

UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ
João Gilberto Pinho

**FLEXIBILIDADE DE AMBIENTE EDUCACIONAL ATRAVÉS
DE UMA REDE WIRELESS PADRÃO IEEE 802.11**

Taubaté – SP
2010

João Gilberto Pinho

**FLEXIBILIDADE DE AMBIENTE EDUCACIONAL
ATRAVÉS DE UMA REDE WIRELESS PADRÃO IEEE
802.11**

Dissertação apresentada para obtenção do
Título de Mestre pelo Curso de Pós-
Graduação do Departamento de Engenharia
Mecânica da Universidade de Taubaté.
Área de Concentração: Automação.
Orientador: Prof. Dr. José Carlos Lombardi

**Taubaté – SP
2010**

P654f Pinho, João Gilberto.
Flexibilidade de ambiente educacional através de uma
rede wireless padrão IEEE 802.11./ João Gilberto Pinho. –
Taubaté: Unitau, 2010.

89 f. :il;30 cm.

Dissertação (Mestrado) – Universidade de Taubaté.
Faculdade de Engenharia Mecânica. Curso de Mestrado em
Engenharia Mecânica.

Orientador: José Carlos Lombardi

1. Flexibilização. 2. Ambiente Educacional. 3. Rede
Wireless. I. Universidade de Taubaté. Departamento de
Engenharia Mecânica. II. Título.

CDD(21) 621.384 5

JOÃO GILBERTO PINHO

**FLEXIBILIDADE DE AMBIENTE EDUCACIONAL ATRAVÉS DE UMA REDE
WIRELESS PADRÃO IEEE 802.11**

Dissertação apresentada para obtenção do
Título de Mestre pelo Curso de Pós-
Graduação do Departamento de Engenharia
Mecânica da Universidade de Taubaté.
Área de Concentração: Automação.
Orientador: Prof. Dr. José Carlos Lombardi

Data: 18 de Setembro de 2010
Resultado: _____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. José Carlos Lombardi – Universidade de Taubaté

Assinatura _____

Prof. Dr. Cao Ji Kan – Faculdade ENIAC

Assinatura _____

Prof. Dr. Francisco Carlos Parquet Bizarria – Universidade de Taubaté

Assinatura _____

Dedico este trabalho a minha esposa, que me deu todo apoio e incentivou desde o início do curso

Aos meus filhos, João. Otavio e Rodrigo

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. José Carlos Lombardi pela orientação e direcionamento atribuído ao desenvolvimento deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Francisco Carlos Parquet Bizarria por suas importantes opiniões, contribuições e incentivo no aprimoramento deste trabalho.

Ao Prof. Dr. João Bosco Gonçalves por seu direcionamento o qual focou a aplicabilidade deste trabalho.

Aos colegas de mestrado pela interação constante.

RESUMO

A administração dos recursos educacionais nas instituições de ensino tem se tornado um problema logístico mediante o aumento da demanda pela utilização de salas, para aulas expositivas e laboratórios, para aulas práticas com recursos computacionais. Este trabalho apresenta um estudo para implementação de uma rede sem fio no padrão IEEE 802.11 em ambiente educacional, flexibilizando os recursos de sala de aula e laboratório de forma que em uma estrutura predial única as salas possam ser montadas como laboratórios ou salas de aula em função da necessidade. Para realizar esse estudo, foram realizados testes de comunicação entre os dispositivos, em um ambiente educacional utilizando recursos e equipamentos com a capacidade de analisar o sinal de propagação do radio no ambiente. Verificou-se que o estudo do ambiente em função da propagação do sinal da rede sem fio, garante eficiência na comunicação de dados entre os recursos computacionais e a rede sem fio garantindo a eficiência do ambiente proposto e economia na sua implementação.

Palavras-chave: Rede *Wireless*, Ambiente Educacional, Flexibilização, Site Survey, 802.11.

ABSTRACT

The administration of educational resources in educational institutions has become a logistical problem by increasing the demand for use of rooms, for lectures and laboratories, for practical classes with computing resources. This work presents a study for the design and implementation of a standard IEEE 802.11 wireless network in the educational environment, making the classroom and laboratory resources flexible, in a manner that in a single building structure the rooms can be mounted as classrooms or laboratories depending on the need. To carry out this study, tests were performed between communication devices in an educational environment using resources and equipment with the ability to analyze the radio signal propagation in the environment. It was found that the study of the environment depending on the signal propagation of the wireless network ensures greater efficiency in data communication between computing resources and wireless network, ensuring the efficiency of the proposed environment and economy in implementation.

Keywords: *Wireless Lan, Learning, Environmen, Flexibility, Site Survey, 802.11.*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Rede <i>Wireless Lan</i> (TANEMBAUM, 2003)	20
Figura 2 – Parte da pilha de protocolos do padrão 802.11 (TANEMBAUM, 2003) ...	24
Figura 3 – Camada OSI (ITAUTEC, 2009)	25
Figura 4 – Quadro MAC do IEEE (TANEMBAUM, 2003).	27
Figura 5 – Comparativo Quadro MAC do IEEE (D-LINK, 2010).....	29
Figura 6 – Algoritmo CSMA.....	35
Figura 7 – Padrões Internacionais (D-LINK, 2010)	38
Figura 8 – Antena Isotrópica (ITAUTEC, 2009).	41
Figura 9 – Antena Irradiação.....	42
Figura 10 – <i>Beamwidth</i>	43
Figura 11 – Propagação Antena Direcional (CISCO A, 2004)	44
Figura 12 – Propagação Antena Ominidirecional (CISCO A, 2004)	45
Figura 13 – EIRP potencia efetiva isotrópica irradiada (CISCO A, 2004).....	46
Figura 14 – Distorção.....	47
Figura 15 – Janela principal do <i>Software Site-Survey</i>	50
Figura 16 – <i>Software Site Survey</i> Sinal Ruído	51
Figura 17 – Sinal Ruído Identificação de Canais e SSID's	52
Figura 18 – <i>Access-Point</i> D-Link (D-LINK, 2010).....	55
Figura 19 – Resumo das Antenas (ITAUTEC, 2009)	56
Figura 20 – Antena omnidirecional Cisco (CISCO B, 2004)	57
Figura 21 – Fluxograma analítico.....	60
Figura 22 – InfoWay Net W7010 (ITAUTEC, 2010).....	61
Figura 23 – <i>Access-Point</i> DWL 2100AP (D-LINK, 2010)	62
Figura 24 – Canais padrão IEEE 802.11b&g (CISCO B, 2004)	64
Figura 25 – Configuração <i>WEB</i>	65
Figura 26 – <i>USER / PASSWORD</i>	66
Figura 27 – Configuração básica	67
Figura 28 – Configuração básica	68
Figura 29 – 3º andar prédio N	69
Figura 30 – 3º andar prédio N teórico	71
Figura 31 – 3º andar prédio N Propagação	73
Figura 32 – Sobreposição AP1 e AP7.....	74
Figura 33 – Sobreposição AP2 e AP8.....	74
Figura 34 – Sobreposição AP7 e AP9.....	75
Figura 35 – 3º andar prédio N interferência.....	76
Figura 36 – 3º andar prédio N projeto final	78
Figura 37– 3º andar prédio N projeto final	80
Figura 38 – Projeto final ponto A sem interferência	81
Figura 39 – Projeto final ponto B sem interferência	81
Figura 40 – Projeto final ponto C sem interferência	81
Figura 41 – Sala montada para aula teórica	82
Figura 42 – Sala montada com recursos computacionais.....	83

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Potência de Referência.....	37
Tabela 2 - Domínio Regulatório	39
Tabela 3 - Barreira de Propagação	63
Tabela 4 - Custo rede cabeada.....	84
Tabela 5 - Custo rede <i>wireless</i>	84

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AP	Ponto de Acesso, equipamento transmissor.
BO	Bobina
BSS	<i>Basic Service Set</i> , corresponde a uma célula de comunicação da rede sem fio.
CSMA/CA	<i>Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance</i>
CSMA/CD	<i>Carrier Sense Multiple Access/Collision Detection</i>
DSSS	<i>Direct Sequence Spread Spectrum</i> , corresponde ao espalhamento espectral por seqüência direta
EIRP	<i>Effective Isotropic Radiated Power</i> , potencia máxima do sinal transmitido pelo sistema
ESS	<i>Extended Service Set</i> , conjunto de células BSS conectadas a rede convencional
FHSS	<i>Frequency Hopping Spread Spectrum</i> , corresponde a troca de freqüência no padrão que conhecido pelo transmissor e receptor
GHz	Gigahertz
HUB	Concentrador, interliga computadores de uma rede local
HR-DSSS	<i>High Rate Direct Sequence Spread Spectrum</i> , espectro de dispersão de seqüência direta de alta velocidade
IEEE	Instituto de Engenharia, Elétrica e Eletrônica
kHz	Quilohertz

OFDM	<i>Orthogonal frequency division multiplexing,</i> multiplexação ortogonal por divisão de frequência
RF	Rádio Frequência
STA	<i>Wireless lan stations,</i> são os divisores clientes da rede
<i>WIRELESS</i>	Meio de comunicação sem fio

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO	15
1.1 MOTIVAÇÃO.....	15
1.2 OBJETIVO.....	16
1.3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
1.4 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO	18
CAPÍTULO 2 - CONCEITOS BÁSICOS	19
2.1 REDE WIRELESS.....	19
2.2 CONCEITOS SOBRE A NORMA IEEE 802.11.....	20
2.3 CONCEITOS SOBRE A NORMA IEEE 802.11B.....	22
2.4 CONCEITOS SOBRE A NORMA 802.11G.....	23
2.5 PROTOCOLOS DO IEEE 802	23
2.6 MODELO DE REFERÊNCIA OSI.....	24
2.6.1 Camada Física	25
2.6.2 Camada de Enlace.....	26
2.6.3 Camada de Rede	29
2.6.4 Camada Transporte	30
2.6.5 Camada Sessão.....	32
2.6.6 Camada Apresentação.....	32
2.6.7 Camada Aplicação	33
2.7 ALGORITMO CSMA/CA	34
2.8 CONCEITOS SOBRE DECIBEL.....	36
2.9 PADRÕES INTERNACIONAIS.....	37
2.10 CANAIS IEEE 802.11 B&G	38
2.11 CONCEITOS SOBRE ANTENAS	39
2.11.1 Conceitos sobre Ganho.....	40
2.11.2 Polarização.....	40
2.11.3 Antena Isotrópica Teórica.....	41
2.11.4 Antena Irradiação	41
2.11.5 Antenas Direcionais.....	43
2.11.6 Antenas Ominidirecional.....	44
2.11.7 EIRP Effective Isotropic Radiated Power	45
2.11.8 Distorção Multipath.....	46
CAPÍTULO 3 - DESENVOLVIMENTO	48
3.1 METODOLOGIA.....	48
3.2 RECURSOS.....	49
3.3 RECURSO NETSTUMBLER	50
3.4 PONTO DE ACESSO	54
3.5 ANTENAS	55
3.6 SITE-SURVEY	57
3.7 EQUIPAMENTOS UTILIZADOS.....	61
3.8 CONSIDERAÇÕES INICIAIS PARA O TESTE PRÁTICO	62
3.9 TESTE PRÁTICO.....	63
3.9.1 Configuração da rede sem fio	65

3.9.2 Ambiente analisado	68
3.10 ESTUDO FINANCEIRO	83
CAPÍTULO 4 - CONCLUSÃO	85
4.1 CONTRIBUIÇÕES	85
4.2 TRABALHOS FUTUROS.....	86
REFERÊNCIAS	87

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

Atualmente, dentro de um novo perfil, as pessoas desejam estar conectadas a um meio de comunicação que possibilite acesso ao correio eletrônico, internet, telefonia, *MSN (Microsoft Service Network)* entre outros serviços. Nas instituições de ensino existe uma demanda pelos recursos computacionais que propiciam uma maior interatividade entre os alunos e a informação. A acessibilidade à informação não é mais uma opção, mas sim uma necessidade. Esse conteúdo que antes estava concentrado nos livros, agora também está disponível em meios eletrônicos, como a própria internet. Dentro desse novo perfil ocorre uma maior demanda por salas de aula com recursos computacionais que possam garantir o acesso as informações que agora estão em mídia eletrônica. Hoje já é comum em algumas universidades observar que o caderno vem sendo substituído pelos computadores pessoais. Essa mudança se deve em grande parte pela facilidade e popularização das redes de acesso, como redes de telefonia celular e as redes sem fio padrão 802.11 conhecidas como redes WI-FI. De acordo com a *WI-FI alliance* 99% das universidades americanas terão redes sem fio no padrão IEEE 802.11 até 2013. Esse fato revela que as redes sem fio são opções viáveis para garantir a acessibilidade nas instituições de ensino. As redes sem fio no Brasil são regulamentadas pela Anatel (Agência Nacional de Telecomunicações) que é uma agência reguladora brasileira, administrativamente independente, financeiramente autônoma, não subordinada hierarquicamente a nenhum órgão de governo brasileiro e seguem as regulamentações do órgão americano FCC (*Federal Communications Commission*). Desta forma os equipamentos devem ser homologados pela Anatel para ter sua comercialização permitida.

1.1 Motivação

A principal motivação para este trabalho está na expectativa de fornecer meios para garantir a acessibilidade aos recursos computacionais, de modo que as

informações apresentadas neste trabalho possam ser úteis na elaboração de projetos de salas de aula no segmento educacional de forma a garantir a acessibilidade eficiente e segura atendendo a demanda dos usuários por conectividade.

Nesse sentido este estudo resultou da observação do problema enfrentado pelas instituições de ensino, na gestão da logística de salas de aula e laboratórios de informática, tendo na maioria das vezes, que administrar a demanda pelos ambientes que nem sempre estão disponíveis em função das necessidades que ocorrem no decorrer do semestre ou mesmo durante o dia de aula. Desse cenário, surgiu o interesse em colaborar nos projetos para os ambientes educacionais implementando salas de aula flexíveis, conectadas por uma rede sem fio, a fim de evitar o alto custo da implementação de uma rede cabeada, nem sempre possível de ser implementada em todos os ambientes. Desta forma o trabalho de pesquisa realizado pretende gerar benefícios para as instituições de ensino e profissionais que estejam de alguma forma relacionados com o projeto ou implementação de salas de aula flexíveis, através de uma rede sem fio padrão IEEE 802.11.

1.2 Objetivo

Apresentar uma metodologia para implementação de uma rede sem fio padrão IEEE 802.11 eficiente em ambiente educacional, flexibilizando os recursos de sala de aula e laboratório, de forma que em uma estrutura predial única, as salas possam ser montadas como laboratórios ou salas de aula em função da necessidade. Para realizar esse estudo, serão realizados testes de comunicação entre os dispositivos, em um ambiente educacional real, utilizando recursos e equipamentos com a capacidade de analisar o sinal de radio no ambiente.

1.3 Revisão Bibliográfica

Com relação à flexibilização do ambiente educacional através de uma rede sem fio, em pesquisas realizadas nos anos de 2009 e 2010, encontrou-se vários artigos técnicos que guardam relação com o presente estudo, porém não foram encontrados registros de trabalhos com um estudo na flexibilização dos ambientes educacionais através de uma rede sem fio que possibilite acessibilidade a informação de forma simples e econômica.

De acordo com (SPERANDIO, 2008) a incorporação da tecnologia de rede sem fio em um ambiente hospitalar possibilitou aos profissionais de saúde, médicos, enfermeiros e auxiliares de enfermagem, não só um ambiente com acesso a serviços independentes de sua localização, mas também mobilidade e comunicação transmitida a outros computadores. A comunicação compartilhada com membros da equipe democratizou e aperfeiçoou o processo de informações de enfermagem.

Com relação à evolução da transmissão de dados (RIEGO, 2009) a tecnologia de redes sem fio evoluiu tão rapidamente na última década, que seus efeitos atingiram a indústria de processos, pela aparente economia de materiais de instalação (cabos, eletrodutos, bandejas e acessórios) e redução de tempo de instalação dessa infra-estrutura. Em face desta nova demanda, apresenta-se um novo conceito de transmissão de dados na indústria de processos através das transmissões sem fio. Através do estudo dos conceitos que fundamentam este tipo de transmissão, como a técnica de espalhamento espectral do sinal transmitido, as formas de polarização e direcionamento do sinal através das antenas, as vantagens e desvantagens de cada tipo de arquitetura de rede, e os dispositivos necessários para que uma rede sem fio seja implementada, cada conceito listado representa um item de fundamental importância para o funcionamento da tecnologia, garantindo segurança intrínseca na transmissão dos dados.

As redes sem fio podem também ser utilizadas para a transmissão de voz, mas, de acordo com (EIRAS, 2009), foi constatado que as transmissões de voz em redes 802.11 sem mecanismos de qualidade de serviço ficam comprometidas em ambientes com muitas estações e com a presença da concorrência de tráfego de voz e dados no mesmo ambiente.

Nesse contexto ficou claro que a distancia percorrida por uma estação influencia diretamente no atraso e na taxa de perda dos pacotes. Implementar uma técnica de priorização dos pacotes de voz traz benefícios para a mobilidade, aumentando inclusive a distância que uma estação de origem pode estar da estação de destino, desde que existam nós intermediários que possibilitem o roteamento dos pacotes.

1.4 Organização do Trabalho

Este trabalho esta organizado com a seguinte estrutura:

O Capitulo 1 é composto pela descrição do problema, pela solução proposta, pelos objetivos do trabalho, pela revisão bibliográfica e pela estrutura do trabalho apresentando uma introdução geral, contendo o objetivo e a motivação da pesquisa na área educacional para implementação de uma rede sem fio padrão IEEE 802.11 como meio de flexibilização das salas de aula e laboratórios .

O Capitulo 2 apresenta os conceitos básicos sobre as redes sem fio 802.11, descrevendo seus componentes, suas funcionalidades e seus requisitos fundamentais de funcionamento. Neste capitulo é feito um estudo com o objetivo de resolver o problema logístico das instituições de ensino utilizando as opções disponíveis do padrão IEEE 802.11 .

O Capitulo 3 apresenta o desenvolvimento do estudo, a descrição do cenário, os recursos e a metodologia utilizada para a realização do estudo da propagação do sinal eletromagnético da rede sem fio, proposto neste trabalho.

No Capitulo 4 são apresentadas as conclusões do trabalho realizado e proposta para trabalhos futuros, visando a evolução deste estudo.

CAPÍTULO 2 - CONCEITOS BÁSICOS

Aqui se definem os conceitos básicos sobre redes sem fio e são introduzidos os conceitos básicos sobre o protocolo IEEE 802.11.

2.1 Rede *Wireless*

Uma rede *Wireless*¹ é um sistema de transmissão de dados que pode ser utilizado para substituir ou complementar as redes cabeadas. Os dados são transmitidos através da propagação de ondas eletromagnéticas, usando o ar ou vácuo como meio físico. São utilizadas em locais em que o uso de outros meios de comunicação, como fios de cobre, fibras, cabos coaxiais, são impraticáveis, seja devido ao custo ou locais de difícil acesso.

Existe um padrão para LANs (*Local Area Networks*²) sem fios, chamado IEEE 802.11, que a maioria dos sistemas implementa e que está se tornando bastante difundido (TANEMBAUM, 2003). A tecnologia sem fio usa sinais de radiofrequência (RF) para transmitir informações à velocidade de até 300 Mbps no padrão IEEE 802.11n. Um sistema de comunicação sem fio utiliza ondas de rádio para transmissão das informações que se encontra no espectro de frequência, de modo que a informação possa trafegar de vários transmissores, desde que estes sejam utilizados em uma faixa não ocupada. Apesar de adequadas para o uso ao ar livre, são particularmente úteis em recintos fechados extensos, como prédios de escritórios, faculdades e empresas situadas em locais que dificultam a instalação do cabeamento, por limitações físicas ou de orçamentos. Qualquer pessoa com um *notebook*³ e um modem sem fio pode simplesmente ligar o computador e se conectar a Internet, como se o computador estivesse ligado a uma rede de fiação. De modo

¹ *Wireless* – redes sem fio

² *Local Area Networks* – redes locais

³ *Notebook* – computador portátil

semelhante, algumas universidades instalam redes sem fios no campus (TANEMBAUM, 2003). A Figura 1 mostra um esboço de uma rede sem fio.

