

CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNÓGICA DE GOIÁS
COORDENAÇÃO DA ÁREA DE TELECOMUNICAÇÕES
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM REDES DE COMUNICAÇÃO
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

TÍTULO: COMPARAÇÃO DE SOLUÇÕES DA CAMADA FÍSICA PARA
REDES DE COMPUTADORES

AUTORES: BRUNO MENEZES PEREIRA
LEONARDO ALVES SOARES
LUIZ HENRIQUE DE JESUS COSTA
RUI MARQUES BORGES DE BARROS

ORIENTADOR: PROF. MESTRE JOÃO BATISTA JOSÉ PEREIRA
GOIÂNIA, 27 DE SETEMBRO DE 2.004

CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNÓGICA DE GOIÁS
COORDENAÇÃO DA ÁREA DE TELECOMUNICAÇÕES
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM REDES DE COMUNICAÇÃO
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

TÍTULO: COMPARAÇÃO DE SOLUÇÕES DA CAMADA FÍSICA PARA
REDES DE COMPUTADORES

AUTORES: BRUNO MENEZES PEREIRA
LEONARDO ALVES SOARES
LUIZ HENRIQUE DE JESUS COSTA
RUI MARQUES BORGES DE BARROS

ORIENTADOR: PROF. MESTRE JOÃO BATISTA JOSÉ PEREIRA
GOIÂNIA, 27 DE SETEMBRO DE 2.004

FICHA CATALOGRÁFICA

Pereira, Bruno Menezes; Soares, Leonardo Alves; Costa, Luiz Henrique de Jesus; Barros, Rui Marques Borges de.

Comparação de Soluções da Camada Física para Redes de Computadores [Goiânia - GO] 2004.

xv, 81 p., 297 mm (CSTT/CT/CEFET - GO, Tecnólogo, Curso Superior de Tecnologia em Redes de Comunicação, 2004).

Trabalho de Conclusão de Curso - Centro Federal de Educação Tecnológica de Goiás. Centro Tecnológico. Coordenação de Telecomunicações.

- | | |
|-----------------------|---|
| 1. Introdução | 2. Cabeamento Metálico |
| 3. Fibra Óptica | 4. <i>Wireless Lan (WLAN)</i> |
| 5. Conclusão | 6. Referências Bibliográficas |
| I. CSTT/CT/CEFET – GO | II. Comparação de Soluções da Camada Física para Redes de Computadores. |

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DOS AUTORES: Bruno Menezes Pereira, Leonardo Alves Soares, Luiz Henrique de Jesus Costa, Rui Marques Borges de Barros.

TÍTULO DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO: Comparação de Soluções da Camada Física para Redes de Computadores.

GRAU / ANO: Nível Superior de Tecnólogo em Redes de Comunicação / 2004

É concedida ao Centro Federal de Educação Tecnológica de Goiás a permissão para reproduzir cópias deste trabalho de conclusão de curso e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. Os autores reservam outros direitos de publicação e nenhuma parte deste trabalho de conclusão de curso pode ser reproduzida sem a autorização por escrito dos autores.

Bruno Menezes Pereira
Rua SV 53 Qd 67 Lt 33 Solar Ville
74470533 - Goiânia/GO - Brasil

Leonardo Alves Soares
Rua C-181 Qd 451 Lt 10 Casa 1 Jd. América
74275200 - Goiânia/GO - Brasil

Luiz Henrique de Jesus Costa
Rua Rio Verde nº 560 aptº 1201 Campinas
74525060 - Goiânia/GO - Brasil

Rui Marques Borges de Barros
Rua 237 nº 140 Setor Coimbra
74535270 - Goiânia/GO – Brasil

LISTA DE FIGURAS

	Página
2.1 - Cabo coaxial.....	04
2.2 - Cabo coaxial com corte transversal	04
2.3 - Exemplos de cabo coaxial banda base e banda larga.....	06
2.4 - Arquitetura para rede local com transceptores.....	07
2.5 - Especificações para cabos 10base2.....	08
2.6 - Conector BNC desmontado.....	09
2.7 - Conector “T” na placa de rede.....	09
2.8 - Terminador.....	10
2.9 - Placa de rede ISA contendo todos os conectores.....	10
2.10 – Descascador de cabos coaxiais (á esquerda) e alicate de grimpagem.....	11
2.11 - Blindagem com diferentes potenciais.....	12
2.12 - Variação de tensão no cabo.....	12
2.13 - Gradiente de tensão na terra.....	13
2.14 – Cabo de par trançado e conector RJ-45.....	14
2.15 - Par trançado sem blindagem (UTP).....	15
2.16 - Par trançado com blindagem (STP).....	15
2.17 - Espira virtual do cabo UTP.....	16
2.18 - Cancelamento do ruído.....	16
2.19 - Ruído cancelado pela mudança de polaridade do sinal.....	17
2.20 – Inscrição no cabo par trançado categoria 5.....	20
2.21 - Conector RJ-45.....	20

2.22 - Tomada RJ-45.....	20
2.23 - Padrão T568-A.....	20
2.24 - Ferramenta de inserção.....	21
2.25 – Preparação do cabo UTP para grimpagem.....	21
2.26 – Cabo UTP após grimpagem.....	22
2.27 – Crimpagem do cabo UTP com conector RJ-45.....	22
2.28 – Padrão de Crimpagem cabo UTP - estação/concentrador.....	23
2.29 – Padrão de Crimpagem do cabo UTP em <i>cross-over</i> – lado 1.....	24
2.30 – Padrão de Crimpagem do cabo UTP em <i>cross-over</i> – lado 2.....	24
2.31 - Interligação de terminais utilizando cabo UTP.....	25
3.1 - Estrutura básica da fibra óptica.....	27
3.2 - Fibra óptica.....	28
3.3 - Atenuação versus freqüência.....	29
3.4 - Comparação dos três tipos de fibra óptica.....	32
3.5 - Cabos de Fibras Ópticas.....	33
3.6 - Cabo Óptico <i>Loose</i>	33
3.7 - Cabo Óptico <i>Tight</i>	34
3.8 - Cabo Óptico <i>Groove</i>	34
3.9 - Cabo Óptico <i>Ribbon</i>	35
3.10 - Emendas e Terminações Ópticas.....	36
3.11 - Tipos de conectores para fibra óptica	37
4.1 - Rede wireless LAN típica.....	44
4.2 - Exemplo de configuração de células simples de uma WLAN.....	45

4.3 - Exemplo de configuração de células múltiplas em WLAN.....	46
4.4 - Configurações WLAN.....	47
4.5 - Camadas do protocolo IEEE 802 comparada ao modelo OSI.....	51
4.6 - Arquitetura IEEE 802.11.....	55
4.7 - Arquitetura do protocolo 802.11.....	59
4.8 - Formato do quadro MAC IEEE 802.11.....	61
4.9 - Diagrama do bloco WEP.....	62
4.10 - Padrões globais para <i>wireless</i>	67
4.11 - Aplicações de <i>wireless</i> banda larga.....	67
4.12 - Pilha de protocolo 802.16.....	68
4.13 - Transmissão 802.16.....	69
4.14 - Bandas da FCC.....	70
4.15 - Quadros e <i>slots</i> de tempo para duplexação por divisão de tempo.....	72

LISTA DE ABREVIATURAS

1. ACK - *Acknowledgment*
2. ADSL - *Asymmetric Digital Subscriber Line*
3. AP - *Access Point*
4. ARCNET - *Attached Resource Computer Network*
5. ATM - *Asynchronous Transfer Mode*
6. AUI - *Attchemnt Unit Interface*
7. BNC - *Baionet Naur Conector*
8. BS - *Base Station*
9. BSS - *Basic Service Set*
10. BWA - *Broadband Wireless Access*
11. CATV - *Community Antenna TV*
12. CCK - *Complementary Code Keying*
13. CM - *Control Module*
14. CRC - *Ciclic Redundance Code*
15. CSMA/CA - *Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidence*
16. CTS - *Clear to Send*
17. DBPSK - *Differential Binary Phase Shift Keying*
18. DCF - *Distribuited Coordenation Function*
19. DIFS - *Distribuited Coordenation Function IFS*
20. DQPSK - *Differential Quadrature Phase Shift Keying*
21. DS - *Distribuit System*
22. DSSS - *Direct-Sequence Spread Spectrum*
23. EIA - *Electrical Industrial American*
24. EMI - *Electromagnetic Interference*
25. ESS - *Extended Service Set*
26. ETSI - *European Telecommunications Standards Institute*
27. FCC - *Federal Communications Commission*
28. FDD - *Frequency Division Duplexing*
29. FDDI - *Fiber Distributed Data Interface*
30. FDM - *Frequency Division Multiplexing*
31. FHSS - *Frequency-Hopping Spreap Spectrum*
32. GFSK - *Gaussian Frequency Shift Keying*
33. IAPP - *Inter-Access Point Protocol*
34. IEEE - *Institute of Electrician and Electronic Engineers*
35. IFS - *InterFrame Space*
36. IR – *InfraRed*
37. ISA - *Industry Standard Architecture*
38. ISM - *Industrial Scientific and Medical*
39. LAN - *Local Area Network*
40. LED - *Light Emitting Diode*
41. LLC - *Logical Link Control*
42. MAC - *Medium Access Control*

- 43. MAN - *Metropolitan Area Network*
- 44. MSDU - *MAC Sublayer Data Unit*
- 45. OFDM - *Orthogonal Frequency Division Multiplexing*
- 46. OSI - *Open Systems Interconnection*
- 47. PAN - *Personal Area Network*
- 48. PCF - *Point Coordination Function*
- 49. PDU - *Protocol Data Unit*
- 50. PIFS - *Point Coordination Function IFS*
- 51. PM - *Power Management*
- 52. PPM - *Pulse Position Modulation*
- 53. QAM - *Quadrature Amplitude Modulation*
- 54. QPSK - *Quadrature Phase Shift Keying*
- 55. RFI - *Radio Frequency Interference*
- 56. RTS - *Request to Send*
- 57. SIFS - *Short IFS*
- 58. SS - *Spread Spectrum*
- 59. ST - *Standard*
- 60. STP - *Shielded Twisted Pair*
- 61. TDD - *Time Division Duplexing*
- 62. TDMA - *Time Division Multiplexed*
- 63. TIA - *Telecommunications Industry Association*
- 64. UM - *User Module*
- 65. UTP - *Unshielded Twisted Pair*
- 66. WEP - *Wired Equivalent Protocol*
- 67. WLAN - *Wireless Local Area Network*
- 68. WMAN - *Wireless Metropolitan Area Network*

LISTA DE TABELAS

	Página
2.1. Tipos de cabos coaxiais.....	06
2.2. Classificação de par trançado.....	19
4.1. Comparação das tecnologias WLAN.....	50
4.2. Terminologia IEEE 802.11.....	54
4.3. Serviços IEEE 802.11.....	56
4.4. A evolução das especificações do IEEE para a <i>wireless MAN</i>	66
4.5. Freqüências usadas por tecnologias sem fio e os serviços especiais.....	71

Centro Federal de Educação Tecnológica de Goiás

Coordenação da Área de Telecomunicações

Curso Superior de Tecnologia em Redes de Comunicação

Trabalho de Conclusão de Curso

“COMPARAÇÃO DE SOLUÇÕES DA CAMADA FÍSICA PARA REDES DE COMPUTADORES”

BRUNO MENEZES PEREIRA

LEONARDO ALVES SOARES

LUIZ HENRIQUE DE JESUS COSTA

RUI MARQUES BORGES DE BARROS

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à Coordenação de Área de Telecomunicações do Centro Federal de Educação Tecnológica de Goiás como parte dos requisitos necessários para obtenção do Grau de Nível Superior de Tecnólogo em Redes de Comunicação.

Banca Examinadora

Prof. Mestre João Batista José Pereira, CEFET-GO

Orientador

Presidente da Comissão Examinadora

Prof. Mestre Kelias de Oliveira, CEFET-GO

Membro da Comissão Examinadora

Prof. Mestre Samir Youssif Wehbi Arabi, CEFET-GO

Membro da Comissão Examinadora

DATA: Goiânia/GO, 27 de setembro de 2.004

EPÍGRAFE

"É melhor tentar e falhar, que preocupar-se e ver a vida passar; é melhor tentar, ainda que em vão, que sentar-se fazendo nada até o final. Eu prefiro na chuva caminhar, que em dias tristes em casa me esconder. Prefiro ser feliz, embora louco, que em conformidade viver..."

Martin Luther King

DEDICATÓRIA

Aos nossos pais, familiares e amigos, que sempre estiveram ao nosso lado nos momentos bons e de dificuldade, motivo maior de nossas vidas.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradecemos a Deus, por ter nos iluminado com sua benção, para superarmos todos os obstáculos e desafios para a realização deste trabalho e que nos proporcionou mais essa evolução de nossas vidas.

Agradecemos aos nossos pais, pela paciência, compreensão, apoio financeiro e incentivo para a realização deste trabalho técnico científico.

Agradecemos aos nossos amigos de turma, todo corpo discente e docente, que nos prestaram grande auxílio durante o curso. Os nossos sinceros agradecimentos ao nosso orientador Prof.^o João Batista José Pereira pela preciosa paciência nos orientando para que nós pudéssemos alcançar o nosso objetivo em realizar este trabalho científico.

Os autores

RESUMO

Este trabalho compara soluções da camada física para redes de computadores através de estudos técnicos em várias fontes de pesquisa sobre cabeamento metálico, fibra óptica e sistemas *wireless*.

Estuda-se os tipos mais utilizados de meios físicos para implementar uma rede de computadores; os pontos relacionados são itens de observação que devem ser considerados no momento de optar pelo meio físico que será utilizado numa instalação. Estas opções são inúmeras, por isso procura-se considerar os critérios para facilitar na escolha de tecnologia de camada física que trará uma rede de qualidade e com um custo/benefício aceitável.

São apresentadas as redes baseadas em cabeamento metálico, óptico e sem-fio (*wireless*). Também os tipos de transmissão, equipamentos, conectores, características, entre outros, de cada uma dessas redes.

São apresentados os meios de transmissões mais utilizados atualmente em cabeamentos metálicos, onde são empregados, seus padrões e características técnicas.

São abordadas as características técnicas das fibras ópticas, suas vantagens, operação, os tipos, os acessórios e suas aplicações. Em seguida para compreensão dos aspectos gerais de uma rede *Wireless*, o seu padrão é examinado, como: a arquitetura, os serviços, os protocolos, e suas aplicações. Assim, este trabalho vem ajudar o projetista de rede e aos interessados a escolher uma melhor solução de camada física adequada aos objetivos da demanda, pois, traz uma maior compreensão das características de cada tecnologia e poderá avaliar as vantagens e desvantagens entre elas; proporcionando um menor custo e uma maior eficiência da rede a ser implementada.

Palavras-Chave: Camada Física, Redes de Computadores, Cabeamento Metálico, Fibra Óptica, Sistemas *Wireless*.

ABSTRACT

This work compares solutions of physic part for computers networks by technical studies on many origins about metallic cablement, optical fiber and wireless systems.

Studies the kinds most used of physic part to implement the computers networks; the points relationed are observation item that must be considered at choice moment by physic part that'll be used at installation. These options are many, that's why looks for to consider the criterions to help at choice of physic part technology that'll bring a quality network and with a benefaction/cost acceptable.

It'll presents the networks based on metallic cablement, optical and wireless. Also the kinds of transmition, equipments, connectors, characteristics, and others, of each one of those networks.

It'll presents the mediums of transmition most utilized actually at metallics cablements, where they're used, yours standards and technical characteristics.

We'll talk about the technicals characteristics of the opticals fibers, yours vantages, operation, the kinds, the accessories and yours applications. At fallow for understanding of the generals aspects of a wireless network, your standard's examined, like: the architecture, the services, the protocols, and yours applications. So, this work comes to help the network projector and to the area's interested, to choice a better solution of physic part to attend the demand's objective, because, brings more understanding of the characteristics of each technology and could value the vantages and not vantages between them; proportioning a lower cost and a upper network's efficaciousness to be implemented.

Keywords: Physic Part, Computers Networks, Metallic Cablement, Optical Fiber, Wireless Systems.

SUMÁRIO

	Página
CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO.....	01
1.1. Introdução.....	01
CAPÍTULO 2 - CABEAMENTO METÁLICO.....	03
2.1. Introdução.....	03
2.2. Cabo Coaxial.....	03
2.2.1. Características dos Cabos Coaxiais 10Base2 e 10 Base5.....	05
2.2.2. Aplicações dos Cabos Coaxiais.....	07
2.2.3. Preparação do Cabo Coaxial.....	11
2.2.4. Desvantagens do Cabo Coaxial.....	11
2.3. Par Trançado.....	13
2.3.1. Origem do Cabo UTP.....	15
2.3.2. Classificação do Cabo UTP quanto à Categoria.....	17
2.3.3. Confecção dos Cabos de Par Trançado.....	20
2.3.4. Esquema de Fiação para Conectores RJ-45.....	23
2.3.5. Vantagens do Cabo UTP.....	25
2.3.6. Comparação entre Cabos: Par Trançado x Coaxial.....	25
2.4. Conclusão.....	26
CAPÍTULO 3 - FIBRA ÓPTICA.....	27
3.1. Introdução.....	27
3.2. Composição da Fibra Óptica.....	27
3.3. Principais Vantagens da Fibra Óptica.....	28

3.4. Como Funciona a Fibra Óptica.....	30
3.5. Tipos de Fibras Ópticas.....	30
3.6. Cabos de Fibras Ópticas.....	32
3.7. Emendas Ópticas.....	35
3.8. Conectores para Fibras Ópticas.....	36
3.9. Acessórios Ópticos.....	37
3.10. Aplicações.....	38
3.11. Desvantagens.....	39
3.12. Conclusão.....	39
CAPÍTULO 4 - WIRELESS LAN (WLAN).....	42
4.1. Introdução.....	42
4.2. Desenvolvimento.....	43
4.2.1. Aplicação.....	43
4.2.2. Benefícios.....	43
4.2.3. Funcionamento.....	43
4.2.4. Tipos.....	44
4.2.5. Tecnologias Empregadas.....	49
4.2.6. O Padrão 802 LAN.....	51
4.2.7. IEEE 802.11 WLAN.....	52
4.2.7.1. Arquitetura e Serviços IEEE 802.11.....	53
4.2.7.1.1. Arquitetura IEEE 802.11.....	54
4.2.7.1.2. Serviços IEEE 802.11.....	55
4.2.7.2. Distribuição de Mensagens dentro do DS.....	56

4.2.7.3. Serviço de Associação Relatado.....	56
4.2.7.4. Serviço de Acesso e Privacidade.....	57
4.2.7.5. Controle de Acesso ao Meio IEEE 802.11.....	58
4.2.7.6. O Algoritmo WEP.....	61
4.2.7.7. Autenticação.....	62
4.2.7.8. Camada Física IEEE 802.11.....	63
4.2.7.8.1. Espalhamento Espectral por Seqüência Direta.....	63
4.2.7.8.2. Espalhamento Espectral com Salto de Freqüência.....	63
4.2.7.8.3. Infravermelho.....	64
4.2.7.9. IEEE 802.11a.....	64
4.2.7.10. IEEE 802.11b.....	65
4.2.8. IEEE 802.16 Worldwide Interoperability for Microwave Access Fórum (WiMAX)....	65
4.2.8.1. Introdução do Sistema WiMAX.....	66
4.2.8.2. Pilha de Protocolos 802.16.....	68
4.2.8.3. A Camada Física.....	69
4.2.8.4. Camada Enlace e Protocolo da Subcamada MAC.....	73
4.2.9. IEEE 802.20 (Mobile - Fi).....	75
4.3. Conclusão.....	75
CAPÍTULO 5 - CONCLUSÃO.....	77
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	79

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

1.1. Introdução.

Este trabalho analisa soluções de camada física mais utilizadas para interconexão de equipamentos ativos e terminais em uma rede de computadores.

Os meios de transmissão em uma rede podem ser vistos como sendo a estrutura de sustentação. Num passado próximo, os meios de transmissão eram relegados ao descaso, diante da definição da organização de uma rede. A maior preocupação era dedicada a tecnologia de comunicação que seria utilizada e propiciada a interligação dos equipamentos. Grande parte dos erros que provocam problemas e instabilidade nas redes, podem ser provenientes de cabos mal-instalados ou mal-organizados, ou em estado precário.

A partir daí, um maior cuidado vem sendo tomado no momento de se optar pelo meio de transmissão que formará ou sustentará um determinado sistema de conectividade.

A opção pelo meio de transmissão mais adequada para uma determinada instalação depende de alguns detalhes que cercam cada implantação. Alguns aspectos devem ser considerados:

- A área na qual o meio será instalado;
- As distâncias e os limites, as quais o meio deverá atender;
- A infra-estrutura que o cabo, ou os sinais irão percorrer;
- A performance desejada a obter na rede;
- Os serviços que pretendem utilizar o meio físico de passagem;
- A forma de instalação do cabo (instalado em dutos próprios ou compartilhando dutos com outros cabos);
- A conveniência ou não de usar meio de transmissão sem-fio (*wireless*);
- O tipo de sinal que irá trafegar na rede;
- Em quais pontos da instalação existem fontes que geram ruído *Electromagnetic Interference* (EMI - Interferência Eletromagnética) ou *Radio Frequency Interference* (RFI - Interferência por Rádio Freqüência).

Estes pontos relacionados são itens de observação que devem ser considerados no momento de optar pelo meio físico numa instalação. Atualmente, as opções são inúmeras, mas

devem ser consideradas com critério para obter uma rede de qualidade e com um custo/benefício aceitável.

São apresentadas as redes baseadas em cabeamento metálico, óptico e sem-fio (*wireless*). São apresentados também os tipos de transmissão, equipamentos, conectores, características, entre outros, de cada uma dessas redes.

Nos capítulos a seguir serão apresentados meios de transmissões, os padrões e as tecnologias, enumerando as principais.

No capítulo 2 são apresentados os diversos tipos de meios de transmissão utilizados em cabeamentos metálicos, onde são empregados, seus padrões e características técnicas; no capítulo 3, são abordados as características técnicas da fibra óptica, vantagens, funcionamento, tipos, acessórios e suas aplicações; o capítulo 4 destina-se a compreensão dos aspectos gerais de uma rede *Wireless*; no qual são abordados assuntos referentes ao padrão, tais como: aplicações, arquitetura, serviços, protocolos, e suas funcionalidades.

CAPITULO 2 - CABEAMENTO METÁLICO

2.1. Introdução.

Nos últimos anos muito tem-se discutido e falado sobre as novas tecnologias de *hardware* e *software* de redes disponíveis no mercado. Engana-se, porém, quem pensa que estes produtos podem resolver todos os problemas de processamento da empresa. O investimento em equipamentos envolve cifras elevadas, mas é preciso que se dê também atenção especial à estrutura de cabeamento, ou *cabling*, uma das peças-chave para o sucesso de ambientes distribuídos.

Com o desenvolvimento da tecnologia, várias são as opções de cabos para empregar em uma instalação, cada qual atendendo a determinadas necessidades específicas.

Neste capítulo apresentaremos os diversos tipos de meios de transmissão utilizados em cabeamento metálicos, onde são empregados, seus padrões e características técnicas.

2.2. Cabo Coaxial.

O primeiro tipo de cabeamento que surgiu no mercado de redes de computadores foi o cabo coaxial. Há alguns anos, esse cabo era o que havia de mais avançado, sendo que a troca de dados entre dois computadores era coisa do futuro. Até hoje existem vários tipos de cabos coaxiais, cada um com suas características específicas. Alguns são melhores para transmissão em alta frequência, outros têm atenuação mais baixa, e outros são imunes a ruídos e interferências. Os cabos coaxiais de alta qualidade não são maleáveis e são difíceis de instalar e os cabos de baixa qualidade podem ser inadequados para trafegar dados em alta velocidade e longas distâncias. O cabo coaxial mantém uma capacidade constante e baixa, evitando assim vários problemas técnicos. Devido a isso, ele oferece velocidade da ordem de Mbps, não sendo necessário à regeneração do sinal (até 500 metros), sem distorção ou eco, propriedade que já revela alta tecnologia. O cabo coaxial pode ser usado em ligações ponto a ponto ou multiponto.



Figura 2.1 - Cabo coaxial [1].

A maioria dos sistemas de transmissão em Banda-base utiliza cabos com impedância com característica de $50\ \Omega$, geralmente utilizados nas TVs a cabo e em redes de Banda-larga. Isso se deve ao fato de a transmissão em Banda-base sofrer menos reflexões, devido às capacitâncias introduzidas nas ligações ao cabo de $50\ \Omega$.

O cabo coaxial possui uma maior imunidade a ruídos eletromagnéticos de baixa freqüência, pois é constituído de um condutor interno circundado por um condutor externo, tendo entre os condutores, um dielétrico que os separa. O condutor externo é por sua vez circundado por outra camada isolante, como demonstrado na figura 2.2.

