS 485, figura 11.

Figura 11- Inversor de frequência CFW-08 PLUS



Fonte: O autor (2012)

O grande problema deste equipamento é a saída modulada em diferentes frequências, para fazer a variação de velocidade do motor, esta variação cria campos magnéticos que por sua vez ao passarem através de um condutor gera energia elétrica, caso dos cabos de rede feitos de cobre, quando acontece de sincronizar a geração de energia elétrica com a passagem de um bloco de informações pela rede, este bloco, na maioria das vezes é corrompido, ao chegar ao destino, se chega, será analisado e descartado por não estar de acordo com os protocolos das interfaces de comunicação.

Quando o receptor informa ao transmissor que não conseguiu compreender ou não recebeu o pacote também pode perder o pacote de dados, acaso esse ruído persista

por um tempo muito longo pode ocorrer a troca de token entre mestres ou a parada de uma função por estourar o tempo de resposta do escravo. Isso caracteriza a maior parte dos problemas de comunicação do laboratório.

Na mesma figura 11, destaca-se ao lado do inversor quatro botões rotativos. São potenciômetros que enviam sinais analógicos ao inversor ou mesmo ao CLP, o funcionamento do potenciômetro é bem simples e sofre interferência do inversor, sua função é ao girar, variar a sua resistência interna, se aumenta ele proporciona uma redução da tensão controlando assim a corrente, se o sinal enviado ao CLP ou a entrada do inversor for a tensão da saída do potenciômetro, esta sofre alterações e fica oscilando sem conseguir manter um valor fixo na entrada dos equipamentos

Esse problema ocorre quando o cabo de saída do potenciômetro passa perto do inversor, em testes realizados no painel, constatou-se o sincronismo de variação da tensão de saída do potenciômetro com a frequência de disparo do inversor. Visualmente podia se observa que ao alterar a frequência do inversor alterava também a velocidade de variação da saída dos potenciômetros.

### **3.2.5 Controlador Lógico Programável**

Apresenta-se na figura 12 o controlador da WEG TP 03 MODELO 40-HRA, sendo essas as principais características:

Tensão de alimentação 85 a 264 volts, entradas digitais a relé 24volts -24, saídas a rele 24 volts-16, expansão para entradas e saídas e comunicação em rede;

Figura 12-CLP WEG TP 03 40HRA



Fonte: O autor (2012)

Existe a disposição para estudos outros CLPs figura 13, que apesar de serem de fabricantes diferentes e linguagem de programação própria, em termos de utilização e problemas de comunicação são todos iguais, pois os inversores têm influência direta em seus cabos de comunicação.

Figura 13- Outras CLPs



Fonte: O autor (2012)

### 3.3 METAS E OBJETIVOS

A instalação de canaletas para distanciamento mínimo dos cabos de comunicação e energia, e o afastamento do inversor de frequência do painel de controle dos CLPs, é uma alternativa bem prática na indústria. Mas no ambiente educacional, a constante mudança de layout para aulas demonstrativas e ou exercícios com práticas de programação, obrigam aos usuários a conviverem com certos incômodos, como o constante aparecimento de cabos rompidos ou conectores desgastados, ocasionando uma falha mecânica.

O processo de retirar o inversor de perto dos CLPs pode ser realizado ao instalar o mesmo em um painel ao lado do motor. Isso resolveria uma parte do problema, mas tiraria o foco do laboratório que é realizar o controle a distância da esteira, pois com essa instalação, o aluno teria que ficar andando entre o painel e a esteira para controlar a velocidade através dos potenciômetros. Acaso colocasse cabos entre o painel e a esteira para controle a distância da velocidade pelos potenciômetros, apenas iria aumentar a tendência de quebra de cabos, por aumentar o número destes em movimento.

O objetivo principal seria então reduzir a interferência do inversor nos cabos de rede, e de maneira secundária a redução de quebra dos cabos e desgastes dos conectores. Inúmeras opções foram pesquisadas, mas a que atende de maneira mais ampla os objetivos, é a instalação de uma pequena rede wireless exclusiva para os cabos de comunicação do inversor e para os cabos de rede usados para a comunicação dos sensores.

Os sistemas de sensores wireless individuais foram pesquisados para uso, mas descartados devido à diferença de haver vários fabricantes com protocolos proprietários, e destes em trabalhar em uma rede com produtos de marcas diferentes, podendo com isso aumentar em demasia o tempo de preparação do equipamento para testes e realização de exercícios. Também a não existência de representantes no país reduziu a expectativa de uso.

A opção mais atraente ficou por conta de sistemas de radio para redes de sensores coletivos, figura 14, este ao invés de comunicar apenas um sensor por vez, pode atender vários sensores digitais e analógicos ao mesmo tempo.

Figura 14- Kit de radio wireless ponto a ponto



Fonte: Banner (2012)

Como foi apenas comentado sobre esse tipo de equipamento, em umas das aulas e não existir equipamentos para realizar os testes, foi através de contato com o Sr Rogério Kruger, vendedor técnico da empresa Sensorville para realizar uma palestra nas dependências da instituição, para alunos dos cursos que envolvia eletrônica ou redes. O foco da palestra seria sobre wireless industrial, finalizando com uma exposição, e uma demonstração dos equipamentos da linha Banner, focando principalmente nos rádios Wireless DX70, para comunicação ponto a ponto, e DX 80 para comunicações diversas.

Na palestra e demonstração dos rádios verificou-se que esses equipamentos, Rádios modelo DX 70 seriam a solução para a rede de comunicação dos sensores nas bancadas do laboratório de automação.