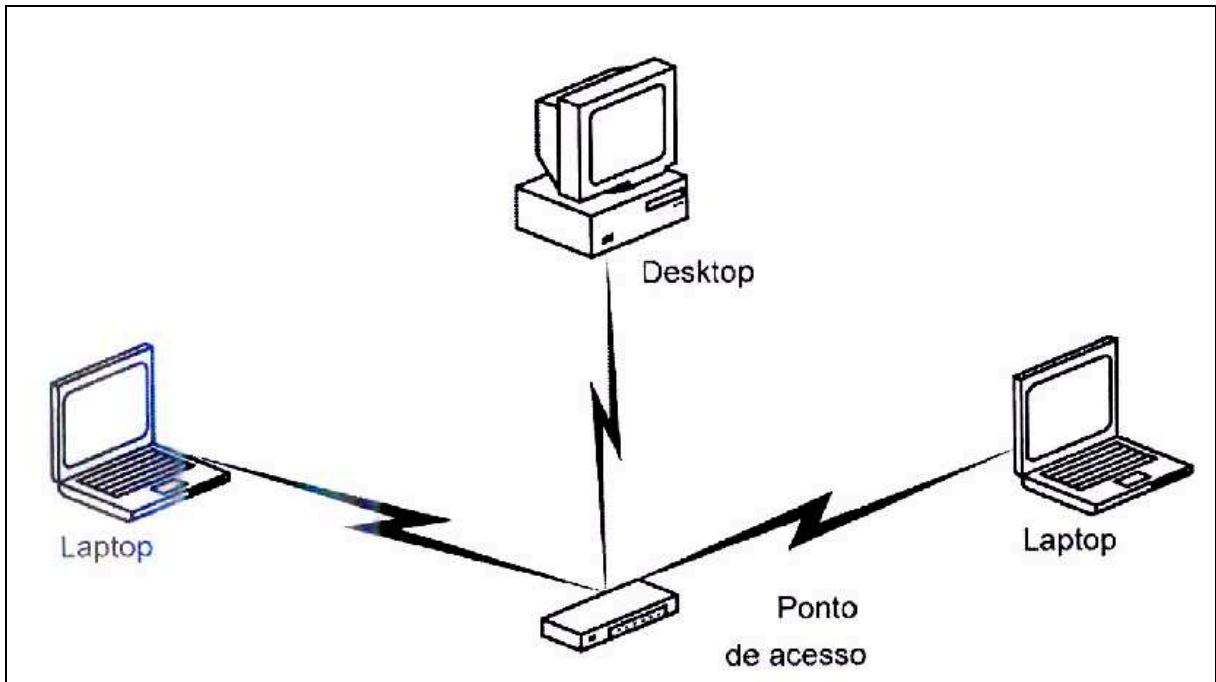


Figura 1- Rede *Wireless Lan* (TANEMBAUM, 2003)

2.2 Conceitos sobre a norma IEEE 802.11

Atualmente existem diversas versões do padrão de redes *Wireless* (inicialmente denominado IEEE 802.11), como o IEEE 802.11a, que possibilita taxa de transmissão de até 54 Mbps, utilizando a frequência de 5 GHz. Também existe o IEEE 802.11g, padrão extensamente utilizado nos dias de hoje e que permite uma taxa de transmissão de 54 Mbps, utilizando a frequência de 2.4 GHz. Ainda destaca-se o padrão IEEE 802.11n, que através de novas técnicas de propagação do sinal permite uma taxa de transmissão máxima de 300 Mbps, trazendo assim melhor desempenho para a rede sem fio. As primeiras redes sem fio utilizavam transmissão *spread spectrum* ou infravermelha difusa. No entanto, tinha uma baixa interoperabilidade devido ao fato dos fabricantes utilizarem padrões proprietários. Uma vez que a falta de padronização atrasava o desenvolvimento e, sobretudo, sua popularização, em maio de 1991 foi submetida ao IEEE a elaboração de um grupo de pesquisa para criar um padrão único para as redes sem fio. Esse padrão foi

denominado de Padrão IEEE 802.11 e, à medida que era elaborado, foi sendo adotado pelos fabricantes de redes sem fio, que então passaram a produzir seus produtos baseando-se nas normas do IEEE 802.11. Foi então lançado, oficialmente, em 1997, o primeiro padrão para redes locais sem fio, o IEEE 802.11. Este padrão oferece taxa de transmissão de dados de até 2 Mbps utilizando a técnica de transmissão de FHSS (*Frequency-Hopping Spread-Spectrum*) ou DSSS (*Direct Sequence Spread Spectrum*). Apesar da significativa elevação da taxa de transmissão de poucos Kbps para 2 Mbps, esse valor já não atendia satisfatoriamente a necessidade das empresas. Era então preciso melhorar o padrão e, em 1999, foi criado o padrão IEEE 802.11b, que possuía a mesma tecnologia e arquitetura, com taxa de transmissão aumentada para até 11 Mbps. Esse padrão permitiu alcançar valores aproximados aos da rede cabeada na época, (Ethernet 10 Mbps). Ao mesmo tempo em que estava sendo desenvolvido o padrão IEEE 802.11b, também se trabalhava no padrão IEEE 802.11a, que permitia uma taxa de dados de até 54 Mbps, mas utilizando a frequência de 5 GHz. Esse padrão, que oferecia uma boa taxa de dados, não conquistou o seu espaço no mercado devido à sua incompatibilidade com o padrão 802.11b, seu alcance reduzido e também por ter sido lançado no mercado seis meses após o lançamento de seu concorrente, o 802.11b, que então já estava se consagrando nas grandes empresas. Apesar de já existir no mercado um padrão com uma boa taxa de transmissão, havia a necessidade de se criar um padrão para aumentar a taxa de dados do padrão 802.11b, mas mantendo a compatibilidade com o mesmo. Foi então que o grupo de tarefa G criou o padrão IEEE 802.11g, aprovado em novembro de 2001, que possibilita uma taxa de transmissão de dados de até 54 Mbps usando a frequência de 2.4 GHz, a mesma utilizada no padrão 802.11b, mantendo assim, a compatibilidade com o mesmo. A topologia de uma rede IEEE 802.11 é composta pelos seguintes elementos:

- BSS – Corresponde a uma célula de comunicação *wireless*.
- STA – São as estações de trabalho que se comunicam entre si dentro da BSS.
- AP – Funciona como uma ponte entre a rede *wireless* e a tradicional cabeada. Coordena a comunicação entre STA dentro da BSS.

- ESS – Consiste em várias células BSS vizinhas que se interceptam e cujos AP's estão conectados a uma mesma rede tradicional cabeada. Nestas condições, uma STA pode movimentar-se de um BSS para outro, permanecendo conectada à rede e este processo é chamado de *roaming*.

2.3 Conceitos sobre a norma IEEE 802.11b

A camada física do padrão 802.11b utiliza espalhamento espectral por seqüência direta (DSSS) que usa transmissão aberta (*broadcast*⁴) de rádio e opera na freqüência de 2,4000GHz a 2,4835GHz num total de 14 canais com uma capacidade de transferência de 11 Mbps, em ambientes abertos (~ 450 metros) ou fechados (~ 50 metros). Essa taxa pode ser reduzida a 5.5 Mbps ou até menos, dependendo das condições do ambiente no qual as ondas estão se propagando. As taxas de transferência de dados admitidas no padrão 802.11b são 1, 2, 5.5 e 11 Mbps (TANEMBAUM, 2003). Nesta faixa de freqüências existem, à disposição, 11 canais dos quais apenas os canais 1, 6 e 11 não estão sobrepostos (SANCHES, 2005). A topologia das redes 802.11b é semelhante a das redes de par trançado, com um *hub*⁵ central. A diferença no caso é que simplesmente não existem os fios e o equipamento central é chamado AP (*Access-Point*). Sua função não é muito diferente da função de um *hub* que é retransmitir os pacotes de dados de forma que todos os micros da rede os recebam. Existem tanto placas *PC-Card*⁶, que podem ser utilizadas em *notebooks* e em alguns *handhelds*⁷ como placa de redes *wireless* para micros *desktop*⁸, quando os equipamentos não possuem uma interface padrão IEEE 802.11.

⁴ *Broadcast* – enviado para todos os dispositivos da rede

⁵ *Hub* – dispositivo concentrador de rede IEEE 802.3, opera na topologia física estrela e lógica barramento.

⁶ *Pc-Card* – interface padrão barramento computador pessoal

⁷ *Handhelds* – computador de dimensões reduzidas

⁸ *Desktop* – computador de mesa

2.4 Conceitos sobre a Norma 802.11g

Pode-se considerar este padrão como o mais próximo do padrão 802.11b e que traz, de uma forma simples e direta, uma única diferença, sua velocidade alcança 54 Mbps contra os 11 Mbps do padrão 802.11b. Nesse padrão tem-se uma velocidade três ou quatro vezes maior num mesmo raio de alcance. O padrão IEEE 802.11g foi aprovado pelo IEEE em novembro de 2001 (TANEMBAUM, 2003). A frequência e número de canais são exatamente iguais aos do padrão 802.11b, com 11 canais sendo 3 canais *non-overlapping*⁹. Desta forma em um mesmo ambiente pode-se instalar até 03 *Access-Point*¹⁰ compartilhando a mesma área de propagação, respeitando o padrão FCC (*Federal Communications Commission*). Sua tecnologia mantém total compatibilidade com dispositivos 802.11b e também com os padrões de segurança aplicáveis as redes sem fio. O alcance e aplicações também são basicamente os mesmos do padrão IEEE 802.11b possibilitando, desta forma, suporte a equipamentos mais antigos com tecnologia IEEE 802.11b.

2.5 Protocolos do IEEE 802

O protocolo usado por todas as variantes do IEEE 802, inclusive a *ethernet*¹¹, tem certas características comuns em sua estrutura. Uma visão parcial da pilha de protocolos do padrão IEE 802.11 é dada na Figura 2 (TANEMBAUM, 2003), onde a camada física do padrão das redes sem fio corresponde à camada física do modelo OSI IEEE 802.3. Observa-se que a camada de enlace de dados em todos os protocolos 802.11 se divide em duas ou mais subcamadas. A subcamada MAC (*Media Access Control*) determina como o canal é alocado, ou seja, quem terá a oportunidade de transmitir. Acima dela, encontra-se a subcamada LLC (*Logical Link Control*), cujo trabalho é ocultar as diferenças entre as diversas variações do padrão 802.11 fornecendo um único formato e uma única interface com a camada de rede,

⁹ *Non-overlapping* – não sobrepostos

¹⁰ *Access-point* – ponto de acesso

¹¹ *Ethernet* – tecnologia de interconexão para redes locais

padronizando e compatibilizando a rede cabeada com a rede sem fio. Os detalhes das camadas são mostrados na Figura 2.

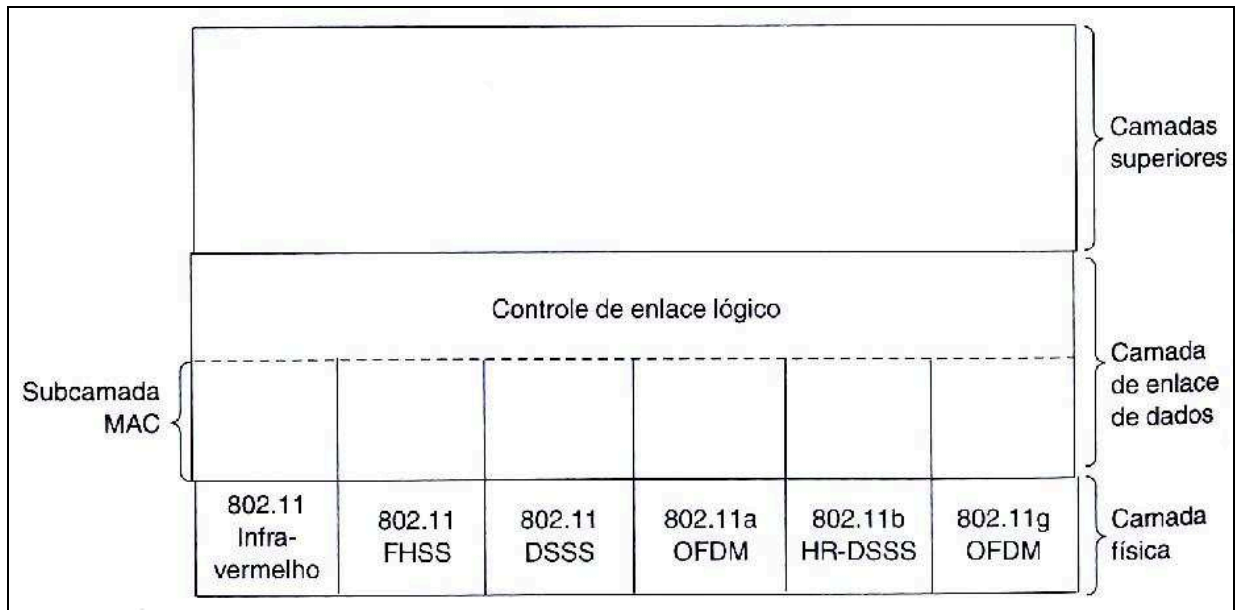


Figura 2 – Parte da pilha de protocolos do padrão 802.11 (TANEMBAUM, 2003)

2.6 Modelo de referência OSI

O modelo de referência OSI¹² (*Open Systems Interconnection*) é um sistema de referência baseado no processo de comunicação dividido em sete camadas. É importante seu conhecimento para entender o funcionamento de uma rede *wireless*. O Modelo OSI determina que toda camada é usuária dos serviços prestados pela camada imediatamente inferior e presta serviços para a camada imediatamente superior. Esta troca de informações entre as camadas adjacentes ocorre por meio da troca de primitivas de serviços nas interfaces entre as camadas. Apesar de o modelo OSI estar dividido em sete níveis, pode-se considerar genericamente que as três camadas mais baixas cuidam dos aspectos relacionados à transmissão propriamente dita e a camada de transporte lida com a comunicação fim-a-fim, enquanto que as três camadas superiores se preocupam com os aspectos relacionados à aplicação, em nível de usuário.

¹² OSI – Sistema de referência baseado em 7 camadas

A comunicação entre sistemas ocorre no nível de camadas, ou seja, a camada de aplicação do sistema A se comunica com a camada de aplicação do sistema B e assim por diante até o nível físico, onde ocorre a comunicação física entre os sistemas, como se pode observar na Figura 3.

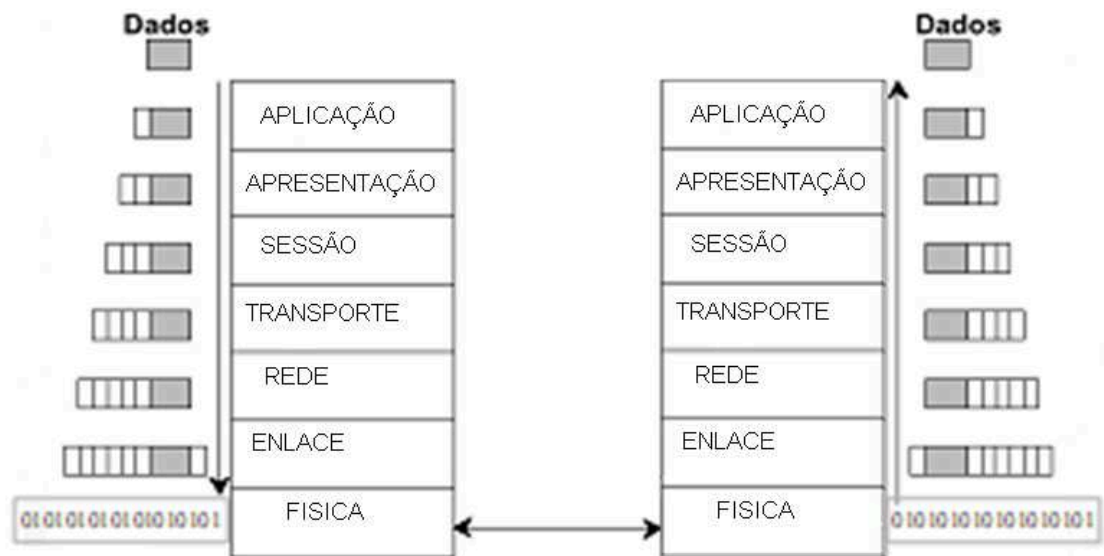


Figura 3 – Camada OSI (ITAUTEC, 2009)

Na rede sem fio, as camadas 1 e 2 do modelo OSI sofrem algumas alterações, mas primeiro deve-se abordar as características das camadas 1 e 2.

2.6.1 Camada Física

A camada física é a única camada que possui acesso físico ao meio de transmissão da rede devendo, portanto, se preocupar com fatores como as especificações elétricas, mecânicas, funcionais e de procedimentos da interface física entre o equipamento e o meio de transmissão, ou seja, a camada física tem como função básica a adaptação do sinal ao meio de transmissão. As propriedades mecânicas da interface com o meio físico de transmissão, incluindo, por exemplo, o tipo de conector utilizado. As propriedades elétricas se relacionam com a representação de um bit em termos de, por exemplo, nível de tensão utilizado e taxa

de transmissão de bits. As propriedades funcionais definem as funções a serem implementadas por esta interface. Os procedimentos especificam a seqüência de eventos trocados durante a transmissão de uma série de bits através do meio de transmissão. A camada física possui as funções de estabelecimento e encerramento de conexões, ativa e desativa conexões físicas mediante a solicitação de entidades da camada de enlace, transferência de dados. A unidade de transmissão utilizada é o bit. O nível físico tem como função transmitir os bits na mesma ordem em que chegam da camada de enlace (no sistema de origem) e entregá-los à camada de enlace na mesma ordem que chegaram (no sistema de destino). O gerenciamento das conexões estabelece a qualidade de serviço das conexões físicas estabelecidas, devendo monitorar taxa de erros, disponibilidade de serviço, taxa de transmissão, atraso de trânsito etc. Na camada física, o IEEE 802.11 regulamenta os padrões de transmissão e codificação para comunicações sem fio. Os padrões de modulação encontrados são o FHSS (*Frequency Hopping Spread Spectrun*), DSSS (*Direct Sequence Spread Spectrum*) e OFDM (*Orthogonal Frequency Division Multiplexing*).

Os padrões de rede sem fio IEEE para essa camada são 802.11, 802.11b, 802.11a, 802.11g e 802.11n.

2.6.2 Camada de Enlace

O padrão IEEE 802 define duas subcamadas separadas na camada dois, o LLC (*Logical Link Control*) e o MAC (*Media Access Control*), para a camada de enlace de dados no modelo OSI. As funções da camada MAC são agrupar os dados dentro de um pacote provendo o endereçamento e implementar a detecção de erro. É responsável pelo controle de acesso ao meio de transmissão na rede local. As funções da camada LLC são implementar uma interface de conexão para camadas superiores e sincronizar a comunicação através da técnica de controle de fluxo e sinalização de erro nos pacotes. O quadro MAC do IEEE 802.11, consiste em um cabeçalho (*header*) MAC, o corpo do quadro e o campo FCS (*Frame Check*

Sequence). Os números na Figura 4 representam o número de bytes de cada campo.

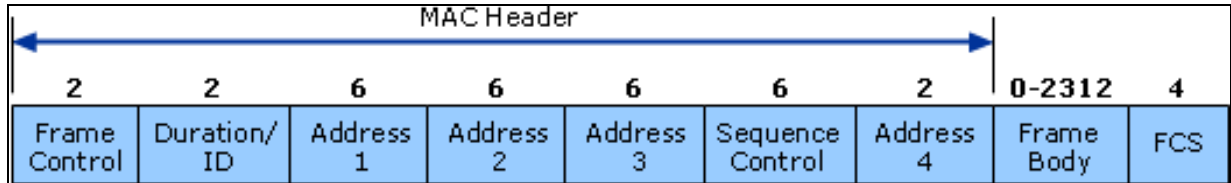


Figura 4 – Quadro MAC do IEEE (TANEMBAUM, 2003).

Componentes do quadro MAC:

Quadro de controle - O campo quadro de controle contém informações usadas para definir o tipo de quadro IEEE 802.11 MAC e fornecer as informações necessárias para os campos a seguir.

Duração / ID - É usado para indicar para todos os campos de controle, exceto o *subtype* chamado *Power Save (PS) Poll*, para indicar o tempo restante necessário para receber a próxima transmissão.

Campo de endereço - Dependendo do tipo de quadro, os 4 campos de endereço irão conter uma combinação dos seguintes tipos de endereços, conforme ilustrado na Figura 4:

- *BSS Identifier* – BSSID (Identificador de BSS): BSSID Unicamente identifica cada BSS. Quando o quadro é vindo de uma estação que opera em modo infra-estrutura BSS, BSSID é o endereço MAC do AP. Quando o quadro é vindo de uma estação que opera em modo ad hoc (IBSS), o BSSID é um número randômico gerado e localmente administrado pela estação que iniciou a transmissão.
- *Destination Address* – DA Endereço destino, indica o endereço MAC do destino final para a recepção do quadro.
- *Source Address* – AS Endereço fonte indica o endereço MAC da fonte que originou (criou) e transmitiu inicialmente o quadro.
- *Receiver Address* – RA Endereço do receptor indica o endereço MAC da próxima estação que irá receber o quadro.

- *Transmitter Address* – TA Endereço do Transmissor indica o endereço MAC da estação que transmitiu o quadro na rede sem fio.
- Controle de Seqüência – Esse campo controla a seqüência da comunicação.
 - *Sequence Number* – Número de fragmento indica o número de seqüência de cada quadro. Esse número é sempre o mesmo para cada quadro enviado para o caso de um quadro fragmentado. Já para o próximo quadro não fragmentado, o número é incrementado até atingir 4095 e então retornar para o valor zero novamente.
 - *Fragment Number* – Número de seqüência de fragmentação indica o número para cada fragmento do quadro enviado. O valor inicial é zero e é incrementado para cada fragmento.
- Corpo de Quadro - contém a informação específica de dados ou de gerenciamento.
- *FCS Frame Check Sequence* - O transmissor do quadro aplica um CRC-32 (*Cyclic Redundancy Check*) sobre todos os campos do cabeçalho MAC e sobre o corpo do quadro para gerar o FCS. O receptor do quadro utiliza-se do mesmo CRC para determinar o seu próprio valor de FCS e então verificar se ocorreu ou não erro durante a transmissão.