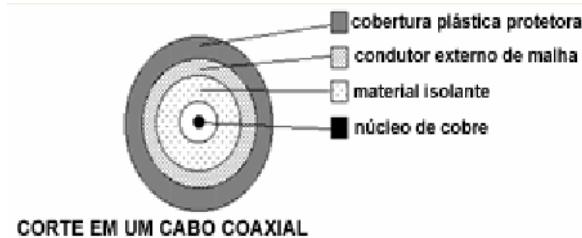


Figura 2.2 - Cabo coaxial com corte transversal [1].

Comparado ao par trançado, este tem uma imunidade a ruído de *crosstalk* bem melhor, e uma fuga eletromagnética mais baixa. A transmissão em banda larga fornece uma imunidade ao ruído melhor do que em banda base, pois, os ruídos presentes em áreas urbanas e industriais são de baixa freqüência, tornando as transmissões em banda base mais susceptíveis a eles. Quanto ao custo, o cabo coaxial é mais caro do que o cabo par trançado, assim como é mais elevado o custo das interfaces para ligação ao cabo.

2.2.1. Características dos Cabos Coaxiais 10Base2 e 10Base5:

- Cabo Coaxial Fino ou 10Base2, também conhecido como *Thin-Cable* ou RG-58, suas características são:

- Impedância = 50 Ω;
- Comprimento máximo por segmento de rede = 185 m;
- Número máximo de segmentos por rede = 5, todos interligados através de repetidores;
- Tamanho máximo da rede = 925 m;
- Número máximo de conexões (estações) por segmento, incluindo os repetidores = 30;
- Número máximo de conexões em uma rede de 5 segmentos (925 m) = 146;
- Comprimento mínimo de um cabo = 0,5 m;
- Conector utilizado nas conexões do cabo = BNC;
- Conector utilizado nas conexões das estações = T (BNC);
- Os cabos são emendados com conectores I (BNC).

- Cabo Coaxial Grosso ou 10Base5 também conhecido como *Thick-Cable* ou *Yellow-Cable*, suas características são:

- Impedância = 50 Ω;
- Comprimento máximo por segmento de rede = 500 m;
- Número máximo de segmentos por rede = 5 (mas apenas 3 segmentos podem ter estações instaladas), todos interligados através de repetidores;
 - Tamanho máximo da rede = 2.500 m;
 - Número máximo de conexões (estações) por segmento, incluindo os repetidores = 100;
 - Número máximo de conexões em uma rede de 5 segmentos (2.500 m) = 296;
 - As estações são conectadas ao *Yellow-Cable* através de um cabo com conectores *Attachment Unit Interface* (AUI), um *Transceiver* e Vampiro;
 - Tamanho máximo de um cabo AUI = 50 m (conector utilizado DB15);
 - As conexões têm que estar distanciadas de, no mínimo, 2,5 m;
 - O cabo 10Base5 tem marcas de 25 cm em 25 cm para a instalação do vampiro.

O termo "coaxial" surgiu porque o condutor central e a malha de blindagem têm o mesmo eixo.

A conexão é mais difícil que a do par trançado, pois é feita através de conectores mecânicos, o que torna sua instalação mais cara. A figura 2.3 ilustra alguns tipos de cabos coaxiais:

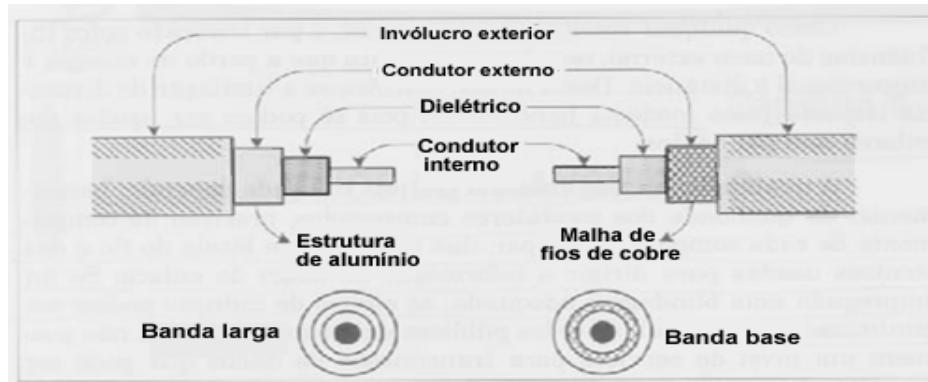


Figura 2.3 - Exemplos de Cabo Coaxial Banda Base e Banda Larga [1].

O cabo coaxial está sendo abandonado, pois o cabo par trançado sem blindagem está tomando seu lugar no setor de redes.

Se você envolver um fio condutor com uma segunda camada de material condutor, a camada externa protegerá a primeira da interferência externa. Devido a esta blindagem, os cabos coaxiais (apesar de ligeiramente mais caros que os de par trançado) podem transmitir dados a distâncias maiores, sem que haja degradação do sinal. A tabela 2.1 expõe características técnicas de alguns cabos coaxiais:

Tabela 2.1. Tipos de cabos coaxiais [1].

Tipo de Cabo	Impedância	Diâmetro	Conector
Cabo fino Ethernet – RG-58	50 Ω	3/16"	BNC
ARCNET – RG-62/U	93 Ω	3/16"	BNC
RG-59/U	75 Ω	3/16"	Utiliza um rabicho RG-62 na extremidade com BNC
Cabo espesso Ethernet	50 Ω	1/2"	Transceptor/MAU no cabo espesso com uma derivação de par trançado até o cordão da rede
Cabo derivado de Ethernet espesso (cabô de par blindado)	-	3/8"	DIX/AUI

2.2.2. Aplicações dos Cabos Coaxiais.

O Cabo 10Base5 é um tipo mais antigo, usado geralmente em redes baseadas em *mainframes*. Este cabo é muito grosso, tem cerca de 0.4 polegadas, ou quase 1 cm de diâmetro e por isso é muito caro e difícil de instalar devido à baixa flexibilidade. Outro tipo de cabo coaxial pouco usado atualmente é o RG62/U, usado em redes *Attached Resource Computer Network* (ARCNET). Temos também o cabo RG-59/U, usado no cabeamento de antenas de TV.

Além da baixa flexibilidade e alto custo, os cabos 10Base5 exigem uma topologia de rede bem mais cara e complicada. Temos o cabo coaxial 10base5 numa posição central, como um *backbone*, sendo as estações conectadas usando um segundo dispositivo, chamado transceptor, que atua como um meio de ligação entre elas e o cabo principal, conforme ilustra a figura 2.4.

Os transceptores perfuram o cabo 10Base5, alcançando o cabo central que transmite os dados, sendo por isso também chamados de “derivadores vampiros”. Os transceptores são conectados aos encaixes AUI das placas de rede através de um cabo mais fino, chamado cabo transceptor. Além de antiquada, esta arquitetura é muito cara, tanto a nível de cabos e equipamentos, quanto em termos de mão de obra.

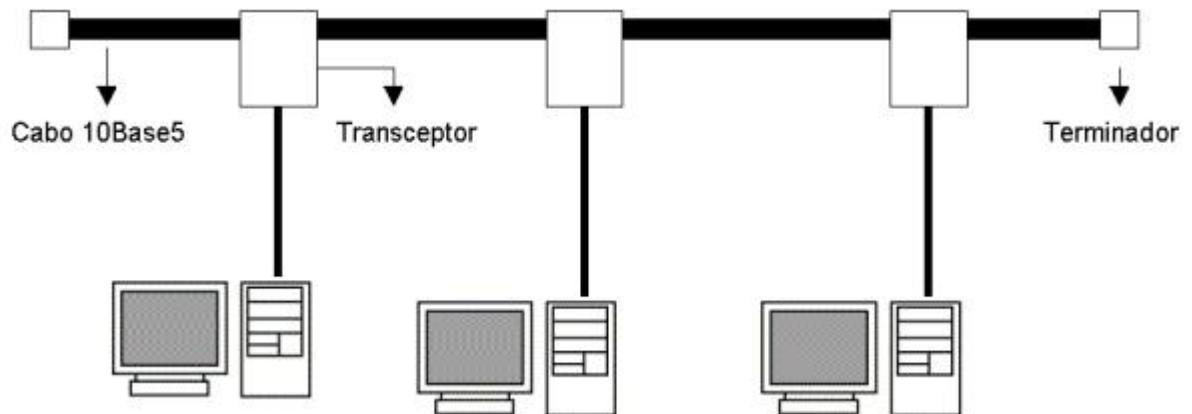


Figura 2.4 - Arquitetura para rede local com transceptores [2].

Os cabos 10Base5 foram praticamente os únicos utilizados em redes de *mainframes* no inicio da década de 80, mas sua popularidade foi diminuindo com o passar do tempo por motivos óbvios.

Atualmente este tipo de cabo é encontrado apenas em instalações bem antigas .

Os cabos 10Base2, também chamados de cabos coaxiais finos (“cabos coaxiais de rede”), ou cabos *Thinnet*, são os cabos coaxiais usados atualmente em redes *Ethernet*. Seu diâmetro é de apenas 0.18 polegadas, cerca de 4.7 milímetros, o que os torna razoavelmente flexíveis.

Os cabos 10Base2 são bem parecidos com os cabos usados em instalações de antenas de TV, a diferença é que, enquanto os cabos RG-59/U usados nas fiações de antena possuem impedância de 75 ohms, os cabos 10Base2 possuem impedância de 50 ohms. Por isso, apesar dos cabos serem parecidos, não tente usar cabos de antena em redes de micros. É fácil diferenciar os dois tipos de cabo, pois os de redes são pretos enquanto os para antenas são brancos.

O “10” na sigla 10Base2, significa que os cabos podem transmitir dados a uma velocidade de até 10 megabits por segundo, “Base” significa “banda base” e se refere à distância máxima para que o sinal pode percorrer através do cabo, no caso o “2” que teoricamente significaria 200 metros, mas que na prática é apenas um arredondamento, pois nos cabos 10Base2 a distância máxima utilizável é de 185 metros.

Usando cabos 10Base2, o comprimento do cabo que liga um micro ao outro deve ser de no mínimo 50 centímetros, e o comprimento total do cabo (do primeiro ao último micro) não pode superar os 185 metros. É permitido ligar até 30 micros no mesmo cabo, pois acima disso, o grande número de colisões de pacotes irá prejudicar o desempenho da rede, chegando ao ponto de praticamente impedir a comunicação entre os micros em casos extremos, como ilustra a figura 2.5.

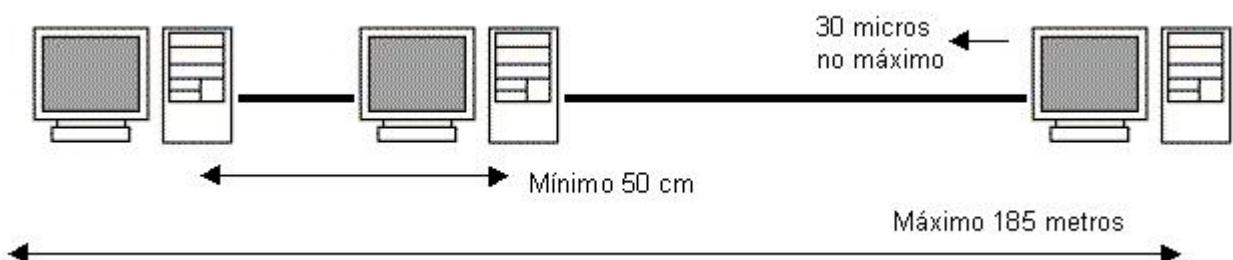


Figura 2.5 - Especificações para cabos 10base2 [2].

Conecta-se o cabo coaxial fino à placa de rede usando conectores *Baionet Naur Conector* (BNC), que por sua vez são ligados a conectores T ligados na placa de rede. Usando

cabos coaxiais os micros são ligados uns aos outros, com um cabo em cada ponta do conector T. A figura 2.6 ilustra o conector citado.



Figura 2.6 - Conector BNC desmontado [2].

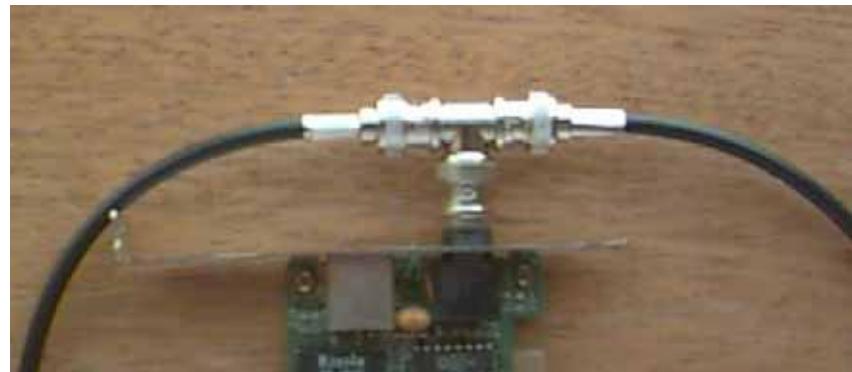


Figura 2.7 - Conector “T” na placa de rede [2].

São necessários dois terminadores para fechar o circuito. Os terminadores são encaixados diretamente nos conectores T do primeiro e último micro da rede. Pelo menos um dos terminadores, deverá ser aterrado. A figura 2.7 ilustra o conector T citado.

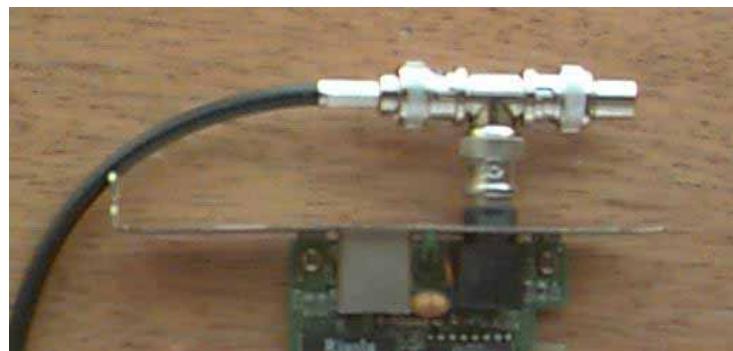


Figura 2.8 - Terminador [2].

Sem a instalação de um terminador em cada ponta da rede, como ilustra a figura 2.8, quando os sinais chegarem às pontas do cabo, retornarão, embora um pouco mais fracos, formando os chamados pacotes sombra. Estes pacotes atrapalham o tráfego e corrompem pacotes bons que estejam trafegando, praticamente inutilizando a rede.

Em redes *Ethernet* os terminadores devem ter impedância de 50 ohms (a mesma dos cabos), valor que geralmente vem estampado na ponta do terminador.

A figura 2.9 ilustra um exemplo de placa de Rede que utiliza conectores para cabeamento metálico:

- Conector RJ-45: Para a conexão de cabos do tipo par trançado.
- Conector AUI: Permite a conexão de transceptores (*transceivers*), para a utilização de cabo coaxial do tipo grosso (10Base5) ou outras mídias.
- Conector BNC: Para a conexão de cabos do tipo coaxial.

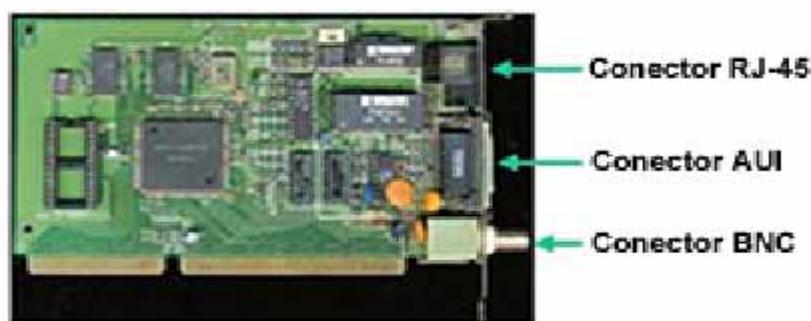


Figura 2.9 - Placa de rede ISA contendo todos os conectores [2].

2.2.3 - Preparação do Cabo Coaxial.

Embora o cabo coaxial possa ser soldado ao seu respectivo conector BNC, esse método não é o mais apropriado.

Para prender o cabo ao conector BNC, precisamos de duas ferramentas: um descascador de cabo coaxial e um alicate de grimpagem, conforme ilustra a figura 2.10. O descascador serve para retirar o dielétrico do cabo, deixando exposto o fio de cobre. O alicate para grimpagem serve para prender o cabo ao conector, impedindo que ele se solte facilmente. O alicate de grimpagem possuirá sempre pelo menos dois orifícios, o menor, com cerca de 1 mm de diâmetro serve para prender o pino central do conector BNC ao fio central do cabo. A maior serve para prender o anel de metal.

Para grimpar os cabos coaxiais é indispensável ter o alicate de grimpagem, pois este proporciona uma pressão suficiente, diferente de um alicate comum.



Figura 2.10 – Descascador de cabos coaxiais (à esquerda) e alicate de grimpagem [2].

2.2.4 - Desvantagens do cabo coaxial.

- Necessita manter a impedância constante, através de terminadores;
- Se o cabo quebrar, ou o "T" de interligação estiver com mau contato, a rede irá parar;
- Blindagem feita com a malha do cabo, que deverá estar aterrada em todos os terminais, ocasionando diferentes potenciais elétricos. A blindagem acaba funcionando como uma antena captando ruído de rádio freqüência;

- Se esta blindagem for aterrada num ponto do edifício, e em outro ponto a 100 m do 1º ponto, com certeza esta blindagem terá potenciais diferentes, ocasionando correntes elétricas pela malha entre os terminais, como ilustra a figura 2.11;
- Nesta condição, se uma descarga atmosférica ocorrer próxima a 500 m do 1º ponto, elevará o potencial do Terra, do 1º ponto a um valor muito maior que o do 2º ponto a 100 m, gerando um pico de tensão pelo cabo, do ponto 1º ao ponto 2º, com potencial de até 1.000 Volts, queimando diversos terminais e até mesmo o servidor. A figura 2.12 ilustra a variação de tensão no cabo e a figura 2.13, o gradiente de tensão.
- É um cabo muito pesado e de difícil de instalação.
- Terminais e conectores caros, e valor por metro de cabo muito elevado.

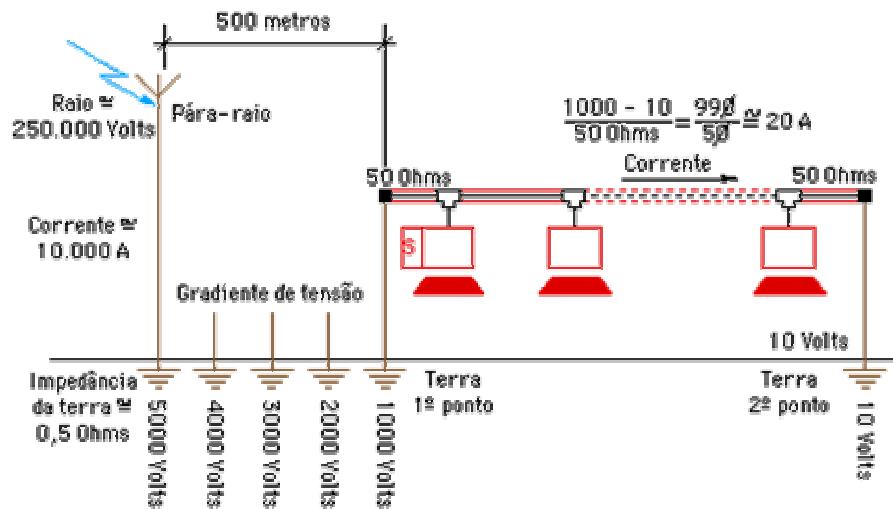


Figura 2.11 – Blindagem com diferentes potenciais [3].

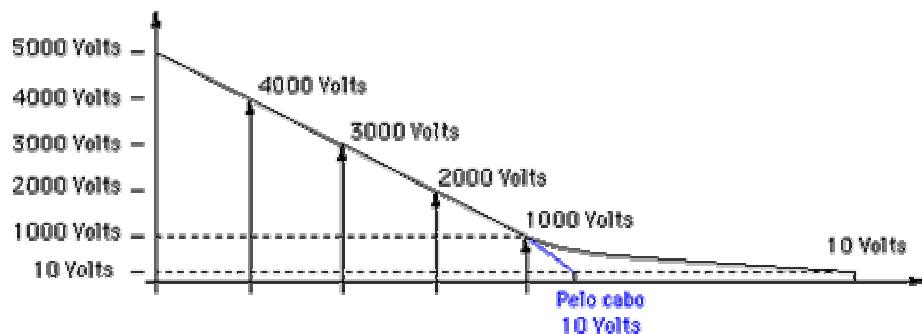


Figura 2.12 – Variação de tensão no cabo [3].

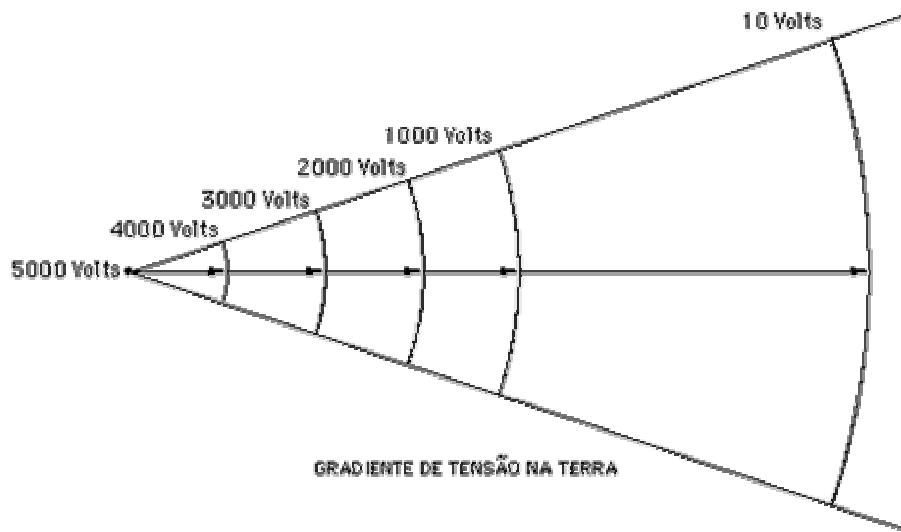


Figura 2.13 – Gradiente de tensão na terra [3].

2.3. Par Trançado.

Com o passar do tempo em redes de computadores, surgiu em 1988 o cabeamento de par trançado. Esse tipo de cabo tornou-se muito usado devido à sua flexibilidade e a necessidade de se ter um meio físico que conseguisse uma taxa de transmissão mais elevada. Os cabos de par trançado possuem dois ou mais fios entrelaçados em forma de espiral e, por isso, reduzem o ruído e mantém constante as propriedades elétricas do meio, em todo o seu comprimento.

A desvantagem deste tipo de cabo, que pode ter transmissão tanto analógica quanto digital, é a sua suscetibilidade às interferências e a ruídos (eletromagnéticos e radiofreqüência). Esses efeitos podem, entretanto, ser minimizados com blindagem adequada. Vale destacar que várias empresas já perceberam que, em sistemas de baixa freqüência, a imunidade a ruídos é tão boa quanto a do cabo coaxial.

O cabo de par trançado é o meio de transmissão de menor custo por comprimento no mercado. A ligação de nós ao cabo é também extremamente simples e de baixo custo. Esse cabo se adapta muito bem às redes com topologia em estrela, onde as taxas de dados mais elevadas permitidas por ele e pela fibra óptica ultrapassam, e muito, a capacidade das chaves disponíveis com a tecnologia atual. Atualmente, o par trançado também está sendo usado com sucesso em

conjunto com sistemas *Asynchronous Transfer Mode* (ATM) para viabilizar o tráfego de dados a uma velocidade de 155 Mbps.

Os cabos de par trançados vêm substituindo os cabos coaxiais desde o início da década de 90. Hoje em dia é muito raro alguém ainda utilizar cabos coaxiais em novas instalações de rede, o mais comum é apenas reparar ou expandir redes que já existem.

O nome “par trançado” é muito conveniente, pois estes cabos são constituídos justamente por 4 pares de cabos entrelaçados. Veja que os cabos coaxiais usam uma malha de metal que protege o cabo de dados contra interferências externas; os cabos de par trançado por sua vez usam um tipo de proteção mais sutil: o entrelaçamento dos cabos oferece uma razoável proteção contra interferências externas. A figura 2.14 ilustra o cabo citado.



Figura 2.14 – Cabo de par trançado e conector RJ-45 [3].