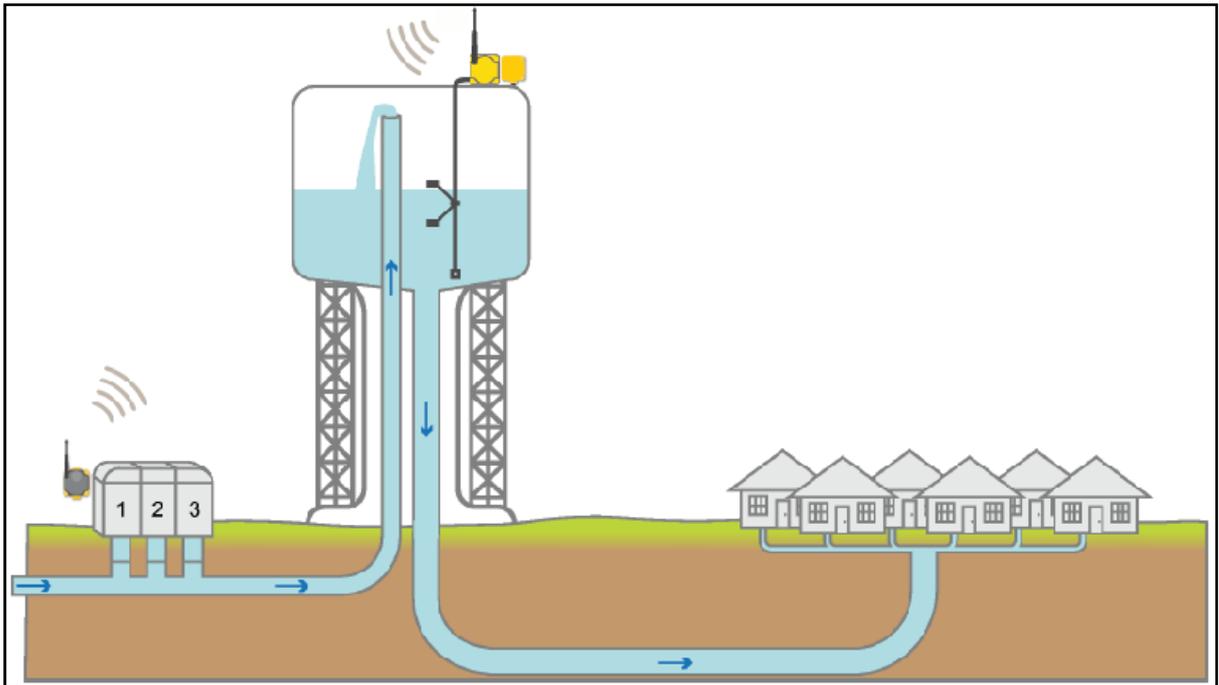
Trata-se de um rádio ponto a ponto, constituído de um gateway e de um único node em um par específico. Um par desse KIT não interfere em outro mesmo estando próximos, usam o sistema de FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum) para comunicação alcançando uma distância superior a 3,2 km em ambiente sem obstáculo. Trabalham na frequência de 2,4 GHz, ficando acima da maioria dos sinais ou interferências magnéticas geradas por equipamentos usados na indústria em geral. Com essas características, o KIT estabelece um circuito fechado igual a uma rede cabeada.

Algumas utilizações reportadas a Banner de utilização do KIT por usuários são em geral aquisição remota de dados, o monitoramento remoto de torres ou tanques de estocagem, o monitoramento de ocupação de plataforma de carregamento, o monitoramento de plantas de energia, a detecção de nível de tanque de água, o controle de pontos de pagamento em estacionamentos e o monitoramento de localização de vagão de trem e triagem em estacionamentos de trens.

Analisando a demonstração da palestra do DX 70, este se mostra extremamente prático para utilização estudantil utilizando o sistema plugue e use, sendo que não há a necessidade de alterar as configurações ou parâmetros do CLP ou do inversor.

Como ele vai ser usado apenas nos cabos de sensores e potenciômetros a sua instalação se não for avisada irá passar despercebida pelo usuário. A função específica do DX70 é realizar uma ponte sem fio de um controlador até o sensor ou atuador a distancia. Veja um exemplo na figura 15 do uso de um kit para ponte de cabos.

Figura 15- Verificação sem fio do nível de água em torre.



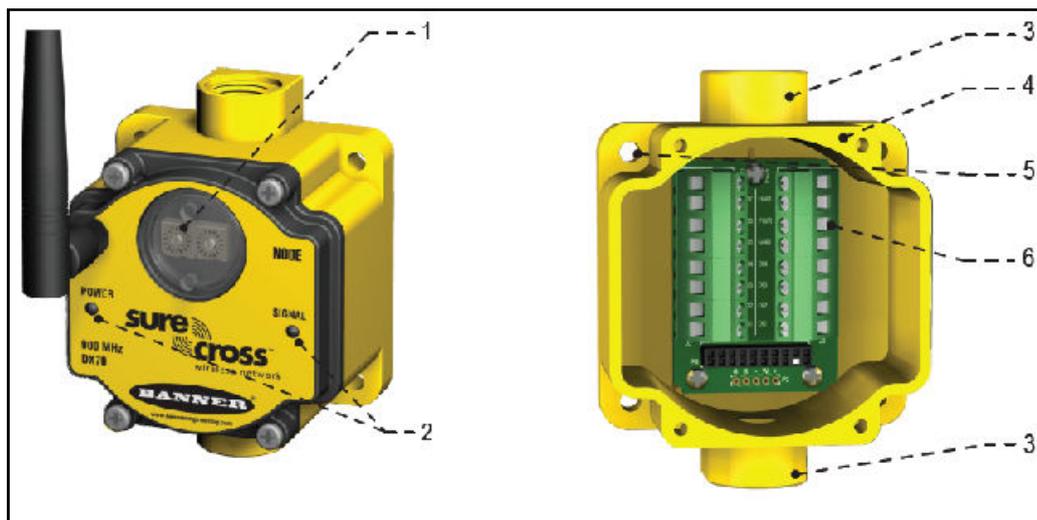
Fonte: Banner (2012)

No exemplo da figura 16, para não realizar a instalação de cabos da estação de bombas aos sensores do reservatório, que indicam seus acionamentos e desligamentos, foi utilizado um Kit DX70 com bateria auxiliar externa para longa duração sem manutenção, eliminando custos e problemas com cabos entre equipamentos tão distanciados.