Na Figura 5, pode-se verificar um comparativo de como a rede *wireless* IEEE 802.11 que foi desenvolvida para se adequar ao modelo de referência OSI.

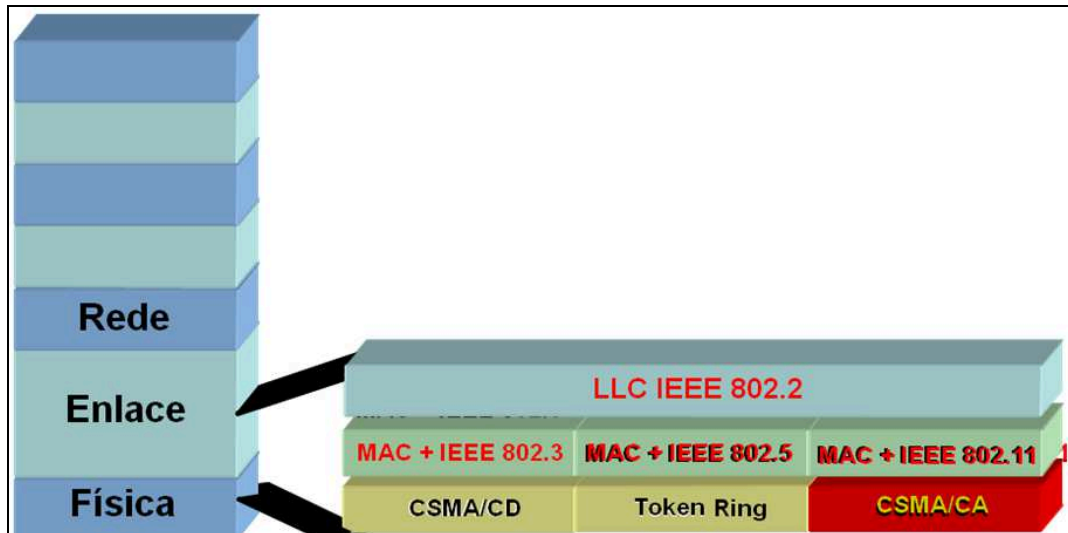


Figura 5 – Comparativo Quadro MAC do IEEE (D-LINK, 2010).

2.6.3 Camada de Rede

A camada de rede torna transparente para a camada de transporte a forma como os recursos dos níveis inferiores são utilizados para implementar conexões de rede. Deve também equalizar as diferenças entre as diversas sub-redes utilizadas de forma a fornecer um serviço único a seus usuários (independente da topologia utilizada).

Suas principais funções são:

- Roteamento - Determinação dos melhores caminhos para a transmissão dos dados entre dois endereços (origem e destino) através de algoritmos de roteamento.
- Multiplexação - Várias conexões de rede podem ser multiplexadas sobre uma única conexão de enlace, a fim de aperfeiçoar a utilização desta última.
- Segmentação - Caso as sub-redes envolvidas em uma comunicação fim-a-fim possuam diversos tipos e tamanhos de quadros, a camada de rede deve exercer funções de segmentação de quadros e remontagem destes no destino.

- Controle de erro - Detecta e dependendo da qualidade do serviço exigida, até corrige erros de alteração, perda, duplicação e não-ordenação das unidades de dados.
- Seqüenciação – A camada de rede é responsável por manter a ordem das unidades de dados de serviço de rede a serem transmitidas na rede e recebidas pela camada de transporte no destino.
- Controle de fluxo - Controle da taxa em que os dados são transmitidos, de forma que o transmissor não envie mais dados do que o receptor tenha capacidade de receber.
- Transferência – É a transmissão de dados expressos, tem por finalidade estabelecer prioridade de transmissão para alguns dados (como sinalização e interrupção) sobre os dados normais.
- Seleção de serviço - Permite a escolha do serviço de rede, de modo a garantir que os serviços oferecidos pelas diversas sub-redes sejam equivalentes.
- Gerenciamento - A camada de rede deve efetuar tarefas de gerenciamento relacionadas à qualidade de serviço oferecida.
- A camada de rede pode prestar serviços orientados à conexão (CONS - *Connection Oriented Network Service*) ou serviços não-orientados à conexão (CLNS - *Connection Less Oriented Network Service*). Um exemplo de protocolo utilizado na camada de rede é o IP.

2.6.4 Camada Transporte

A camada de transporte provê mecanismos que possibilitam a troca de dados fim-a-fim, ou seja, a camada de transporte não se comunica com máquinas intermediárias na rede, como pode ocorrer com as camadas inferiores. As principais funções da camada de transporte são o estabelecimento da conexão fim a fim orientado ou não orientado a conexão (TCP, UDP) e liberação da conexão de

transporte para se estabelecer a conexão, devem ser negociadas a classe de protocolo a ser utilizada. Nela também são definidos o tamanho máximo das unidades de dados de protocolo, a utilização ou não do serviço de transferência de dados expressos, parâmetros de qualidade de serviço (*throughput*, atraso de trânsito, prioridade, taxa de erro residual, etc.), controle de seqüência e controle de erro, numeração e reconhecimento explícito dos dados a fim de evitar perdas, duplicação ou entrega fora de ordem e controle de fluxo. A técnica de controle de fluxo utilizada na camada de transporte é a técnica de alocação de crédito, parecida com a janela deslizante, segmentação, blocagem e concatenação fim-a-fim. Adapta o tamanho da unidade de dados utilizadas para as camadas de transmissão e fornece monitoração da qualidade do serviço. A monitoração da qualidade de serviço deve ser constante, caso contrário deve ser gerada uma notificação à camada de sessão para a transferência de dados expressos. A camada de transporte deve possibilitar essa funcionalidade, funções de gerenciamento relacionadas à qualidade de serviço prestado às entidades de sessão. As funções implementadas pela camada de transporte dependem da qualidade de serviço desejada. Foram especificadas, então, cinco classes de protocolos orientados à conexão:

- Classe 0 - Simples, sem nenhum mecanismo de detecção e recuperação de erros.
- Classe 1 - Recuperação de erros básicos sinalizados pela rede.
- Classe 2 - Permite que várias conexões de transporte sejam multiplexadas sobre uma única conexão de rede e implementa mecanismos de controle de fluxo.
- Classe 3 - Recuperação de erros sinalizados pela rede e multiplexação de várias conexões de transporte sobre uma conexão de rede.
- Classe 4 - Detecção e recuperação de erros e multiplexação de conexões de transporte sobre uma única conexão de rede.

2.6.5 Camada Sessão

A camada de sessão é a responsável pelo estabelecimento de sessões entre as aplicações, permitindo o transporte de dados (assim como a camada de transporte), porém com alguns serviços mais específicos, que podem ser úteis em algumas aplicações. A camada de sessão deve prover gerência do controle de diálogo. A troca de informações entre entidades em um circuito *half-duplex*¹³ deve ser controlada através da utilização de *tokens*¹⁴. A camada de sessão é responsável pela posse e entrega destes *tokens*, ajudando a controlar de quem é a vez de transmitir. Sincronização serve para se evitar, por exemplo, a perda de um volume de dados muito grandes que estão sendo transmitidos em uma rede não confiável, utilizando-se o conceito de ponto de sincronização. O ponto de sincronização corresponde a marcas lógicas posicionadas ao longo do diálogo. Toda vez que um usuário recebe um ponto de sincronização, deve enviar uma resposta, confirmando que este foi recebido. Caso a transmissão, por algum motivo, seja interrompida, ela pode ser reiniciada a partir do último ponto de sincronização confirmado.

2.6.6 Camada Apresentação

A camada de apresentação, ao contrário das camadas inferiores, não se preocupa com os dados no nível de bits, mas sim com a sua sintaxe, ou seja, sua codificação. Nela é definido o código, ou seja, a forma como os tipos e os valores dos dados são codificados, independentemente do sistema computacional utilizado e a sintaxe de transferência, ou seja, a maneira como é realizada esta codificação. Por exemplo, através da codificação define-se que um caractere A deve ser transmitido. A sintaxe de transferência específica, então, como este dado será codificado em *ASCII*¹⁵ ou *EBCDIC*¹⁶ ao ser entregue à camada de sessão. Outras

¹³ *half-duplex* – comunicação (também chamada semi-duplex) onde tem-se um dispositivo transmissor e outro receptor, sendo que ambos podem transmitir e receber dados, porém não simultaneamente

¹⁴ *Tokens* – campo de controle

¹⁵ *ASCII* - código padrão americano para o intercâmbio de informação

funções que a camada de apresentação pode executar são a criptografia e compressão de dados.

2.6.7 Camada Aplicação

Basicamente, as funções da camada de aplicação são aquelas necessárias à adaptação dos processos de aplicação ao ambiente de comunicação.

A camada de aplicação é estruturada modularmente para permitir a flexibilidade das funções, para se determinar os requisitos de comunicação de cada aplicação distribuída. A camada de aplicação deve seguir o descrito na norma ISO 9545. Ela é formada por várias ASEs (Elemento de Serviço de Aplicação), que são os componentes básicos das AEs (Entidade de Aplicação). Uma AE é a função que um processo de aplicação utiliza para se comunicar com os seus pares. Um processo de aplicação pode utilizar diversas AEs, cada uma das quais provendo um conjunto de definições de cada uma das funções e das regras que governam o uso destas funções. O componente básico de uma AE é um Elemento de Serviço de Aplicação (ASE). Um ASE é um elemento que define uma função ou um conjunto de funções que ajudam na realização da aplicação. Desta forma, pode-se imaginar que um AE é um grande programa feito de muitos subprogramas ou procedimentos, que são os ASE.

As principais funções da camada de aplicação são:

- Seleção do modo de diálogo (full-duplex¹⁷ ou half-duplex).
- Determinação da qualidade de serviço na conexão: retardo de transferência, taxa de erro tolerável, etc.
- Identificação das futuras conexões na comunicação, por nome ou endereço.

¹⁶ *EBCDIC* - codificação de caracteres 8-bit que descende diretamente do código BCD com 6-bit e foi criado pela IBM como um padrão no início dos anos 1960

¹⁷ *full-duplex* – comunicação onde tem-se um dispositivo transmissor e outro receptor, sendo que os dois podem transmitir dados simultaneamente em ambos os sentidos

- Especificação de aspectos relativos à segurança, controle de acesso, integridade de dados, etc.

2.7 Algoritmo CSMA/CA

O protocolo CSMA/CA incorpora modificações ao CSMA/CD (*Carrier Sense Multiple Access/Colision Detection*) visando a comunicação em ambiente de comunicação probabilístico similar ao encontrado em redes cabeadas utilizando *Hub*. Neste tipo de topologia de rede a utilização do meio de comunicação pelos dispositivos ocorre uma de cada vez, se dois dispositivos ocuparem o meio de comunicação ao mesmo tempo, ocorre a colisão. As colisões podem ser detectadas verificando-se a potência e a largura do pulso do sinal recebido e comparando-o com o sinal transmitido.

Após detectar uma colisão, uma estação cancela sua transmissão, espera um intervalo de tempo aleatório IFS (*Internet Frame Space*) e, em seguida, tenta novamente, supondo que nenhuma outra estação tenha começado a transmitir nesse período. Dessa forma, o modelo de CSMA/CD consistirá em períodos alternados de disputa e de transmissão, com a ocorrência de períodos de inatividade quando todas as estações estiverem em repouso, como por exemplo, por falta de dados a transmitir. O CSMA/CD recupera o meio de comunicação através algoritmo de *backoff*. A Figura 6 a seguir apresenta o fluxograma do algoritmo CSMA.

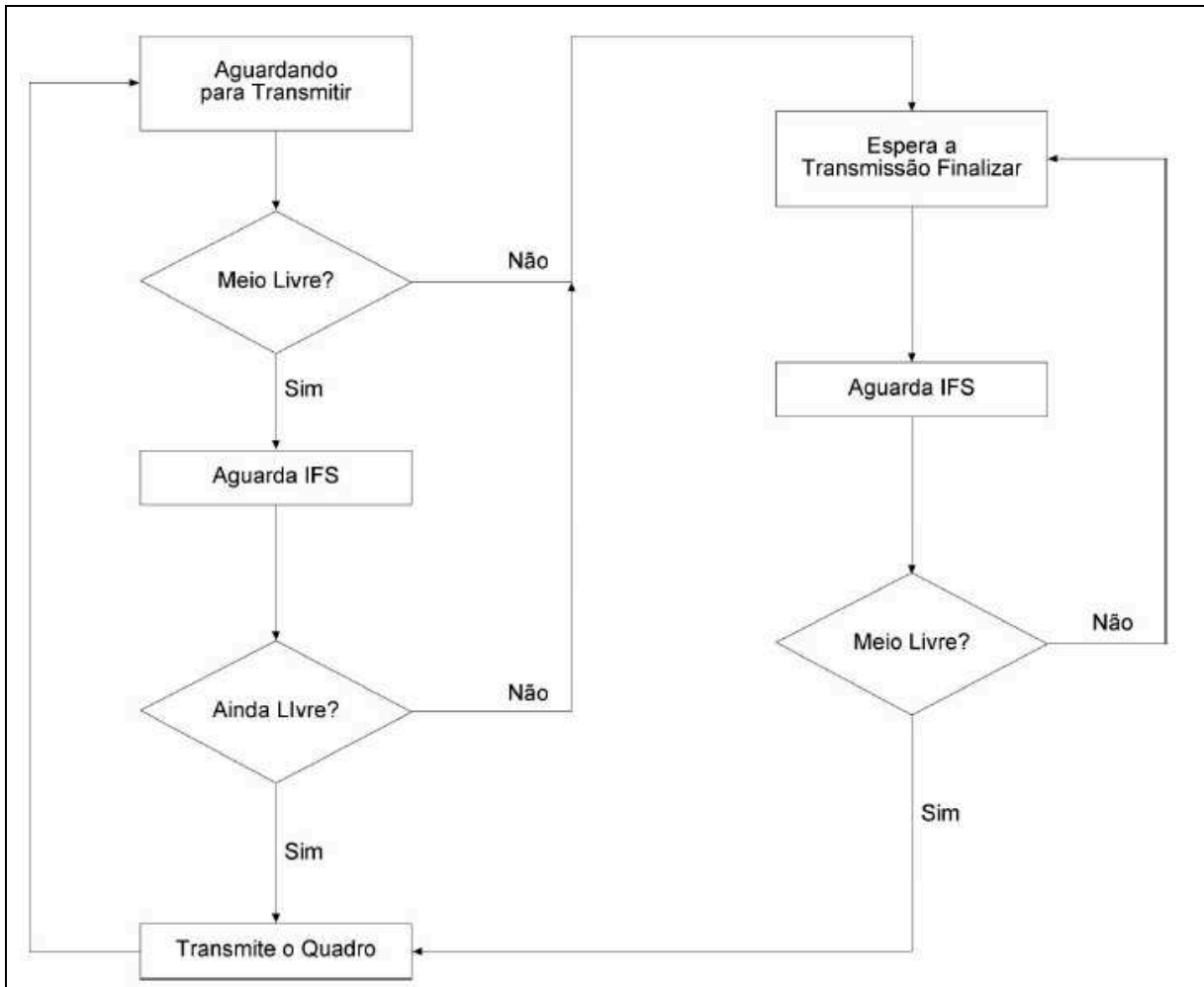


Figura 6 – Algoritmo CSMA

CSMA/CA (*CSMA with Collision Avoidance* — CSMA com abstenção de colisão). Nesse protocolo, são utilizadas tanto a detecção do canal físico quanto a do canal virtual. No CSMA/CA de forma a evitar as colisões, é implementado o procedimento de *backoff*, como forma de evitar a ocorrência de colisões. Este procedimento faz com que o dispositivo que deseja iniciar uma transmissão continue monitorando o meio e quando a transmissão for concluída, o dispositivo que estava monitorando o meio aguarde novamente um período igual a IFS (*interframe space*) diferentemente do algoritmo CSMA/CD onde, se o meio estiver livre, o dispositivo aguarda um novo intervalo de tempo configurado de forma aleatória conhecido como *backoff time* e novamente escuta o meio de comunicação, se o meio ainda estiver livre, então o dispositivo inicia a comunicação. Ao terminar a transmissão, o dispositivo alocado ao primeiro intervalo tem o direito de transmitir sem probabilidades de colisão. Se não transmitir, o direito passa para o dispositivo

seguinte. Se não houver transmissão, a rede entra num estado onde o CSMA comum é utilizado.

2.8 Conceitos sobre Decibel

O decibel (dB) expressa a potência de um sinal como uma função de sua razão para outro valor padrão. O símbolo é geralmente combinado com outros símbolos para representar com quais valores estão sendo comparados. Por exemplo: dBm, quando o valor do decibel está sendo comparado a 1 miliWatt, e dBw quando o valor do decibel está sendo comparado com 1 Watt (ITAUTEC, 2009).

Por exemplo:

Potência (em dB) = $10 * \log_{10} (\text{Sinal/Referência})$

Onde:

Sinal é a potência de sinal (por exemplo, 50mW);

Referência é a potência de referência (por exemplo, 1mW).

Neste exemplo:

Potência (em dB) = $10 * \log_{10} (50/1) = 10 * \log_{10} (50) = 10 * 1,7 = 17 \text{ dBm}$

Se 0dB = 1mW, então 14dB = 25mW;

Se 0dB = 1mW, então 10dB = 10mW, e 20dB = 100mW;

Subtraia 3 dB de 100mW para baixar pela metade o valor da potência (17dB = 50mW), então subtraia 3 dB novamente para baixar pela metade a potência novamente (14dB = 25mW);

A Tabela 1 apresenta regras gerais que são utilizadas normalmente:

Tabela 1 - Potência de Referência

Um aumento de:	Um decréscimo de:	Resulta:
3dB		Dobra a potência de transmissão.
	3dB	Metade da potência de transmissão.
10dB		10 vezes a potência de transmissão
	10dB	Divide a potência de transmissão por 10
30dB		1000 vezes a potência de transmissão
	30dB	Diminui a potência de transmissão em 1000 vezes

2.9 Padrões Internacionais

Cada país tem seu próprio padrão regulatório e os rádios precisam ser configurados para esses padrões. Essas variações incluem a configuração de canais, bem como os níveis de potência de transmissão.

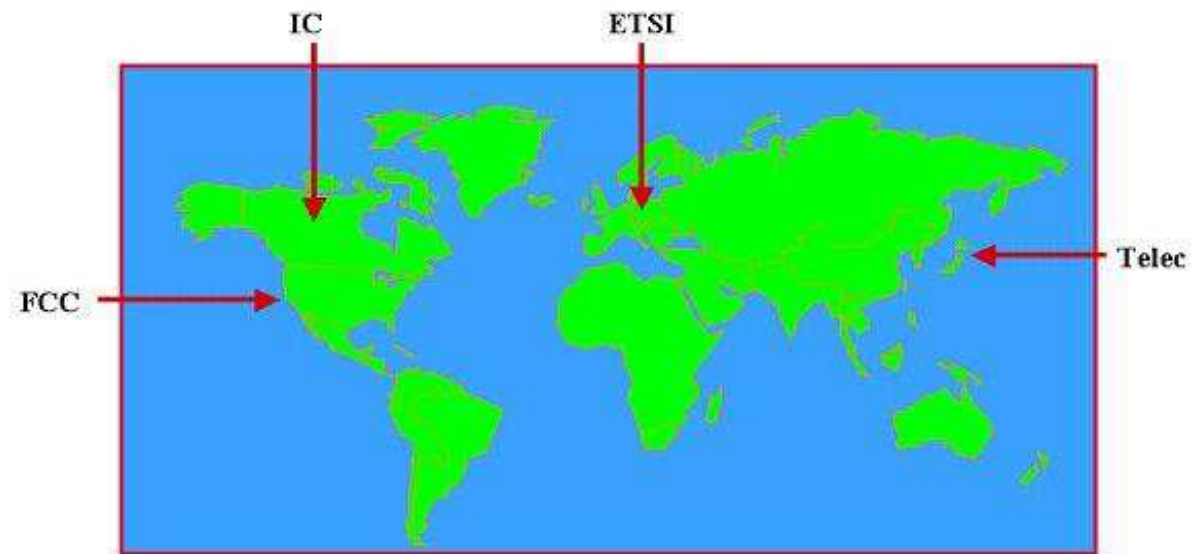


Figura 7 – Padrões Internacionais (D-LINK, 2010)

A *Federal Communications Commission* (FCC) é uma agência independente do governo Norte Americano. A FCC foi fundada pelo *Communications Act* de 1934 e é encarregada de todas as regulamentações interestaduais e internacionais de rádio, televisão, fios, satélite e cabos. A jurisdição da FCC cobre 50 estados, o distrito de Columbia e colônias americanas.

O ETSI (*the European Telecommunications Standards Institute*) é uma organização sem fins lucrativos que tem como missão produzir os padrões de telecomunicações que serão utilizados em toda a Europa.

2.10 Canais IEEE 802.11 b&g

Os países possuem suas próprias agências regulatórias e, desta forma, pode haver até 14 canais de frequências disponíveis, porém há canais sobrepostos. Em alguns países, isso significa que o número de canais não sobrepostos é reduzido a um, e que a taxa agregada de transmissão de 33 Mbps não pode ser alcançada.