Além dos cabos sem blindagem (figura 2.15) conhecidos como *Unshielded Twisted Pair* (UTP), existem os cabos blindados (figura 2.16) conhecidos como *Shielded Twisted Pair* (STP). A única diferença entre eles é que os cabos blindados além de contarem com a proteção do entrelaçamento dos fios, possuem uma blindagem externa (assim como os cabos coaxiais), sendo mais adequados a ambientes com fortes fontes de interferências, como grandes motores elétricos e estações de rádio que estejam muito próximas. Outras fontes menores de interferências são as lâmpadas fluorescentes (principalmente lâmpadas usadas que ficam piscando), cabos elétricos quando colocados lado a lado com os cabos de rede e mesmo telefones celulares muito próximos dos cabos.

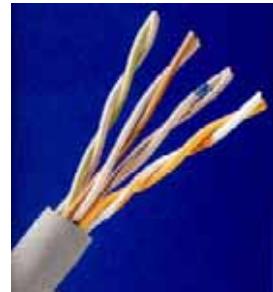


Figura 2.15 - Par trançado sem blindagem (UTP) [2].



Figura 2.16 - Par trançado com blindagem (STP) [2].

Quanto maior for o nível de interferência, menor será o desempenho da rede, menor será a distância que poderá ser usada entre os micros e mais vantajosa será a instalação de cabos blindados. Em ambientes normais, porém os cabos sem blindagem costumam operar bem.

2.3.1. Origem do Cabo UTP.

Devido às limitações do cabo coaxial, o Comitê formado pela *Electrical Industrial American* (EIA) e *Telecommunications Industrial American* (TIA) iniciaram pesquisas com o intuito de produzir um meio de comunicação eficiente e seguro para as redes de computadores. Desenvolvendo o *Standard 10BaseT* em 1988.

Surgiu assim, na *Bell Laboratories* o cabo UTP sem blindagem (*Unshielded Twisted Par*), ou seja, o par torcido (trançado) sem blindagem.

A teoria é que, um par de fios torcidos cria uma espira virtual com capacidade e indutância, suficientes para ir cancelando o ruído externo através de suas múltiplas espiras, ou seja, o campo magnético formado pela espira X, é reverso da espira Y, e assim por diante.

Se num dado momento o cabo sofrer uma interferência, esta será anulada na inversão dos pólos das espiras. Como ilustra a figura 2.17.

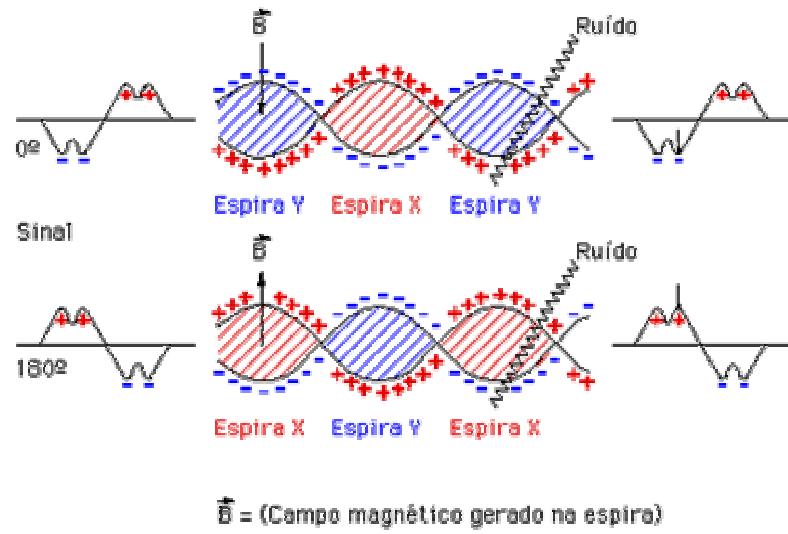


Figura 2.17 - Espira virtual do cabo UTP [3].

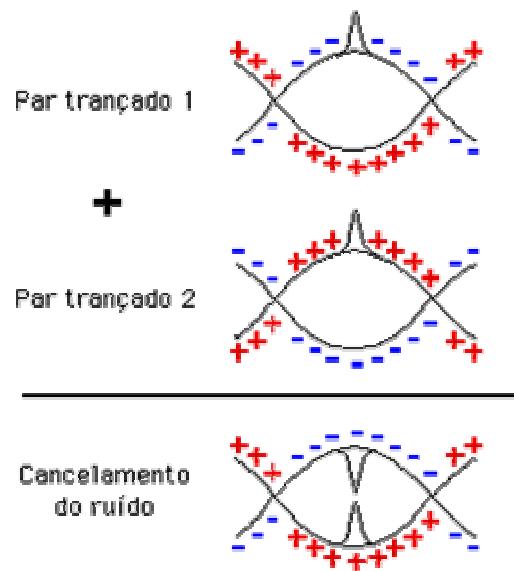


Figura 2.18 – Cancelamento do ruído [3].

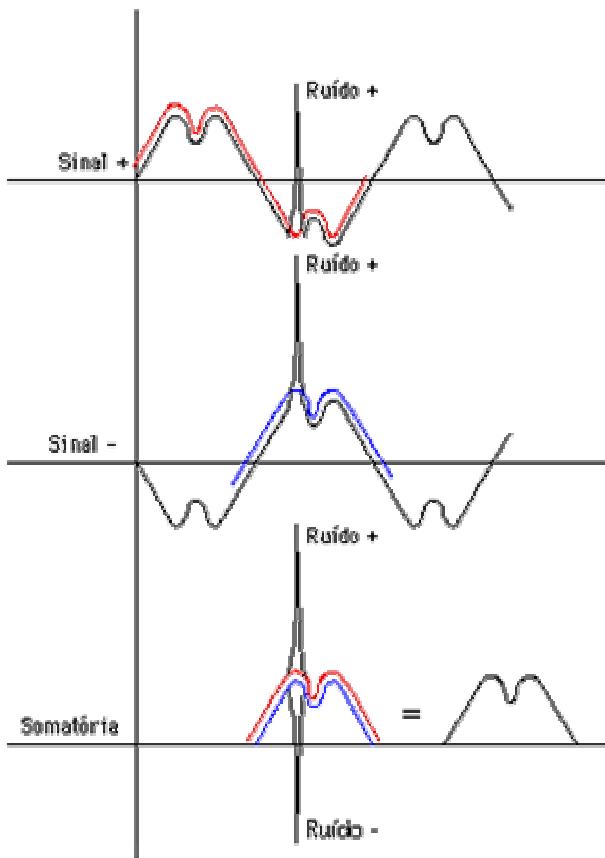


Figura 2.19 - Ruído cancelado pela mudança de polaridade do sinal [3].

O ruído é cancelado pela mudança de polaridade do sinal através das múltiplas espiras. Como ilustram as figuras 2.18 e 2.19.

Este fenômeno foi descoberto pela *Bell Company*, que é a atual AT&T ou *Lucent Technology*. Atualmente os cabos UTPs são fabricados com 4 (quatro) pares.

2.3.2. Classificação do Cabo UTP quanto à Categoria.

Existem no total, 8 categorias de cabos de par trançado. Em todas as categorias a distância máxima permitida é de 100 metros. O que muda é a taxa máxima de transferência de dados e o nível de imunidade a interferências. Na tabela 2.2 estão relacionados cabos de par trançado às suas categorias.

Categoria 1: Este tipo de cabo foi muito usado em instalações telefônicas antigas, porém não é mais utilizado.

Categoria 2: Outro tipo de cabo obsoleto. Permite transmissão de dados a até 4 Mbps.

Categoria 3: Era o cabo de par trançado sem blindagem usado em redes até alguns anos atrás. Pode se estender por até 100 metros e permite transmissão de dados até 10 Mbps. A diferença do cabo de categoria 3 para os cabos de categoria 1 e 2 é o número de tranças. Enquanto nos cabos 1 e 2 não existe um padrão definido, os cabos de categoria 3 (assim como os de categoria 4 e 5) possuem atualmente de 24 a 45 tranças por metro, sendo muito mais resistente a ruídos externos. Cada par de cabos tem um número diferente de tranças por metro, o que atenua as interferências entre os cabos. Praticamente não existe a possibilidade de dois pares de cabos terem exatamente a mesma disposição de tranças.

Categoria 4: Por serem blindados, estes cabos já permitem transferências de dados até 16 Mbps e são o requisito mínimo para redes *Token Ring* de 16 Mbps, podendo ser usados também em redes *Ethernet* de 10 Mbps no lugar dos cabos sem blindagem.

Categoria 5: Este é o tipo de cabo de par trançado usado atualmente, que existe tanto em versão blindada quanto em versão sem blindagem, a mais comum. A grande vantagem sobre esta categoria de cabo sobre as anteriores é a taxa de transferência, até 100 Mbps.

Categoria 5e (*enhanced*): O cabo categoria 5e (*enhanced*) é uma melhoria do cabo categoria 5, onde há uma melhora nos parâmetros do cabo, que permitem uma melhora na resposta do cabo para as freqüências maiores, um exemplo de aplicação que utiliza os quatro pares para transmissões simultâneas (*Full duplex*) é o 1000Base-T(4) (IEEE 802.3ab – Junho/99), *Gigabit Ethernet* sobre o cabeamento UTP Cat. 5e, no qual são transmitidos e recebidos 250 Mbps em cada par ao mesmo tempo.

Categoria 6: Os cabos categoria 6, ainda não foram concluídos sua norma, mas já se pode adiantar de informações de fabricantes que terá uma freqüência de até 250 MHz, bem superior às categorias 5 e 5e que são de 100 MHz, e uma velocidade de transmissão de 500 Mbps no qual são utilizados apenas dois pares para a transmissão dos sinais e os outros dois pares são utilizados na recepção dos mesmos (com taxas de 500 Mbps em cada par), utilizando cabos 1000Base-TX, o conector da categoria 6 também é projetado para que suporte freqüências mais altas, que na categoria 5e, também são mais caros.

Categoria 7: Os cabos categoria 7, também não tiveram ainda sua norma concluída, mas deverá possuir uma freqüência de até 600 MHz também utilizando cabos 1000Base-TX (padrão *Gigabit Ethernet*) e terão um filme cobrindo cada par e provavelmente uma fita sobre os grupos

de 4 pares para protegê-los contra EMI (Interferência Eletromagnética), e sua velocidade deverá chegar a 1 Gbps, também utiliza conectores projetados para que suporte freqüências mais altas.

Tabela 2.2. Classificação de par trançado de acordo com a categoria [1].

Categoria	Velocidade	Mídia Cabo	Conector	Uso
Categoria 1	Não adequada a LAN			
Categoria 2	Não adequada a LAN			
Categoria 3	Até 10 Mbps	UTP 4 pares 100 Ω	RJ-45 8 fios	10BaseT
Categoria 4	Até 16 Mbps	STP 2 pares 150 Ω	STP-A	10BaseT e Token Ring
Categoria 5	Até 100 Mbps	UTP 4 pares 100 Ω	RJ-45 8 fios	10BaseT, 100BaseT FDDI, ATM, etc
Categoria 5e <i>(enhanced)</i>	Até 100 Mbps	UTP 4 pares 100 Ω	RJ-45 8 fios	10BaseT, 100BaseT, 1000Base(4), ATM, etc

Não foram citados na tabela 2.2 os parâmetros dos cabos categorias 6 e 7, pois suas normas ainda se encontram em vias de finalização junto às entidades mundiais. O que foi citado anteriormente são informações advindas de fabricantes.

Os cabos de categoria 5 são praticamente os únicos que ainda podem ser encontrados à venda, mas em caso de dúvida basta checar as inscrições decalcadas no cabo, entre elas está a categoria do cabo, como na figura 2.20.



Figura 2.20 – Inscrição no cabo par trançado categoria 5 [2].

Independentemente da categoria, todos os cabos de par trançado usam o mesmo conector, chamado RJ-45. Este conector é parecido com os conectores de cabos telefônicos, mas é bem maior por acomodar mais fios. As figuras 2.21 e 2.22 ilustram este conector.



Figura 2.21 - Conector RJ-45 [2].



Figura 2.22 – Tomada RJ-45 [2].

2.3.3 - Confecção dos Cabos de Par Trançado.

Da mesma forma que os conectores BNC usados no cabo coaxial, os fios do cabo par trançado são presos ao conector RJ-45 por pressão. Basta alinhar os fios do pino 1 ao pino 8 do conector de acordo com o padrão a ser utilizado (ilustrado na figura 2.23) e pressionar o conector com o alicate. Não é necessário descascar os fios, pois o próprio conector RJ-45 possui seus pinos em forma de lâmina, descascando automaticamente os fios durante a montagem do cabo.

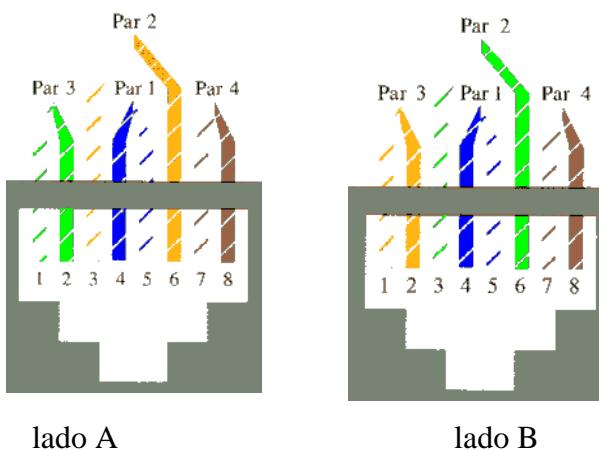


Figura 2.23 - Padrão T568-A (RJ-45) [2].

Para fixar os fios na tomada se usa uma ferramenta de inserção. Como ilustra a figura 2.24.



Figura 2.24 - Ferramenta de inserção [2].

Para crimpar o cabo, usamos um alicate de crimpagem. Após retirar a capa protetora, é necessário tirar as tranças dos cabos e em seguida “arrumá-los” na ordem correta para o tipo de cabo que estiver construindo de acordo com a utilização que será apresentada nos esquemas de pinagem adiante .

O que protege os cabos contra as interferências externas são justamente as tranças. A parte destrançada que entra no conector é o ponto fraco do cabo, onde ele é mais vulnerável a todo tipo de interferência. Por isso, é recomendável deixar um espaço menor possível sem as tranças, se possível menos de 2,5 centímetros.

Para isso, o ideal é que destrance um pedaço suficiente do fio, para ordená-los confortavelmente e depois corte o excesso, deixando apenas os 2 centímetros que entrarão dentro do conector. Como ilustra a figura 2.25.

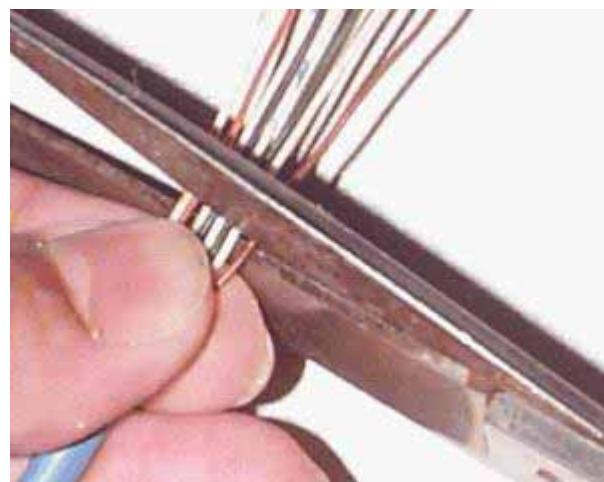


Figura 2.25 – Preparação do cabo UTP para grimpagem [2].

Após organizar, basta colocar os fios dentro do conector e pressioná-lo usando um alicate de grimpagem, devendo ter como resultado, um cabo como o da figura 2.26.

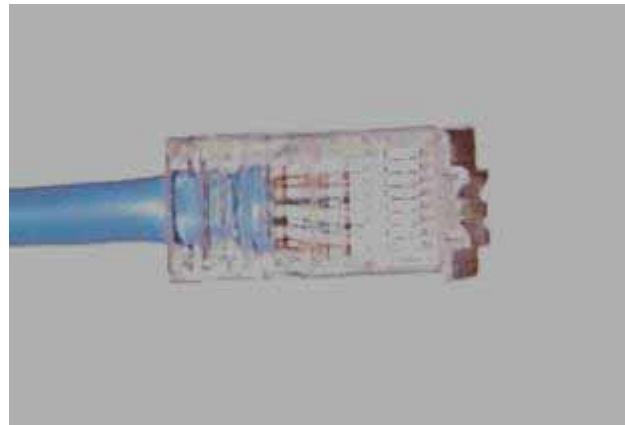


Figura 2.26 – Cabo UTP após grimpagem [2].

A função do alicate é fornecer pressão suficiente para que os pinos do conector RJ-45, que internamente possuem a forma de lâminas, esmaguem os fios do cabo, alcançando o fio de cobre e criando o contato. Deve-se retirar apenas a capa externa do cabo e não descascar individualmente os fios, pois isto ao invés de ajudar, serviria apenas para causar mau contato, deixando o encaixe com os pinos do conector “frouxo”. A figura 2.27 ilustra uma grimpagem.

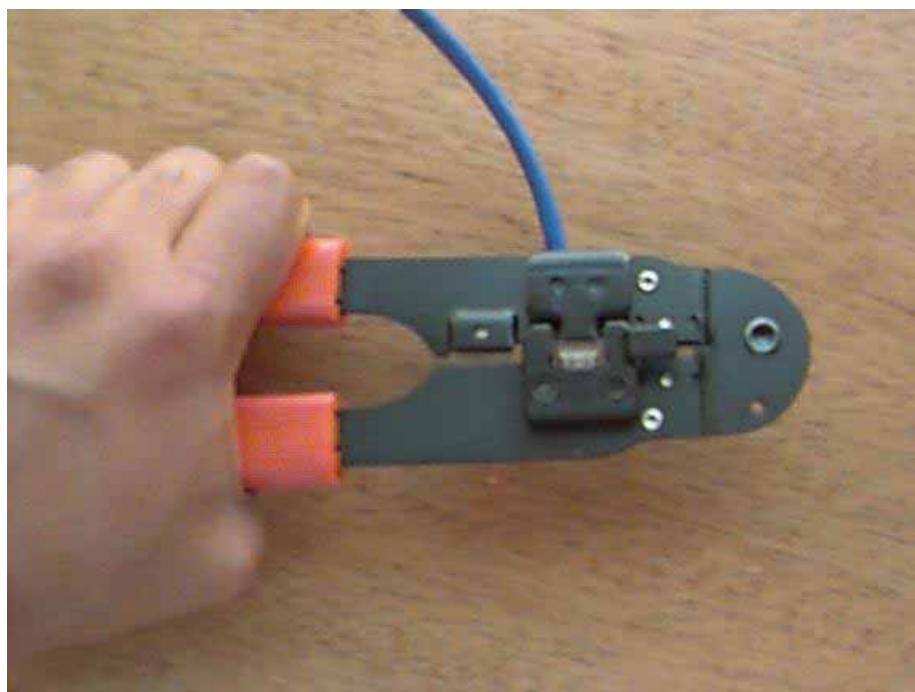


Figura 2.27 – Grimpagem do cabo UTP com conector RJ-45 [2].

Os alicates para grimpar cabos de par trançado são um pouco mais baratos que os usados para grimpar cabos coaxiais.

2.3.4. Esquema de Fiação para Conectores RJ-45.

Existe uma posição certa para os cabos dentro do conector. Note que cada um dos fios do cabo possui uma cor diferente. Metade tem uma cor sólida enquanto a outra metade tem uma cor mesclada com branco. Para criar um cabo destinado a conectar os micros ao *hub* (concentrador), a seqüência tanto no conector do micro quanto no conector do *hub* será como ilustra a figura 2.28.

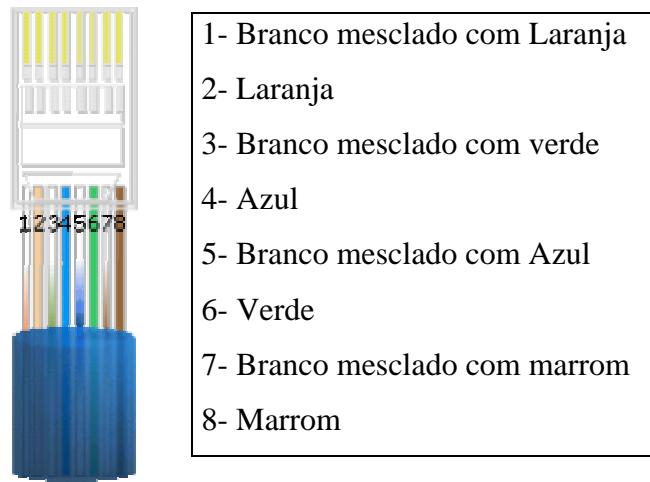


Figura 2.28 – Padrão de Grimpagem cabo UTP - estação/concentrador [2].

É possível também criar um cabo para ligar diretamente dois micros, sem usar um *hub*, chamado de cabo *cross-over*. Logicamente este cabo só poderá ser usado caso a sua rede tenha apenas dois micros. Neste tipo de cabo a posição dos fios é diferente nos dois conectores, de um dos lados a pinagem é a mesma de um cabo de rede normal, enquanto no outro a posição dos pares verde e laranja são trocados. Daí vem o nome *cross-over*, que significa, literalmente, cruzado na ponta. Como ilustram as figuras 2.29 e 2.30.



- Conecotor da esquerda:
- 1- Branco com Laranja
 - 2- Laranja
 - 3- Branco com Verde
 - 4- Azul
 - 5- Branco com Azul
 - 6- Verde
 - 7- Branco com Marrom
 - 8- Marrom

Figura 2.29 – Padrão de Crimpagem do cabo UTP em *cross-over* – lado 1 [2].



- Conecotor da direita:
- 1- Branco com Verde
 - 2- Verde
 - 3- Branco com Laranja
 - 4- Azul
 - 5- Branco com Azul
 - 6- Laranja
 - 7- Branco com Marrom
 - 8- Marrom

Figura 2.30 – Padrão de Crimpagem do cabo UTP em *cross-over* – lado 2 [2].

Existe um teste simples para saber se o cabo foi crimpado corretamente: basta conectar o cabo à placa de rede do micro e ao *hub*. Tanto o *Light Emitting Diode* (LED) da placa quanto o do *hub* deverão acender. Naturalmente, tanto o micro quanto o *hub* deverão estar ligados.

Existem também aparelhos testadores de cabos, que oferecem um diagnóstico muito mais sofisticado, dizendo por exemplo se os cabos são adequados para transmissões a 10 ou a 100 megabits.

Os cabos de rede são um artigo de baixo custo, que representam apenas uma pequena porcentagem do custo total da rede. O único artigo de maior custo é o alicate de grimpagem.

2.3.5. Vantagens do Cabo UTP.

- Não tem blindagem, portanto não necessita de Aterramento;
- Mantém impedância constante de 100Ω sem terminadores;
- Cabo leve, fino, de baixo valor por metro e de conectores (RJ-45) baratos;
- No cabeamento estruturado para o cabo UTP, quando há mal contato ou o cabo é interrompido, apenas um microcomputador para de funcionar, enquanto o resto da rede continua funcionando normalmente;
- Permite taxas de Transmissão da ordem de 250 Mbps por par (cabو UTP cat. 5e). A figura 2.31 ilustra uma interligação com cabo UTP.

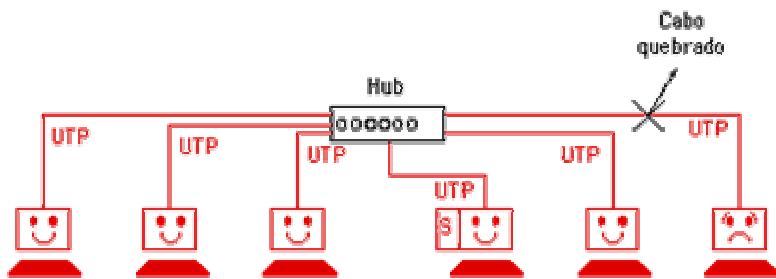


Figura 2.31 - Interligação de terminais utilizando cabo UTP [3].

2.3.6. Comparaçāo entre Cabos: Par Trançado x Coaxial.

Como foi detalhado anteriormente cada uma das categorias de cabos possuem algumas vantagens e desvantagens. Na verdade, o coaxial possui bem mais desvantagens do que vantagens em relação aos cabos de par trançado, o que explica o fato dos cabos coaxiais virem tornando-se cada vez mais raros. Numa comparação direta entre os dois tipos de cabos teremos:

Distância máxima: o cabo coaxial permite uma distância máxima entre os pontos de até 185 metros, enquanto os cabos de par trançado permitem apenas 100 metros.

Resistência a interferências: Os cabos de par trançado sem blindagem são muito mais sensíveis à interferência do que os cabos coaxiais, mas os cabos de pares trançados blindados por sua vez apresentam uma resistência à interferência equivalente ou até superior.

Mau contato: Usando cabo coaxial, a tendência a ter problemas na rede é muito maior, pois este tipo de cabo costuma ser mais suscetível a mau contato do que os cabos de par trançado.