Há outros Kits da empresa Banner que fazem o mesmo com redes Modbus RTU, ETHERNET/IP, Modbus TCP/IP. Nesses tipos um Gateway pode comunicar com vários Node, mas não serão abordados nessa pesquisa.

O DX 70 apresenta uma configuração extremamente simples. Para por em ativação são poucos passos a serem realizados pelo instalador. Procede conhecer primeiro algumas características do kit que se apresenta na figura 16.

Figura 16- DX 70 ajustes iniciais



Fonte: Banner (2012)

1— INDICADORES ROTATIVOS: após ligar os dispositivos use o indicador rotativo no GATEWAY para definir o ID de rede (NID) para um valor entre 1 e 32.

2—LEDS;

POWER LED, indicador de alimentação: um LED verde indica que o aparelho esta ligado,

SIGNAL LED; fornece em tempo real o status da conexão do RF e da atividade de comunicação.

3---Abertura de entrada dos cabos e terminais dos sensores

4---Corpo rígido e blindado com conexão de terminais interna.

5—Furo para montagem aceita rosca métrica ou UNC, ou adaptador de montagem em trilho.

6—Barra de terminal de ligação. Os 16 terminais de ligação aceitam fios 12-28 AWG ou 2,5 mm<sup>2</sup>.

### 3.4 INSTALAÇÃO DE UM KIT DX70

#### 3.4.1 Energização do DX 70

Conecte a alimentação ao gateway DX 70 e seu Node par, ligando a sua fonte de 10 VDC a 30 VDC diretamente nos conectores PWR nº1 e GND nº 2 no bloco de terminais. Vide figura 17.

Figura 17- Terminais PWR e GND do DX 70.



Fonte: Banner (2012)

#### 3.4.2 Verificando a comunicação entre par de DX 70

Após a aplicação de energia nos aparelhos, o LED POWER é verde. Até que a comunicação é estabelecida, o LED *SIGNAL* é vermelho. Quando a comunicação é estabelecida, o LED *SIGNAL* pisca em amarelo; a frequência do piscar indica a força do sinal de comunicação.

Se testar o equipamento antes da instalação, é recomendação da fabricante fazê-lo com uma distância mínima de 2 metros para evitar o excesso de condução da conexão.

A tabela 3 demonstra a situação conforme a visualização dos LEDs;

Tabela 3– Status dos LEDs

STATUS	POWER LED		SIGNAL LED	
Energizado		Verde constante		
Erro de conexão de RF		Verde constante		Vermelho constante
Conexão de RF estabelecida		Verde constante		Amarelo pulsante
Modo de ligação		Vermelho pulsante		Vermelho pulsante
Sucesso na ligação		Vermelho constante Por 3 seg.		Vermelho constante Por 3 seg.

Fonte: Banner (2012)

### 3.4.3 Indicador de intensidade de sinal

A taxa em que pisca o Signal LED amarelo indica a intensidade do sinal entre o Gateway e o Node conforme a tabela 4.

Tabela 4- Relação entre pulsos e intensidade de sinal.

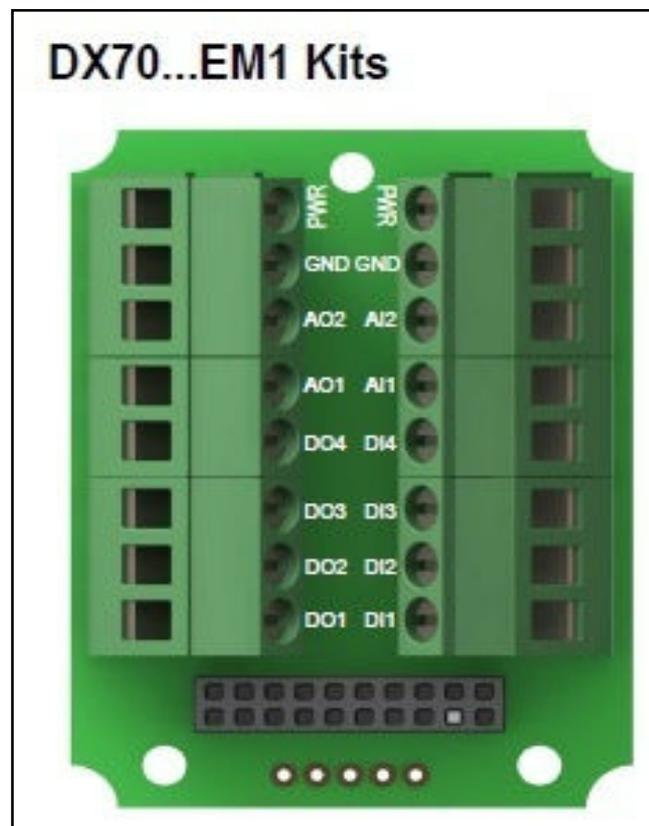
Taxa de intermitência	Intensidade do sinal
A cada 1/8 de segundo	Menos de 3% do tempo sem pacotes
A cada 1/4 de segundo	Entre 3% e 25 % do tempo sem pacotes
A cada 1/2 segundo	Entre 26% e 50% do tempo sem pacotes
A cada 1 segundo	Mais de 50% do tempo sem pacotes

Fonte: Banner (2012)

### 3.4.4 Conecte os sensors

Disposição dos conectores I/O na barra de terminais de um kit da Banner demonstrado na figura 18.