Tabela 2 - Domínio Regulatório

Canal	Frequência central	Domínio Regulatório				
		América do Norte	ETSI	México	França Singapura	Japão
1	2412 MHz	X	X			X
2	2417 MHz	X	X			X
3	2422 MHz	X	X			X
4	2427 MHz	X	X			X
5	2432 MHz	X	X			X
6	2437 MHz	X	X			X
7	2442 MHz	X	X			X
8	2447 MHz	X	X			X
9	2452 MHz	X	X			X
10	2457 MHz	X	X	X	X	X
11	2462 MHz	X	X	X	X	X
12	2467 MHz		X		X	X
13	2472 MHz		X		X	X
14	2484 MHz					X

2.11 Conceitos sobre Antenas

A antena transforma as variações de tensão e corrente produzidas pelo equipamento transmissor em ondas eletromagnéticas, capazes de propagar no espaço (SANCHES, 2005). Antenas auxiliam no desempenho dos pontos de acesso, sendo que o local de instalação irá determinar o modelo da antena a ser utilizado, pois o ideal é que as antenas tenham exatamente a metade, ou um quarto, do comprimento de onda que recebem ou transmitem, sendo que os princípios para o funcionamento das antenas receptoras e transmissoras são os mesmos. Fatores para definir uma antena são área de cobertura, distância máxima, utilização interna, utilização externa e altura de utilização da antena. A notação em dB também pode ser utilizada para descrever o nível de potência das antenas, dBi para uso com

antenas isotrópicas (antena teórica que irradia a mesma densidade de potência em todas as direções) e dBd quando referido a antenas dipolo. As antenas são comparadas com esta medida ideal e todos os cálculos do FCC utilizam esta medida (dBi) (WI_FI Alliance, 2010). As antenas dipolo são mais reais, enquanto algumas antenas são medidas em dBd, a maioria utiliza o dBi. A diferença de potência entre dBd e dBi é aproximadamente 2.2; sendo, $0\text{dBd} = 2.2\text{dBi}$. Entretanto, uma antena com potência de 3dBd é colocada pelo FCC como 5.2dBi (ITAUTEC, 2009).

2.11.1 Conceitos sobre Ganho

Ganho é a quantidade de energia que uma antena aparenta adicionar a um sinal de RF. Existem diferentes métodos de medida, dependendo do ponto de referência escolhido. Geralmente, os fabricantes utilizam o dBi como padrão (onde é utilizada uma antena isotrópica teórica como ponto de referência), para especificar medidas de ganho dentro de um estudo teórico. Porém, há algumas antenas com o ganho medido em dBd, que utiliza uma antena dipolo como referência, ao invés da antena isotrópica. Para converter qualquer número de dBd para dBi, simplesmente adicione 2.14 no valor em dBd.

2.11.2 Polarização

A polarização de uma antena depende da orientação física do elemento na antena que na verdade emite a energia RF. Uma antena omnidirecional, por exemplo, é geralmente uma antena com polarização vertical. Nos sinais RF, tem-se

a angulação de cobertura (*beamwidth*¹⁸). Quanto maior o ganho da antena menor será o *beamwidth*.

2.11.3 Antena Isotrópica Teórica

Uma antena isotrópica teórica tem um *beamwidth* vertical e horizontal perfeito de 360°. Serve como referencia para todas as antenas e sua cobertura pode ser vista como um balão, pois irradia em todas as direções igualmente e tem uma propagação perfeita, utilizada no estudo teórico do projeto.

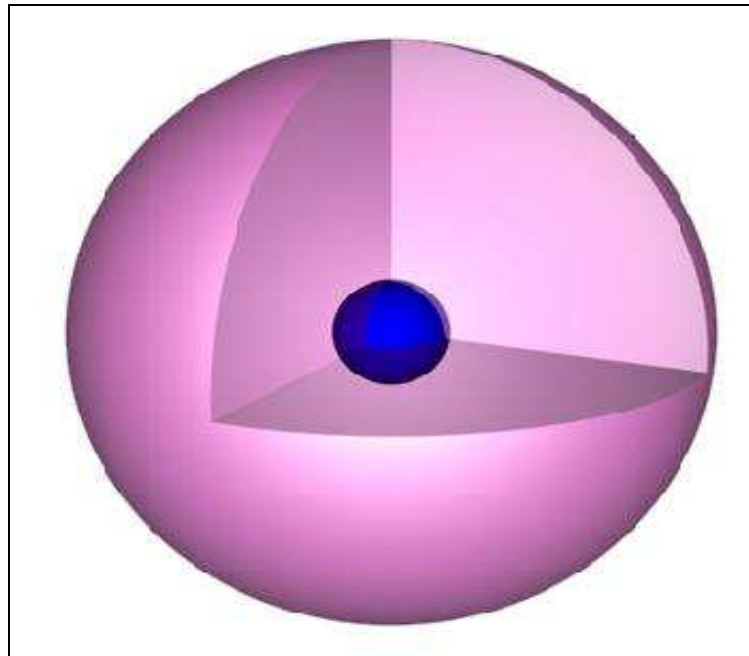


Figura 8 – Antena Isotrópica (ITAUTEC, 2009).

2.11.4 Antena Irradiação

Uma antena é desenvolvida para ter ganho ou seja aumentar a intensidade do sinal, isso resulta em perda de cobertura em algumas áreas. Pode-se imaginar o

¹⁸ *Beamwidth* – ângulo de cobertura de onda eletromagnética

padrão de radiação de uma antena isotrópica como um balão, que irradia da antena igualmente em todas as regiões. Agora pressionando o topo desse balão. Isso faz com que o balão se expanda para outra direção, cobrindo mais áreas no padrão horizontal, mas reduzindo a área de cobertura acima e abaixo da antena. Isso produz um alto ganho, conforme a antena aparenta estender sua área de cobertura. O maior ganho resulta no menor *beamwidth* vertical como se pode verificar na Figura 9.

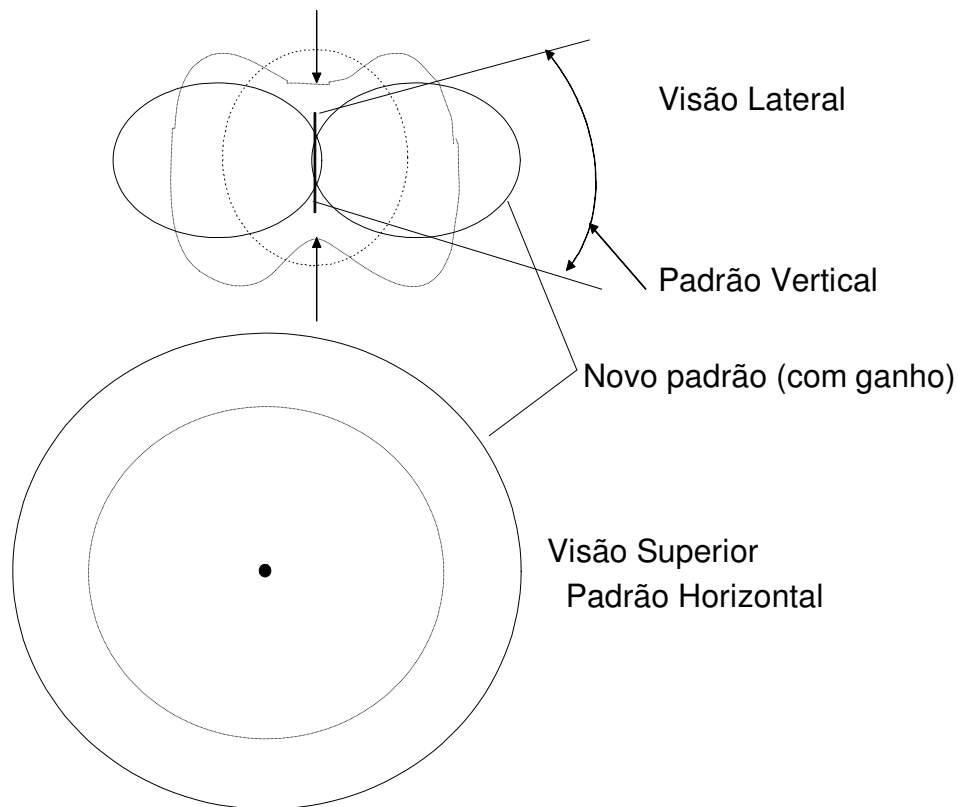


Figura 9 – Antena Irradiação

Ao continuar empurrando a ponta do balão, o efeito resultante será um *beamwidth* vertical muito estreito, mas com uma cobertura horizontal muito extensa. Esse tipo de antena é utilizado para comunicação em longas distâncias, porém com uma desvantagem, baixa cobertura atrás da antena. Com as antenas *omnidirecionais* de alto ganho, este problema pode ser parcialmente resolvido pelo

desenvolvimento de uma técnica chamada *downtilt*¹⁹. Uma antena que utiliza *downtilt* é desenvolvida para irradiar com uma leve angulação melhor que os 90° do elemento vertical. Isso é válido para coberturas locais, mas reduz a eficácia de cobertura para longas distâncias. Na Figura 10 a seguir pode-se verificar este modelo de irradiação.

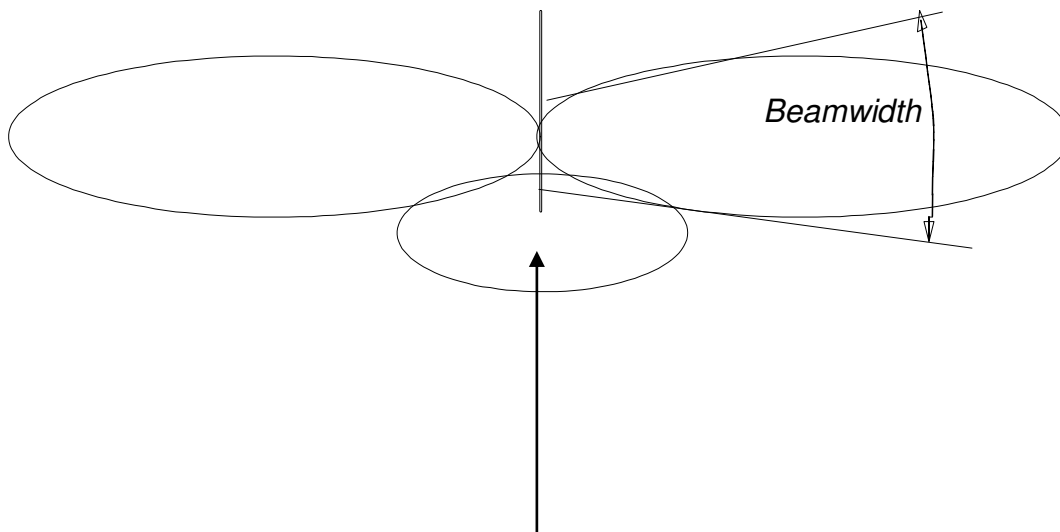


Figura 10 – *Beamwidth*

2.11.5 Antenas Direcionais

Para uma antena direcional, o desenvolvimento tem o mesmo objetivo, mas simplesmente redireciona a energia em uma única direção. O mesmo sinal de RF está chegando na antena, porém pela sua construção, direciona a energia de RF em ondas longas e intensas, ou vastas e menos intensas. Estas antenas são destinadas a enlaces ponto a ponto e são ideais para os enlaces *Bridge*²⁰ *point*²¹ *to point* ou *point to multipoint*²². Estas antenas são geralmente parabólicas, que

¹⁹ *Downtilt* – ângulo de irradiação menor que 90°

²⁰ *Bridge* – ponte para interconexão

²¹ *Point* – ponto

²² *Multipoint* – multi ponto

geralmente estão ocultas dentro de um tubo de PVC e são as antenas mais eficientes em ganho para os equipamentos, podendo chegar a 37 ou 39 dBi. Na Figura 11 tem-se o exemplo de propagação de uma antena direcional.

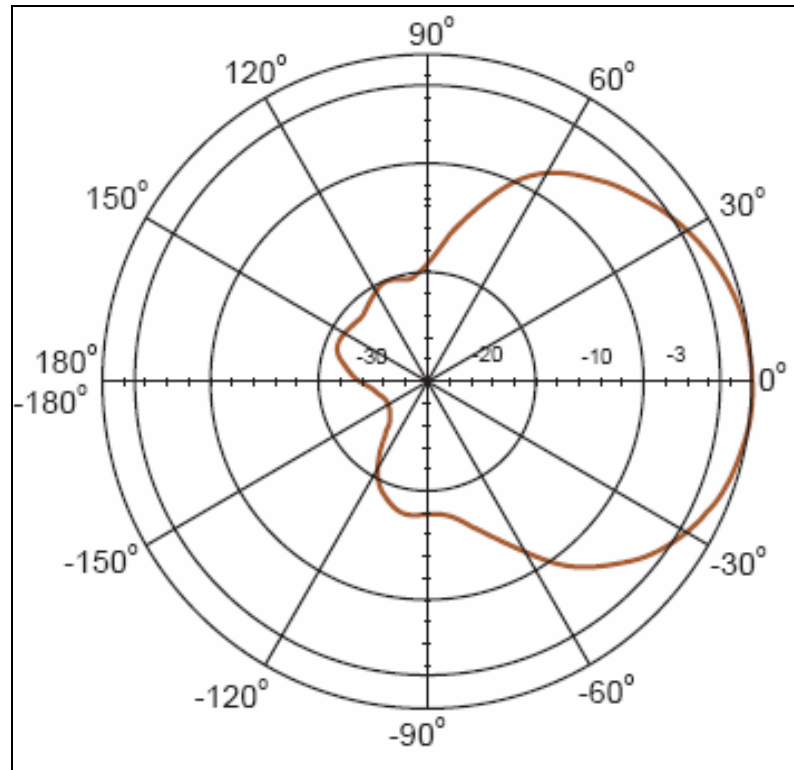


Figura 11 – Propagação Antena Direcional (CISCO A, 2004)

2.11.6 Antenas Ominidirecional

Estes modelos são os de ganho mais baixo com 8, 12 e 15 dBi. São produzidos para *Access-Points* e equipamentos clientes que possuem antenas incorporadas de 2 dBi, razão pela qual convém analisar os equipamentos a serem utilizados. Um exemplo da distribuição do sinal destas antenas é mostrado na Figura 12.

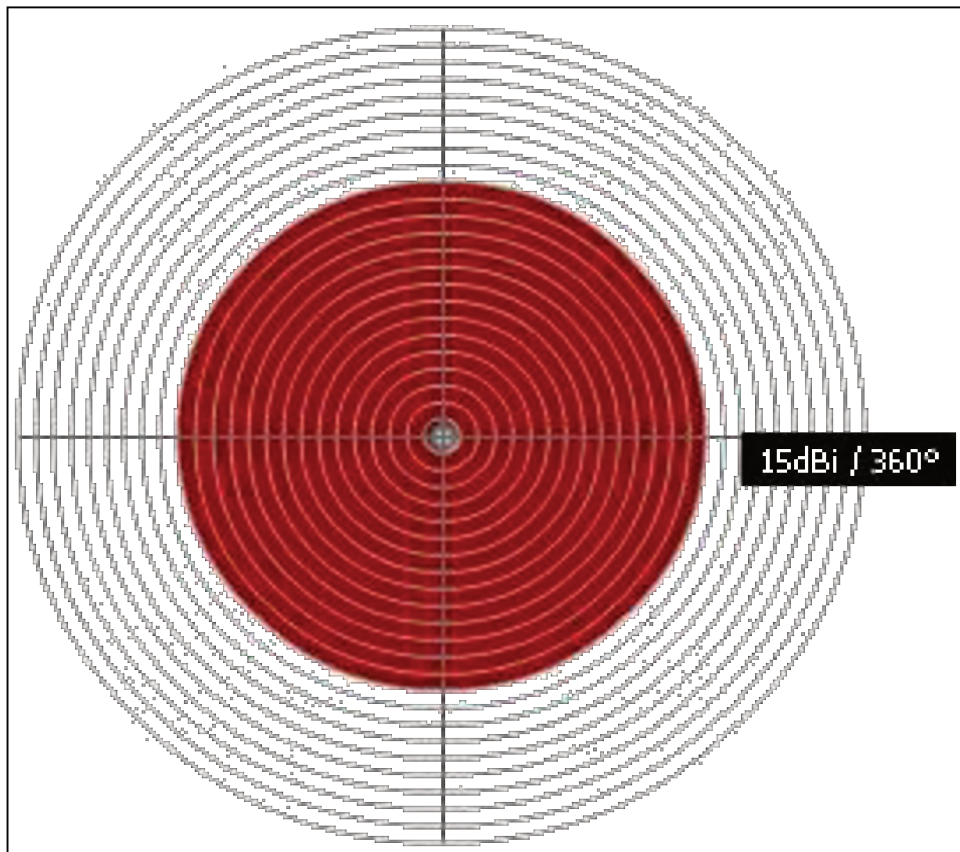


Figura 12 – Propagação Antena Ominidirecional (CISCO A, 2004)

2.11.7 EIRP *Effective Isotropic Radiated Power*

A potência de radiação (transmitida) é medida tanto em dBm quanto em Watts. Potência provinda da antena é medida como *Effective Isotropic Radiated Power* (EIRP). A potência EIRP significa potencia efetiva isotrópica irradiada (SANCHES, 2005). A EIRP é o valor que as agências regulatórias como a *Federal Communication Commission* (FCC) ou o *European Telecommunications Standards Institute* (ETSI) utilizam para determinar as medidas de potência limite em aplicações como os equipamentos *wireless* de 2.4 GHz. A EIRP é calculada pela adição da potência de transmissão (em dBm) e o ganho da antena (em dBi) e a

subtração de qualquer perda de cabos (em dB) (SANHES, 2005). No Brasil a regulamentação é feita pela ANATEL. A seguir tem-se uma ilustração do valor de EIRP em um sistema IEEE 802.11, mostrado na Figura 13.

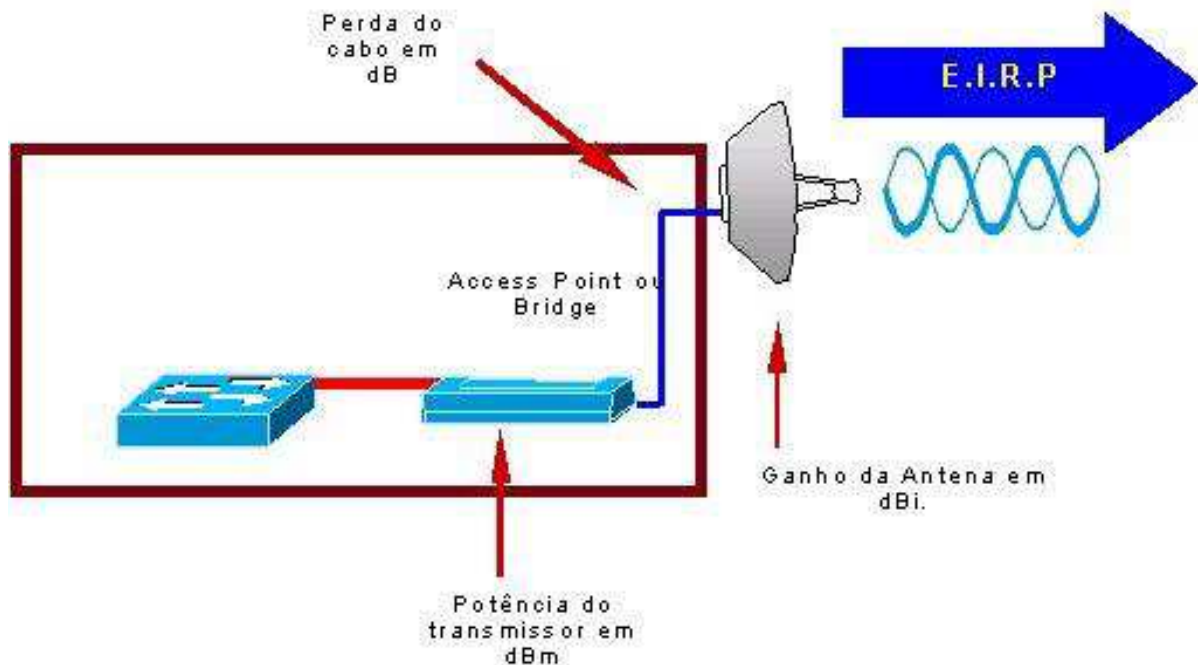


Figura 13 – EIRP potencia efetiva isotrópica irradiada (CISCO A, 2004)

2.11.8 Distorção *Multipath*

O sinal de RF reflete em objetos como acontece com a luz. Isso significa que pode existir mais de um caminho para o sinal de RF seguir do transmissor até o receptor. Estes múltiplos sinais quando chegam ao receptor causam a distorção do sinal. Interferências *multipath* podem fazer com que a energia recebida por uma antena seja muito alta, fazendo com que o sinal não possa ser recuperado.

Mudando o tipo de antena e sua localização é possível eliminar a interferência *multipath*. A distância mínima entre dois pontos é uma linha direta. Como os outros sinais percorrem longos caminhos, ele irá chegar atrasado e com

menor intensidade, desta forma todos os sinais são combinados no receptor para formar um único sinal, tendo como resultado um sinal distorcido. Na Figura 14 a seguir pode-se verificar a distorção onde os sinais representados pelas linhas verde e roxo são distorções do sinal original.