Outra desvantagem é que usando o coaxial, quando temos problemas de mau contato no conector de uma das estações, a rede toda cai, pois as duas “metades” não contam com terminadores nas duas extremidades.

Usando par trançado, por outro lado, apenas o micro problemático ficaria isolado da rede, pois todos os PCs estão ligados ao *hub* e não uns aos outros. Este já é uma argumento forte o suficiente para explicar a predominância das redes com cabo de par trançado.

Custo: Os cabos coaxiais são mais caros que os cabos de par trançado sem blindagem, mas normalmente são mais baratos que os cabos de par trançado blindado. Por outro lado, usando cabos coaxiais você não precisará de um *hub*. Existe *hub* de 8 portas que não é mais um artigo caro como no passado.

Velocidade máxima: Para montar uma rede que permita o tráfego de dados a 100 Mbps, a única opção é usar cabos de par trançado categoria 5, pois os cabos coaxiais são limitados apenas 10 Mbps. Atualmente é complicado até mesmo encontrar placas de rede com conectores para cabo coaxial, pois apenas as placas antigas, ISA de 10 megabits possuem os dois tipos de conector. As placas PCI 10/100 possuem apenas o conector para cabo de par trançado.

2.4. Conclusão.

O cabeamento metálico, como meio de transmissão, é amplamente empregado devido às suas características técnicas que, apesar de inferiores a outras opções (como fibra), atende as necessidades do mercado e tem excelente relação custo/benefício.

Após toda a análise sobre os diversos cabos pode-se concluir que o cabeamento coaxial não é mais utilizado para interconectar computadores em redes. Porém ainda é bastante utilizado em sistemas de *Community Antenna TV* (CATV - TVs a cabo, ou seja, TVs por assinatura) e em CFTV (circuito fechado de TV, ou seja, sistemas de segurança), devido às tecnologias implementadas nestes tipos de aplicações adequarem-se às características deste cabo.

CAPITULO 3 - FIBRA ÓPTICA

3.1. Introdução.

Com o grande crescimento das comunicações ópticas, motivada pela necessidade de aumento da capacidade de tráfego de voz, vídeo e dados em alta velocidade, constantemente depara-se com novos conceitos em tecnologia de fotônica e telecomunicações. Cada vez mais, as fibras ópticas passam para o cotidiano das pessoas. A fibra óptica foi descoberta na década de 70 e utilizada para comunicação somente em 1977 pela GTE e AT&T que quebraram os tabus e usaram cabos ópticos em circuitos telefônicos, dando assim o início a uma nova era. Com este trabalho, pretende-se transmitir conhecimentos a respeito das fibras e cabos ópticos, tentando dar um enfoque mais prático e menos teórico do assunto, visando um melhor compreendimento de um tópico tão importante e atual. Serão observados, ao longo do trabalho, os diversos tipos de fibras e cabos ópticos, as vantagens e desvantagens de suas utilizações, bem como as emendas e conexões feitas nas fibras que, por se tratarem de pontos de concentração de perdas, devem ser feitos com extrema precisão e responsabilidade [4].

3.2. Composição da Fibra Óptica.

Uma fibra óptica é composta basicamente de material dielétrico (em geral sílica), segundo uma longa estrutura cilíndrica, transparente e flexível, de dimensões microscópicas, comparáveis às de um fio de cabelo humano. A estrutura cilíndrica básica da fibra óptica é formada por uma região central, chamada núcleo, envolta por uma camada, também de material dielétrico, chamada casca. Como ilustram as figuras 3.1 e 3.2.

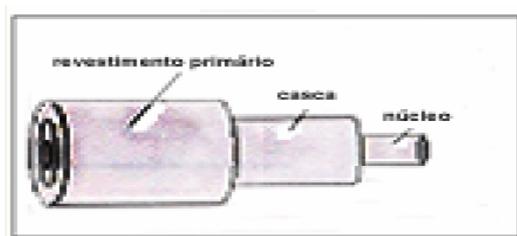


Figura 3.1 - Estrutura básica da fibra óptica [4].



Figura 3.2 - Fibra óptica [12].

- Núcleo: O núcleo é um fino filamento de vidro ou plástico, medido em micrômetro ($1 \mu\text{m} = 0,000001 \text{ m}$), por onde passa a luz. Quanto maior o diâmetro do núcleo mais luz ele pode conduzir. [12]

- Casca: Camada que reveste o núcleo. A composição da casca da fibra óptica, com material de índice de refração ligeiramente inferior ao do núcleo, oferece condições à propagação de energia luminosa através do núcleo da fibra, num processo de reflexão interna total, permitindo assim que a luz chegue ao dispositivo receptor.

- Capa: Camada de plástico que envolve o núcleo e a casca, protegendo-os contra choques mecânicos e excesso de curvatura.

- Fibras de resistência mecânica: São fibras que ajudam a proteger o núcleo contra impactos e tensões excessivas durante a instalação. Geralmente são feitas de um material chamado *kevlar*, o mesmo utilizado em coletes a prova de bala.

- Revestimento externo: É uma capa que recobre o cabo de fibra óptica.

3.3. Principais Vantagens da Fibra Óptica.

- Permitir altíssimas taxas de transmissão, na ordem de Gbps, muito superior aos sistemas de cabos metálicos e também uma capacidade de transmissão potencial, no mínimo, 10.000 vezes superior a sistemas de microondas. Além de suportar um aumento significativo de número de canais de voz e/ou de vídeo num mesmo circuito por possuir uma Banda passante potencialmente enorme na ordem 100 a 1.000 THz. A figura 3.3 ilustra a relação entre a atenuação e a freqüência na fibra óptica.

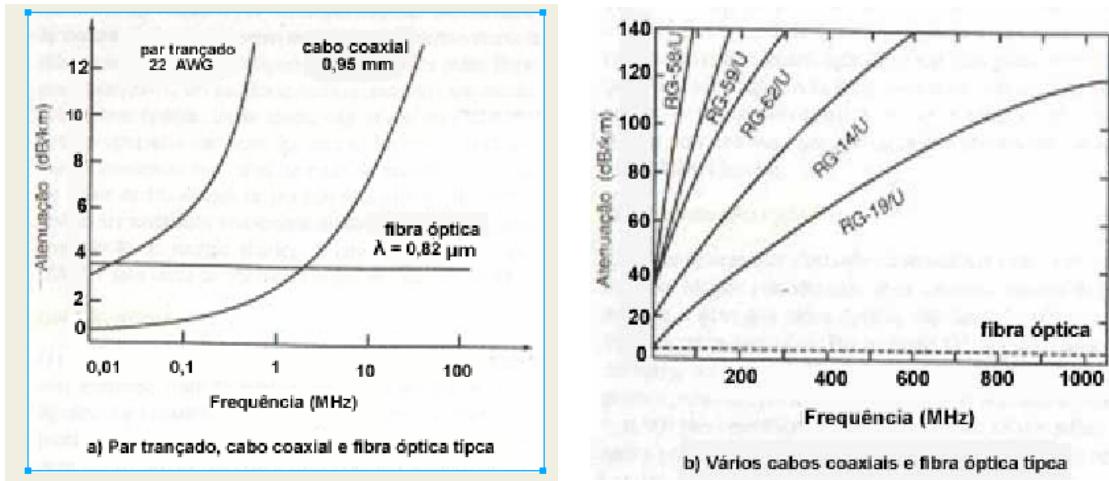


Figura 3.3 - Atenuação versus freqüência [6].

- Total imunidade a interferências eletromagnéticas externas, proporcionando distâncias máximas permitidas maiores do que nos cabos metálicos e podem ser empregadas em lugares com grande taxa de ruído. Por ser isolante, é o meio mais indicado para interligar prédios e sistemas com diferentes aterramentos, o que elimina o problema de condução elétrica entre potenciais diferentes e para sistemas de comunicação em áreas com gases voláteis (usinas petroquímicas, minas de carvão etc.), onde o risco de fogo ou explosão é muito grande. Elimina também o problema de condução de descargas atmosféricas no cabo, aumentando a confiabilidade do sistema, diminuindo o investimento inicial e as despesas de manutenção.
- Apresenta um alto grau de segurança para a informação transportada. Qualquer tentativa de captação de mensagens ao longo de uma fibra é facilmente detectada, pois exige o desvio de uma porção considerável de potência luminosa transmitida utilizadas em sistemas tais como nas aplicações militares, bancárias etc.
- São leves e apresentam dimensões reduzidíssimas. O volume e o peso dos cabos ópticos é muito inferior ao dos cabos convencionais em cobre, para transportar a mesma quantidade de informações, facilitando o manuseio e a instalação dos cabos.
- Ausência de diafonia (linha cruzada): As fibras ópticas não causam interferência entre si, eliminando assim um problema comum enfrentado nos sistemas com cabos convencionais, principalmente nas transmissões em alta freqüência, eliminando necessidade de blindagens que representam parte importante do custo de cabos metálicos.

3.4. Como Funciona a Fibra Óptica.

Um sistema de transmissão óptica é constituído de três componentes: a fonte de luz, o meio de transmissão e o receptor/detector. A fonte de energia luminosa pode ser um laser ou um *Light Emitting Diode* (LED), ou seja, dispositivos que tenham a capacidade de emitir luz. O meio de transmissão é uma fibra ultrafina de vidro ou de sílica fundida, onde o feixe luminoso se propaga. O detector é um fotodíodo, que é capaz de gerar um pulso elétrico quando iluminado por um feixe de luz.

O princípio básico que faz com que esse meio de transmissão transporte a luz é o princípio ótico da Reflexão Interna Total. Quando um raio de luz muda de um meio para outro, uma parte dele é refratada, sempre com um ângulo diferente do ângulo de incidência. Lembrando da Física, o fenômeno da Reflexão Total ocorre quando o feixe de luz vai do material mais refringente para o menos refringente. No caso da fibra, o índice de refração da sílica (“miolo”) é maior que o da camada que o envolve (“casca”).

Observando o comportamento dos raios, vemos que para valores maiores do que um determinado ângulo crítico, a luz é totalmente refletida para o interior da sílica não escapando nada para a casca externa. Dessa forma, um raio que incide com um ângulo pelo menos igual, ou maior, ao ângulo crítico é aprisionado no interior da fibra.

3.5. Tipos de Fibra Óptica.

Basicamente, existem três tipos de fibra óptica: multimodo índice gradual e multimodo índice degrau e monomodo [10]. Como ilustra a figura 3.4.

- **Fibras Multimodo:** São tipos de fibras ópticas com dimensões de núcleo relativamente grandes, permitem a incidência de raios de luz em vários ângulos. São relativamente fáceis de fabricar. As dimensões de uma fibra óptica multimodo são [11]:

- Núcleo: de 50 até 200 μm , comercialmente adota-se o núcleo de 62,5 μm .
- Casca: de 125 até 240 μm , comercialmente adota-se à casca de 125 μm .

Com a relação ao Núcleo, existem dois tipos básicos de perfis de núcleo:

- **Índice degrau:** em que o índice de refração do núcleo é constante. A energia de um impulso luminoso vai distribuir-se por todos os modos. Aqui, a luz pode viajar por diversos

caminhos diferentes que vão se chocando com as paredes internas do cabo ao longo do caminho. Como resultado, o pulso estreito que foi inicialmente transmitido é consideravelmente alargado após viajar muitos quilômetros no interior da fibra chegando com grande defasagem entre si. Este fenômeno limita a aplicação deste tipo de fibra a curtas distâncias e a uma largura de banda de utilização inferior à de outros tipos. Esta fibra utiliza-se normalmente em transmissão de dados [10].

- Índice gradual: Podemos notar que esse tipo de fibra possui o seu núcleo com índice de refração variável (parabólico). Essa variação gradual do índice de refração permite que haja uma redução no alargamento do pulso ótico. Como no modelo anterior, aqui a luz também percorre diversos caminhos diferentes, com a diferença de que nesse caso, eles são de menor ângulo (com índice de refração menor), uma vez que a luz é suavemente curvada ao longo da sua trajetória, chegando bem menos defasados entre si quando comparados com o índice degrau.

A largura de banda utilizável é superior à da fibra de índice degrau. Pode assim ser utilizada em ligações entre centrais telefônicas.

• Fibras monomodo: Neste tipo de fibras o diâmetro do núcleo é tão pequeno que não há mais do que um modo de propagação. Assim sendo, não existe dispersão intermodal. Portanto, não há raios que percorram caminhos diferentes ao longo da trajetória fazendo com que os raios luminosos não cheguem defasados entre si, possibilitando que a luz se propague em linha reta ao longo do cabo. A largura de banda utilizável é maior do que em qualquer dos tipos de fibra multimodo. As fibras monomodo são as mais utilizadas em ligações telefônicas de longa distância, entre outras aplicações.

As dimensões de uma fibra óptica monomodo são [11]:

- Núcleo: típico de $08 \pm 1 \mu\text{m}$ comercialmente adota-se o núcleo de $8 \mu\text{m}$.
- Casca: de 125 até $240 \mu\text{m}$, comercialmente adota-se à casca de $125 \mu\text{m}$.

Dos três tipos de fibra apresentados, a que apresenta maior taxa de transmissão é a fibra monomodo. Isso ocorre em virtude de ela proporcionar o recebimento de um pulso com alargamento mínimo no receptor, além de também apresentar uma atenuação menor. Por esse motivo, essa fibra possui um alcance maior do que as outras duas. Valores médios de comprimento admissível são 2 km e 20 km para fibras multimodo e monomodo, respectivamente [10].

n_1 - índice de refração do núcleo; n_2 - índice de refração do cladding; I_e - Impulso de entrada; I_s - Impulso de saída

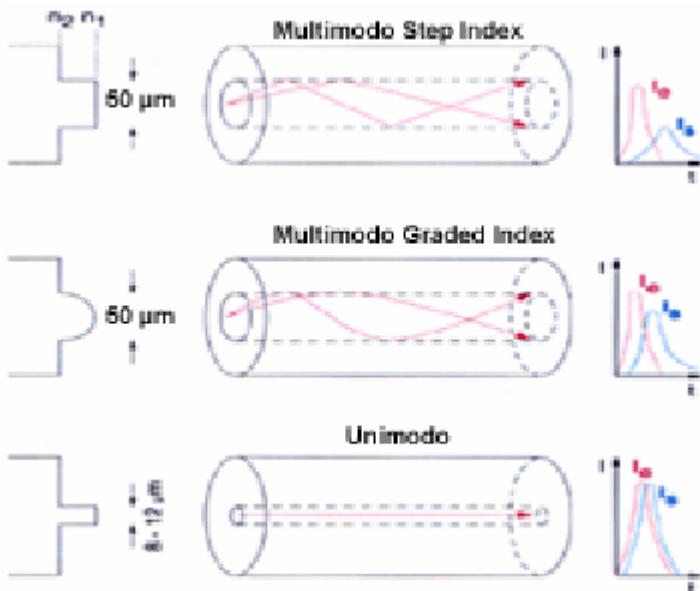


Figura 3.4 - Comparação dos três tipos de fibra óptica [10].

3.6. Cabos de Fibras Ópticas.

A reunião de várias fibras ópticas revestidas de materiais que proporcionam resistência mecânica e proteção contra intempéries denomina-se cabo óptico (ilustrado na figura 3.5). Em nenhuma aplicação as fibras ópticas podem ser utilizadas sem uma proteção adequada, ou seja, em todas as aplicações são utilizados os cabos ópticos. Além disso, os cabos ópticos proporcionam uma facilidade maior de manuseio na instalação, sem o risco de danificar as fibras. Existem vários tipos de cabos ópticos voltados para várias aplicações. A seguir são descritos os tipos, suas características principais e onde são mais utilizadas.

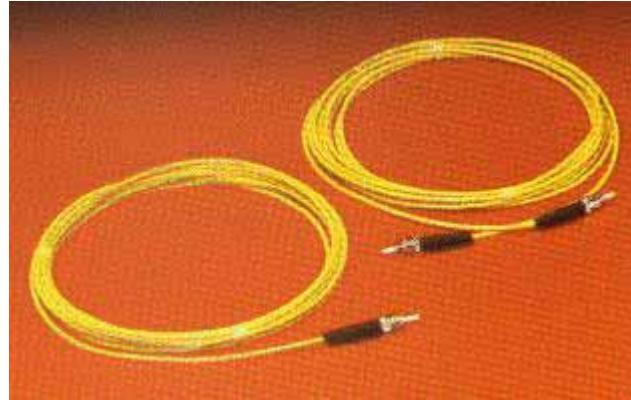


Figura 3.5 - Cabos de Fibras Ópticas [14].

- *Loose*: Os cabos ópticos que possuem esta configuração apresentam as fibras ópticas soltas acondicionadas no interior de um tubo plástico, que proporcionam a primeira proteção às fibras ópticas, como ilustra a figura 3.6. No interior destes tubos plásticos, geralmente é acrescentada geléia sintética de petróleo, que proporciona um melhor preenchimento do tubo e, principalmente, uma grande proteção das fibras ópticas contra umidade e choques mecânicos. Além deste tubo, é introduzido um elemento de tração que, juntamente com o tubo, recebe o revestimento final. Este tipo de cabo é bastante utilizado em instalações externas, aéreas e subterrâneas e principalmente, em sistemas de comunicação a longas distâncias.

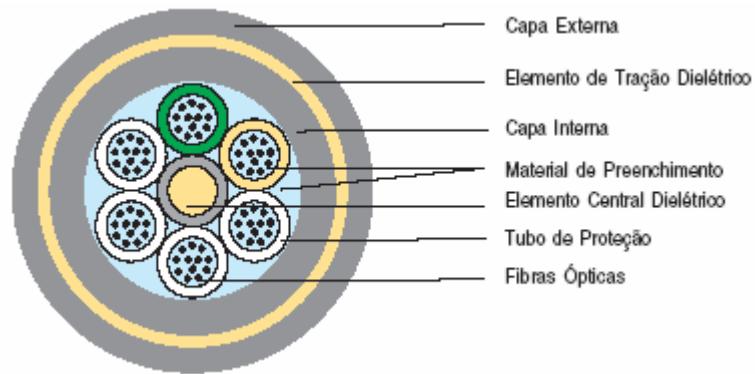


Figura 3.6 - Cabo Óptico *Loose* [16].

- *Tight*: Nos cabos ópticos do tipo *tight* as fibras ópticas recebem um revestimento primário de acrilato e acima dele, outro revestimento de material plástico (revestimento secundário) que irá proporcionar uma proteção maior para as fibras (ilustrado na figura 3.7). Cada fibra óptica com revestimento secundário é denominada de elemento óptico. Os elementos ópticos são reunidos em torno de um elemento de tração que, juntos recebem o revestimento final

resultando no cabo óptico do tipo *tight*. Este cabo foi um dos primeiros a serem utilizados nas redes de telefonia, contudo, atualmente, estes cabos estão sendo utilizados em poucas aplicações onde as suas características demonstram ser bastante favoráveis, como instalações internas de curtas distâncias e onde se faz necessária a conectorização.

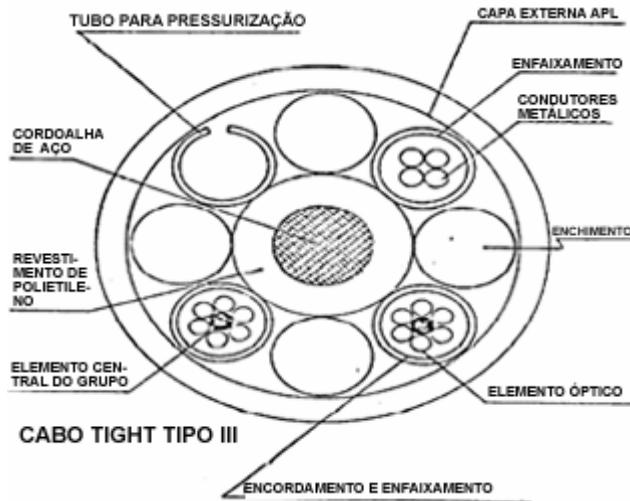


Figura 3.7 - Cabo Óptico *Tight* [15].

- Estrutura Tipo *Groove*: Em uma estrutura tipo *groove* as fibras ópticas são acomodadas soltas em uma estrutura interna. Esta estrutura apresenta ainda um elemento de tração ou elemento tensor incorporada em seu interior, a função básica deste elemento é de dar resistência mecânica ao conjunto. Uma estrutura deste tipo permite um número muito maior de fibras por cabo [7]. Como ilustra a figura 3.8.

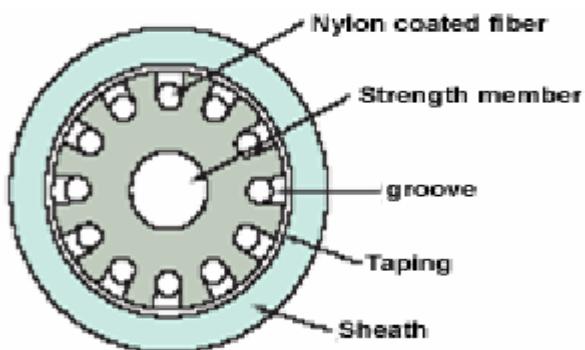


Figura 3.8 - Cabo Óptico *Groove* [18].

- Estrutura Tipo *Ribbon*: Este tipo de estrutura é derivada da estrutura tipo *groove*, aqui as fibras são agrupadas horizontalmente e envolvidas por uma camada de plástico, tornando-se um conjunto compacto. Este conjunto é então empilhado sobre si, formando uma estrutura compacta que é inserida na estrutura *groove*, tornando um cabo com uma grande capacidade, podendo chegar a mais de 3.000 fibras por cabo. A figura 3.9 ilustra a estrutura citada.

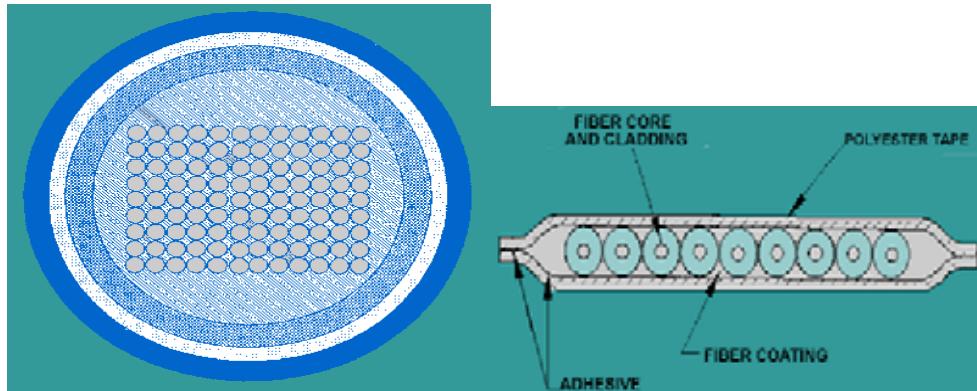


Figura 3.9 - Cabo Óptico *Ribbon* [17].

3.7. Emendas Ópticas.

As emendas surgem da necessidade de dar continuidade a um lance de cabo óptico que esteja sendo instalado ou unir esse cabo a uma extensão óptica dotada de um conector e um rabicho de cabo óptico.

A norma EIA/TIA 568-A especifica ainda que a atenuação máxima de emendas por fusão ou mecânica não pode exceder o valor de 0,3 dB/km.

Existem três tipos de emendas ópticas:

- Emenda por Fusão: as fibras são fundidas entre si. Este processo faz com que a emenda seja quase imperceptível aos olhos, além de ser o processo mais utilizado, pois apresenta os menores níveis de atenuação de emendas;

- Emenda Mecânica: as fibras são unidas por meios mecânicos. Este processo de emenda é bastante utilizado em situações de emergências e em caráter provisório, porém as atenuações são grandes quando comparadas às emendas realizadas através de fusão;

- Emenda por Conectorização: são aplicados conectores ópticos, nas fibras envolvidas na emenda. A conectorização pode ser feita de duas formas, industrialmente ou em campo. O mais recomendado e mais utilizado é o industrial, pois a conectorização é executada através de

equipamentos adequados e sob um ambiente com temperatura controlada, resultando em melhores níveis de atenuação. Portanto, a conectorização em campo é um processo não recomendado, pois está sujeito às condições ambientais do local onde é realizado a conectorização. Na maioria das vezes, as condições ambientais são desfavoráveis, além disso, todo o processo é realizado manualmente, sendo que a qualidade irá depender muito da habilidade da pessoa que estiver responsável, podendo resultar em níveis de atenuação altas. A conectorização é executada em cabos monofibra do tipo *tight* [8]. Como ilustra a figura 3.10.



Figura 3.10 - Emendas e Terminações Ópticas [13].