Figura 18– Disposição dos conectores I/O na barra de terminais.



Fonte: Banner (2012)

Esse kit em particular é o proposto para a utilização na melhoria do laboratório. Lembrando que este modelo comporta 4 comunicações digitais e 2 analógicas. A tabela 5 especifica a função de cada terminal.

Tabela 5-Especificações dos terminais do DX 70

Etiqueta do terminal	DX 70 GATEWAY		DX 70 NODE	Etiqueta do terminal
DI1	DIGITAL IN 1	Para	DIGITAL OUT 1 Ou Indicação de Conexão perdida *	DO 1
DI1	DIGITAL IN 2	Para	DIGITAL OUT 2	DO2
DI3	DIGITAL IN 3	Para	DIGITAL OUT 3	DO3
DI4	DIGITAL IN 4	para	DIGITAL OUT 4	DO4
AI1	ANALOGICA IN 1	Para	ANALOGICA OUT 1	AO1
AI2	ANALOGICA IN 2	Para	ANALOGICA OUT 2	AO2
DO1	DIGITAL OUT 1 Ou Indicação de Conexão perdida *	Para	DIGITAL IN 1	DI1
DO2	DIGITAL OUT 2	Para	DIGITAL IN 2	DI2
DO3	DIGITAL OUT 3	Para	DIGITAL IN 3	DI3
DO4	DIGITAL OUT 4	Para	DIGITAL IN 4	DI4
AO1	ANALOGICA OUT 1	Para	ANALOGICA IN 1	AI1
AO2	ANALOGICA OUT 2	Para	ANALOGICA IN 2	AI2

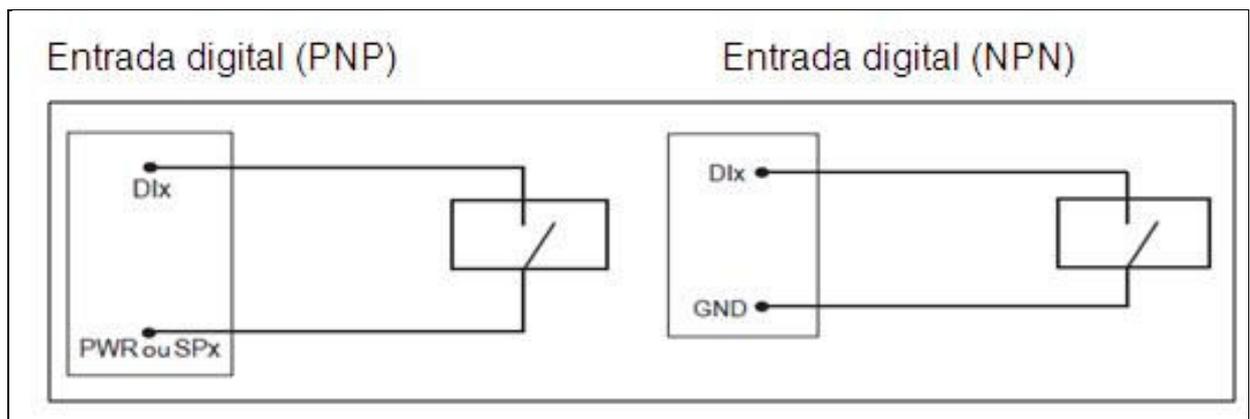
Fonte: Banner (2012)

OBS \* Se o digital OUT 1 é usado como um identificador de ligação perdida (padrão de fabrica) o digital IN1 é anulado. Se há um registro um (1) em DO 1, isso indica que a rede de radio está inoperante, mas se há um valor 0 (zero), indica que a rede está em funcionamento normal. Essa configuração pode ser alterada pelo usuário.

### 3.4.5 Conexão dos sensores

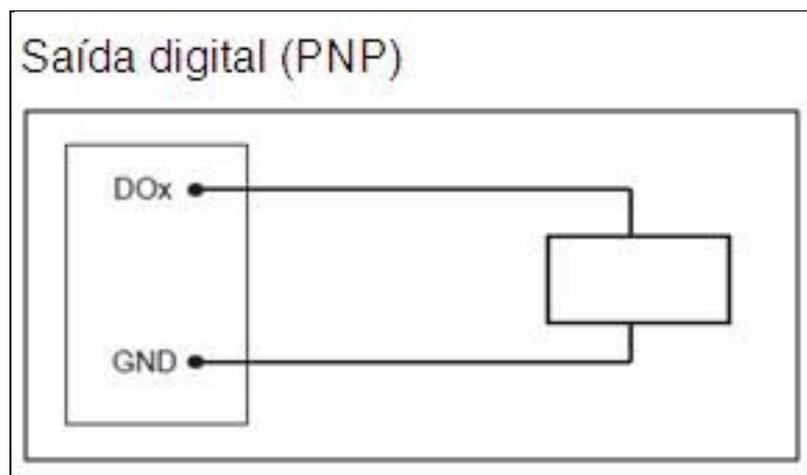
Nas figuras 19 a 21 demonstra-se a forma de ligar os sensores ao DX 70.