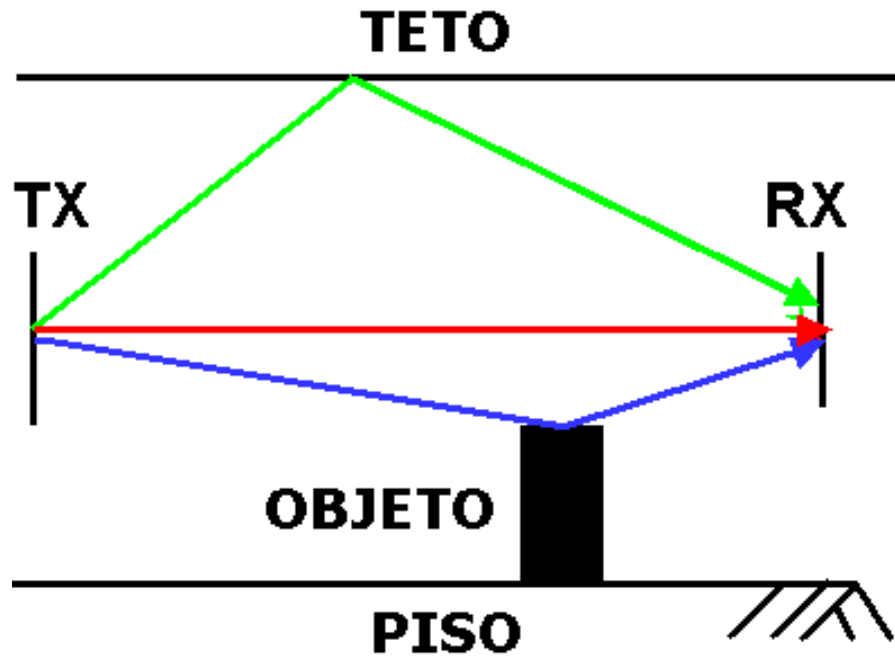


Figura 14 – Distorção

CAPÍTULO 3 - DESENVOLVIMENTO

Neste capítulo é descrita a metodologia e a aplicação do *software* utilizado no estudo de caso.

3.1 Metodologia

A Metodologia utilizada foi baseada na inspeção técnica minuciosa do local onde será implementada a infra-estrutura de rede sem fio, através de recursos de *software* e equipamentos que permitem a análise do sinal de rádio no ambiente.

Esse procedimento é realizado normalmente durante a avaliação do projeto, seja no levantamento da infra-estrutura necessária (dispositivos de conectividade, cabos, acessórios e outros), seja para a implantação de uma nova rede, instalação de equipamentos de rádio frequência e redes *wireless*, de forma a maximizar sua cobertura e eficiência, bem como reduzir os custos de investimento.

A principal razão para uso desta metodologia conhecida como *Site Survey* é que não se pode deduzir ou calcular a área de cobertura de sinais de rádio frequência sem um estudo prático da propagação dos sinais eletromagnéticos no ambiente. É preciso ir até a localidade e experimentar diversas localizações para as estações antes de achar a posição correta dos equipamentos. Essa verificação deve ser feita baseada nos diagramas representativos do local de instalação da infra-estrutura da rede para a definição das rotas do cabeamento e propagação do sinal de rádio.

As estruturas internas e externas das construções são formadas por uma grande variedade de divisões e obstáculos de materiais distintos (SANCHES, 2005). Para a realização da análise são utilizados *softwares* com a capacidade de medir o sinal gerado pelos AP's operando no padrão IEEE 802.11. Para que se tenha uma análise eficiente, é desativada a função de recuperação do protocolo, pois com isto

pode-se determinar os pontos de maior e menor cobertura. Essa análise fornece os parâmetros necessários para elaboração do projeto.

3.2 Recursos

Existem diversos *softwares* para execução desta análise e aqui serão apresentadas as características de três opções a seguir:

Netstumbler

Especificações: suporta 802.11a/b/g/n, funciona com qualquer rede 802.11a/b/g/n, suporta um grande número de adaptadores, pode salvar as análises e desta forma adicionar a um mesmo arquivo novas redes encontradas em diferentes lugares. Identifica a qualidade do sinal e velocidade do *link* baseando sua análise na velocidade da transmissão dos dados medido em bps (bits por segundo) e nível do sinal em db (decibel).

Ekahau

Especificações: suporta 802.11a/b/g/n, funciona com qualquer rede 802.11a/b/g/n, homologado para *Access-Points*, Aerohive, Aruba, Cisco, Colubris, Enterasys, Extreme, HP, Meru, Motorola, Nortel, Siemens, Symbol e Trapeze. Com esta aplicação é possível realizar o planejamento teórico e pratico de rede para praticamente todos os sistemas Wi-Fi. Suporta vários tipos de edifícios e milhares de pontos de acesso por projeto

Kismet,

Especificações: analisador de rede 802.11 com sistema de detecção de intrusão funciona com qualquer placa *wireless* (com o *hardware* adequado) e pode identificar redes 802.11b, 802.11a, 802.11g e 802.11n. Sistemas operacionais suportados: Linux (recomendado), Windows com restrição de adaptador. Processador 1GHz recomendado, Memória 1GB RAM, espaço no disco rígido de 32MB. Utiliza o adaptador *wireless* do computador (deve se consultar a lista homologada).

O critério utilizado para escolha do *software* foi, instalação e manipulação simples além de possuir uma interface intuitiva e ser um recurso sem custo para as entidades de ensino, desta forma a opção escolhida foi o *software* Netstumbler, que identifica a qualidade do sinal e velocidade do *link* baseando sua análise na velocidade da transmissão dos dados medido em bps (bits por segundo) e nível do sinal em db (decibel) além de ser um *software freeware*²³, sem restrições de *hardware* e pode ser instalado no sistema operacional Windows.

3.3 Recurso Netstumbler

O *software* Netstumbler versão 0.4.0 (Netstumbler, 2009) é um sistema *freeware* para Windows que utiliza o adaptador de rede sem fio instalado no computador para localizar redes IEEE 802.11, podendo ainda detectar fontes de interferência e determinar falhas na área de cobertura.

O *software* foi obtido no endereço: <http://www.netstumbler.com> cuja página inicial, ao ser executado, é apresentada na Figura 15.

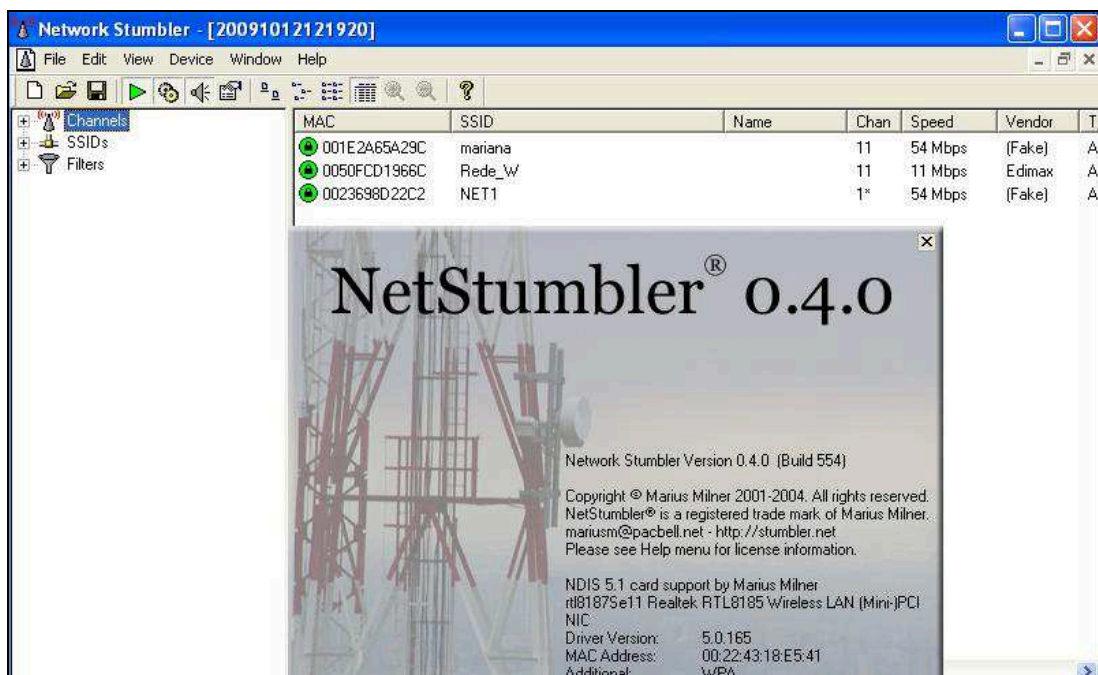


Figura 15 – Janela principal do *Software Site-Survey*

²³ *Freeware* - programa de computador cuja utilização não implica o pagamento de licenças de uso

Na Figura 16 tem-se o estudo de propagação do sinal onde se pode observar a melhor relação sinal ruído para a rede *wireless* configurada no canal 6 utilizando o SSID GNET. O *Access-Point* foi tendo sua posição alterada, permitindo o mapeamento dos possíveis locais para sua instalação, observando-se que a melhor localização levando-se em conta o parâmetro sinal ruído, foi o ponto de medição J onde se obteve o valor de -46dbm, para uma potencia de transmissão de 2dbm no *Access-Point*.

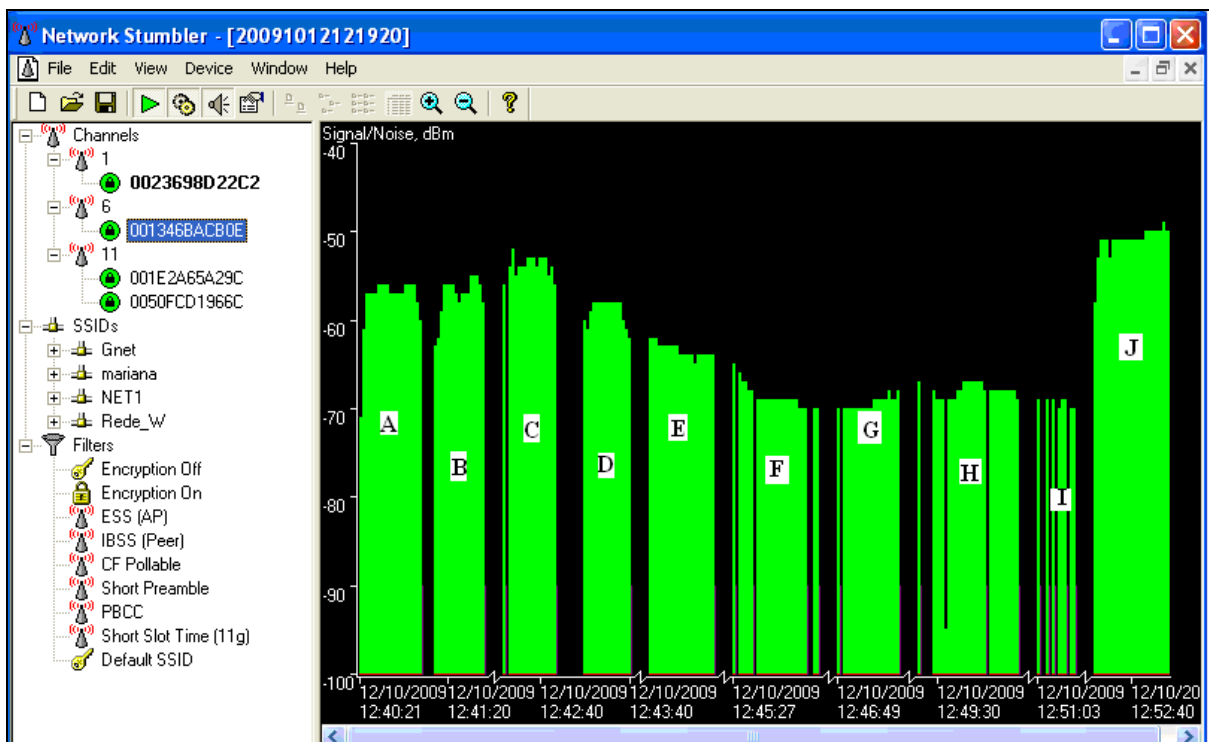


Figura 16 – Software Site Survey Sinal Ruído

A aplicação apresenta várias informações sobre o ambiente e equipamentos, como o endereço físico da placa de rede, o serviço de identificação (SSID), nome, canal, velocidade e fabricante do equipamento, bem como a verificação dos SSID's e canais que estão compartilhando o mesmo ambiente de propagação de frequência. Como se pode verificar na Figura 16 foram detectadas quatro redes *wireless*:

- GNET canal 6
- Mariana canal 11

- Rede_W canal 11
- NET1 Canal 1

Pode-se verificar também o *mac-address*²⁴ do *Access-Point*, a velocidade da rede, tipo de segurança implementada e os valores do sinal de radio conforme Figura 17.

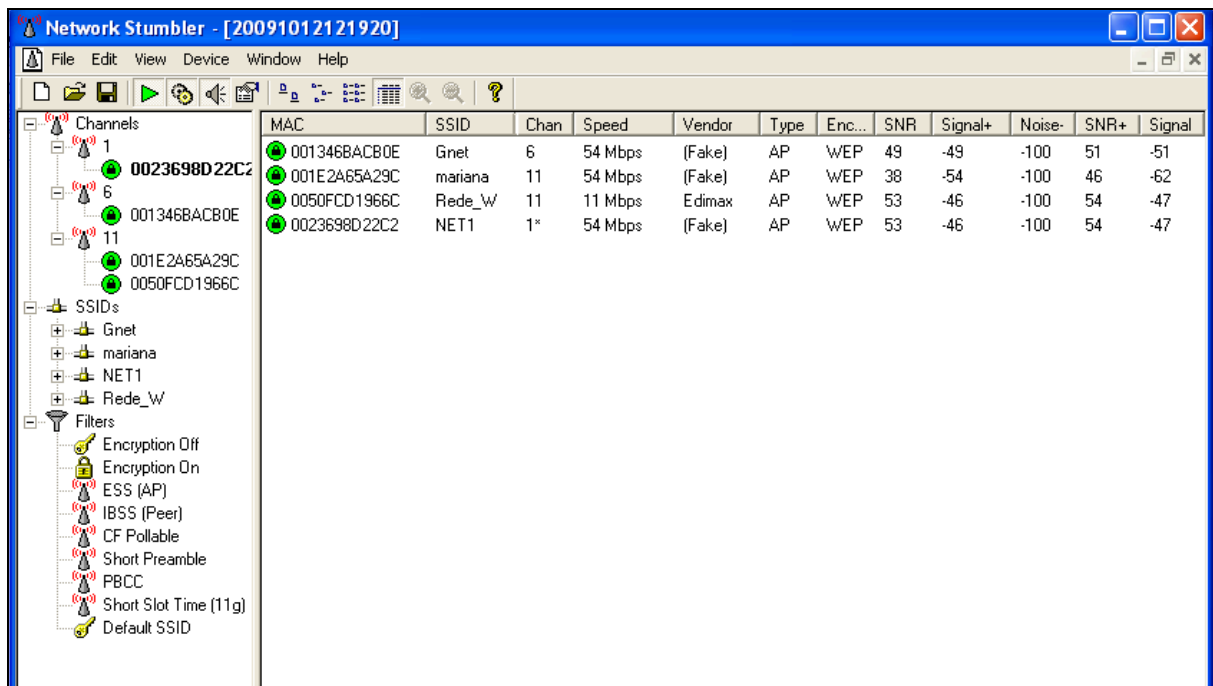


Figura 17 – Sinal Ruído Identificação de Canais e SSID's

Como se pode verificar na Figura 17 através do recurso, identificam-se as redes encontradas e as suas principais características destacadas a seguir:

Ícone Circular - Na primeira coluna observa-se um pequeno ícone circular ou disco, dentro dela, há um cadeado, que significa que o ponto de acesso usa algum tipo de criptografia. O ícone também muda de cor para indicar a intensidade do sinal, como segue:

- Gray: Nenhum sinal.
- Vermelho: Sinal pobre ou baixo.
- Laranja: sinal médio regular.
- Amarelo: bom sinal.

²⁴ *mac-address* – endereço físico correspondente a camada de enlace

- Verde: Muito bom sinal.
- Verde-Escuro: o melhor sinal.

Endereço MAC – este campo identifica o endereço físico do equipamento.

SSID – este campo identifica o nome da rede

Nome – este campo identifica o nome do AP. Esta coluna é geralmente em branco porque Netstumbler só detecta o nome dos equipamentos Orinoco ou Cisco.

Chan – este valor Indica o canal para a transmissão do ponto de acesso, um asterisco (*) após o número do canal significa que está associado com o *Access-Point*. Um sinal de mais (+) significa que foram recentemente associados.

Velocidade – Indica a velocidade da rede em Mbps.

Vendedor – identifica o fabricante, é detectado a partir dos primeiros três pares de caracteres no endereço mac. O valor nem sempre é mostrado, porque a base de dados utilizada não contém todos os fabricantes. Neste caso a aplicação coloca Fake no campo.

Tipo – identifica o tipo de rede.

Encrypton – identifica o tipo de criptografia.

SNR – identifica *Signal Noise Ratio*. Este valor apresenta a relação entre o sinal e os níveis de ruído para cada ponto de acesso.

Sinal + – mostra o máximo sinal detectado para um ponto de acesso.

Ruído – identifica o atual nível de ruído para cada ponto de acesso.

SNR + – identifica o nível máximo que foi verificado no SNR para cada ponto de acesso.

Endereço IP – identifica o endereço IP, Indica que está associado a rede monitorada.

Latitude, longitude, distância – identifica se o GPS indica a posição estimada. Para tanto deve estar com um GPS ativo na estação onde o software foi instalado.

Primeira atividade – identifica o momento em que a rede foi detectada pela primeira vez.

Última atividade – identifica o momento em que a rede foi detectada pela última vez.

3.4 Ponto de acesso

O Ponto de Acesso, também conhecido com AP (*Access-Point*), é um dispositivo que atua como *bridge* entre uma rede sem fio e uma rede cabeada, transformando o tráfego da rede convencional (cabeada), em sinais de radio. Por meio de pontos de acesso, usuários de PDA's, *notebooks* ou *smartphones* equipados com interface de rede padrão IEEE 802.11 podem acessar a rede local da universidade, em sua área de cobertura, permitindo às estações *wireless* integrarem-se rápida e facilmente a qualquer rede cabeada existente.

Os APs possuem inúmeras formas de instalação, mas independente da forma, a maioria possui placas e suporte de montagem ou algum outro dispositivo para conectar o mesmo em uma parede ou ao forro do ambiente. Para determinar o número de clientes que irão se conectar em determinado ponto de acesso é necessário analisar o tráfego da rede, condições do local e aplicações utilizadas. Outro fator que deve ser destacado é quanto ao alcance do sinal, que pode variar entre 50 a 300 metros dependendo das condições físicas do local de instalação. A Figura 18 mostra um AP D-Link utilizado neste estudo.



Figura 18 – *Access-Point* D-Link (D-LINK, 2010)

3.5 Antenas

Como já apresentado anteriormente, uma antena deve ser escolhida conforme o tipo de aplicação. Para este estudo foi levado em consideração as características das possibilidades de modelos a serem utilizados. A antena transmissora transforma as variações de tensão e corrente produzidas pelo equipamento transmissor em ondas eletromagnéticas, capazes de propagar no espaço (SANCHES, 2005). As antenas auxiliam no desempenho dos pontos de acesso, sendo que o local de instalação irá determinar o modelo da antena a ser utilizado, pois o ideal é que as antenas tenham exatamente a metade, ou um quarto, do comprimento de onda que recebem ou transmitem, sendo que os princípios para o funcionamento das antenas receptoras e transmissoras são os mesmos.

Antena omnidirecional é um tipo de antena desenhado para prover 360° de cobertura e é utilizada quando se pretende cobrir todas as direções. Na Figura 19 tem-se um resumo dos tipos de antena disponíveis.