3.8. Conectores para Fibras Ópticas.

O conector é um dispositivo mecânico utilizado para unir uma fibra a um transmissor, receptor ou até mesmo a outra fibra. Existem vários tipos de conectores ópticos no mercado, cada um voltado a uma aplicação. Os tipos existentes de conectores variam nos formatos e na forma de fixação (encaixe, rosca). Os conectores são todos machos, ou seja, os ferrolhos são estruturas cilíndricas ou cônicas, dependendo do tipo de conector, que são conectados no interior de adaptadores ópticos ou dos orifícios dos detectores dos equipamentos. As características que definem o bom desempenho destes produtos são a perda de retorno e de inserção. Quanto mais alta a perda de retorno e mais baixa a perda de inserção, melhores serão as características ópticas do sistema.

Existem diversos tipos de conectores: *Standard* (ST), STII, FC, SC, *Fiber Distributed Data Interface* (FDDI), ESDON, e SMA. Entre eles, os mais comuns são o ST, FC e SC. A norma recomenda o uso de conectores do tipo SC, sendo que a atenuação por inserção deve ser inferior a 0,75 dB por conector e a perda por retorno deve ser acima de 20 dB para fibras multimodo e 26 dB para fibras monomodo. Os conectores devem ter uma vida útil de 1.000 operações no mínimo, sem alterar suas características de performance.

Os conectores também são responsáveis por perdas na energia luminosa, tanto no envio como na recepção dos sinais, e por esse motivo são contabilizados no cálculo da energia total perdida ao longo da transmissão. Na figura 3.11 são mostrados dois dos principais tipos de conectores.

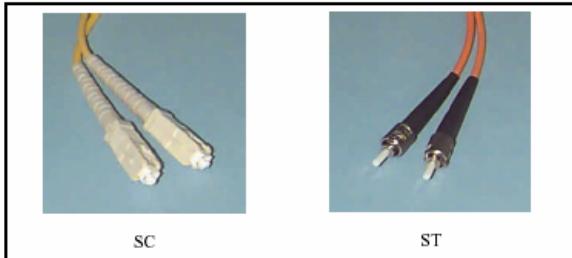


Figura 3.11 - Tipos de conectores para fibra óptica [9].

3.9. Acessórios Ópticos.

Para a instalação de uma rede estruturada, além dos cabos, são necessários os acessórios que complementam a instalação. Estes acessórios podem abranger uma lista de materiais que, dependendo do grau de complexidade da rede a ser instalada, poderá ser simples ou bastante complexa. Em uma rede de cabeamento estruturado é necessário que a mesma apresente características flexíveis, principalmente no que diz respeito às mudanças diversas que ocorrem freqüentemente com qualquer rede e também suporte às inovações tecnológicas a que as redes estão sujeitas.

- Bloqueio Óptico: Este acessório tem a função de acomodar e proteger emendas ópticas de fibras de cabos ópticos.
- DIO (Distribuidor Interno Óptico): Acessório óptico que representa uma solução completa em termos de proteção, acomodação e distribuição das fibras e das emendas de um cabo óptico, proporcionando o que há de mais moderno em terminações ópticas de uma rede de cabeamento estruturado.
- Cordões Ópticos: São cabos *simplex* ou *duplex* do tipo *tight*, dotados de conectores ópticos com comprimentos definidos. Com características de não propagação à chama, estes cordões são indicados para instalações internas em centrais telefônicas, prédios comerciais, industriais ou aplicações onde sejam exigidas segurança à não propagação de fogo.

3.10. Aplicações.

- Cabos submarinos de transmissão a longas distâncias;
- Controle de aviões;
- Conexão entre computadores e periféricos;
- Comunicação por cabo para redes ferroviárias e elétricas;
- Comunicação em televisão a cabo;
- Uso na medicina em:

* Confecção de endoscópios com feixes de Fibras Ópticas para iluminação;

* Uso como ponta de bisturi óptico para cirurgias a laser, como:

- Cirurgias de descolamento de retina;
- Desobstrução de vias aéreas (cirurgias na faringe ou traquéia);
- Desobstrução de vias venosas ("limpeza" de canais arteriais, evitando

pontes de safena);

- Uso odontológico: aplicação de selantes.

* Vantagens do uso das Fibras na medicina:

- Possui o diâmetro pequeno (5 mm);
- Evitam conexões elétricas no paciente;
- São livres de interferências eletromagnéticas;
- Podem ser esterilizadas.

• Fibras Ópticas na Instrumentação: Os sensores a Fibras Ópticas são compactos e apresentam sensitividades comparáveis ou superiores aos similares convencionais. São usadas tanto Fibras monomodo como multimodo. Existem muitos sensores comerciais feitos com Fibras Ópticas, para medição de temperatura, pressão, rotação, sinais acústicos, corrente, fluxo, químicos, etc.

• Uso de Fibras Ópticas em Telecomunicações: Praticamente todas as aplicações de telefonia e CATV (TV a cabo) utilizam a Fibra monomodo em função das maiores taxas de transmissão e menores atenuações do sinal. A Fibra multimodo é usada em sistemas de comunicação como *Local Area Network* (LAN) e *Metropolitan Area Network* (MAN), em campus universitários, hospitais, empresas, etc.

- Circuitos de telefonia interurbanos. Quase todas as cidades, no Brasil, já estão interligadas pelas fibras ópticas.
- Redes de comunicação em ferrovias e metrôs.
- Redes para controle de distribuição de energia elétrica.
- Redes de distribuição de sinais de radiodifusão e televisão.
- Redes de estúdios, cabos de câmeras de televisão.
- Redes industriais, em monitoração e controle de processos.
- Interligação de circuitos dentro de equipamentos.
- Aplicações de controle em geral (fábricas, maquinários).
- Em veículos motorizados, aeronaves, trens e navios.

3.11. Desvantagens.

- **Fragilidade:** O manuseio de uma fibra óptica sem encapsulamento é bem mais delicado que no caso dos suportes metálicos. É preciso ter muito cuidado com as fibras ópticas, pois elas quebram com facilidade.
- **Dificuldade de Conexões:** As pequenas dimensões das fibras ópticas exigem procedimentos e dispositivos de alta precisão na realização das conexões e junções.
- **Acopladores tipo T com perdas muito grandes:** É muito difícil se obter acopladores de derivação tipo T para fibras ópticas com baixo nível de perdas, o que dificulta a utilização de fibras ópticas em sistemas multiponto.
- **Falta de padronização dos componentes ópticos:** A relativa imaturidade e o contínuo avanço tecnológico não tem facilitado o estabelecimento de padrões para os componentes de sistemas de transmissão por fibras ópticas.

3.12. Conclusão.

Vimos que as características especiais das fibras ópticas implicam consideráveis vantagens em relação aos suportes físicos de transmissão convencionais, tais como o par metálico e o cabo coaxial. Dentre essas inúmeras vantagens as mais importantes são permitir altíssimas

taxas de transmissão, na ordem de Gbps, a baixa atenuação, total imunidade a interferências eletromagnéticas externas, proporcionando distâncias máximas permitidas maiores do que nos cabos metálicos, são leves, apresentam dimensões reduzidíssimas em relação aos cabos de cobre e são usadas em banda na ordem de THz.

O cabo de fibra óptica é bastante utilizado, por exemplo, por militares e bancos, pois, na parte de segurança mostra-se que é o meio mais seguro de transmissão da informação utilizada. As poucas desvantagens no uso de fibras ópticas podem, em geral, ser consideradas transitórias, pois resultam principalmente da relativa imaturidade da tecnologia associada, como o alto preço da fibra e outros componentes como conectores e componentes eletrônicos, no alto custo tanto dos cabos quanto das placas de rede e instalação que é mais complicada e exige mais material. Por isso, normalmente se usa cabos de par trançado para fazer a interligação local dos microcomputadores e um cabo de fibra óptica como *backbone*, unindo duas ou mais redes ou mesmo unindo segmentos da mesma rede que estejam distantes.

Além disso, a fibra óptica é um excelente meio de transmissão utilizado em sistemas que exigem alta largura de banda, como na área de Telecomunicações tais como: o sistema telefônico, videoconferência, TV a cabo, etc.

Apesar do cabo de fibra óptica custar 10 vezes mais do que o cabo de cobre, ele transporta 39 mil vezes mais informações, ou seja, apresenta relação custo-benefício 3.900 vezes superior.

Enquanto os fios de cobre transportam elétrons, os cabos de fibra óptica (cabos de fibra de vidro) transportam luz. Dentre as vantagens dos cabos de fibra óptica estão a imunidade total contra a diafonia e contra interferências eletromagnéticas e de radiofrequência. A falta de ruídos internos e externos significa que os sinais têm um alcance maior e se movem mais rápido, além da melhor qualidade, o que proporciona uma velocidade e uma distância maiores do que as obtidas com cabos de cobre. Como não transporta eletricidade, a fibra é o meio mais adequado para conectar prédios com diferentes aterramentos elétricos, além disso, os cabos de fibra não atraem raios como os cabos de cobre. Além disto, cabos ópticos usados em transmissões telefônicas são impossíveis de serem grampeados por curiosos ou por profissionais.

Possui também inúmeras aplicações como na área de Medicina, Controle em aviões, Comunicação por cabo para redes ferroviárias e elétricas, na Instrumentação, em Redes para

controle de distribuição de energia elétrica, Redes industriais, em monitoração e controle de processos e muitas outras.

CAPITULO 4 - WIRELESS LAN (WLAN)

4.1. Introdução.

A tecnologia de redes *wireless* foi desenvolvida no final da 2^a Guerra Mundial (1945), para dificultar que o inimigo interceptasse ou interferisse nas comunicações. Em 1988, a mesma foi liberada para uso não militar, e já vem sendo utilizada em Redes Locais nos EUA a mais de 15 anos.

O mundo está se tornando "sem-fio". As conexões físicas de qualquer tipo de equipamento digital que trabalhe com dados que precisem ser trocados, estão desaparecendo. Há necessidade de tornar essas comunicações sem fio cada vez mais rápidas, e a padronização constante. Assim, partindo dos padrões 802.11, chegamos ao 802.20, que ainda não são bem conhecidos de muitos profissionais das Comunicações.

Com o grande crescimento e avanço tecnológico em Redes de Computadores, é de grande utilidade a implementação de redes locais sem fio, *Wireless Local Area Networks* (WLAN), uma tecnologia que traz flexibilidade e constitui-se como uma extensão ou alternativa às redes convencionais com fio, fornecendo as mesmas funcionalidades, mas de forma flexível, de fácil configuração e com boa conectividade em áreas prediais ou de *campus*. Esta tecnologia minimiza a necessidade de cabos de conexão dos usuários à rede, isto porque não requer conexões físicas permitindo que o usuário se conecte a LAN em qualquer lugar e a qualquer hora com mobilidade dentro da área de cobertura da rede.

A rede WLAN pode ser configurada de várias maneiras e além de redes locais, esta tecnologia pode ser utilizada para acesso a redes metropolitanas *Wireless Metropolitan Area Network* (WMAN).

Porém, tanta flexibilidade e mobilidade resultam em ameaças de *hackers* que utilizando qualquer dispositivo portátil ou *scanners*, podem interceptar dados ou ganhar acesso a LAN.

Este capítulo destina-se a compreensão dos aspectos gerais de uma rede *Wireless*; no qual serão abordados assuntos referentes ao padrão, tais como: Aplicações, Arquitetura, Serviços, Protocolos, e suas funcionalidades.

4.2. Desenvolvimento.

4.2.1. Aplicação.

São várias suas aplicações: *campus* de instituições de ensino, prédios comerciais, *resorts*, aeroportos, condomínios residenciais, medicina móvel no atendimento aos pacientes, transações comerciais e bancárias, reuniões empresariais, teleconferências, etc. Além disso, as WLANs também são empregadas onde não é possível atravessar cabos, como por exemplo, em construções antigas ou tombadas pelo patrimônio histórico.

4.2.2. Benefícios.

- Flexibilidade: A rede fica totalmente livre para futuras expansões ou mudanças de *Layout*;
- Baixo custo a longo prazo: Principalmente em redes que mudam com freqüência;
- Rapidez de instalação: Já que não precisa de passagem de cabos e nem de infraestrutura complexa;

4.2.3. Funcionamento.

Utilizando portadoras de rádio ou infravermelho, as WLANs estabelecem a comunicação de dados entre os pontos da rede. Os dados são modulados na portadora de rádio e transmitidos através de ondas eletromagnéticas [13].

Várias portadoras de rádio podem existir num mesmo meio, sem que uma interfira na outra. Para extrair os dados, o receptor sintoniza numa freqüência específica e rejeita as outras portadoras de freqüências diferentes.

Num ambiente típico, como o mostrado na Figura 4.1, o dispositivo transceptor (transmissor/receptor) ou ponto de acesso (AP - *Access Point*) é conectado a uma rede local *Ethernet* convencional (com fio). Os pontos de acesso não apenas fornecem a comunicação com a rede convencional, como também intermedian o tráfego com os APs vizinhos, num esquema de micro-células com *roaming* semelhante a um sistema de telefonia celular.

Está sendo desenvolvido por um grupo de empresas, o protocolo *Inter-Access Point Protocol* (IAPP), cujo objetivo é garantir a interoperabilidade entre fabricantes fornecendo suporte a *roaming* através das células. O protocolo IAPP define como os pontos de acesso se comunicarão através do *backbone* da rede, controlando os dados de várias estações móveis.

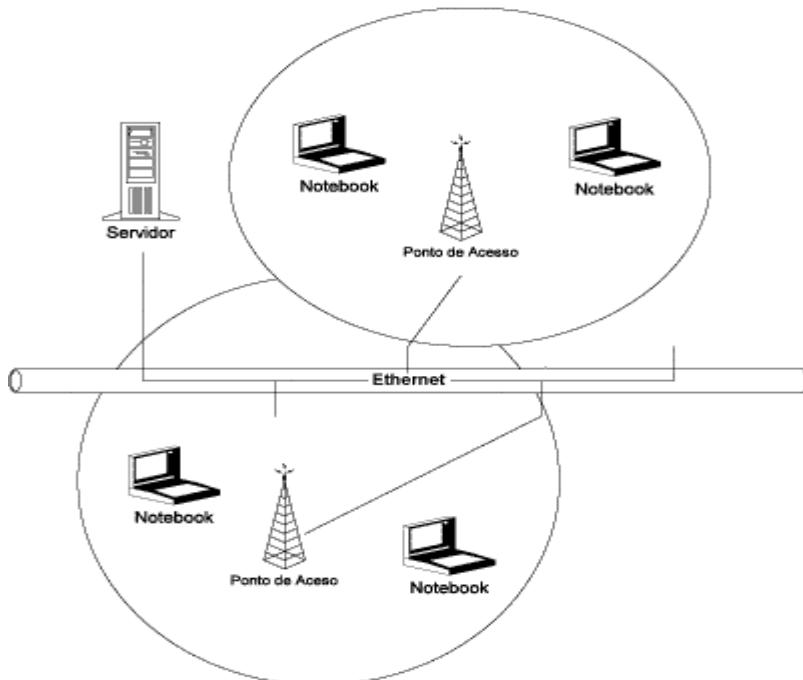


Figura 4.1 - Rede wireless LAN típica [13].

4.2.4. Tipos.

Atualmente a WLAN tem recebido reconhecimentos em diferentes áreas de aplicação. São estas:

Extension LAN: Tem a finalidade de proporcionar a comunicação de rede nos lugares onde ligações de cabos par trançado e novas perfurações para a passagem de fiação elétrica são proibidas, e em pequenos escritórios onde a instalação e manutenção de uma rede fixa é inviável economicamente. Em muitos casos, organizações mantém sua rede fixa para suportar servidores e algumas estações móveis.

Existe um *backbone* LAN fixo, como o *Ethernet*, que suporta servidores, estações, e uma ou mais pontes ou roteadores para conectar-se com outras redes. Além disto, há um módulo

de controle (CM – *Control Module*) que atua como uma interface para redes *wireless LAN*. O módulo de controle inclui tanto funcionalidades de pontes quanto de roteadores para conectar a WLAN (*Wireless LAN*) ao *backbone*. Isto inclui algumas classes lógicas de controle de acesso, tais como cenários *token-passing* ou escuta, para controlar o acesso dos sistemas finais. *Hubs* e outros módulos usuários (UM – *User Module*) que controlam um número de estações de uma LAN fixa podem também fazer parte desta configuração [14].

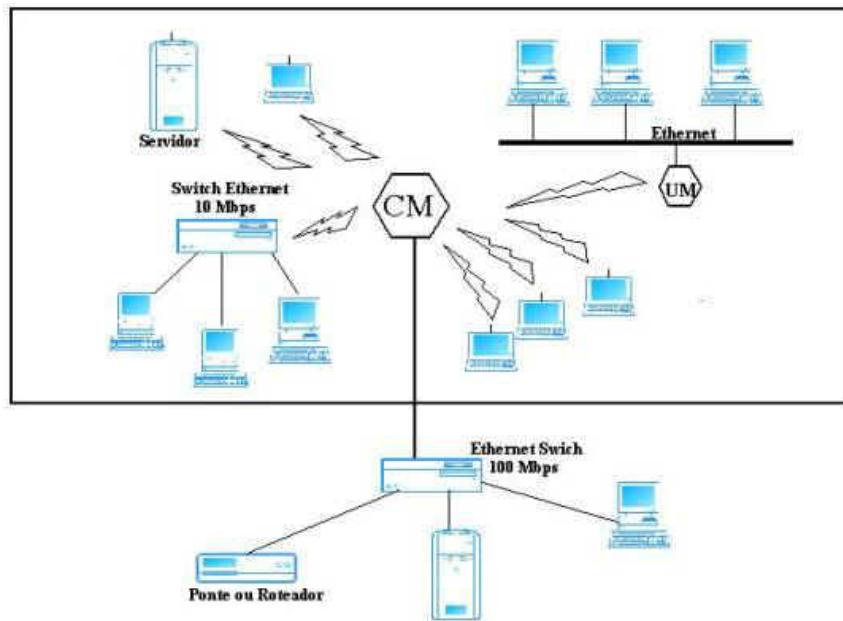


Figura 4.2 - Exemplo de configuração de células simples de uma WLAN [14].

Na configuração da Figura 4.2 todos os sistemas finais *wireless* estão dentro de uma área de um CM simples. Já a configuração da Figura 4.3 é uma WLAN de células múltiplas, onde neste caso, há módulos de controle múltiplo interconectados a LAN fixa. Cada módulo de controle suporta um número de sistemas finais *wireless* dentro de sua área de transição.

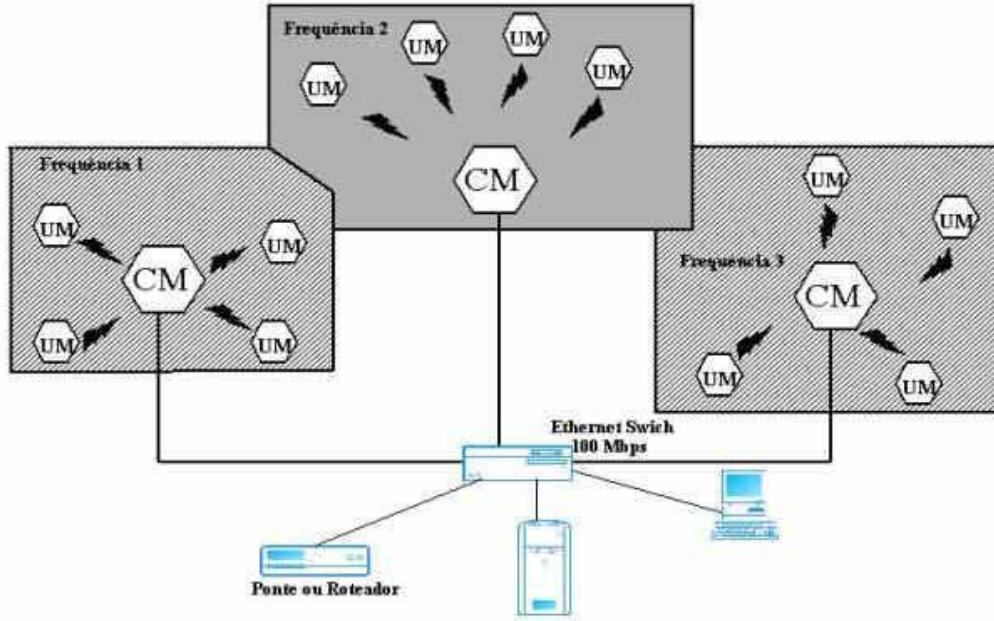


Figura 4.3 - Exemplo de configuração de células múltiplas em WLAN [14].

Cross-Building Interconnect: Outro uso da tecnologia WLAN é conectar as LANs em estruturas próximas, sejam elas LANs fixas ou *wireless*. Neste caso, um enlace ponto-a-ponto *wireless* é utilizado entre duas estruturas. Os dispositivos assim conectados são tipicamente pontes ou roteadores. Esses enlaces ponto-a-ponto simples não são uma LAN por si só, mas é normal incluir esta aplicação ao contexto WLAN.

Acesso Nômade: Acesso nômade provê um enlace *wireless* entre um *hub LAN* e um terminal de dados móveis equipado com uma antena, tais como um computador *laptop* ou um *notepad*. Um exemplo da utilidade de tal conexão é possibilitar que um empregado retornando de uma viagem possa transferir dados de um computador portátil para um servidor no escritório. Acesso nômade é também conveniente em um ambiente estendido tais como, *campus* ou negócios que operam fora de um grupo de estruturas. Em ambos esses casos usuários podem ser capazes de se moverem com seus computadores portáteis e desejar acessar os servidores de uma LAN fixa de vários lugares.

Redes Ad-Hoc: Uma rede *ad-hoc* é uma rede *peer-to-peer* (servidores não centralizados) estabelecida temporariamente para encontrar algumas necessidades imediatas. Por exemplo, um grupo de empregados, cada um com um *laptop* ou *palmtop* podem se reunir em uma sala de

conferência para uma reunião de negócios ou sala de aula. Os empregados conectam seus computadores em uma rede temporária, tempo suficiente para a duração da reunião.

As redes WLAN podem suportar os requisitos para LAN estendida, acesso nômade e WLAN *ad-hoc*. Como ilustra a figura 4.4.

No primeiro caso, a WLAN está configurada no modo infra-estruturada consistindo de uma ou mais células com um módulo de controle para cada, onde dentro de uma célula pode haver um número de estações e sistemas finais móveis. Estações nômades podem se mover de uma célula para outra, em contraste, não há uma infra-estrutura para redes *ad-hoc*. Tanto uma coleção de pontos de estações dentro de uma área quanto outras, podem ser configuradas dinamicamente por si próprio dentro de uma rede temporária.

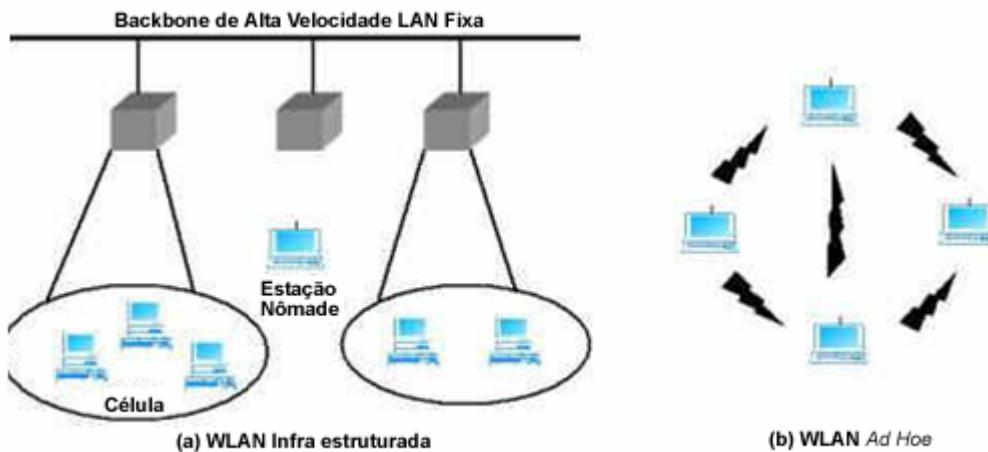


Figura 4.4 - Configurações WLAN [14].

Uma WLAN requer os mesmos requisitos típicos de uma LAN qualquer, incluindo alta capacidade, habilidade de cobertura a curta distâncias, total conectividade entre estações imóveis, e capacidade *broadcast*. Além disso, há um número de requisitos específicos para o ambiente *wireless*. São eles:

Processamento: O protocolo de controle de acesso ao meio deve fazer uso eficiente do meio *wireless* para maximizar a capacidade;

Número de nós: WLANs podem precisar suportar centenas de nós sobre células múltiplas;

Conexão ao *backbone* LAN: Na maioria dos casos, a interconexão das estações com um *backbone* LAN fixo é requerido. Para WLANs infra-estruturadas, isto é facilmente efetuado através do uso módulos de controle que conectam ambos os tipos de rede. Pode também haver a necessidade de acomodação de usuários móveis e redes *wireless ad-hoc*.

Área de serviço: Uma típica área de cobertura para uma WLAN tem um diâmetro de 100 a 300m.