Figura 19-conexão de sensores



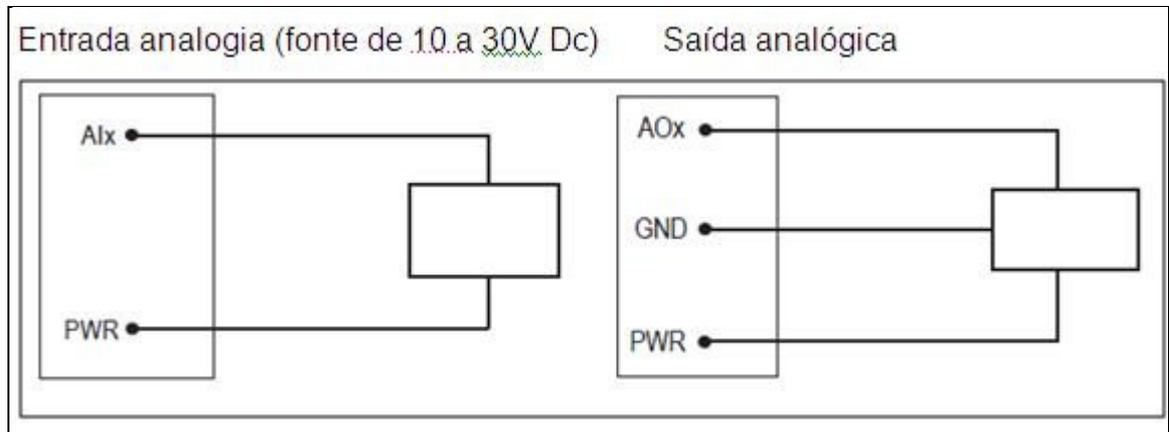
Fonte: Banner (2012)

Figura 20-Conexão de sensores



Fonte: Banner (2012)

Figura 21-Conexão de sensores



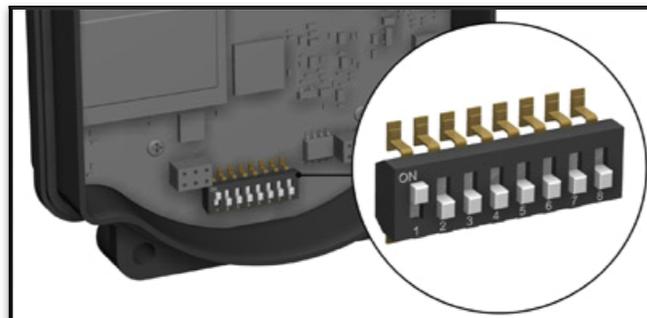
Fonte: Banner (2012)

### 3.4.6 Configurando o Gateway e o Node

Primeiramente acessar o conjunto de chaves DIP, veja figura 22:

1. Solte os quatro parafusos que montam a tampa da carcaça inferior.
2. Remova a tampa da caixa, sem danificar o cabo de fita ou os pinos do cabo
3. Retire o cabo de fita da placa montada na carcaça inferior.
4. Remova a tampa preta na parte inferior da tampa do dispositivo.

Figura 22- interruptores DIP



Fonte: Banner (2012)

Os interruptores DIP estão localizados atrás dos mostradores rotativos, depois de realizar as mudanças necessárias, coloque a tampa preta na posição e empurre para encaixar. Conecte o cabo de fita depois de verificar a guia de posicionamento para encaixe, recolocue a tampa e aperte os parafusos.

### 3.4.7 Configurações dos interruptores DIP para kits DX70

Ao configurar os interruptores DIP as alterações afetarão todas as conexões de I/O deste dispositivo.

Obs. As posições marcadas com “\*” são posições padrão de fabricação

Estado das saídas com perda de sinal

Para alterar o estado das saídas quando os dispositivos perdem a conexão use os interruptores dip 1 e 2 conforme tabela 6.

Tabela 6- Estado das saídas ao perder conexão de radio.

INTERRUPTORES DIP		
1	2	ESTADO DAS SAIXAS COM CONEXÃO PERDIDA
OFF *	OFF *	DIGITAIS OFF / ANALOGICAS 0 mA
ON	OFF	DIGITAIS ON / ANALOGICAS 20mA
OFF	ON	MANTEM ULTIMO ESTADO ESTAVEL
ON	ON	RESERVADO

Fonte: Banner (2012)

Escolha do tipo de entrada digital

Selecione a chave DIP 3 para escolher entre NPN ou PNP , conforme tabela 7

Tabela 7–Tipo de entrada digital

INTERRUPTOR DIP	
3	TIPO DE ENTRADA DIGITAL
OFF*	SENSORES TIPO PNP
ON	SENSORES TIPO NPN

Fonte: Banner (2012)

Usar I/O 1 ou indicador de queda de conexão.

Se usar a I/O 1 como indicador de perda de conexão a função de transmissão digital estará bloqueada . Tabela 8.

Tabela 8- Selecionar indicador de perda de conexão ou I/O normal.

INTERRUPTOR DIP	
4	USE I/O NORMAL OU INDICADOR DE PERDA DE CONEXÃO
OFF *	ERRO INDICANDO PERDA DE CONEXÃO (I/O 1 INDISPONIVEL)
ON	ENTRADA 1 MAPEADA PARA SAIDA 1

Fonte: Banner (2012)

Tempo para indicação de perda de conexão.

O limite de tempo para perda de conexão é o ajustado para quando não houver comunicação, por um tempo superior ao ajustado, entre o Gateway e o Node. Por

padrão se não houver comunicação por entre os dispositivos por mais de 4 segundos toma-se que a conexão falhou. Ajustes conforme tabela 9.

Tabela 9- Ajuste de limite do tempo de perda de conexão

INTERRUPTOR DIP	
5	TEMPO LIMITE PARA PERDA DE CONEXÃO
OFF *	4 SEGUNDOS
ON	1 SEGUNDO

Fonte: Banner (2012)

Com esses parâmetros realizados a gosto do usuário termina a configuração do KIT DX 70. É uma seleção que verifica o estado da comunicação e envia para as saídas a melhor alternativa a escolha, caso aconteça do sinal entre o par se perder. Pode-se com isso programar o CLP para uma ação de emergência ou alerta, para salvaguardar equipamentos, produção e principalmente o bem estar de operadores próximos a esses equipamentos.

Com o término da configuração, proceder a fixação do Gateway e do Node em seus lugares e colocar o equipamento para rodar.