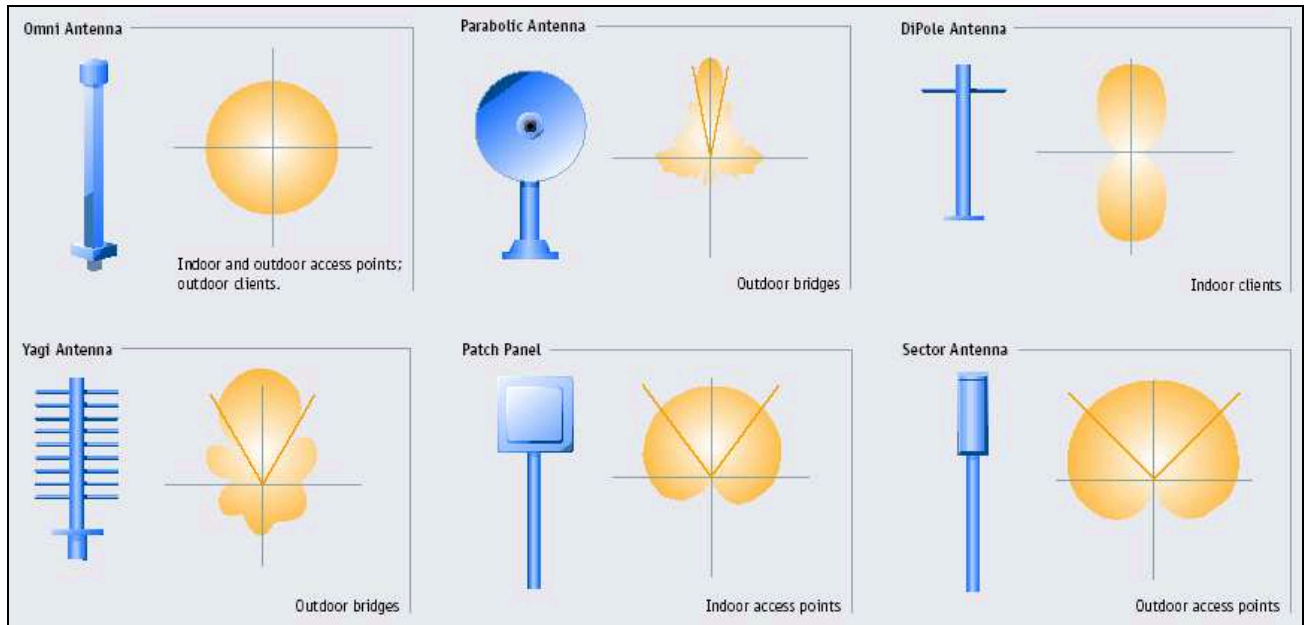


Figura 19 – Resumo das Antenas (ITAUTEC, 2009)

Antena omnidirecional para montagem no teto é projetada para prover 360° e é utilizada quando o ambiente possui divisórias elevadas e quantidades densas de usuários. Essas antenas irradiam o sinal em forma de um círculo, por isso recebem o nome de omni que vem do latim e significa todas (os) (Sanches, 2005). A Figura 20 mostra um exemplo de antena que, quando instalada no forro, passa despercebida pelos usuários não agredindo a estética do ambiente.



Figura 20 – Antena omnidirecional Cisco (CISCO B, 2004)

3.6 Site-Survey

Neste tópicos é apresentada a metodologia conhecida como *site-survey* para implementação de uma rede *wireless* dentro de um ambiente educacional, já que o ambiente dispõe de recursos computacionais do tipo móvel (*notebooks*). Optou-se por executar os testes dentro do que se pode chamar de ambiente sala de aula no 3º andar do prédio N em uma instituição educacional, onde nota-se que decorrente do perfil de conectividade móvel as salas de aula e laboratórios com recursos computacionais podem ser projetados com os mesmos requisitos de infra-estrutura predial, ou seja, todas as salas são iguais, o que gera economia e melhor aproveitamento logístico para a administração dos recursos em função da demanda por salas de aula e laboratórios com recurso computacional.

O algoritmo utilizado para o estudo do ambiente em função da propagação eletromagnética da arquitetura proposta neste trabalho conhecido como *site-survey* executa, principalmente, os seguintes passos:

Passo 1 – Definir a seqüência de configuração dos equipamentos utilizados nesse estudo.

Passo 2 – Ligar AP.

Passo 3 – Ligar PC.

Passo 4 – Conectar PC ao AP através de cabo de rede UTP.

Passo 5 – Configurar endereço IP 192.168.0.1 no PC em sua interface de rede local.

Passo 6 – Iniciar *web browser* no PC.

Passo 7 – Acessar o IP de gerenciamento do AP no endereço 192.168.0.50 através do *web browser*.

Passo 8 – Acessar o AP inserindo no campo *user* o valor *admin* e no campo senha manter em branco.

Passo 9 – Acessar a opção *wireless* no menu.

Passo 10 – Configurar opção SSID como NET_1.

Passo 11 – Configurar opção *Channel* como 1.

Passo 12 – Configurar interface de rede *wlan* no PC.

Passo 13 – Selecionar rede WLAN NET_1.

Passo 14 – Associar a rede WLAN NET_1.

Passo 15 – Configurar endereço IP 192.168.0.2 no PC em sua interface de rede WLAN.

Passo 16 – Iniciar recurso netstumbler.

Passo 17 – Posicionar AP e marcar local no *layout*.

Passo 18 – Iniciar a monitoração da qualidade de sinal.

Passo 19 – Verificar valor sinal ruído.

Passo 19.1 – *Site-Survey* concluído?

Não, executar Passo 17.

Sim, executar Passo 20.

Passo 20 – Documentar o posicionamento dos AP's e marcar os locais de instalação no *layout*.

O fluxograma analítico que representa uma seqüência específica de ações previstas no procedimento de *site-survey* que foi utilizado na realização dos testes práticos realizados neste trabalho é apresentado na Figura 21.

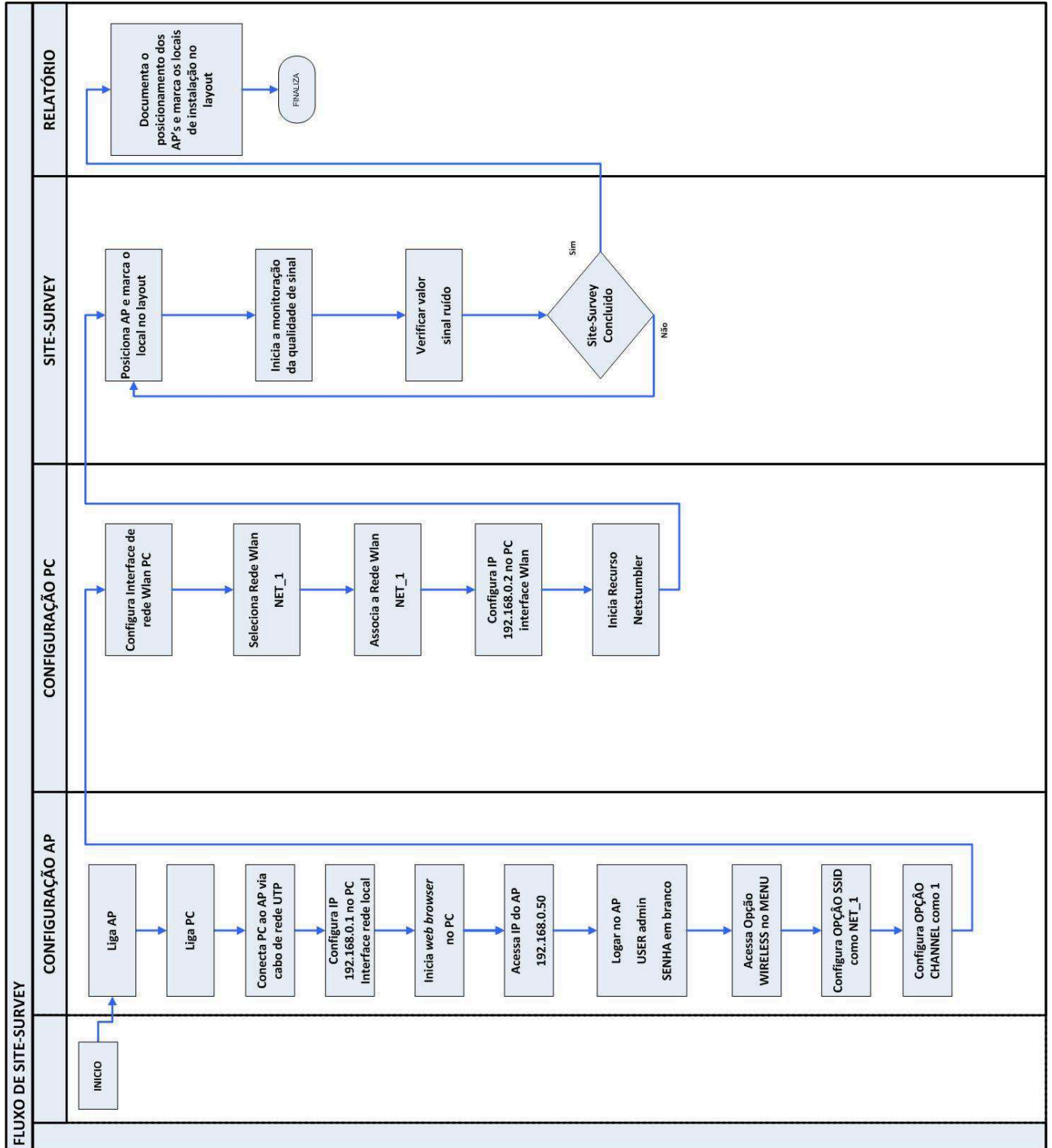


Figura 21 – Fluxograma analítico

3.7 Equipamentos utilizados

Para a execução do *site-survey*, utilizou-se um *notebook* InfoWay Net W7010 Itaotec, mostrado na Figura 22 e um *Access-Point* Linksys WAP-54G, mostrado na Figura 23. Os equipamentos que foram instalados e utilizados possuem a seguinte característica:

InfoWay Net W7010

- 1 Intel® ATOM N270 1.6GHz
- 1GB Memória DDR2
- HD 160 GB
- Microsoft Windows XP Professional
- *Wireless* Intel PRO/*Wireless* 802.11b/g integrado



Figura 22 – InfoWay Net W7010 (ITAUTEC, 2010)

Access-Point D-Link DWL-2100AP

- Padrões IEEE 802.11g, IEEE 802.11b, IEEE 802.3, IEEE 802.3u
- 01 porta 10/100 RJ-45
- Segurança *Wireless*: *WI-Fi Protected Access (WPA)*, *Wireless MAC Filtering*
- Todas as portas LAN suportam *Auto-Crossover (MDI/MDI-X)*



Figura 23 – *Access-Point DWL 2100AP (D-LINK, 2010)*

3.8 Considerações iniciais para o teste prático

A realização do estudo de propagação das ondas eletromagnéticas dentro padrão escolhido IEEE 802.11b&g é fundamental para a implantação de uma rede sem fio. Neste estudo foi levado em consideração, segurança, funcionalidade e desempenho. Para executar este estudo corretamente foi necessário um planejamento cuidadoso e levar em consideração as características físicas do

ambiente. As ondas de rádio movem-se em três dimensões. Desta forma um *Access-Point* que é instalado em um andar pode ser visto no andar abaixo ou acima, bem como no andar que o mesmo encontra-se instalado. Diferente dos pacotes em uma rede cabeada, o sinal de RF é propagado até que ele seja bloqueado ou que esteja fraco o bastante ao ponto de não poder ser reconhecido pelo receptor e transmissor. Armários de metal, escadas de emergência de metal e outras infinidades de materiais podem afetar a propagação dos sinais de rádio.

A tabela 3 apresenta como alguns materiais podem influenciar na propagação dos sinais de rádio.

Tabela 3 - Barreira de Propagação (ITAUTEC, 2009)

Barreira	Barreira de propagação	Exemplo
Ar	Mínima	
Madeira	Baixa	Partições
Plástico	Baixa	Paredes internas
Material sintético	Baixa	Partições
Amianto	Baixa	Telhado
Vidros	Baixa	Janelas
Água	Média	Madeiras umedecidas/aquários
Mármore	Média	Paredes internas
Rolos de papel	Alta	Papéis em rolos
Concreto	Alta	Lajes, paredes externas
Material Blindado	Alta	Cabines de segurança

3.9 Teste Prático

Para início deste estudo o *Access-Point* foi posicionado em pontos estratégicos no ambiente visando a possibilidade de instalação nas salas de aula no

3º andar do prédio N da instituição educacional. Configurou-se o equipamento para comunicação com o *notebook* que já possuía uma interface de rede sem fio com uma antena interna omnidirecional de 2 dBi instalada internamente na estrutura que forma sua tela. Com a comunicação estabelecida, iniciou-se a monitoração da qualidade do sinal. Caminhou-se por todo o ambiente, a fim de mapear todas as áreas de cobertura e possíveis áreas de sombra. Determinada a área coberta pelo *Access-Point* instalado, o mesmo foi reposicionado e este procedimento foi repetido para outras regiões no 3º andar do prédio N, sempre respeitando os limites do padrão referente aos canais disponíveis, conforme mostra a Figura 24.

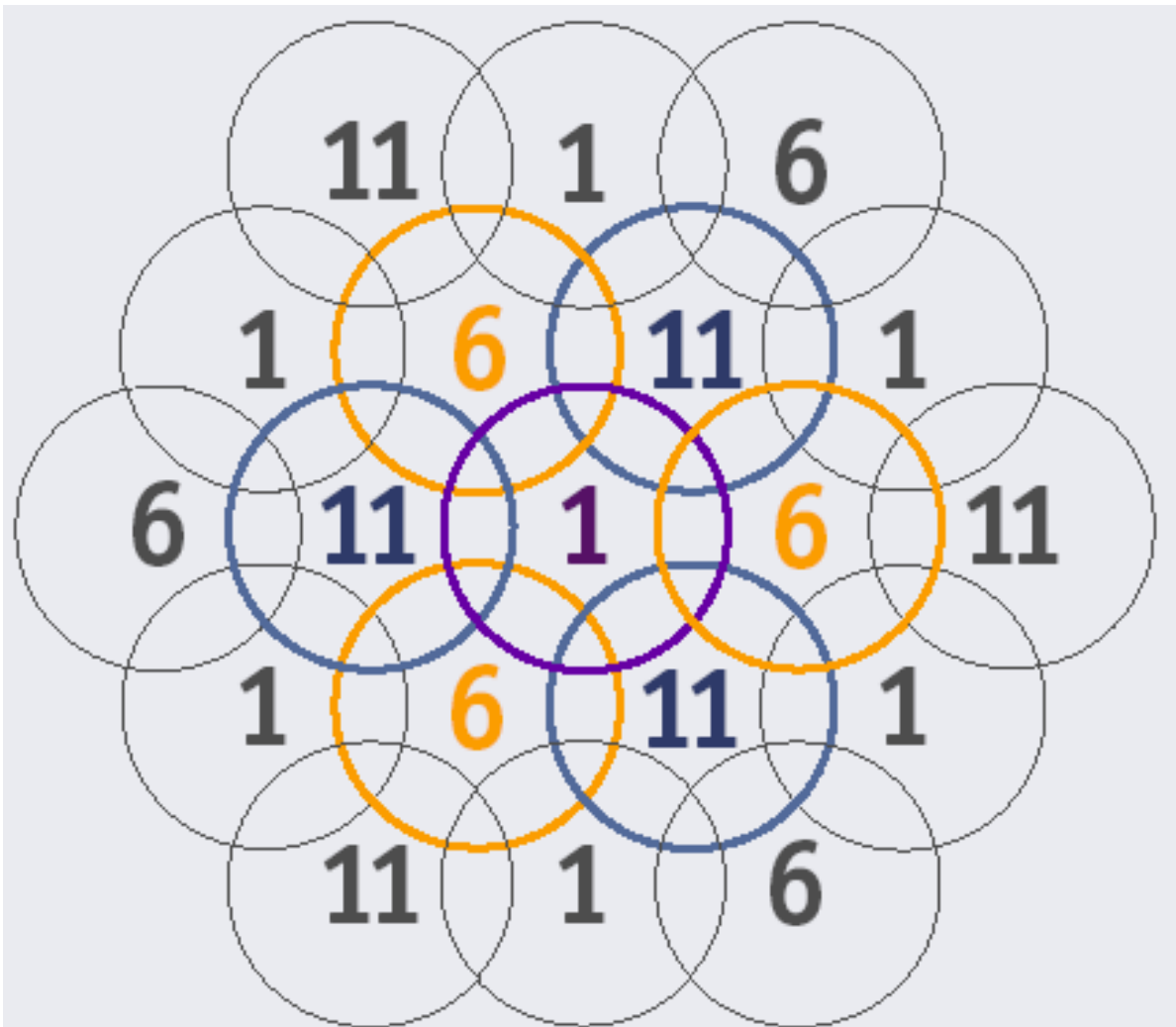


Figura 24 – Canais padrão IEEE 802.11b&g (CISCO B, 2004)

3.9.1 Configuração da rede sem fio

Para iniciar o estudo o access-point modelo DWL-2000AP foi configurado de forma a criar-se uma rede sem fio para a execução dos testes. A seguir é mostrada a configuração efetuada no equipamento:

1. O *Access-Point* utilizando neste estudo foi o DWL 2000AP, seu endereço IP é 192.168.0.50 (classe C). Foi modificado o endereço IP do computador para 192.168.0.1 de forma a acessar o equipamento para executar a sua configuração.
2. Após modificar o endereço IP foi iniciado o *web browser* e no campo do endereço digitou-se o endereço IP do equipamento 192.168.0.50 e foi pressionada a tecla “*enter*”, como pode ser verificado na Figura 25.

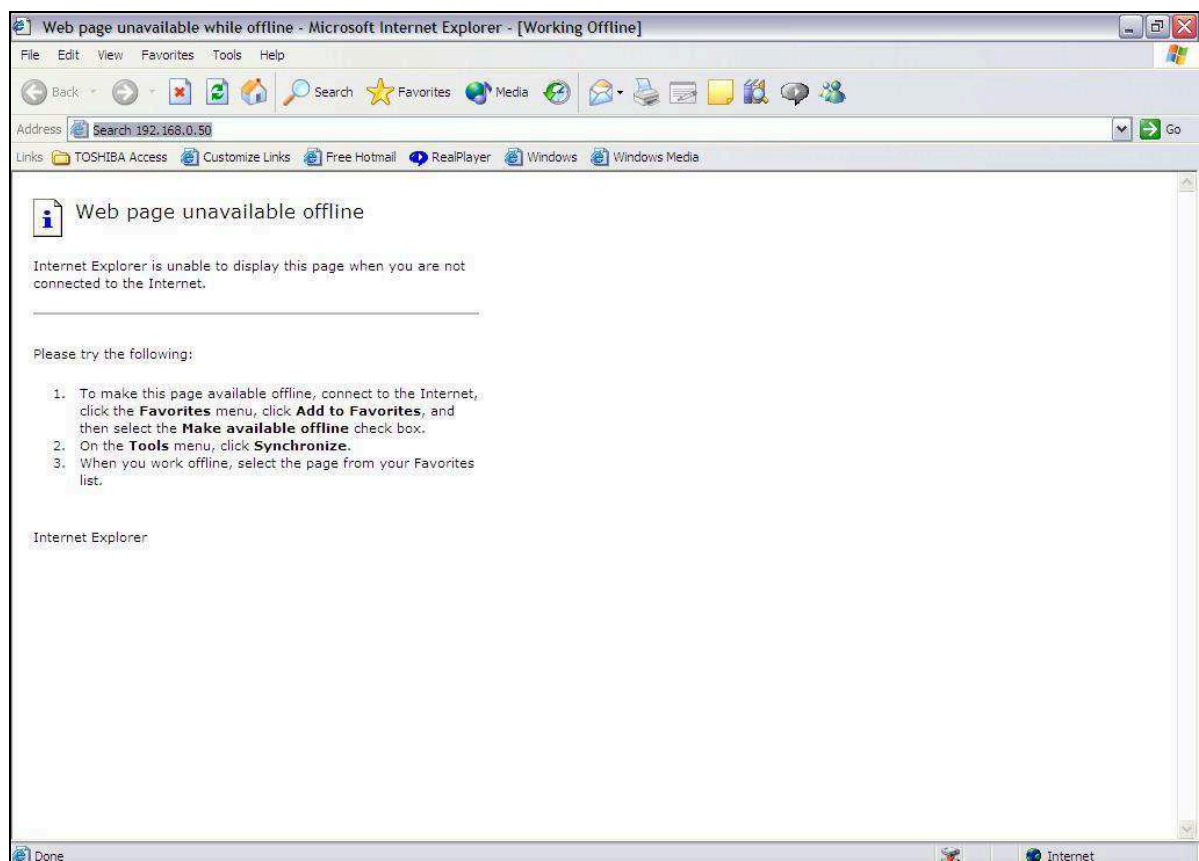


Figura 25 – Configuração WEB

3. Na janela para *login* e senha, digitou-se o username “admin” e o campo destinado a senha foi deixado em branco, como ilustrado na Figura 26. Pressionou-se a tecla “*enter*” e conseguiu-se o acesso as configurações do *Access-point*.