Consumo de energia: dispositivos móveis requerem o uso de baterias. As estações necessitam ter uma bateria com o tempo de vida longo quando adaptadores *wireless* são utilizados. Isto sugere que um protocolo *Medium Access Control* (MAC) que requer que um nó móvel monitore constantemente pontos de acesso ou que este seja encarregado pelos sinais de estabelecimento de comunicação com uma estação base, é inapropriado. Tipicamente, implicações de WLAN têm características que permitem reduzir o consumo de energia enquanto não utilizar a rede, tais como em modo *sleep*.

Segurança e meios de transmissão robustos: a menos que designado propriamente, uma WLAN pode estar propensa a interferências e facilmente a escutas clandestinas. O projeto de uma WLAN deve permitir transmissão confiável, até mesmo em ambientes com ruídos, e devem prover algum nível de segurança contra escutas clandestinas.

Disposição de operações de rede: Com o crescimento da rede WLAN, é bem provável que duas ou mais WLANs operem em uma mesma área ou em alguma área onde interferências entre elas são possíveis. Tais interferências podem impedir a operação normal de um algoritmo MAC e pode permitir acesso não autorizado a uma LAN particular;

Operações sem licença: Usuários preferem comprar e operar produtos WLAN sem ter uma licença segura para a freqüência de banda utilizada pela LAN;

Roaming/Handoff: O protocolo MAC utilizado em redes WLAN deve ativar estações para se moverem de uma célula para outra;

Configurações dinâmicas: O endereçamento MAC e os aspectos de gerenciamento de redes da LAN devem permitir adição automática e dinâmica, eliminação, realocação de sistemas finais sem interrupção de outros usuários.

4.2.5. Tecnologias Empregadas.

Existem várias tecnologias envolvidas nas redes locais sem fio e cada uma tem suas particularidades, suas limitações e suas vantagens. A seguir, são apresentadas algumas das mais empregadas:

Sistemas infravermelhos (IR - *InfraRed*): Para transmitir dados os sistemas infravermelhos utilizam freqüências muito altas, um pouco abaixo da luz visível no espectro eletromagnético. Uma célula individual de uma LAN IR é limitada a uma simples sala, devido à luz infravermelha não penetrar em paredes (objetos opacos). Assim as transmissões por infravermelho ou são diretas ou difusas [13].

Os sistemas infravermelhos diretos de baixo custo fornecem uma distância muito limitada (em torno de 1,5 m). São comumente utilizados em *Personal Area Network* (PAN) como, por exemplo, os *palm pilots*, e ocasionalmente são utilizados em WLANs.

Sistemas de Espalhamento Espectral (SS - *Spread Spectrum*): São os mais utilizados atualmente. Utilizam a técnica com sinais de rádio freqüência de banda larga, provendo maior segurança, integridade e confiabilidade, em troca de um maior consumo de banda. Há dois tipos de tecnologias *Spread Spectrum*: a *Frequency-Hopping Spread Spectrum* (FHSS) e a *Direct-Sequence Spread Spectrum* (DSSS).

Na maioria dos casos, estas LAN são empregadas em áreas médicas, industriais e científicas, estes órgãos não requerem licenças na *Federal Communications Commission* (FCC) Comissão Federal de Comunicações dos EUA para uso nos Estados Unidos. No Brasil, a ANATEL (Agência Nacional de Telecomunicações) é o órgão do Governo Federal responsável pela regulação e controle das freqüências aqui utilizadas e segue as diretrizes e orientações da FCC.

Sistemas Banda Estreita (*Narrowband*): Operam numa freqüência de rádio específica (em freqüência de microondas), mas não utilizam espalhamento espectral, mantendo o sinal de rádio o mais estreito possível o suficiente para passar as informações.

Alguns desses produtos operam em freqüências que requerem licenças do FCC, enquanto outros utilizam bandas não licenciadas Industrial, Médica e Científica (ISM - Industrial Scientific and Medical) [14]. Na tabela 4.1 está a comparação das tecnologias WLAN.

Tabela 4.1. Comparação das tecnologias WLAN [14].

Infraver.	Espalhamento de Espectro			Rádio	
Infraver. Difuso	Raio de Luz Infraver. Direto	Por Salto em Freqüência	Por Seqüênci a Direta	Banda Estreita Microondas	
Taxa de Dados	1 a 4Mbps	1 a 10Mbps	1 a 3Mbps	2 a 20Mbps	10 a 20Mbps
Mobilidade	Móvel/fixo	Fixo com LOS	Móveis	Móvel/fixo	
Área (m)	15 a 60	25	30 a 100	30 a 250	10 a 40
Habilidade de Detecção	Insignificantes	Poucas	Algumas		
Freqüência de Ondas	λ: 800 a 900 nm	902 a 928 MHz 2.4 a 2.4835 GHz 5.725 a 5.85 GHz	902 a 928 MHz 5.2 a 5.775 GHz 18.825 a 19.205 GHz		
Técnica de Modulação	ASK	FSK	QPSK	FS/QPSK	
Potência do rádio	-	<1W	25 mW		
Método de Acesso	CSMA	Token Ring, CSMA	CSMA	Reservas ALOHA, CSMA	
Licença requerida	Não	Não	Sim, menos ISM		

4.2.6. O Padrão 802 LAN.

Uma arquitetura de protocolos LAN trata questões relacionadas à transmissão de blocos de dados sobre a rede. Seguindo o modelo *Open Systems Interconnection* (OSI), protocolos de camadas superiores (acima da camada três) são independentes da arquitetura de rede e são aplicáveis a redes locais, metropolitanas e mundiais. Sendo assim, os protocolos LAN são destinados principalmente a tratar as camadas inferiores do modelo.

A Figura 4.5 ilustra os protocolos LAN para a arquitetura OSI. Esta arquitetura foi desenvolvida pelo comitê IEEE 802 e tem sido adotada por organizações que trabalham em especificações de padrões LAN. Esta normalmente é referenciada como Modelo de Referência IEEE 802.

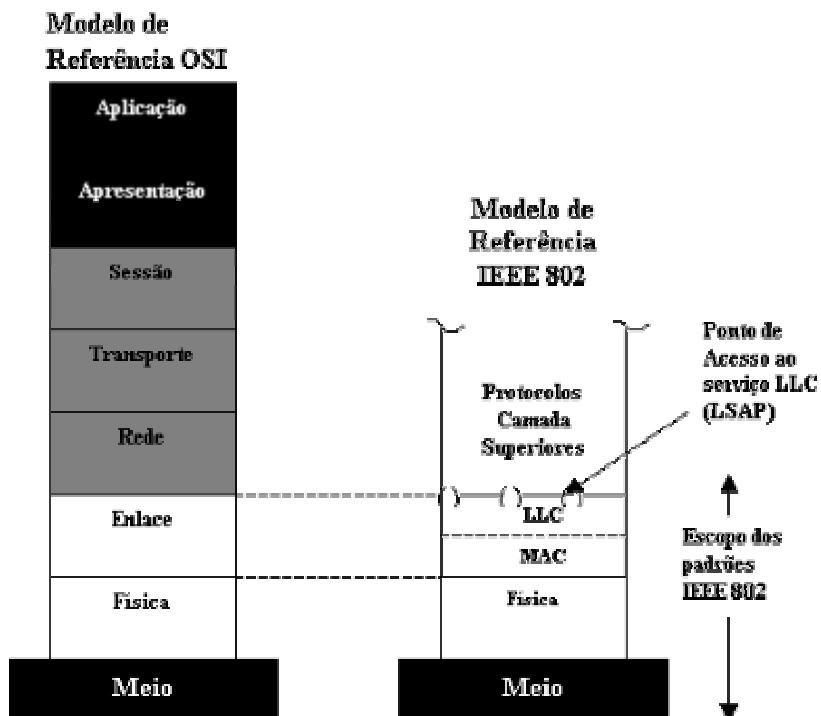


Figura 4.5 - Camadas do protocolo IEEE 802 comparada ao modelo OSI [14].

A camada inferior do modelo de referência 802 corresponde à camada física do modelo OSI e incluem as seguintes funções:

- Codificação/decodificação de sinais;
- Preâmbulo de geração/transferência (para sincronização);
- Transmissão/recepção de bits.

Acima da camada física, estão as funções associadas ao fornecimento de serviços para os usuários LAN, camada de controle de acesso ao meio (MAC - *Medium Access Control*), do qual trata os aspectos de transmissão e recepção de quadros, detecção de erros e controle de acesso ao meio de transmissão, e a camada de enlace lógico (LLC - *Logical Link Control*), que provê acesso às camadas superiores, controle de fluxo e erro. Essas são as funções tipicamente associadas à camada 2 do modelo OSI, do qual foi divida nas camadas citadas acima, MAC e LLC, afim de torná-la modular em relação às diversas formas de acesso ao meio existentes, e consequentemente gerenciável, possibilitando que várias opções MAC sejam providas pelo mesmo LLC.

Os campos que compõe um quadro MAC são: Controle MAC: campo que pode assumir níveis de prioridade, endereço MAC de destino, endereço MAC de origem, dados, campo que verifica redundâncias através do *Cyclic Redundancy Code* (Código de Redundância Cíclica - CRC), detecção de erros. Na maioria dos protocolos de enlace de dados, não somente fazem detecção de erros utilizando CRC, mas também tentam recuperar os quadros com erros e retransmiti-los.

A camada LLC se preocupa com as transmissões de *Protocol Data Unit* (PDU) entre duas estações, sem que haja necessidade de um nó de comutação intermediário.

4.2.7. IEEE 802.11 WLAN.

O grupo de trabalho do Instituto dos Engenheiros Eletricistas e Eletrônicos (IEEE) 802.11 é responsável pela definição do padrão para as redes locais sem fio WLANs.

O padrão proposto especifica três camadas físicas (PHY) e apenas uma subcamada MAC. O projeto (*draft*) provê duas especificações de camadas físicas com opção para rádio, operando na faixa de 2.400 a 2.483,5 MHz (dependendo da regulamentação de cada país), e uma especificação com opção para infravermelho[13].

Espectro Espalhado por Salto em Frequência: Esta camada fornece operação 1 Mbps, com 2 Mbps opcional. A versão de 1 Mbps utiliza dois níveis da Modulação Gaussiana com Chaveamento de Freqüência (*Gaussian Frequency Shift Keying* - GFSK), e a de 2 Mbps utiliza quatro níveis da mesma modulação;

Espectro Espalhado por Seqüência Direta: Esta camada provê operação em ambas as velocidades (1 e 2 Mbps). A versão de 1Mbps utiliza a Modulação Diferencial Binária com Chaveamento de Fase (*Differential Binary Phase Shift Keying* - DBPSK), enquanto que a de 2 Mbps usa Modulação Diferencial em Quadratura com Chaveamento de Fase (*Differential Quadrature Phase Shift Keying* - DQPSK);

Infravermelho: Esta camada fornece operação 1 Mbps, com 2 Mbps opcional. A versão de 1 Mbps usa Modulação por Posição de Pulso (*Pulse Position Modulation* - 16-PPM), e a versão de 2 Mbps utiliza modulação 4-PPM.

No lado da estação, a subcamada MAC fornece os seguintes serviços: autenticação, desautenticação, privacidade e transmissão da *MAC Sublayer Data Unit* (MSDU), e, no lado do sistema de distribuição: associação, desassociação, distribuição, integração e reassociação. As estações podem operar em duas situações distintas:

Configuração Independente: Cada estação se comunica diretamente entre si, sem a necessidade de instalação de infraestrutura. A operação dessa rede é fácil, mas a desvantagem é que a área de cobertura é limitada. Estações com essa configuração estão no serviço *Basic Service Set* (BSS);

Configuração de Infra-estrutura: Cada estação se comunica diretamente com o ponto de acesso que faz parte do sistema de distribuição. Um ponto de acesso serve as estações em um BSS e o conjunto de BBS é chamado de *Extended Service Set* (ESS).

Além dos serviços acima descritos, o padrão ainda oferece as funcionalidades de *roaming* dentro de um ESS e gerenciamento de força elétrica (as estações podem desligar seus *transceivers* para economizar energia). O protocolo da subcamada MAC é o *Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance* (CSMA/CA).

4.2.7.1. Arquitetura e Serviços IEEE 802.11.

O IEEE 802 decidiu em 1990 formar um novo grupo, o IEEE 802.11, dedicado especificamente a WLANs, com prioridade em desenvolver uma especificação para o protocolo MAC e meio físico [14]. Na tabela 4.2 estão as definições das terminologias IEEE 802.11.

Tabela 4.2. Terminologia IEEE 802.11 [14].

Access Point (AP)	Qualquer entidade que tenha funcionalidade de estação e provê acesso ao Sistema de Distribuição via o meio wireless para estações associadas.
Basic Service Set (BSS)	Um grupo de estações controladas por uma função simples de ordenação.
Coordenation Function	A função lógica que determina quando uma estação operando dentro de um BSS é permitido para transmitir e pode ser capaz de receber PDUs.
Distribution System (DS)	Um sistema utilizado para interconectar um grupo de BSSs e integrado a LANs para criar uma ESS.
Estended Service Set (ESS)	Um grupo de um ou mais BSSs interconectados e integrados a LANs que aparecem como um simples BSS para a camada LLC em qualquer estação associada com um desses BSSs.
MAC Protocol data unit (MPDU)	A unidade de dados trocados entre duas entidades MAC utilizando o serviço da camada física.
MAC Service data unit (MSPDU)	Informação que é entregue como uma unidade entre os usuários MAC.
Station	Qualquer dispositivo que contenha uma conformidade MAC e camada física do IEEE 802.11.

4.2.7.1.1. Arquitetura IEEE 802.11.

A menor estrutura de bloco de uma WLAN é um grupo de serviços básicos (BSS – *Basic Service Set*), do qual consiste de alguns números de estações executando o mesmo protocolo MAC e competindo por acesso a um mesmo meio *wireless* compartilhado. Uma BSS pode ser isolada ou pode ser conectada a um *backbone* de Sistema de Distribuição (DS – *Distribuit System*) através de um AP. O AP trabalha como uma ponte (*bridge*). O protocolo MAC pode ser completamente distribuído ou controlado por uma função de coordenação central alojado no ponto de acesso. O BSS geralmente corresponde no que é referido como célula na literatura. O DS pode ser um *switch*, uma rede fixa, ou uma rede *wireless*.

A configuração mais simples é ilustrada na figura 4.3, do qual cada estação pertence a uma simples BSS, isto é, cada estação só atinge a área *wireless* de outras estações que estiverem na mesma área da BSS. É também possível que duas BSSs compartilhem um mesmo espaço geográfico, tornando possível que uma simples estação possa participar em uma ou mais BSS.

Além disso, a associação entre uma estação e um BSS é dinâmica. Estações podem facilmente entrar e sair de uma área.

Um grupo de serviços estendido (ESS – *Extended Service Set*) consiste de duas ou mais BSS conectado por sistemas de distribuição. Tipicamente, sistema de distribuição é um *backbone* LAN fixo que pode ser qualquer comunicação de rede. O ESS aparece como uma LAN de lógica simples para o nível LLC.

A figura 4.6 indica que um AP é implementado como parte de uma estação; o AP é a lógica dentro de uma estação que provê acesso para o DS fornecendo serviços de um DS, e atua como uma estação. Para integrar a arquitetura IEEE 802.11 com uma LAN fixa tradicional, um portal é utilizado. O portal lógico é implementado em um dispositivo, tal como uma ponte ou roteador, que é parte da LAN fixa e que esta vinculada ao DS.

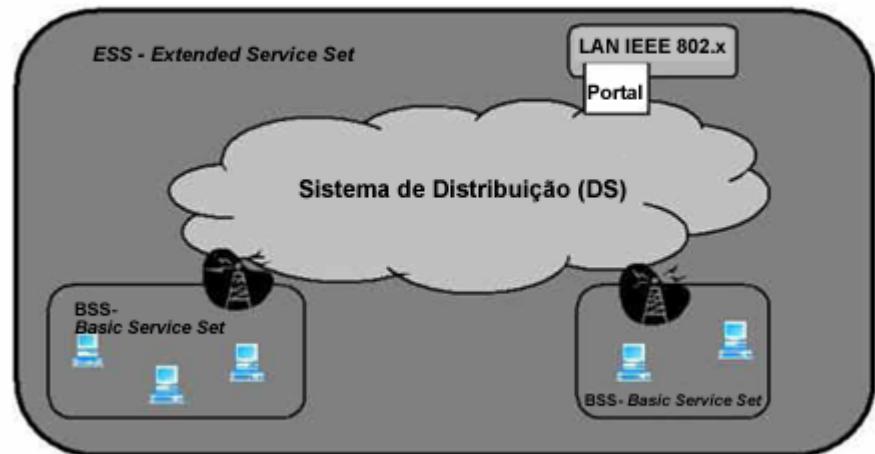


Figura 4.6 - Arquitetura IEEE 802.11 [14].

4.2.7.1.2. Serviços IEEE 802.11.

O IEEE 802.11 define nove serviços que precisam ser providos pela WLAN para fornecer funcionalidades equivalentes as inerentes as LANs fixa. A Tabela 4.3 lista os serviços e indica duas formas de categorizá-las.

Provedor de serviços: um provedor de serviços pode ser uma estação ou um DS. Os serviços de uma estação são implementados em todas as estações 802.11 incluindo estações AP.

Serviços de distribuição são providos entre BSS's; esses serviços podem ser implementados em um AP ou em outros dispositivo com propósitos especiais vinculados ao sistema de distribuição.

Suporte a serviços: Seis serviços são utilizados para controlar acesso e confidencialidade de uma LAN 802.11. Três deles são utilizados para suportar entrega de *Unit Data Service MAC* (MSDU) entre as estações. A MSDU é um dos blocos de dados passados ao usuário MAC para a camada MAC; tipicamente esta é uma PDU LLC. Também, se a MSDU é longa para ser transmitida em um simples quadro MAC, ela pode ser fragmentada e transmitida em uma série de quadros MAC.

Tabela 4.3. Serviços IEEE 802.11 [14].

Serviço	Provedor	Uso suportado
Associação	Sistema de Distribuição	Entrega de MSDU
Autenticação	Estação	Segurança e Acesso a LAN
Desautenticação	Estação	Segurança e Acesso a LAN
Desassociação	Sistema de Distribuição	Entrega de MSDU
Distribuição	Sistema de Distribuição	Entrega de MSDU
Integração	Sistema de Distribuição	Entrega de MSDU
Entrega de MSDU	Estação	Entrega de MSDU
Privacidade	Estação	Segurança e Acesso a LAN
Reassociação	Sistema de Distribuição	Entrega de MSDU

4.2.7.2. Distribuição de Mensagens dentro do DS.

Os dois serviços envolvidos na distribuição de mensagens dentro do DS são:

- **Distribuição:** Serviço primário utilizado para troca de quadros MAC;
- **Integração:** Serviço que ativa a transferência de dados entre uma estação IEEE 802.11 e uma estação IEEE 802.x.

4.2.7.3. Serviço de Associação Relatado.

O propósito primário da camada MAC é transferir MSDUs entre entidades MAC; este propósito é cumprido pelo DS. Para este serviço funcionar, ele requer informações sobre estações dentro do ESS que é fornecido pelo serviço de associação relatado. Antes de o DS entregar ou

aceitar dados de uma estação, esta estação deve estar associada. O conceito de associação pode ser melhor compreendido se estudarmos os conceitos de mobilidade descritos abaixo:

- Sem transição: tipo de estação que pode ser móvel, ou mover-se somente dentro de uma área de comunicação das estações de um BSS simples.

- Transição de BSS: estações de uma BSS se movendo para outro BSS dentro de um mesmo ESS. Neste caso, a entrega de dados da estação requer capacidades de endereçamento que possam descobrir a nova localização da estação.

- Transição de ESS: uma estação de uma BSS que pertence a um ESS movendo-se a uma BSS de outra ESS. Este caso é suportado somente no sentido de que aquela estação pode se mover. Controle de conexões das camadas superiores suportadas pelo 802.11 não podem ser garantidas. De fato, é provável que interrupções de serviços ocorram.

Para entregar uma mensagem dentro de um DS, o serviço de distribuição necessita saber onde a estação destino está alocada. Especificamente, o DS precisa saber a identidade do AP pelo qual a mensagem deverá ser entregue a fim de alcançar a estação destino. Para reunir tais requisitos, uma estação deve manter uma associação com o AP dentro de sua BSS em uso.

Os termos Associação, reassociação e desassociação, como comentados anteriormente, são utilizados para que uma conexão entre duas estações seja estabelecida. A Associação é inicialmente estabelecida entre uma estação e o AP, antes que ela possa transferir e receber quadros sobre a rede WLAN, desta forma, sua identidade e endereço tornam-se conhecidos. Ou seja, ao completar uma associação junto ao AP de uma BSS, este AP passa informações da estação a outros APs dentro de um ESS para facilitar o roteamento e entrega de quadros endereçados a ela. A reassociação possibilita que uma associação estabelecida seja transferida de um AP a outro, permitindo que uma estação móvel de um BSS passe para outro. Para a desassociação, uma notificação de que uma estação ou um AP do qual possui uma associação, deve ser realizada para informar que a associação foi terminada. No caso, a estação daria a notificação antes de deixar um ESS ou de executar um *shutting down*.

4.2.7.4. Serviços de Acesso e Privacidade.

O IEEE 802.11 definiu três serviços que provêem uma WLAN com essas características:

Autenticação: é o serviço que verifica se uma estação está autorizada a se comunicar com outra estação em uma dada área de cobertura e para estabelecerem suas identidades com as estações que elas desejam se comunicar. O IEEE 802.11 requer autenticação mútua, autenticação bem sucedida antes que uma estação possa estabelecer uma associação com um AP.

Desautenticação: Este serviço é invocado quando uma autenticação existente é finalizada.

Privacidade: Usada para prevenir que os conteúdos das mensagens sejam lidos por outros receptores. O padrão provê, para uso opcional, a criptografia para assegurar a privacidade. O algoritmo especificado no padrão é o *Wired Equivalent Protocol* (WEP).

4.2.7.5. Controle de Acesso ao Meio IEEE 802.11.

A camada MAC 802.11 cobre três áreas funcionais: entrega de dados com confiabilidade, controle de acesso, e segurança.

Entrega de dados com confiabilidade: Assim como qualquer rede *wireless*, a WLAN utilizando a camada física e MAC do IEEE 802.11 está sujeito a considerações não confiáveis. Ruídos, interferências, e outros efeitos de propagação resultam na perda de um número significante de quadros. Mesmo com códigos de correção de erro, um número de quadros MAC pode não ser recebido com sucesso.

O mecanismo de transferência de dados básico em 802.11 envolve uma troca de dois dados. Para favorecer o aumento da confiabilidade, uma troca de quatro quadros pode ser utilizada. Assim, a fonte primeiro emite um quadro de requisição de envio (RTS – *Request to Send*) ao destino. O destino então, responde com um quadro de pronto para envio pronto para enviar (CTS – *Clear to Send*). Depois de receber o CTS, a fonte transmite o quadro de dados, e o destino responde com um *Acknowledgment* (ACK). O RTS alerta todas as estações, que estão dentro de uma área de recepção da fonte, que uma troca de quadros está acontecendo; essas estações retêm suas transmissões a fim de evitar uma colisão entre os quadros transmitidos ao mesmo tempo. Similarmente, o CTS alerta todas as estações que estão dentro de uma área de recepção do destino, que uma troca de quadros está acontecendo. A utilização da troca de RTS/CTS é uma função requerida pela camada MAC, mas pode ser desabilitada.

Controle de acesso: Na subcamada inferior da camada MAC está o *Distributed Coordination Function* (DCF), que utiliza um algoritmo de contenção para prover acesso a todos os tráfegos, geralmente tráfegos assíncronos utilizam o DCF diretamente. O *Point Coordination Function* (PCF) é um algoritmo MAC centralizado utilizado para prover serviços livre de contenção, e está construído sob o DCF para garantir acesso aos seus usuários. A figura 4.7 ilustra a arquitetura do protocolo 802.11.

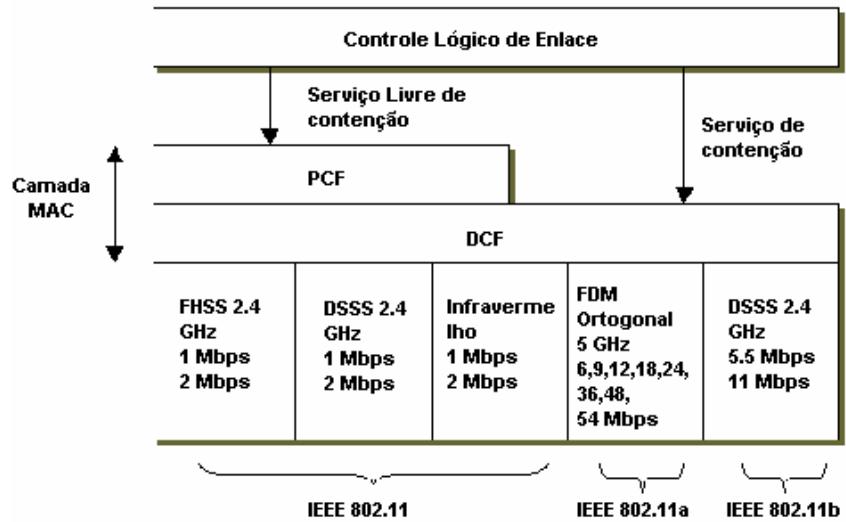


Figura 4.7 - Arquitetura do protocolo 802.11 [14].