Ao primeiro comando dos sensores ao CLP, o Node recebe o valor digital, faz a conversão em pacote de dados para a transmissão wireless e envia ao Gateway. Este recebe o pacote de dados, converte em sinal digital e encaminha para a entrada digital do CLP.

Assim também aos outros sinais digitais e aos analógicos, o kit DX70 não criará nem fará alterações em valores, apenas o converterá os gerados por sensores, CLPs ou potenciômetros, em pacotes de dados e enviará de uma ponta a outra de sua rede. Mesmo que existam outros equipamentos DX70 próximos, isso não afetará as comunicações se o seu endereço ID for único nas proximidades, conseguido com o ajuste dos indicadores rotativos vistos no início em configurações iniciais.

### 3.5 ESTRATÉGIA E EXECUÇÃO

Devido à extrema facilidade de instalação e configuração do equipamento relacionado, kit DX70, a maior dificuldade verificada para implantação seria a mudança do inversor de frequência da posição que se encontra, mas nada tão complexo que os estudantes que utilizam o laboratório não consigam realizar.

Os passos para a realização podem ser conforme o cronograma a seguir:

- ✓ Confecção de suporte para fixar o inversor junto ao motor da esteira.
- ✓ Confecção de suporte para o Node, na extremidade oposta da esteira.
- ✓ Fixar o Gateway no painel no local que seria anteriormente do inversor.
- ✓ Usar as indicações de conexões ao gateway do próximo capítulo para termos os mesmos recursos dispostos hoje.

### 3.6 LIGAÇÕES ATUAIS:

Existem 3 sensores digitais ligados a 3 entradas digitais do CLP.

Duas saídas digitais do CLP ligadas as duas entradas digitais do inversor , sendo uma de liberar o funcionamento do inversor (ligado/ON, desligado/OFF) , e a outra de definir o sentido de rotação (direita/ON, esquerda/OFF)

Uma saída analógica do potenciômetro na entrada digital do inversor, servindo de controle para a velocidade do motor.

Nota-se aqui uma diferença, pois existe atualmente 5 comunicações digitais e 1 analógica, sendo que um DX70 oferece 4 comunicações digitais e 2 analógicas. Problema facilmente resolvível trocando um dos três sensores digitais por um analógico facilmente encontrado no comercio. O qual pode ser até mesmo um da própria empresa montadora do KIT, um sensor de presença a LED série I-gage q50—analógico, mostrado na figura 23.

Figura 23- Sensor de presença a LED



Fonte: Banner (2012)

### 3.7 LIGAÇÕES POSSÍVEIS.

Respeitando as instalações como hoje se encontram, e observando o fato da mudança de um dos sensores de digital para analógico, mantêm-se as mesmas configurações, com pequenas alterações apenas na programação do CLP por trabalhar com sensor analógico em uma das entradas de sinal.

Então numa possível implantação de um KIT no laboratório os esquemas de ligações seriam os da tabela 10.

Tabela 10- Ligações de um KIT DX 70 no laboratório.

Etiqueta do terminal	DX 70 GATEWAY		DX 70 NODE	Etiqueta do terminal
DI1	Saída digital 1 do CLP	Para	Entrada digital 1 do inversor (liga/desliga)	DO 1
DI1	Saída digital 2 do CLP	Para	Entrada digital 2 do inversor (esq./dir.)	DO2
DI3				DO3
DI4				DO4
AI1	Saída do potenciômetro	Para	Entrada analógica do inversor	AO1
AI2				AO2
DO1				DI1
DO2				DI2
DO3	Entrada digital 1 do CLP	Vindo de	Saída digital do sensor 1	DI3
DO4	Entrada digital 1 do CLP	Vindo de	Saída digital do sensor 2	DI4
AO1				AI1
AO2	Entrada analógica1 do CLP	Vindo de	Saída analógica do sensor 3	AI2

Fonte: Banner (2012)

Após as configurações do kit, proceder à ligação elétrica compatível aos equipamentos.

Para instalação de um conjunto de treinamento seguindo o cronograma de instalação da tabela 11.

Tabela 11- Instalação de um KIT DX 70 em um conjunto de treinamento

AÇÃO	SEMANA 1					SEMANA 2					SEMANA 3				
Estudo do equipamento	■	■	■	■	■										
Orçamentos						■	■	■	■	■					
Desmontagem											■				
Confecção alteração de suportes												■			
Montagem													■		
Testes														■	■

Fonte: O autor (2012)

### 3.8 ANÁLISE

A instalação do KIT DX 70 não altera em nada o funcionamento do equipamento que já está operando, sendo apenas necessária uma parada para a sua conexão. A função do DX 70 é realizar uma ponte sem fio entre cabos de sensores, reduzindo problemas de cabos quebrados por manipulação errônea, mas o ganho principal é a redução de ruídos provenientes da proximidade do inversor dos equipamentos e cabos.

Com essa proposta, a mudança do inversor de lugar será viabilizada, pois o controle por potenciômetros do inversor ficaria no mesmo lugar, e não haveria mais cabos tão próximos ao inversor reduzindo em muito a interferência e conseguir tirar também os cabos dos outros sensores que ficam na esteira.

Conforme pessoal da área de vendas do equipamento, e próprio folder da Banner, a distancia para comunicação entre par do DX70 é superior a 3,2 km em ambiente sem obstáculo, este supera a necessidade máxima do laboratório. Prove ainda possibilidades de novos estudos e exercícios com equipamentos fora do ambiente do laboratório.

### **3.8.1 Vantagens**

Além da redução dos problemas ganha-se um visual mais limpo por consequência da redução de cabos visíveis, redução da mão de obra de manutenção dos cabos rompidos, redução do tempo de preparo do laboratório para as aulas, aumento das possibilidades de experiências com equipamento, além da aprendizagem dos alunos em trabalhar com equipamentos cada vez mais presentes nos parques fabris e até residenciais.