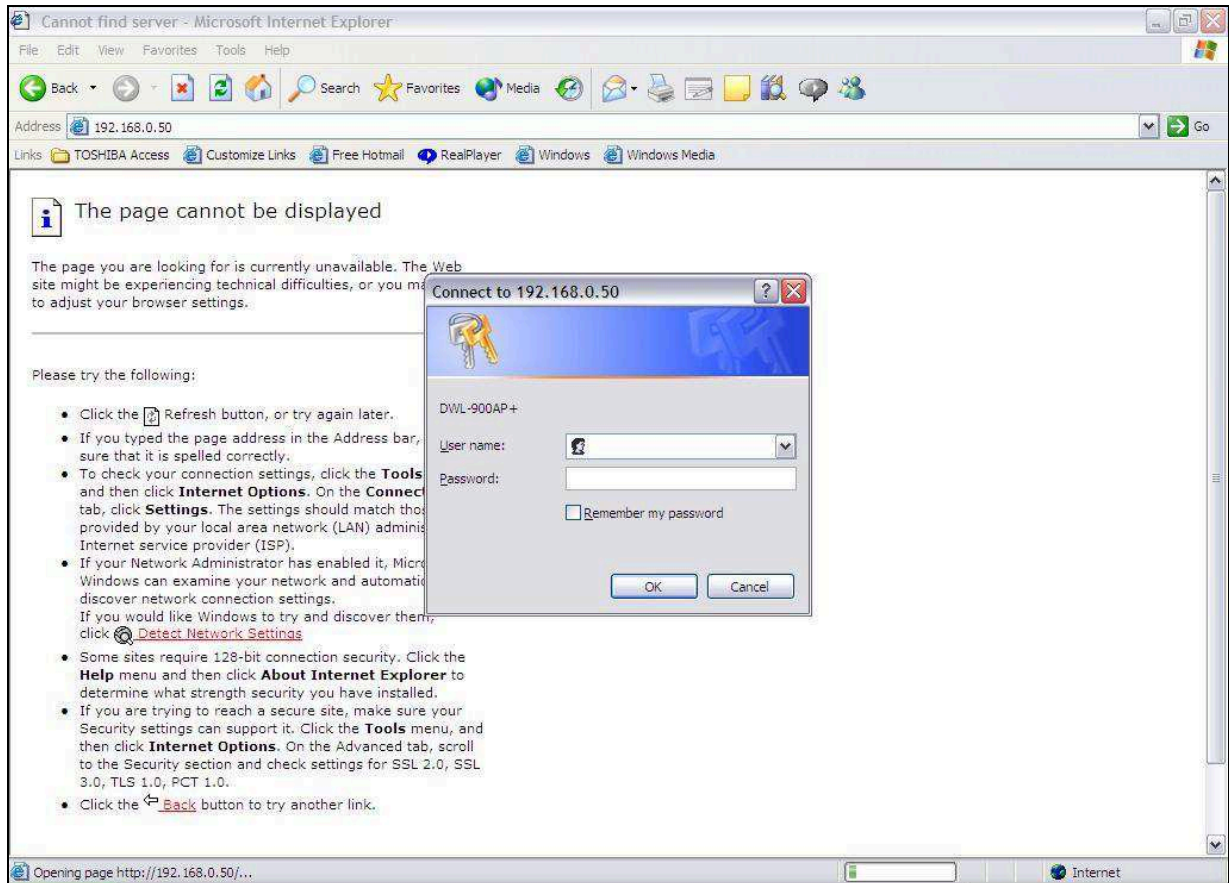


Figura 26 – USER / PASSWORD

4. Na janela do *browser*, agora com acesso as configurações do equipamento, após clicar na opção “*Wireless*” abre-se a janela usada para configurar os seguintes itens:

- SSID – neste campo configura-se o nome designado a rede *wireless* (domínio da rede *wireless*). Foi usado o nome Net_1.

- *Channel* – neste campo seleciona-se a frequência que o *Access-Point* irá utilizar para transmissão das ondas eletromagnéticas. Configurou-se o canal 1, como pode ser verificado na Figura 27.

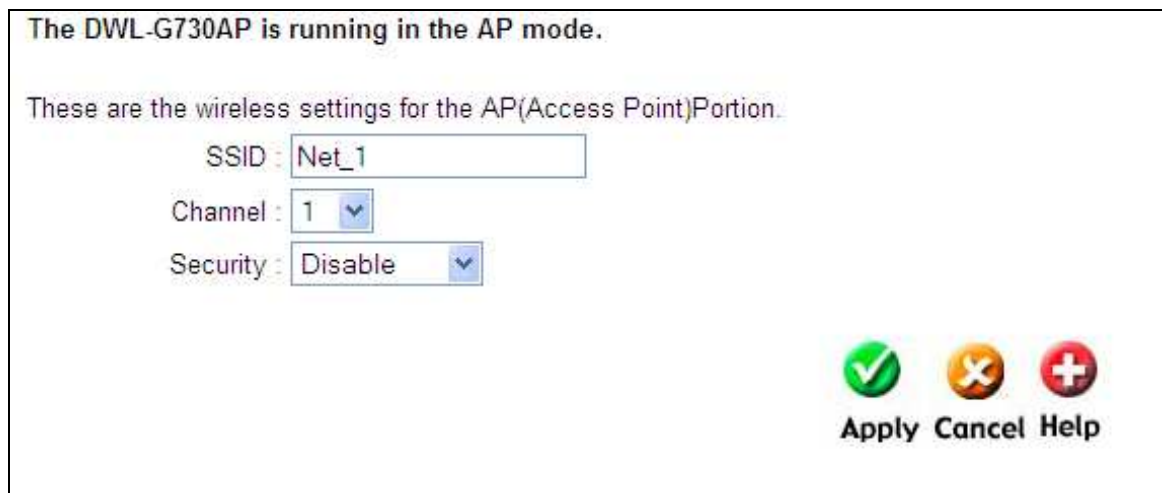


Figura 27 – Configuração básica

5. Após a configuração do *Access-Point* iniciou-se a configuração do computador. Inicialmente habilitou-se a interface *wireless* e clicando-se no ícone da placa de rede, configurou-se as opções da rede como pode ser verificado na Figura 28. Na configuração da rede sem fio no computador selecionou-se a rede Net_1 e foi pressionado o botão *conectar* para estabelecer a conexão entre o computador e o *Access-Point*.



Figura 28 – Configuração básica

3.9.2 Ambiente analisado

A finalidade deste estudo foi identificar, dentro do ambiente, o alcance e eficiência da rede *wireless*. Foi proposta a instalação de 50 computadores do tipo *notebook* pertencentes à instituição, com placa de rede *wireless* interna no padrão IEEE 802.11b&g, os quais deverão ser distribuídos nas bancadas para a utilização dos alunos da instituição.

Como verificado na Figura 29, os testes foram executados dentro de um ambiente educacional composto por oito salas de aula (ambiente interno), com obstáculos físicos (mesas, cadeiras, divisórias e paredes) entre os equipamentos.

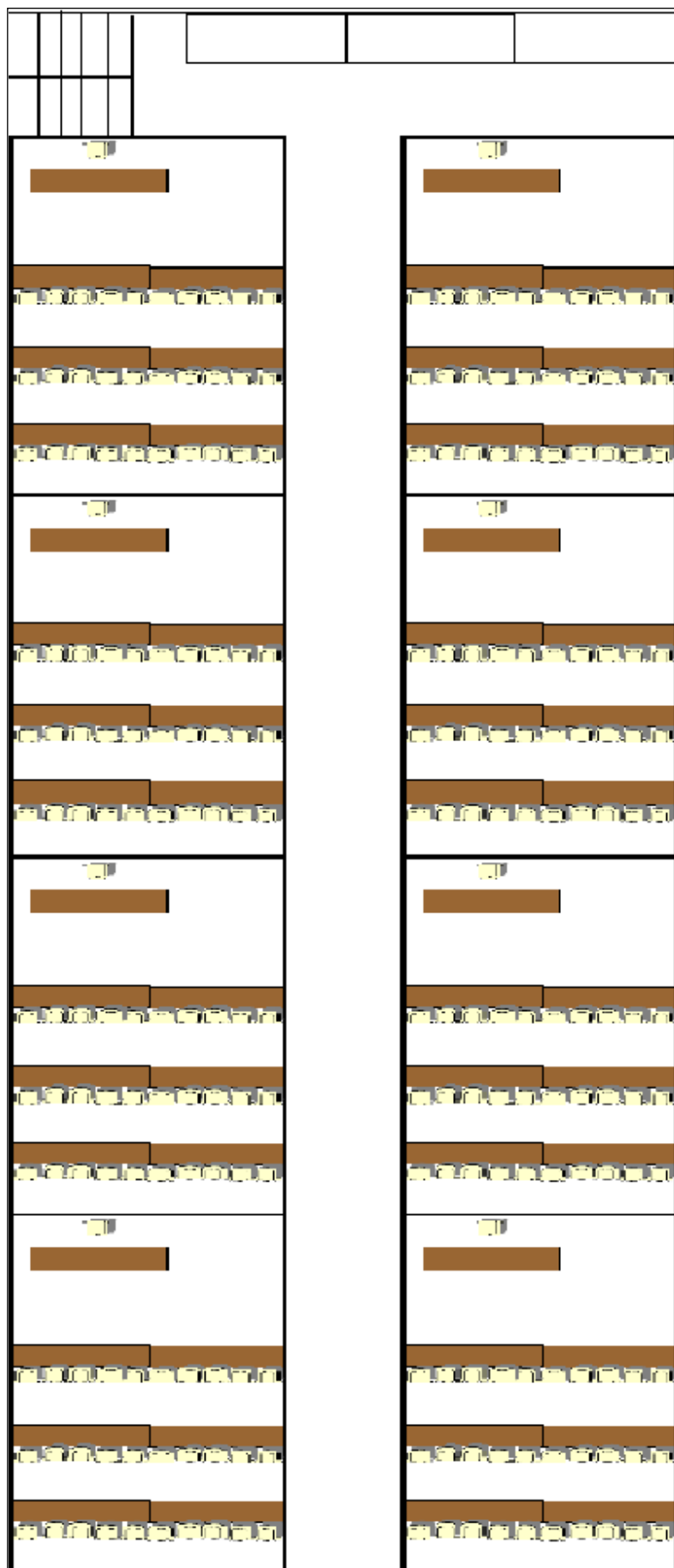


Figura 29 – 3º andar prédio N

Os *Access-Points* foram dispostos conforme estimativa inicial teórica, sendo um equipamento por sala mais um equipamento no corredor como reserva, como pode ser observado na Figura 30.

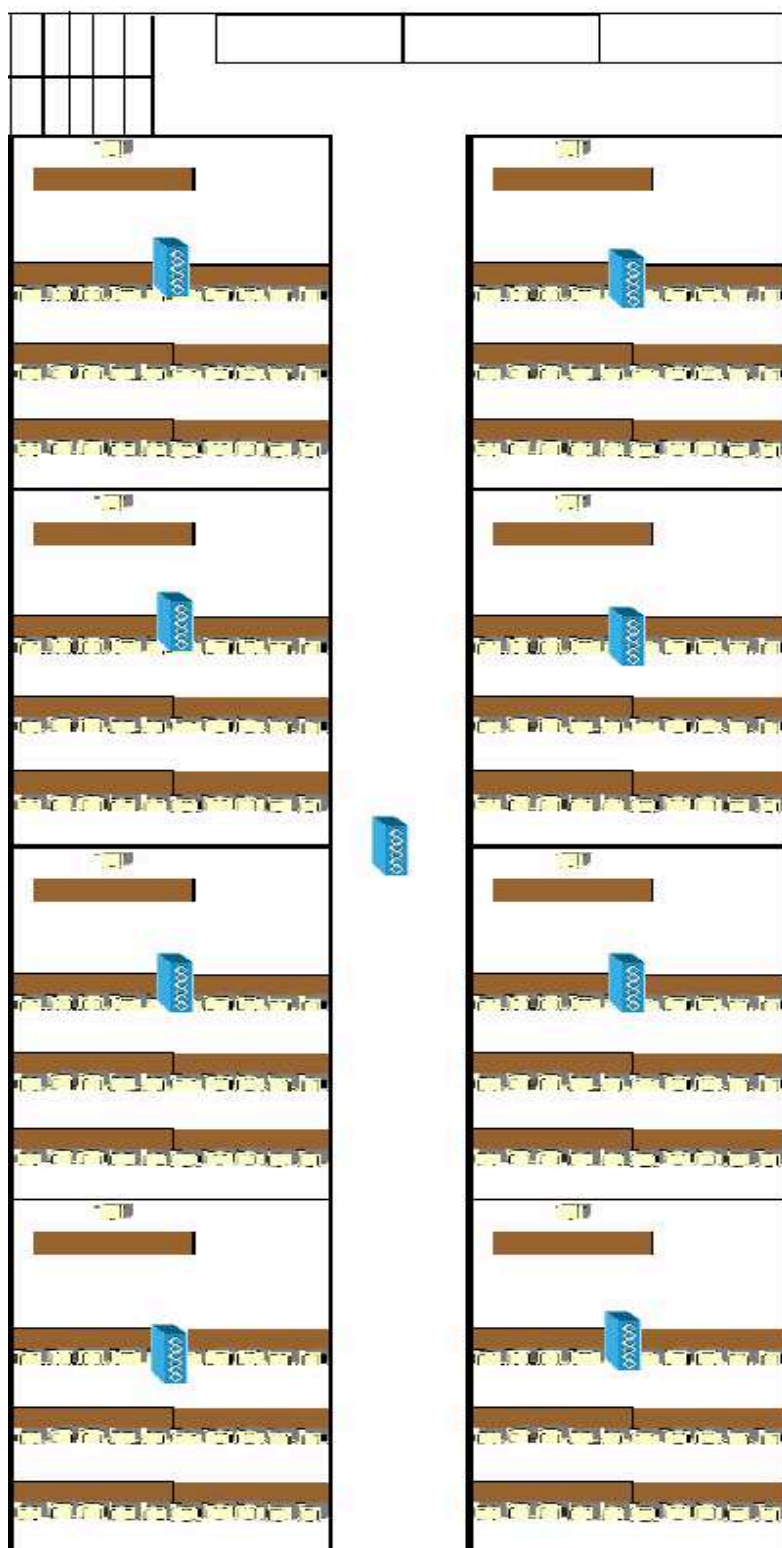


Figura 30 – 3º andar prédio N teórico

Para verificação da eficiência do projeto foi feito um estudo prático em função da localização dos equipamentos e da medição do sinal. Este estudo foi feito da seguinte forma:

Como visto anteriormente, configurou-se o *notebook* para comunicação com o *Access-Point* e, com a aplicação *netstumbler* iniciada, monitorou-se a qualidade do sinal, caminhando por todo o ambiente, para identificar todas as áreas de cobertura e possíveis áreas de sombra com baixa qualidade de comunicação.

Através da aplicação do *site-survey* foi observado que a quantidade de AP's utilizada nos locais definidos no projeto teórico estava gerando áreas de sobreposição de canais. Como pode ser verificado na Figura 31, no ponto definido como A foi identificada a sobreposição do canal 1, no ponto B foi identificada a sobreposição do canal 6 e no ponto C foi identificada a sobreposição do canal 1.

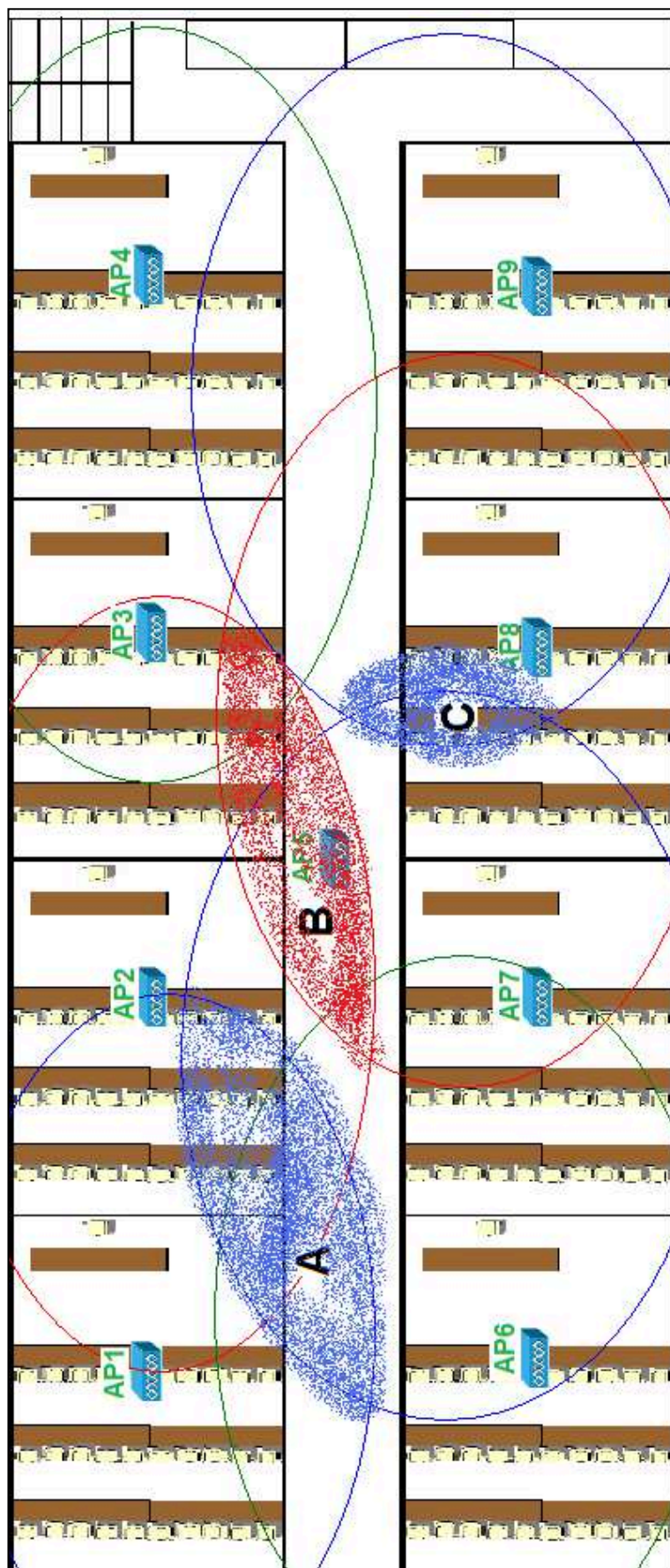


Figura 31 – 3º andar prédio N Propagação

Nestes locais referenciados como áreas A e C, constatou-se através do sistema *netstumbler* a ocorrência de sobreposição do canal 1. Este problema foi gerado pelos AP1 e AP7, isso ocorreu porque na área definida como ponto A os sinais eletromagnéticos gerados pelos dois AP's no canal 1 criaram uma área de sobreposição. Na Figura 32 tem-se os valores transmitidos e detectados no sistema *netstumbler* e apresentados no campo SNR pelos dois AP's, AP1 48dB e AP2 54dB. Isso pode causar problema na comunicação entre os dispositivos conforme explicado anteriormente.

MAC	SSID	Name	Chan	Type	Enc...	SNR	Signal+	Noise-	SNR+	Signal	Noise
000D88252197	NET_1		1*	AP		48	-45	-100	55	-52	-100
0018F8A9F3E5	NET_1		1	AP		54	-45	-100	55	-46	-100

Figura 32 – Sobreposição AP1 e AP7

Constatou-se que na área B o problema foi gerado pelos AP2 e AP8. Isso ocorreu porque na área definida como ponto B os sinais eletromagnéticos gerados pelos dois AP's no canal 6 criaram uma área de sobreposição. Na Figura 33 tem-se os valores transmitidos e detectados no sistema *netstumbler* e apresentados no campo SNR pelos dois AP's, AP2 45dB e AP8 53dB.

MAC	SSID	Name	Chan	Type	Enc...	SNR	Signal+	Noise-	SNR+	Signal	Noise
0018F8A9F3E5	NET_1		6	AP		45	-53	-100	47	-55	-100
000D88252197	NET_1		6	AP		53	-45	-100	55	-47	-100

Figura 33 – Sobreposição AP2 e AP8

Constatou-se que na área C o problema foi gerado pelos AP7 e AP9. Isso ocorreu porque na área definida como ponto C os sinais eletromagnéticos gerados pelos dois AP's no canal 1 criaram uma área de sobreposição. Na Figura 34 tem-se os valores transmitidos e detectados no sistema *netstumbler* e apresentados no campo SNR pelos dois AP's, AP7 47dB e AP9 46dB.

MAC	SSID	Name	Chan	Type	Enc...	SNR	Signal+	Noise-	SNR+	Signal	Noise
● 000D88252197	NET_1		1	AP		47	-53	-100	47	-53	-100
● 0018F8A9F3E5	NET_1		1	AP		46	-54	-100	46	-54	-100

Figura 34 – Sobreposição AP7 e AP9

No estudo de propagação do sinal de radio no padrão IEEE 802.11b&g, no ambiente de estudo, observou-se que nas áreas A, B e C constatou-se a ocorrência de sobreposição dos canais 1 e 6. Este efeito ocorreu devido ao compartilhamento de uma mesma área de propagação de ondas eletromagnéticas. Na Figura 35 é mostrada a representação ilustrativa da sobreposição dos canais nos pontos referenciados como zonas de sobreposição A, B e C conforme os valores medidos pelo sistema *netstumbler* e apresentados no campo SNR.