O DCF utiliza o algoritmo CSMA, onde a estação que deseja transmitir, ela primeiro escuta o meio, se o meio estiver ocioso ela pode transmitir, caso contrário, ela deve esperar até que a transmissão atual seja completada para transmitir. Este não inclui mecanismos de detecção de colisões, como o *Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection* (CSMA/CD), pois a área de sinais sobre o meio é muito grande, assim uma estação de transmissão não pode distinguir efetivamente sinais fracos de ruídos e os seus próprios efeitos transmissões.

Para garantir funcionalidades regulares e satisfatórias do algoritmo, o DCF inclui um cenário de atrasos que atinge um quadro de prioridades. Utilizando o *InterFrame Space* (IFS), um simples atraso conhecido, as regras para acesso CSMA, são as seguintes:

Uma estação que deseja transmitir verifica-se se o meio está ocioso. Caso ele esteja, é necessário esperar para ver se o meio permanece ocioso em um tempo igual ao IFS, se isto ocorre, então a estação pode começar a transmitir.

Se o meio estiver ocupado, ou se ficou ocupado durante o tempo ocioso IFS, a estação deve adiar transmissão e continuar a monitorar o meio até que a transmissão atual tenha terminado.

Uma vez que a transmissão atual tenha sido finalizada, a estação atrasa outro IFS. Se o meio permanecer ocioso neste período, a estação recua uma quantidade de tempo e novamente volta a escutar o meio. Se ele ainda estiver ocioso, a estação pode transmitir. Durante o tempo de *backoff*, se o meio tornar-se ocupado, o tempo de *backoff* é parado e finalizado quando o meio se tornar ocioso.

Backoff é um algoritmo do qual quando uma estação tenta transmitir repetidamente na fase de colisão, logo após cada colisão, o valor médio do atraso randômico é dobrado. *Backoff* exponencial provê uma média de manipulação de carga pesada. As tentativas de transmissão repetitivas fracassadas resultam em um aumento do tempo de *backoff*, tornando-o ainda mais longo, ou seja, o tempo de *backoff* aumenta a cada nova tentativa de transmissão que falhou, ajudando a diminuir a carga. Sem o algoritmo de *backoff*, duas ou mais estações que desejam transmitir ao mesmo tempo causará colisões, isto fará com que essas mesmas estações façam tentativas de retransmissão, o que ocasionará em novas colisões.

Um quadro DCF utiliza três valores para prover acesso baseado em prioridade, são eles:

SIFS (*Short IFS*): menor IFS, usado para responder todas as ações imediatas;

PIFS (*Point Coordination Function IFS*): IFS de tamanho médio, utilizado pelo controlador central quando estiver realizando buscas;

DIFS (*Distributed Coordination Function IFS*): maior IFS, utilizado como atraso mínimo para quadros assíncronos disputando acesso.

O quadro MAC:

2	2	6	6	2	6	0 a 2312	4
FC	D/I	Endereço	Endereço	SC	Endereço	Dados	CRC

FC = Controle de Quadro

D/I = ID duração/conexão

SC = Controle de seqüência

(a) Quadro MAC

Protocol Version	Type	Subtype	To DS	From DS	MF	RT	PM	MD	W	O
------------------	------	---------	-------	---------	----	----	----	----	---	---

DS = Sistema de distribuição

MD = Mais dados

MF = Mais fragmentos

W = Wired Equivalent Privat bit

RT = Retorno

O = Ordem

PM = Gerenciamento de energia

(b) Campos de Controle do Quadro

Figura 4.8 - Formato do quadro MAC IEEE 802.11 [14].

Considerações de segurança: O IEEE 802.11 provê ambos os mecanismos: privacidade e autenticação.

4.2.7.6. O Algoritmo WEP.

O método de criptografia conhecido como *Wireless Equivalent Privacy* (WEP) se destina a fornecer às redes sem fio o mesmo nível de segurança das redes convencionais.

Com a WLAN, escutas clandestinas é a maior preocupação devido à possibilidade de captura de uma transmissão. O IEEE incorporou o WEP para prover um nível de segurança modesto, a fim de prover a privacidade, como a integridade dos dados, utilizando um algoritmo de criptografia baseado no algoritmo RC4. Como ilustra a figura 4.9.

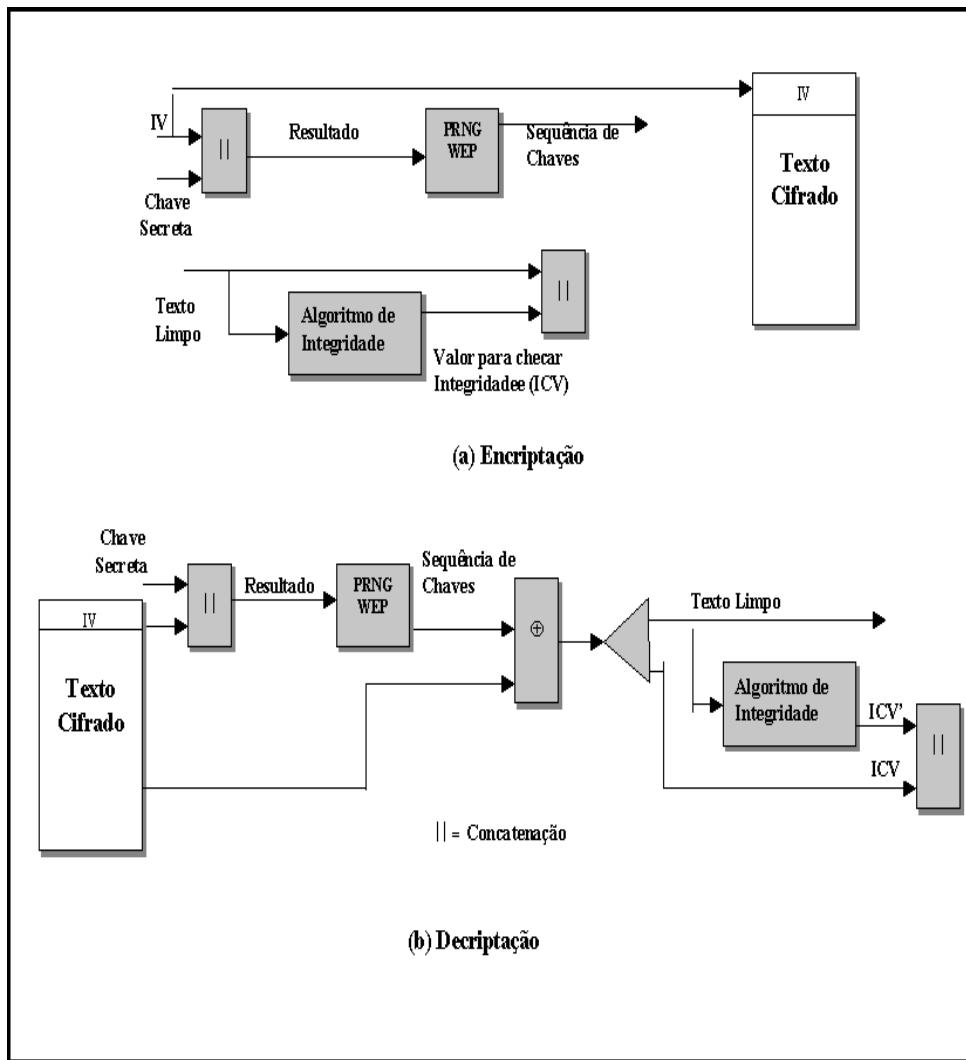


Figura 4.9 - Diagrama do bloco WEP [14].

4.2.7.7. Autenticação.

O IEEE 802.11 provê dois mecanismos de autenticação: Sistema aberto e chave compartilhada.

A autenticação por sistemas abertos simplesmente provê uma forma para que duas entidades concordem em trocar dados sem os benefícios de segurança.

A autenticação por chave compartilhada requer que as duas entidades compartilhem uma mesma chave. Esta chave é utilizada para garantir que ambos os lados sejam autenticados umas pelas outras.

4.2.7.8. Camada Física IEEE 802.11.

A camada física foi desenvolvida em três estágios: a primeira parte foi desenvolvida em 1997 e as duas partes restante em 1999.

A primeira parte, simplesmente chamada IEEE 802.11, inclui camada MAC e três especificações da camada física, duas utilizando banda de 2.4 Ghz e uma utilizando a transmissão em infravermelho, e todas operando em 1 e 2 Mbps. O IEEE 802.11a opera em uma banda de 5 Ghz, com taxa de dados acima de 54 Mbps. O IEEE 802.11b opera numa banda de 2.4 Ghz e de 5.5 a 11 Mbps.

Três meios físicos são definidos na camada física no padrão original 802.11:

Direct-sequence spread spectrum e *Frequency-hopping spread spectrum*: operando na banda ISM de 2.4 Ghz, e taxa de dados de 1 a 2 Mbps.

Infrared: operando em comprimentos de ondas de 850 e 950 nm e taxa de dados de 1 a 2 Mbps.

4.2.7.8.1. Espalhamento Espectral por Seqüência Direta.

Acima de sete canais, cada um com taxa de dados de um a 2 Mbps, podem ser utilizados no sistema DS-SS. O número de canais disponíveis depende do tamanho de banda alocado pelas várias agências autorizadas nacionais. Esta estende treze dos canais na maioria dos países Europeus e apenas um canal no Japão. Cada canal tem um tamanho de banda de 5 Mhz. O quadro de codificação que é utilizado é DBPSK para taxa de dados de 1 Mbps e DQPSK para taxas de 2 Mbps.

4.2.7.8.2. Espalhamento Espectral com Salto de Freqüência.

Um sistema FH-SS toma uso de canais múltiplos, com o salto de sinais de um canal para outro baseado na seqüência de *pseudonoise*. No caso do quadro IEEE 802.11, canais de 1 MHz são utilizados. O número de canais disponíveis estende vinte três dos canais no Japão, pelo menos setenta nos Estados Unidos e Brasil.

Os detalhes do quadro de saltos são ajustáveis. Por exemplo, a taxa de saltos mínimo para os Estados Unidos é de 2.5 saltos por segundos, e a distância de saltos mínima é de 6Mhz na América do Norte e na maioria dos países Europeus e 5 Mhz no Japão.

Para modulação, o quadro FH-SS utiliza dois níveis Gaussian FSK para o sistema de 1 Mbps. Os *bits* zero e um são codificados como desvio da freqüência da portadora atual. Para 2 Mbps, quatro níveis GFSK são utilizados, no qual quatro diferentes variações do centro de freqüência definem as quatro combinações de dois *bits*.

4.2.7.8.3. Infravermelho.

O quadro IEEE 802.11 é unidirecional semelhante ao ponto-a-ponto. Uma área acima de 20 m é possível. O quadro de modulação para taxa de dados de 1 Mbps é conhecida como *Pulse Position Modulation* (PPM). Neste quadro, cada grupo de dados de quatro *bits* é mapeado dentro de um dos símbolos de 16-PPM. Cada símbolo é uma *string* de 16 *bits*. Cada *string* de 16 *bits* consiste de quinze 0s e um binário 1. Para taxa de dados de 2 Mbps, cada grupo de dados de 2 *bits* é mapeado dentro de uma das quatro seqüências de 4 *bits*. Cada seqüência consiste de três 0s e um binário 1. As transformações atuais utilizam um quadro de modulação de intensidade, no qual a presença de um sinal corresponde ao binário 1 e a ausência de um sinal corresponde ao binário 0.

4.2.7.9. IEEE 802.11a.

O IEEE 802.11a não utiliza quadro *spread spectrum*, mas, melhor utiliza *Orthogonal Frequency Division Multiplexing* (OFDM), também chamado como modulador multiportadora, de sinais de diferentes freqüências para enviar *bits* sobre cada canal. Este é similar ao *Frequency Division Multiplexing* (FDM). Entretanto, no caso de OFDM, todos os subcanais são dedicados para uma fonte de dados.

As taxas de dados possíveis para esta especificação são 6, 9, 12, 18, 24, 36, 48 e 54 Mbps. O sistema utiliza acima de 52 subportadores que são modulados utilizando BPSK, QPSK, 16QAM, ou 64QAM, dependendo das taxas requeridas. Um código de convolução com taxa de $\frac{1}{2}$, $\frac{2}{3}$, ou $\frac{3}{4}$, provê correção de erros avançado.

4.2.7.10. IEEE 802.11b.

O IEEE 802.11b é uma extensão do quadro DS-SS 802.11, fornecendo taxas de dados de 5.5 a 11 Mbps. A taxa de corte é de 11 Mhz, do qual é a mesma utilizada pelo quadro original DS-SS, deste modo, provê o mesmo tamanho de banda ocupante. Para alcançar taxas de dados altas no mesmo tamanho de banda da mesma taxa de corte, o quadro de modulação conhecido como *Complementary Code Keying* (CCK) é utilizado.

O quadro de modulação CCK é completamente complexo e não é examinado em detalhes aqui. Neste, a entrada de dados são negociados em blocos de oito *bits* de uma taxa de 1.375 Mhz ($8 \text{ bits/símbolos} \times 1.375 \text{ MHz} = 11 \text{ Mbps}$). Seis desses *bits* são mapeados dentro de uma sequência de códigos baseada no uso da *matrix Walsh*. A saída deste mapeamento, mais os dois *bits* adicionais, geram os dados de entrada para um modulador QPSK.

4.2.8. IEEE 802.16 Worldwide Interoperability for Microwave Access Forum (WiMAX).

WiMAX é uma organização sem finalidades lucrativas formada pelos fabricantes de componentes e equipamentos para a adoção dos padrões IEEE 802.16 em seus produtos.

O padrão 802.16 define a interface aérea *Wireless MAN* (WMAN) para as Redes de Área Metropolitanas *Wireless* (MANs), definindo um protocolo do tipo ponto-para-multiponto. Essa tecnologia é projetada para fornecer conexões de banda larga para “última milha” em áreas metropolitanas, proporcionando desempenho equivalente ao de cabos tradicionais, DSL ou T1.

Esfocando-se para trazer interoperabilidade entre os equipamentos de acesso em banda larga, a WiMAX estabelece um grupo de itens, denominados “System Profiles” que todos os equipamentos devem satisfazer. Esses itens são os requisitos que tornam os equipamentos interoperantes, mesmo vindo de outros fabricantes.

O *System Profiles* determina as faixas de freqüências para os produtos de uma certa região, por exemplo, garantindo que todos eles possam se comunicar.

Através do padrão 802.16, uma MAN *wireless* possibilita que prédios acessem a rede através de antenas externas com estações rádio base central e oferece também uma alternativa para redes de acessos de cabos, tais como *links* de fibras óticas, sistemas coaxiais utilizando *cable*

modems, e *links* de acesso de banda larga *Asymmetric Digital Subscriber Line* (ADSL). Como os sistemas wireless de banda larga têm a capacidade de conectar grandes áreas geográficas sem a necessidade de se investir em uma infra-estrutura de alto custo, a tecnologia de WiMAX pode permitir implantações de *Broadband Wireless Access* (BWA) de menores custos e desta forma levar a conveniência da mobilidade e da banda larga para um grande número de pessoas.

4.2.8.1. Introdução do Sistema WiMAX.

Sua faixa de freqüência está entre dez e 66 GHz e suporta níveis de tráfego continuamente variáveis licenciado nas múltiplas freqüências (por exemplo, 10.5, 25, 26, 31, 38 e 39 GHz) para comunicações nos dois sentidos, as chamadas comunicações *duplex*. Ele permite a interoperabilidade entre dispositivos, assim os clientes podem usar produtos de múltiplos provedores autorizando assim a disponibilidade do equipamento a um custo mais baixo. O aditivo do padrão da região de freqüência de 2,0 – 6,0 GHz suporta ambos tipos de freqüências: licenciada e não licenciada.

O padrão 802.16a, que foi concluída em 2003, passou a focar as aplicações sem linha de visada, dentro das faixas de freqüência entre 1 GHZ e 11 GHZ, considerando também os aspectos de interoperabilidade com o padrão 802.11. Na tabela 4.4 estão descritas as especificações do IEEE para a WMAN.

Tabela 4.4. A evolução das especificações do IEEE para a wireless MAN [21].

IEEE 802.16 Dezembro de 2001	IEEE 802.16c Dezembro de 2002	IEEE 802.16a Janeiro de 2003	IEEE 802.16d 1º Trimestre de 2004 WIMAX	IEEE 802.16e 4º Trimestre de 2004
10 – 66 GHz Linha de visada Até 34 Mbps (canalização de 28 MHz)	Interoperabilidade	1 – 11 GHZ Sem linha de visada Até 75 Mbps (canalização de 20 MHz)	Modificações na 802.16a e interoperabilidade	Mobilidade Nomândica 802.11/16

A figura 4.10 apresenta o posicionamento de cada um dos padrões de acesso *wireless*, mostrando do lado esquerdo o padrão IEEE e do lado direito o padrão *European Telecommunications Standards Institute* (ETSI) equivalente.

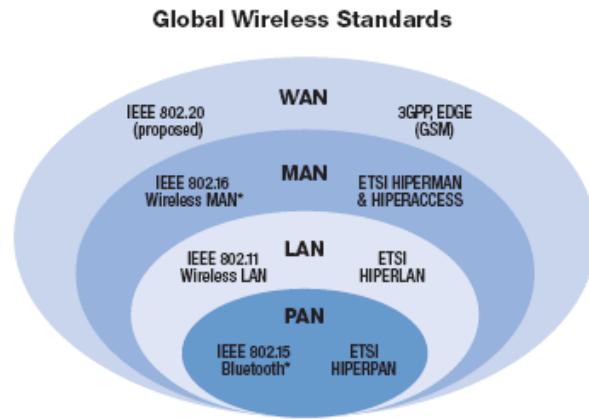


Figura 4.10 - Padrões globais para wireless [21].

O WiMAX irá facilitar o desenvolvimento de uma série de aplicações em banda larga. A configuração mais simples para o padrão 802.16a consiste em uma estação-base montada no alto de uma construção ou torre, que se comunica com um ponto ou multiponto com estações de assinantes localizadas em vários locais:

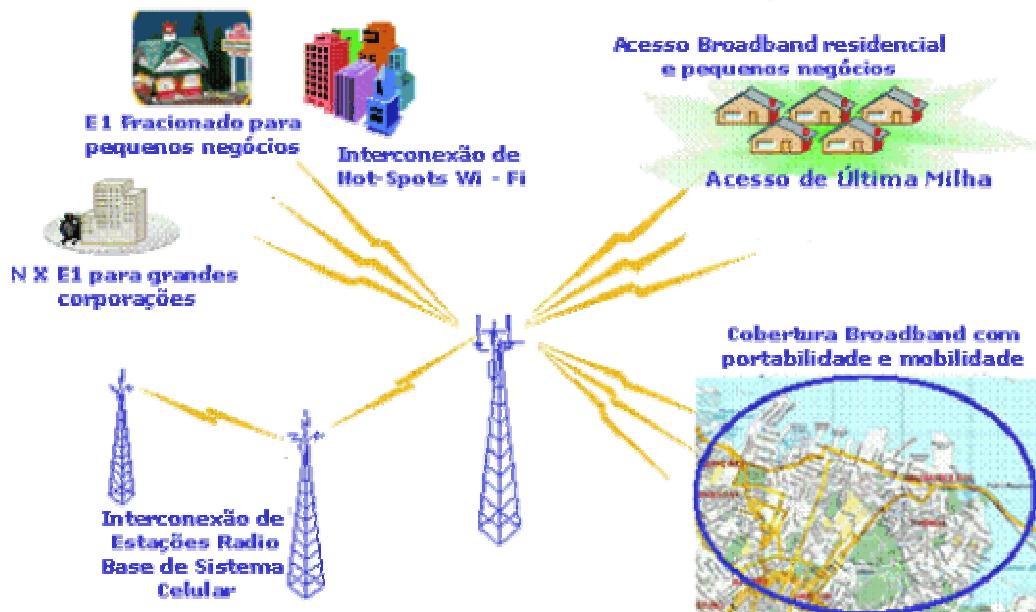


Figura 4.11 - Aplicações de wireless banda larga [21].

4.2.8.2. Pilha de Protocolos 802.16.

A estrutura da pilha de protocolos é semelhante à das outras redes 802, porém tem um número maior de subcamadas onde a subcamada inferior da figura 4.12 ilustrada abaixo se refere à transmissão e o rádio tradicional de banda estreita é usado com esquemas de modulação convencional. Logo acima da camada de transmissão (na camada física), encontra-se uma subcamada de convergência que é utilizada para ocultar as diferentes tecnologias da camada de enlace de dados [20].

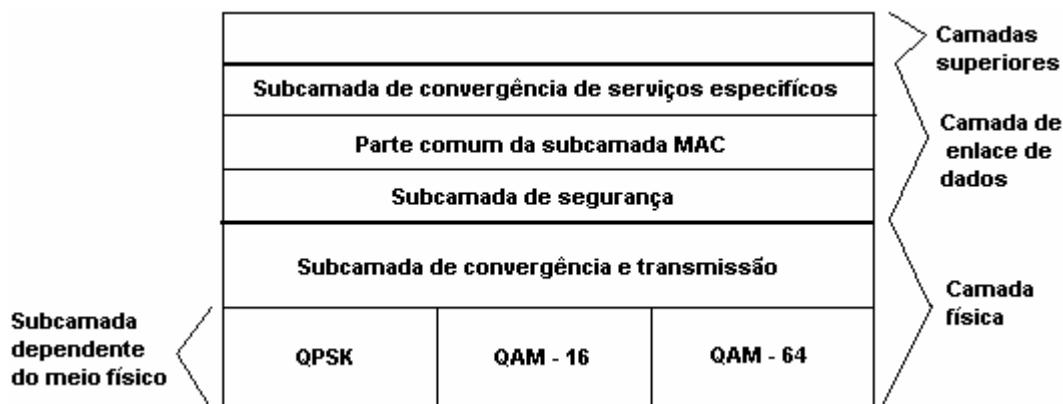


Figura 4.12 - Pilha de protocolo 802.16 [20].

A camada de enlace de dados consiste em três subcamadas: a primeira trata da questão da privacidade e segurança, o que se torna uma preocupação muito mais importante quando se trata de redes públicas externas do que para redes privadas internas. Ela cuida da criptografia, da decriptografia e do gerenciamento de chaves.

Características de privacidade e criptografia estão previstos no padrão 802.16 permitindo transmissões seguras incluindo os procedimentos de autenticação.

Logo acima vem a parte comum da subcamada MAC. É nessa parte que estão localizados os principais protocolos, como por exemplo, o de gerenciamento de canais. De acordo com o modelo, a estação-base controla o sistema. Ela pode programar os canais de *downstream* (da estação-base para o assinante) de modo eficiente, e também é responsável por desempenhar um papel importante no gerenciamento dos canais *upstream* (do assinante para a estação-base).

Um recurso que não é muito comum da subcamada MAC é que, diferente do que ocorre nas outras redes 802, ela é completamente orientada a conexões, a fim de fornecer garantia de qualidade de serviço “QoS” para a comunicação de telefonia e de multimídia, pois estas não admitem atrasos.

O padrão 802.16 apresenta qualidade de serviço que permite a transmissão de voz e vídeo, que requerem redes de baixa latência [21].

O MAC (*Media Access Control*) do 802.16 provê níveis de serviço "Premium" para clientes corporativos, assim como um alto volume de serviços em um padrão equivalente aos serviços hoje oferecidos pelos serviços de ADSL e de *Cable Modem*, tudo dentro da mesma estação rádio base.

E a subcamada de convergência de serviços específicos no lugar da subcamada de enlace lógico nos outros protocolos 802. Sua função é definir a interface para a camada de rede.

4.2.8.3. A Camada Física.

O IEEE 802.16 focaliza no uso eficiente de uma largura de faixa entre dez e 66 GHz, porém essas ondas milimétricas têm uma propriedade curiosa que as microondas mais longas não têm: elas trafegam em linha reta, diferente do som, e muito semelhante à luz.

A estação-base (BS - *Base Station*) pode ter várias antenas, cada uma apontando para um setor diferente do terreno em forma de círculo, como mostra a Figura 4.13. Cada setor tem seus próprios usuários e é independente dos setores adjacentes.