### **3.8.2 Desvantagens**

Apenas o preço ainda um pouco alto, por se tratar de um produto com baixa concorrência no mercado.

## 4 CONCLUSÃO

Com o passar do curso, ficou evidente que o conhecimento de novas tecnologias se torna cada dia mais importante, não apenas na utilização do que existe de mais moderno e preciso no mercado, mas sim da real necessidade e aproveitamento das tecnologias já conhecidas. A área da automação é uma das mais volúveis do mercado, pois se para uma empresa um robô de alta tecnologia, precisão e produtividade pode ser a única opção de automação para um processo visando lucratividade, outras usam de recursos não tão avançados ou revêm sua cadeia produtiva.

Ao iniciar as pesquisas para inserção do Wireless no laboratório, foi priorizada a busca de sensores com transmissão Wireless, mas após algumas verificações notou-se a falta dos mesmos ainda no mercado. Os encontrados ou não serviriam para a função ou não se encontrava representantes no Brasil para esclarecer dúvidas. Outra dificuldade em relação a sensores é a de o laboratório estar em ambiente educacional, não haveria a possibilidade de uso em outras atividades se não a específica do sensor. Também seria necessária uma reformulação das instalações dos equipamentos para a colocação em atividade.

Com essa premissa a pesquisa focou em encontrar um equipamento que além de atender a necessidade bem solução wireless, pudesse ser usado de forma prática em outras atividades, sem necessitar fazer grandes alterações nas instalações atuais.

O mercado apresenta hoje uma solução prática para remover aquela imensa quantidade de cabos, usados para comunicar com sensores e atuadores distantes, isso sem precisar alterar a instalação dos mesmos. Trata-se dos KITS de RF. Estes são instalados um próximo ao controlador e o outro próximo do atuador ou sensor.

Com a preleção de um KIT de rádio transmissor, viu-se a capacidade de utilização deste em vários laboratórios da instituição, indo da área química, mecânica, elétrica, eletrônica, robótica, informática e usos na própria instituição. Todos em

possibilidades de fazer a leitura de um sensor num ponto distante, sendo por motivos insalubres ou de aprendizado de controle dos processos.

A pesquisa mostra que os KITS DX70 são para usos simples e de ponto a ponto. A mesma empresa fornece KITS para diversas outras funções, indo de comunicação modbus até a transmissão de dados de câmeras de inspeção de processos, passando pela transmissão de internet em ponto distante de uma planta.

Como todos os critérios mínimos foram atendidos com o produto pesquisado, a implantação do mesmo fica a critério da instituição, podendo justificar o valor pago em melhoria da qualidade de ensino, do laboratório e da profissionalização do estudante que poderá atender um novo nicho de mercado.

## 5 REFERENCIAS

ALMEIDA, Felipe Biriba de. **Padronização da comunicação sem fio em ambientes Industriais** – ISA SP100;2009, 55 p. Monografia submetida como requisito final para a obtenção do Diploma de Especialização em Automação Industrial com Ênfase em Informática Industrial, Instrumentação Controle e Otimização de Processos Contínuos . Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2009.

BANAS METROLOGIA. **A tecnologia wireless no ambiente industrial**. Revista Metrologia & Instrumentação, Edição 50. Disponível em <<<http://www.banasmetrologia.com.br/textos.asp?codigo=2261&secao=revista>>>. Acesso em: 05-01-2012.

BANNER ENGINEERING. **SureCross DX70 Wireless Point-to-Point Kits**. Disponível em <<<http://info.bannerengineering.com/xpedio/groups/public/documents/literature/133214.pdf>>> acesso em 01-01-2012.

BARRETO, Maurício C. **Redes de sensores sem fio**: análise de sua implantação no monitoramento ambiental. Artigo (BITEC). Universidade Salvador (UNIFACS). Salvador: 2007.

BIRKEMOE, Egil. Et al. To the last dorp. **How wireless communication supports the lifetime extension of oil and gas production**. ABB Review. P. 63-66. 2008.

Blog no mundo das redes. **Redes Sem Fio**. Disponível em: <<<http://nomundodasredes.blogspot.com/2011/07/redes-sem-fio-wireless-networks.html>>>. Acesso em: 13-01-2012

BOARETTO, Neury. **Tecnologia de comunicação em sistema SCADA** : enfoque em comunicação rede sem fio com espalhamento espectral. 2005. Dissertação. Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná, Unidade de Ponta Grossa. Ponta Grossa: 2005.

CAMPISTA, Miguel E. M. **Um novo protocolo de roteamento para redes em malha sem fio**. 2008. Tese. Universidade Federal do Rio de Janeiro/COPPE. Rio de Janeiro: 2008.

CARDOSO, Kleber V. **Controle automático de taxa de transmissão em redes IEEE 802.11**. 2009. Tese. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: 2009.

CASSIOLATO, César. **Descrição Técnica Profibus**. Smar Equipamentos, 2005.

CUNHA, R.L.R. **Redes wireless em chão de fábrica**. Revista Mecatrônica Atual, Nº 31. Dezembro-Janeiro/2006-2007, 58-62.

DILLENBURG, Marcos. **Alternativas de aplicação do serviço GPRS da rede celular GSM em telemetria pela internet**. Revista InTech, número 56. São Paulo: 2003.

FAGUNDES, Eduardo Mayer . **Wireless Local Area Network (LAN), A tecnologia wireless no ambiente industrial**. Disponível em <[http://br.groups.yahoo.com/group/Metrologia\\_e\\_Calibracao/message/1333](http://br.groups.yahoo.com/group/Metrologia_e_Calibracao/message/1333)>>. Acesso em: 31-05- 2011.