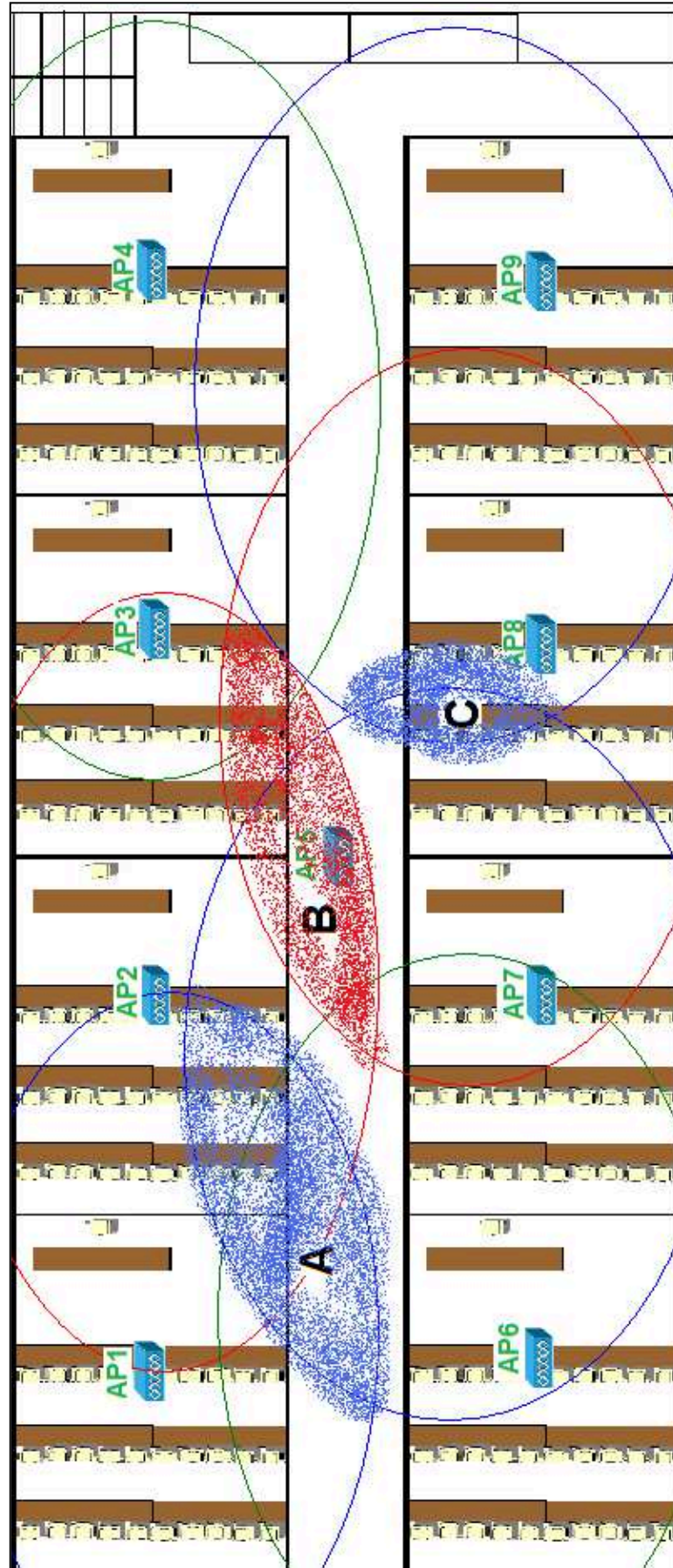


Figura 35 – 3º andar prédio N interferência

Inicialmente os *Access-Point* foram instalados aproveitando a infra-estrutura existente para o projetor na sala de aula, mas essa distribuição se mostrou ineficiente.

Para um novo redimensionamento foi feito um estudo prático em função da necessidade de cobertura do sinal padrão IEEE 802.11 no andar e nas salas verificando a medição do sinal. O *access-point* foi reposicionado em pontos estratégicos no ambiente, configurou-se o *notebook* para comunicação com *Access-Point* e a aplicação de *site-survey* iniciada, monitorou-se a qualidade do sinal, caminhando por todo o ambiente, para identificar todas as áreas de cobertura e possíveis áreas de sombra.

Determinada a área coberta pelo *Access-Point* instalado anteriormente, o equipamento foi reposicionado e repetido o mesmo procedimento para outras regiões, sempre respeitando os limites do padrão referente aos canais disponíveis do padrão 802.11b&g. Para garantir a cobertura de toda área, sem a sobreposição de canais baseado no estudo prático, diminuiu-se a quantidade de *Access-Point* para seis e foram reposicionados conforme Figura 36.

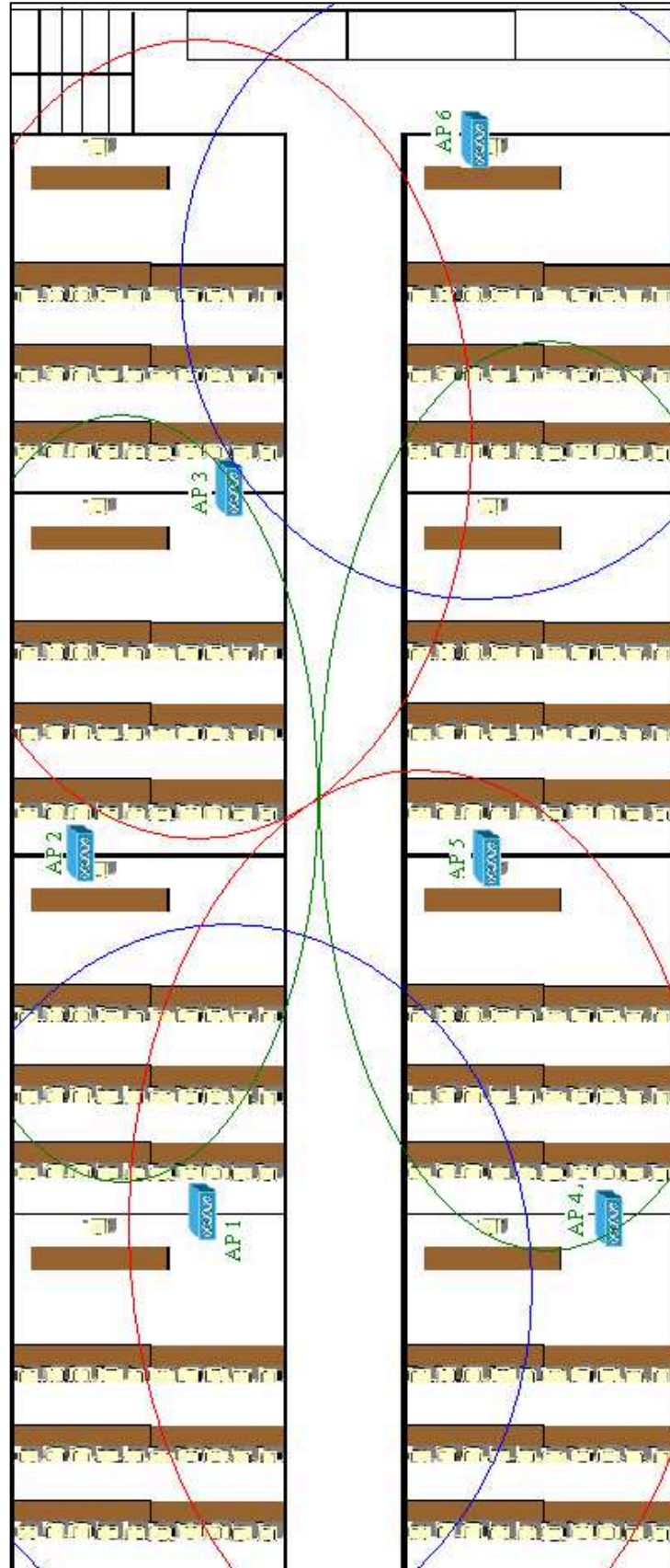


Figura 36 – 3º andar prédio N projeto final

Após o reposicionamento dos equipamentos garantiu-se a cobertura de todo o 3º andar no prédio N com boa qualidade do sinal. Para verificar a eficiência do novo local de instalação dos AP's, foram feitos alguns testes com a sala ocupada por alunos de modo a verificar a interferência gerada, garantindo a permanência da mesma qualidade do sinal com a sala parcialmente ou totalmente ocupada, pois foi possível observar neste estudo que além dos materiais como madeira, vidro, metal entre outros, as pessoas também geram interferência no sinal da rede sem fio.

Na Figura 37 temos os pontos de referencia A,B e C onde foram feitas novas medições com o recurso Netstumbler.

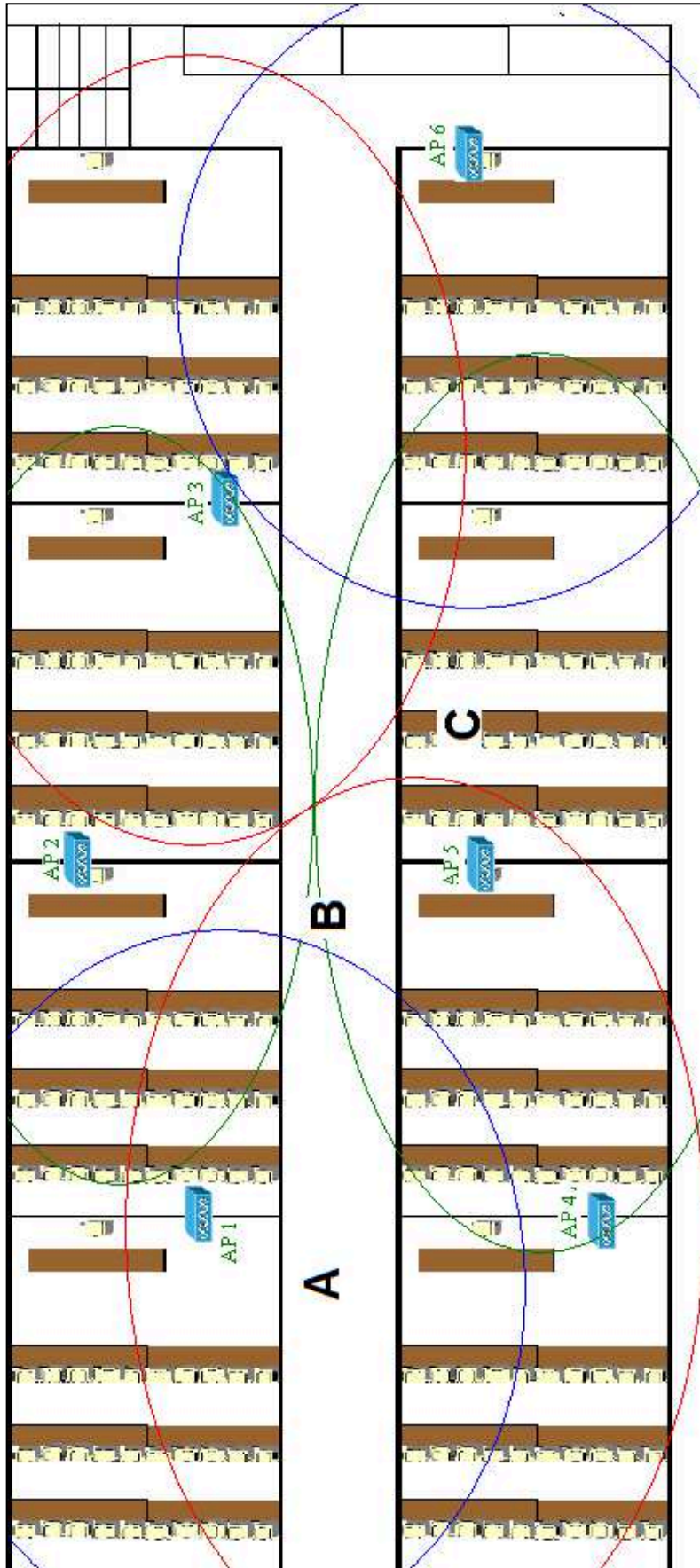


Figura 37– 3º andar prédio N projeto final

Na Figura 38 podemos verificar o resultado da medição, tem-se os valores transmitidos e detectados no sistema *netstumbler* e apresentados no campo SNR pelos dois AP's, AP1 43dB, Signal -57dB e AP6 55dB, Signal -66dB . Verificou-se a interferência gerada pela sobreposição de canais no ponto A, mas agora os valores medidos não causam perda de conectividade.

MAC	SSID	Name	Chan	Type	SNR	Signal+	Noise-	SNR+	Signal	Noise
● 0018F8A9F3E5	NET_1		1*	AP	43	-56	-100	44	-57	-100
● 000D88252197	NET_1		1	AP	34	-64	-100	36	-66	-100

Figura 38 – Projeto final ponto A sem interferência

Na Figura 39 pode-se verificar o resultado da medição, tem-se os valores transmitidos e detectados na ferramenta *netstumbler* e apresentados no campo SNR pelos dois AP's, AP2 SNR 31dB, Signal -69dB e AP5 55dB, Signal -45dB . Verificou-se a interferência gerada pela sobreposição de canais no ponto B, mas agora os valores medidos não causam perda de conectividade .

MAC	SSID	Name	Chan	Type	Enc...	SNR	Signal+	Noise-	SNR+	Signal	Noise
● 000D88252197	NET_1		6	AP		31	-67	-100	33	-69	-100
● 0018F8A9F3E5	NET_1		6	AP		55	-45	-100	55	-45	-100

Figura 39 – Projeto final ponto B sem interferência

Na Figura 40 pode-se verificar o resultado da medição, tem-se os valores transmitidos e detectados no do sistema *netstumbler* e apresentados no campo SNR pelos dois AP's, AP4 37dB, Signal -63dB e AP3 40dB, Signal -58dB. Verificou-se a interferência gerada pela sobreposição de canais no ponto C, mas agora os valores medidos não causam perda de conectividade.

MAC	SSID	Name	Chan	Speed	Type	SNR	Signal+	Noise-	SNR+	Signal	Noise
● 000D88252197	NET_1		1	11 Mbps	AP	37	-62	-100	38	-63	-100
● 0018F8A9F3E5	NET_1		1	54 Mbps	AP	40	-58	-100	42	-60	-100

Figura 40 – Projeto final ponto C sem interferência

Na Figura 41 pode-se observar o ambiente proposto por este estudo onde as salas são montadas conforme a necessidade por salas teóricas ou laboratórios.



Figura 41 – Sala montada para aula teórica

Na Figura 42 tem-se o ambiente montado com os recursos computacionais, desta forma em um ambiente predial com uma estrutura única podemos ter salas de aula teóricas ou laboratórios com recursos computacionais conforme a demanda.



Figura 42 – Sala montada com recursos computacionais

3.10 Estudo financeiro

A definição dos equipamentos e suas quantidades foram especificadas para atender a demanda de 50 computadores por sala de aula suprimindo oito salas do andar estudado, conforme Tabelas 4 e 5. Para estabelecimento de parâmetro de especificação dos itens, foi utilizada a tecnologia padrão 802.11b&g e para a rede cabeada foi utilizado o padrão de cabo UTP Categoria 6.

Tabela 4 - Custo rede cabeada

Item	Descrição	Quantidade	Preço
DES-1228	<i>Switch</i> D-Link Smart - 24x 10/100Mbps	17	R\$ 644,00
Cabo /cat 6	Cabo para conexão UTP Cat 6	400	R\$ 360,00
Total		417	R\$ 154.948,00

Tabela 5 - Custo rede *wireless*

Item	Descrição	Quantidade	Preço
DGS - 3100-24P	<i>Switch Layer 2/4</i> - 24-port PoE	1	R\$ 4.354,00
DWL – 3200AP	Ponto de Acesso D-Link <i>Wireless</i>	6	R\$ 528,00
Cabo /cat 6	Cabo para conexão UTP Cat 6	6	R\$ 360,00
Total		7	R\$ 9.682,00

Na tabela 04, apresentam-se os itens necessários para implementar a infra estrutura necessária para a conexão dos recursos computacionais utilizando rede cabeada.

Na tabela 05, apresentam-se os itens necessários para implementar a infra estrutura necessária para a conexão dos recursos computacionais utilizando rede wireless padrão IEEE802.11.

CAPÍTULO 4 - CONCLUSÃO

No decorrer deste trabalho foi possível verificar a importância da implementação de uma rede *wireless* como forma de facilitar a gestão de salas de aula e disponibilização de acesso aos conteúdos educacionais de forma eficiente e móvel para os alunos.

O *site-survey* se torna necessário antes de qualquer implementação *wireless*, para garantir a eficiência da rede sem fio. Deve-se sempre analisar o ambiente proposto, pois a rede *wireless* está sujeita a interferências que devem ser verificadas.

No estudo de caso, como foi observado, encontrou-se um ambiente educacional onde o custo para instalação de uma rede cabeada seria mais oneroso, além de manter a estrutura antiga de salas de aula diferentes de laboratórios com recursos computacionais. Através da rede *wireless* a infra-estrutura predial pode ser única, facilitando a distribuição dos alunos nas salas.

A rede *wireless* veio para suprir as necessidades atuais de alunos com um novo perfil, de sempre estar conectado no mundo da informação não importando o local em que esse aluno se encontre dentro da instituição de ensino e ainda reduzindo custos gastos na implementação de uma rede cabeada.

A tendência é que este meio de comunicação seja cada vez mais utilizado, já que pode ser implantado em qualquer local, inclusive no ambiente educacional conforme apresentado. Isto fará com que as instituições de ensino empreguem cada vez mais esta tecnologia otimizando a utilização e disponibilização de sua infra-estrutura predial.

4.1 Contribuições

Este trabalho contribui para o entendimento das redes sem fio padrão 802.11, como meio de implementação de flexibilização de salas de aula e laboratórios em infra estrutura predial única em um ambiente educacional, utilizando uma metodologia de *site-survey* para a verificação e teste da área de cobertura no

ambiente, auxiliando desta forma na decisão do posicionamento dos *Access-Points* e definição de suas quantidades visando implementar uma rede sem fio que propicie conectividade com a eficiência necessária.

4.2 Trabalhos Futuros

Este trabalho avaliou a implementação de uma rede IEEE 802.11 em um ambiente educacional sujeito a interferências eletromagnéticas. Como trabalhos futuros poderão ser estudados os impactos da implementação de vídeo aulas no ambiente estudado como forma de otimização dos conteúdos em varias salas de aula ao mesmo tempo verificando as vantagens e desvantagens da propagação da informação por *unicast* ou *multicast*.

Do ponto de vista da otimização dos recursos computacionais, é interessante a realização de um estudo que avalie a possibilidade da segmentação da rede sem fio criando segmentos separados propiciando uma transmissão separada para dados e vídeo, observando os limites da tecnologia com relação à coexistência de varias redes em um mesmo local.

REFERÊNCIAS

ANSI, IEEE A, Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications Amendment 4: Futher Higher Data Rate Extension in the 4,4 GHz Band. IEEE Std 802.11g. New York, 2004

ANSI, IEEE B, Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications; Medium Access Control (MAC) Security Enhancements. IEEE Std 802.11i. New York, 2004

CISCO A. Cisco Aironet Wireless LAN Fundamentals (AWFL) Editora CISCO SYSTEMS INC. 2004

CISCO B. Cisco Aironet Wireless Site Survey (CAWSS) Editora CISCO SYSTEMS INC. 2004

DORMAN, A. Wireless Communications – O Guia Essencial de Comunicação Sem Fio. Editora Campus, 2001.

EIRAS, F. C. S. Benefícios do padrão 802.11e para tráfego de tempo real em redes WLAN não estruturadas. São Paulo, SP, 2009. Disponível em:

<'http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3142/tde-01062009-175020/publico/Beneficios_do_padrao_IEEE_802_11e_para_trafego_de_tempo_real_em_redes_wlan_nao_estruturadas.pdf');>

Acesso em: 21 mai. 2010, 21:45:00.

D-LINK. MANUAL_DWL-2100AP_v.1.01. Disponível em:

<'ftp://dlink:dlink@www.dlinkla.com/pub/drivers/DWL-2100AP/MANUAL_DWL-2100AP_v.1.01.zip'>

Acesso em: 05/08/2010, 08:45:00.

NetStumbler Software. Disponível em <http://www.netstumbler.com/downloads>.
Acesso em: 15/04/2010, 10:00:00.

ITAUTEC. MANUAL_NETBOOK Disponível em:

<'http://www.itauteconline.com.br/iol_arquivos/corpo3_arquivos/drivers_arquivos/netbook_W.asp'>

Acesso em: 05/08/2010, 08:00:00.

ITAUTEC. T-212 Treinamento WIRELESS LAN. São Paulo: Editora CEI ITAUTEC, 2009.

RIEGO, H. B. Redes sem fio na indústria de processos: oportunidades e desafios São Paulo, SP, 2009.

Disponível em: <"http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3139/tde-18122009-142400/publico/dissHenrique.pdf">

Acesso em: 22 mai. 2010, 08:40:00.

ROSS, J. WI-FI – Instale, Configure e Use Redes Wireless. Editora Altabooks, 2003.

SANCHES, C. A. Projetando redes wlan: conceitos e práticas, São Paulo. Editora Érica, 2005

SOUZA, M. B. Wireless – Sistemas de Rede sem Fio . Editora Brasport, 2002

SPERANDIO, D. J. A tecnologia computacional movel na sistematização da assistencia de enfermagem: avaliação de um software-prototico.

Ribeirão Preto, SP, 2009. Disponível em:

<'http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/22/22132/tde-11092008-165036/publico/DirceleneJussaraSperandio.pdf'>

Acesso em: 22 mai. 2010, 08:40:00.

TANEMBAUM, A. S. Redes de computadores, Rio de Janeiro. Editora Campus, 2003.

TORRES, G. Redes de Computadores – Curso Completo. São Paulo: Editora Axcel Books, 2001.

Wi-Fi Alliance. A. Five Steps to Creating a Wireless Network. Disponível em <http://www.wi-fi.org/knowledge_center/kc-fivestepsforcreatingwirelessnetwork>. Acesso em 23 ago. 2010

Wi-Fi Alliance. B. Five Steps to Creating a Wireless Network. Disponível em <<http://www.wi-fi.org/wp/wifi-alliance-certification/>>. Acesso em 23 ago. 2010

Wi-Fi Alliance. C. WFA Certification Overview. Disponível em <http://www.wi-fi.org/files/WFA_Certification_Overview_WP_en.pdf>. Acesso em 13 jun. 2010