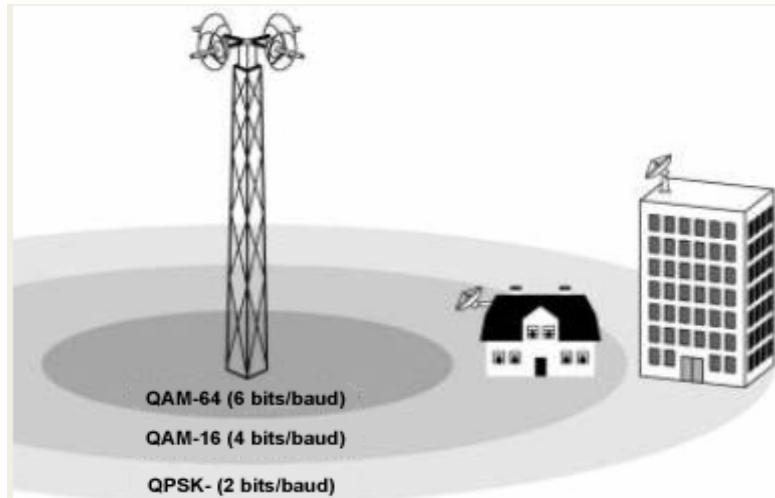


Figura 4.13 - Transmissão 802.16 [20].

Para acomodar o sistema em lugares que o espectro de freqüência seja ou não licenciado, o 802.16a/d podem ter a largura de seus canais modificada. Por exemplo, se um operador tem disponível 20 MHz de espectro, ele pode dividi-lo em dois setores de 10 MHz ou quatro setores de 5 MHz.

O operador pode reusar o mesmo espectro em dois ou mais setores, criando uma isolação entre as antenas da estação rádio base [21].

O padrão 802.16a/d está sendo utilizado em faixas de freqüências entre 1 GHz e 11 GHz. Na figura 4.14 e na tabela 4.5 estão relacionadas algumas das bandas, conforme definido pelo *Federal Communications Commission* (FCC) dos Estados Unidos, que poderão ser utilizadas pelo padrão 802.16a/d.

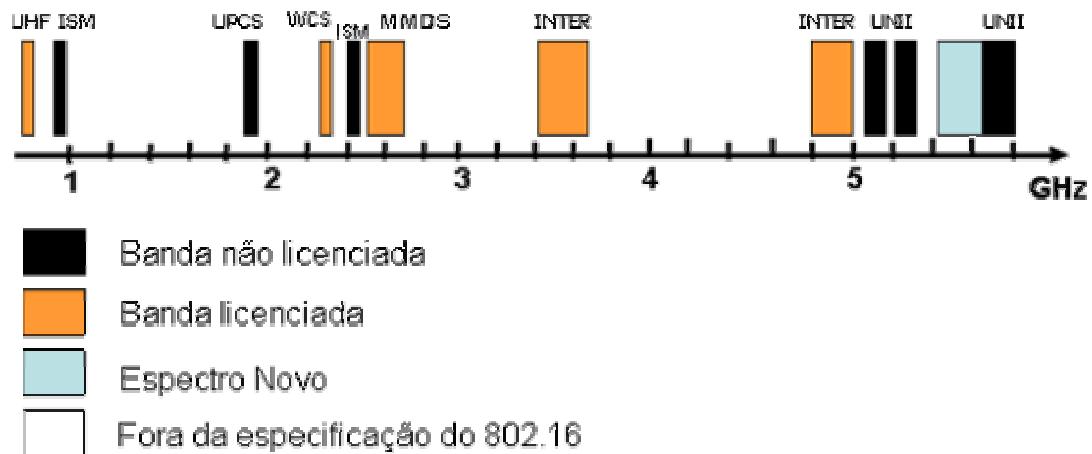


Figura 4.14 - Bandas da FCC [21].

Tabela 4.5. Freqüências usadas por tecnologias sem fio e os serviços especiais [22].

UHF	0,75-0,8 GHZ	Canais 60 a 69 acima de 700 MHz são reclamados para novos serviços por estatuto do Congresso (radiodifusão sem fio).
ISM	0,9-0,93 GHZ	Não licenciada, utilizada em aplicações industriais, científicas e médicas.
UPCS	1,91-1,93 GHZ	Banda não licenciada para utilização em serviços de comunicação pessoal.
WCS	2,3 GHZ	Wireless Communications Service.
ISM	2,4 -2,46 GHZ	Banda não licenciada, para utilização em aplicações industriais, científicas e médicas.
MMDS	2,5-2,7 GHZ	Multi-Channel Multipoint Distribution Service.
Internacional INPL	3,4 -3,7 GHZ 4,8-5,0 GHZ 10,15-10,5 GHz	Banda licenciada na Europa, América Latina e Ásia. Banda licenciada no Japão. Banda licenciada na América Latina.
UNII	5,15-5,35 GHZ 5,73-7,83 GHz	Banda não licenciada, para uso do serviço nacional de informação de infra-estrutura. Outras faixas UNII.
ISM	5,73-5,85 GHz	Faixa de uso industrial, científico e médico.

A distância da estação influência na intensidade do sinal e na relação sinal/ruído. Por essa razão, o 802.16 emprega três esquemas de modulação diferentes. Para assinantes próximos, é usado o QAM-64, com 6 bits/baud. No caso de assinantes situados a uma distância média, é usado o QAM-16, com 4 bits/baud. Para assinantes distantes, é usado o QPSK, com 2 bits/baud. Por exemplo, para um valor típico de 25 MHz de espectro, o QAM-64 oferece 150 Mbps, o

QAM-16 oferece 100 Mbps, e o QPSK oferece 50 Mbps. Ou seja, quanto maior a distância entre o assinante e a estação-base, mais baixa será a taxa de dados.

A modulação dinâmica adaptativa permite que uma estação-base tenha uma excelente penetração. Por exemplo, se a estação-base não pode estabelecer um *link* robusto com um assinante localizado a uma grande distância, utilizando o esquema de modulação de maior ordem, 64-QAM (*Quadrature Amplitude Modulation*), a modulação é reduzida para 16-QAM ou QPSK (*Quadrature Phase Shift Keying*), o que reduz o *throughput*, porém aumenta o alcance do sinal. Com o esquema de modulação robusto, o WiMAX entrega elevadas taxas de *throughput* com longo alcance e uma grande eficiência espectral e que é também tolerante às reflexões de sinais. A velocidade de transmissão dos dados varia entre 1 Mbps e 75 Mbps, com faixa passante suficiente para suportar até 60 transações com conectividade em nível T1 e centenas de residências com conexões em nível DSL, usando uma largura de canal de 20 MHz. E o alcance dos dispositivos dessa tecnologia chega a 45 Km, porém as células devem ter raios entre 6 Km a 9 Km para uma excelente performance sem gargalos ou problemas de obstáculos.

O sistema de voz pode ser tanto o *Time Division Multiplexed* (TDMA) quanto Voz sobre IP (VoIP). Utiliza-se o FDD (*Frequency Division Duplexing* – duplexação por divisão de freqüência) e TDD (*Time Division Duplexing* – duplexação por divisão de tempo). Sendo o último ilustrado na figura 4.15.

O WiMAX apresenta três modos de operação, todos os três PHY, quais sejam: *single carrier*, OFDM 256, ou OFDMA 2 K. O modo mais comum é o OFDM 256.

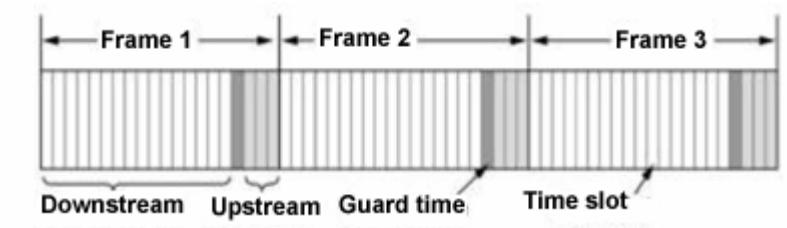


Figura 4.15 - Quadros e slots de tempo para duplexação por divisão de tempo [20].

“Uma característica interessante da camada física é a sua habilidade para reunir vários quadros MAC enfileirados em uma única transmissão física. Esse recurso aumenta a eficiência espectral, reduzindo o número de preâmbulos e cabeçalhos da camada física necessários” [20].

Usam códigos de *Hamming* para efetuar a correção imediata de erros que possam ocorrer na camada física. No ambiente de banda larga geograficamente distribuída, esperam-se

tantos erros de transmissão que a correção de erros é empregada na camada física, além dos totais de verificação (*Checksum*) das camadas mais altas. Isto para fazer com que o canal pareça melhor do que realmente é.

4.2.8.4. Camada Enlace e Protocolo da Subcamada MAC.

A camada de enlace de dados é dividida em três subcamadas: a subcamada que diz respeito à segurança que utiliza criptografia para manter secretos todos os dados transmitidos. Apenas a carga útil de cada quadro é criptografada, os cabeçalhos não o são. Isto significa que uma terceira pessoa pode ver quem está se comunicando com quem, porém não consegue saber o que está sendo dito entre as duas outras pessoas [20].

No momento em que um assinante se conecta a uma estação-base, eles executam um processo de autenticação mútua com criptografia utilizando o que se denomina de chave pública, usando certificados para isso.

Examinando a parte comum da subcamada MAC, nota-se que os quadros MAC ocupam um número inteiro de *slots* de tempo da camada física. Cada quadro é composto por subquadros, sendo os dois primeiros os mapas de *downstream* e *upstream*. Esses mapas informam o que existe em cada *slot* de tempo e quais *slots* de tempo estão livres. O mapa *downstream* também contém vários parâmetros do sistema, a fim de informá-los às novas estações quando elas se conectarem.

O canal de *downstream* é bastante direto. A estação-base simplesmente decide o que inserir em cada subquadro. O canal *upstream* é mais complicado, pois existem assinantes concorrentes não-coordenados que precisam de acesso a ele. Sua alocação está intimamente relacionada à questão da qualidade de serviço (QoS).

São definidas quatro classes de serviço, da seguinte forma:

- Serviço de taxa de *bits* constante.
- Serviço de taxa de *bits* de tempo real.
- Serviço de taxa de *bits* variável de tempo não-real.
- Serviço de melhor esforço.

Todo serviço 802.16 é orientado a conexões, e cada conexão recebe uma das classes de serviço anteriores, determinada quando a conexão é configurada.

O serviço de taxa de *bits* constante se destina à transmissão de voz não-compactada. Esse serviço precisa enviar uma quantidade de dados pré-determinada a intervalos de tempo pré-determinados. Ele é acomodado dedicando-se certos *slots* de tempo a cada conexão desse tipo. Uma vez que a largura de banda é alocada, os *slots* de tempo ficam disponíveis automaticamente, sem a necessidade de solicitar cada um.

O serviço de taxa de *bits* variável de tempo real se destina a aplicações de multimídia compactada e a outras aplicações de *software* de tempo real em que a quantidade de largura de banda necessária em cada instante pode variar. Ele é acomodado fazendo-se a estação-base consultar o assinante a intervalos fixos sobre a quantidade de largura de banda necessária em cada momento.

O serviço de taxa de *bits* variável de tempo não-real se destina a transmissões pesadas que não são de tempo real, como a transferência de grandes arquivos. Para esse serviço, a estação-base consulta o assinante com freqüência, mas não efetua o *polling* a intervalos de tempo prescritos com rigidez. Um cliente de taxa de *bits* constante pode definir um *bit* em um de seus quadros solicitando uma consulta para transmitir tráfego adicional (de taxa de *bits* variável).

Se uma estação não responder a uma consulta k vezes seguidas, a estação-base a colocará em um grupo de multidifusão, retirando-a do *polling* pessoal. Em vez disso, quando o grupo de multidifusão for consultado, qualquer das estações que ele contém poderá responder, disputando o serviço. Desse modo, estações com tráfego não irão desperdiçar valiosos períodos de *polling*.

Por fim, o serviço de melhor esforço se destina a todos os outros casos. Nenhum *polling* é feito e o assinante deve disputar a largura de banda com outros assinantes do serviço de melhor esforço. As solicitações de largura de banda são feitas em *slots* de tempo marcados no mapa *upstream* como disponíveis para disputa. Se uma solicitação for bem sucedida, seu sucesso será notado no próximo mapa *downstream*. Se ela não tiver sucesso, os assinantes mal sucedidos terão de tentar de novo mais tarde. Para minimizar colisões, é usado o algoritmo de recuo binário exponencial da *Ethernet*. O padrão define duas formas de alocação de largura de banda: por estação e por conexão. No primeiro caso, a estação do assinante agrupa as necessidades de todos os usuários do edifício e faz solicitações coletivas por eles. Quando a largura de banda é concedida, a estação reparte essa largura de banda entre seus usuários, conforme seus critérios. No último caso, a estação-base administra diretamente cada conexão.

4.2.9. IEEE 802.20 (Mobile-Fi).

O primeiro padrão a ser especificamente projetado para carregar o tráfego nativo IP para acesso em banda larga de forma completamente móvel. Ele proporcionará taxas de transmissão simétricas de 1 Mbps a 4 Mbps em espectros licenciados abaixo de 3,5 GHZ em distâncias de 15 Km aproximadamente. Isto faz com que ele tenha menos potência que o WiMax, mas seja intrinsecamente móvel oferecendo uma latência de 10 ms. Até mesmo para um veículo movimentando-se rapidamente (até 250 Km/h) com um tempo de latência mínimo e adequado comparado aos 500 ms do 3G [16].

O que significa que o padrão 802.20, muito provavelmente não conseguirá transmitir filmes (*streaming* vídeo), por exemplo.

O que é interessante ressaltar também é que o padrão é baseado na moderna modulação *Orthogonal Frequency Division Modulation* (OFDM) que apresenta uma série de vantagens sobre a "antiga" *Direct-Sequence Spread Spectrum* (DSSS) utilizada no Wi-Fi (IEEE 802.11b) [20].

4.3. Conclusão.

A utilização da estrutura de cabeamento telefônico tradicional ajudou bastante na ampliação da cobertura pelo sistema *Wireless* de muitos locais como, por exemplo, no nosso país e no resto do mundo. No entanto existem lacunas que precisam ser cobertas e que só encontram soluções práticas no uso do acesso sem fio.

As redes locais sem fio já são uma realidade em vários ambientes de redes, principalmente nos que requerem mobilidade dos usuários.

As aplicações são as mais diversas e abrangem desde aplicações médicas, por exemplo, visita a vários pacientes com sistema portátil de monitoramento, até ambientes de escritório ou de fábrica.

Apesar das limitações de cobertura geográfica, utilizando-se a arquitetura de sistemas de distribuição, pode-se aumentar a abrangência da rede sem fio, fazendo uso de vários sistemas de distribuição interconectados via rede com fio, num esquema de *roaming* entre microcélulas, semelhante a um sistema de telefonia celular convencional.

As tecnologias de acesso em banda larga sem fio são altamente promissoras, podendo abrir um mercado economicamente viável para operadores, fabricantes de equipamentos e provedores. Estes estarão livres dos altos custos de cabeamento para construir uma nova rede, permitindo a eles prover um serviço mais barato e amplo de banda larga em áreas antes inexploradas como uma provável consequência, pelo menos é o que se espera, um serviço acessível a um número maior de pessoas. Um outro fator importante é a interoperabilidade e a variedade de serviços suportados pela tecnologia *wireless*, o que deve garantir a ampliação do seu uso em diversas áreas.

CAPITULO 5 - CONCLUSÃO

Cada tecnologia de camada física estudada neste trabalho é de grande importância para o mundo das telecomunicações, pois, permitem através de suas particularidades, interligar equipamentos de uma rede de comunicação. Para uma melhor escolha da solução de camada física de redes de computadores é importante obter informações prévias como: os tipos de dados serão transmitidos, à qual distância, nível de segurança, condições físicas do ambiente, etc... . Com estas informações obteremos um melhor aproveitamento de qualquer que seja a tecnologia empregada.

O cabeamento metálico como meio de transmissão ainda é amplamente empregado em todo mundo, devido a suas características e principalmente uma excelente relação entre custo e benefício. O cabo coaxial é bastante utilizado em sistemas de CATV e CFTV. Já o cabeamento de par trançado é o mais utilizado para interligar computadores em redes locais, devido a sua facilidade de manuseio e implementação, facilidade de reparos, tipo de topologia utilizada com este cabeamento em estrela que é muito bom para interligar equipamentos ativos e terminais, seu excelente custo/benefício, suas características elétricas, fizeram com que os cabos de par trançado fossem os mais utilizados na atualidade para interligação de equipamentos e terminais em redes locais.

As características especiais das fibras ópticas implicam consideráveis vantagens em relação aos suportes físicos de transmissão convencionais, tais como o par metálico e o cabo coaxial e o sistema *wireless*. Dentre essas inúmeras vantagens as mais importantes como permitir altíssimas taxas de transmissão, na ordem de Gbps devido à baixa atenuação, total imunidade a interferências eletromagnéticas externas, proporcionando distâncias máximas permitidas maiores do que nos cabos metálicos, são leves e apresentam dimensões reduzidíssimas em relação aos cabos de cobre.

Na parte de segurança, a fibra óptica mostra-se que é o meio mais seguro de transmissão da informação, que, por esse motivo é utilizada, por exemplo, por militares e bancos. As poucas desvantagens no uso de fibras ópticas podem, em geral, ser consideradas transitórias, pois resultam principalmente da imaturidade da tecnologia associada, com o alto custo da fibra óptica e outros componentes eletrônicos: conectores, alto custo tanto dos cabos quanto das placas de

rede e instalação, que é mais complicada e exige mais material. Por isso, normalmente usa-se cabos de par trançado para fazer a interligação local dos microcomputadores e um cabo de fibra óptica para servir de *backbone*, unindo duas ou mais redes ou mesmo unindo segmentos da mesma rede que estejam distantes.

Alem disso a fibra óptica é um excelente meio de transmissão utilizado em sistemas que exigem alta largura de banda, como na área de Telecomunicações tais como: o sistema telefônico, videoconferência, etc. Possui inúmeras outras aplicações como na área de Medicina, Controle em aviões, Comunicação por cabo para redes ferroviárias e elétricas, na Instrumentação, Redes de comunicação em ferrovias e metrôs, Redes para controle de distribuição de energia elétrica, Redes industriais, em monitoração e controle de processos e muitas outras.

O sistema *Wireless* complementa a rede convencional cobrindo lacunas que só encontram soluções práticas no uso do acesso sem-fio. As redes locais sem-fio já são uma realidade em vários ambientes de redes, principalmente nos que requerem mobilidade dos usuários. Porém, o sistema *wireless* mostra-se ser o menos seguro dentre os comparados, pois, sofre ameaças de *hackers*, que utilizando qualquer dispositivo portátil ou *scanners*, podem interceptar dados ou ganhar acesso a LAN.

As tecnologias de acesso em Banda-larga sem-fio são altamente promissoras, podendo abrir um mercado economicamente viável para operadores, fabricantes de equipamentos e provedores. Estes estarão livres dos altos custos de cabeamento para construir uma nova rede, permitindo a eles prover um serviço mais barato e amplo de Banda-larga em áreas antes inexploradas como uma provável consequência, pelo menos é o que se espera, um serviço acessível a um número maior de pessoas. Um outro fator importante é a ampliação do seu uso em diversas áreas, pela interoperabilidade e a variedade de serviços suportados pela tecnologia *wireless*.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] DERFKER JR, Frank e FREEED, L. **Tudo sobre Cabeamento de Redes**: Ed. Campus. 1. ed. São Paulo: Campus, 1994.
- [2] TORRES, Gabriel. Clubedohardware. **Redes Locais: Placas e Cabos**. 1998. Disponível em: <http://www.clubedohardware.com.br/aula4.html>. Acesso em 26 ago. 2004.
- [3] NETO, Vicente Soares, SILVA, Adelson de Paula e JÚNIOR, Mário Boscato C. **Redes de alta velocidade - Cabeamento Estruturado**. Editora Érica.
- [4] **Fibra Óptica**. Disponível em:
<http://www.fortunecity.com/skyscraper/easter/996/index.htm>. Acesso em 07 ago. 2004.
- [5] MORENO, Marcel Silva. **www.fibraoptica.cjb.net**. 1999. Disponível em: <http://www.fibraoptica.cjb.net/>. Acesso em 05 ago. 2004.
- [6] W. F.GIOZZA, E. CONFORTI, H.Waldman. **As Vantagens da utilização de Fibras Ópticas**. 2004. Disponível em: <http://www.lucalm.hpg.ig.com.br/indexjava.htm> . Acesso em 22 ago. 2004.
- [7] MARTINONI, Marco Aurélio. **Cabos Ópticos**.2004. Disponível em: <http://www.lucalm.hpg.ig.com.br/indexjava.htm>. Acesso em 22 ago. 2004.
- [8] MARTINONI, Marco Aurélio. **Emendas Ópticas**. 2004. Disponível em: <http://www.lucalm.hpg.ig.com.br/indexjava.htm>. Acesso em 22 ago. 2004.
- [9] **Trabalho de Pós-Graduação do curso de computação da UPF**. 1998. Disponível em:
http://www.upf.tche.br/computacao/trabalhos/trab_98-2/otica/otica.htm#introd. Acesso em 07 maio 2004.
- [10] **Cabos de Fibras Ópticas**. Disponível em:
http://www.generalcablecelcat.com/cabos_telecom/cab_fib_opt.html. Acesso em 24 ago. 2004.
- [11] **Fibras Ópticas** . Disponível em:
http://www.lucalm.hpg.ig.com.br/fibras_opticas.htm. Acesso em 24 ago. 2004.
- [12] LIMA, Cássio. **Introdução às Fibras Ópticas**. Disponível em: <http://www.clubedohardware.com.br/fibras.html>. Acesso em 24 ago. 2004.

[13] Contattos Engenharia de Sistemas Elétricos. **Emendas e Terminações Ópticas**. Disponível em: http://www.contattos.com.br/06_emendas/default.htm. Acesso em 12 set. 2004.

[14] Contattos Engenharia de Sistemas Elétricos. **Cabos de Fibras Ópticas**. Disponível em: <http://www.contattos.com.br/>. Acesso em 12 set. 2004.

[15] **Conceito de Ondas**. Disponível em: http://www.gta.ufrj.br/grad/01_1/fibrasoticas/fibrasopticas.htm. Acesso em 12 set. 2004.

[16] **Óptico**. Disponível em: <http://www.furukawa.com.br/pdf/optico.pdf>. Acesso em 12 set. 2004.

[17] **Cable Designs**. Disponível em: [http://www\(tpub.com/neets/tm/107-8.htm](http://www(tpub.com/neets/tm/107-8.htm). Acesso em 12 set. 2004.

[18] **Optical cable**. Disponível em: http://www.sei.co.jp/SUMIOFCAS/english/pdf/p01_03.pdf. Acesso em 12 set. 2004.

[19] NewsGeneration. **As Tecnologias de Redes Wireless**. 1998. Disponível em: <http://www.rnp.br/news/gen/9805/wireless.html>. Acesso em 29 out. 2003.

[20] Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. **A Tecnologia Wireless LAN**. 2001. Disponível em: <http://www.lsi.usp.br/~ruslaine/WLANBASIC.htm>. Acesso em 29 out. 2003.

[21] Cernet Tecnologia e Sistemas. **WiMAX**. 2003. Disponível em: <http://www.cernet.com.br/wilan/wimax.htm>. Acesso em 29 out. 2003.

[22] AliceRamos.com. **Smart Convergence**. 2003. Disponível em: <http://www.aliceramos.com/conver/0022.asp>. Acesso em 29 out. 2003.

[23] WirelessBr. **IEEE 802.20 – Mobile – Fi**. 2003. Disponível em: http://www.wirelessbrasil.org/wirelessbr/secoes/sec_802_20.html. Acesso em 29 out. 2003.

[24] Teleco. **Wireless Lan (WLAN)**. 2003. Disponível em: <http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialwlan/default.asp>. Acesso em 15 jul. 2004.

[25] WirelessBr. **Simplesmente o Máximo: WiMAX – Partes 01 e 02**. 2003. Disponível em:

http://www.wirelessbrasil.org/wirelessbr/colaboradores/eduardo_prado/artigo_33.html. Acesso em 15 jul. 2004.

[26] VASQUES, Carlos Magno R. . Grupo de Teleinformática e Automação da Universidade Federal do Rio de Janeiro. **Redes Sem Fio de Longa Distância**. Rio de Janeiro: GTA – UFRJ. 2004. Disponível em:

http://www.gta.ufrj.br/grad/04_1/Carlos_Magno/ieee_802.htm. Acesso em 17 jul. 2004.

[27] Teleco. **WiMAX**. 2004. Disponível em:

<http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialwimax/default.asp>. Acesso em 17 jul. 2004.

[28] BRAGA, Newton C. **Novidades do mundo sem fio**: Saber Eletrônica. 378. ed. São Paulo: Saber, 2004.