FAYAD, Cláudio. **Redes rede sem fio na automação**. Revista InTech, número 56. São Paulo: 2003

GESSINGER, Armando e HENNIG, Carlos Henrique . **ZIGBEE – Conectividade Wireless para Automação e Controle**. Anais do Congresso - ISA SHOW 2005.

GUIA DO HARDWARE. **Redes Wireless**. Postado em 2008. Disponível em <<<http://www.hardware.com.br/tutoriais/padroes-wireless/pagina3.htm>>>. Acesso em: 10-01-2012.

HART COMMUNICATION FOUNDATION. **WirelessHART Data Sheet. 2007**. Disponível em: <<[http://www.hartcomm.org/protocol/training/resources/wiHART\\_resources/wirelesshart\\_datasheet.pdf](http://www.hartcomm.org/protocol/training/resources/wiHART_resources/wirelesshart_datasheet.pdf)>>. Acesso em: 27 nov 2011.

HENNIG, Carlos Henrique. **Comunicação sem fio na indústria: Abordando IEEE 802.15.4, ZIGBEE, ISA SP100, wireless hart e wina**. Anais do Congresso - ISA SHOW 2006.

INFOWESTER. **Tecnologia Bluetooth**. Disponível em <<http://www.infowester.com/bluetooth.php>>> . Postado 30/01/2008. atualizado em 16 /05/2011. Acesso em: 01-01-2012.

JUNIOR, Milton A. S. **Rede de sensores sem fio para sistema de monitoramento de águas subterrâneas**. Monografia. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Rio Claro: 2008.

LOREIRO, André A. F. Redes de sensores sem fio. Disponível em:

<<[http://www.sbc.org.br/index.php?option=com\\_jdownloads&Itemid=195&task=finish&cid=11&catid=50](http://www.sbc.org.br/index.php?option=com_jdownloads&Itemid=195&task=finish&cid=11&catid=50)>>. Acesso em: 01-12-2011.

MONTEBELLER, Sidney J. **Estudo sobre o emprego de dispositivos sem fio: wireless** na automação do ar condicionado de outros sistemas prediais. 2006. Dissertação. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo: 2006.

MORAES, Cícero Couto de; CASTRUCCI, Plínio de Lauro. **Engenharia de Automação Industrial**. São Paulo: LTC, 2007.290p.

MORAES, Fábio B.; MARINI, Marcos J.; BOARETTO, Neury. **Estudo para a utilização de redes sem fio em ambiente industrial**: simulação dos campos eletromagnéticos por meio do método TLM. Synergismus scyentifica. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco: 2006.

NATIONAL, Instruments . **O que é uma rede sem fios**. Disponível em <<[ftp://ftp.ni.com/pub/devzone/pdf/tut\\_9895.pdf](ftp://ftp.ni.com/pub/devzone/pdf/tut_9895.pdf)>>. Acesso em: 15-11- 2011.

NETADMIN. **O que são redes wireless**. Disponível em <<<http://forum.clubedohardware.com.br/tutorial-wireless/164193?p=1039905>>>. Acesso em: 01-12-2011, postado em 13 de agosto de 2004 por netadmin.

PAZOS, Fernando. **Automação de sistemas & robótica**. Rio de Janeiro: Axcel Books, 2002. 377p.

PINHEIRO, José Maurício Santos. **As redes com zigbee**. Postado em 27/07/2004. Disponível em <<[http://www.projeteredes.com.br/artigos/artigo\\_zigbee.php](http://www.projeteredes.com.br/artigos/artigo_zigbee.php)>>. Acesso em: 04-01-2012

PINHEIRO, José Maurício Santos. **Wireles**. Postado em 06-04-2006. Disponível em <<[http://www.projeteredes.com.br/artigos/artigo\\_redes\\_de\\_supervisao\\_e\\_controle.php](http://www.projeteredes.com.br/artigos/artigo_redes_de_supervisao_e_controle.php)>>. Acesso em: 04-01-2012

REGAZZI, Rogério Dias. **Soluções Práticas de Instrumentação e Automação**. São Paulo: Gávea - 1ª. Edição, 2007.

REVISTA PETRO & QUÍMICA. **Wireless – E se eu pudesse Edição 204.2007.**  
Disponível em  
<<[http://www.editoravalete.com.br/site\\_petroquimica/edicoes/ed\\_294/294.html](http://www.editoravalete.com.br/site_petroquimica/edicoes/ed_294/294.html)>>.  
Acesso em: 05-01-2012

RNP- Rede Nacional de Ensino e Pesquisa. **As Tecnologias de Redes Wireless.**  
Disponível em: << <http://www.rnp.br/newsgen/9805/wireless.html>>> . Acesso em: 12-01-2012.

ROMANO, Vitor Ferreira. **Robótica industrial: aplicação na indústria de manufatura e de processos.** São Paulo: Edgard blucher, 2002. 256 p.

SILVEIRA, Paulo Rog. **Automação e Controle Discreto.** São Paulo: Érica – 5ª Edição, 2005.

TELECO. **Tutorial banda larga** , Padrões IEEE , disponível em  
<<[http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialrwanman1/pagina\\_3.asp](http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialrwanman1/pagina_3.asp)>> . Acesso em: 05-01-2012

TELECOM HALL. **O que é MIMO.** Disponível em  
<<<http://www.telecomhall.com/br/o-que-e-mimo.aspx>>> . Acesso em: 01-01-2012

THOMAZINI, Daniel; ALBUQUERQUE, Pedro U. B. de. **Sensores industriais: fundamentos e aplicações.** 4. ed. São Paulo: Érica, 2007,216pg

WIMAX. **OFDM, camada física.** Disponível em:  
<<[http://www.gta.ufrj.br/grad/07\\_2/jefferson/Page5.html](http://www.gta.ufrj.br/grad/07_2/jefferson/Page5.html)>> . Acesso em: 07-01-2012.