

# Meios físicos de transmissão I

## Objetivos

Apresentar as normas de utilização dos meios físicos guiados.

Compreender as características dos principais meios físicos guiados.

Compreender a aplicabilidade de cada meio físico guiado de acordo com a rede.

Na aula anterior examinamos os *hardwares* e os *softwares* necessários às redes. Agora vamos nos deter um pouco mais na transmissão: compreenderemos como os meios físicos são utilizados e quais são seus tipos. Veremos também as características de cada um, quando e como são utilizados.

Este assunto está dividido em duas aulas: nesta, examinaremos a transmissão usando algum tipo de cabo, deixando a transmissão “aérea” para a próxima.

Para Pinheiro (2003), os meios de transmissão servem para carregar sinais de transmissão (fluxo de dados) entre redes, sendo que as propriedades de cada um desses meios consistem em fatores limitantes para a capacidade da rede. Tais meios de transmissão são agrupados em **meios guiados**, como os cabos de cobre e de fibras ópticas e os **meios não guiados**, como a radio-frequência, infravermelho e os raios *laser* transmitidos pelo ar.

Nesta aula estudaremos os meios guiados: cabos de par trançado, cabos coaxiais e fibras ópticas. Na Aula 5, estudaremos os meios não guiados, que usam o ar como meio físico de transmissão.

## 4.1 Utilização dos meios físicos guiados

Os meios físicos utilizados antes da década de 1980 não eram padronizados. Cada fabricante adotava seu modelo em um projeto de cabeamento e fornecia orientação quanto à instalação do seu tipo de cabo. Dessa forma, tornava-se difícil ao instalador compreender as diversas técnicas de cada fabricante e a interação dos componentes.

Para modificar esse panorama, órgãos como ANSI (*American National Standards Institute* – Instituto Nacional Americano de Padronização), EIA (*Electronic Industries Alliance* – Aliança das Indústrias Eletrônicas), TIA (*Telecommunications Industry Association* – Associação das Indústrias de Telecomunicações) e IEEE (*Institute of Electrical and Electronic Engineers* – Instituto de Engenheiros Eletricistas e Eletrônicos) se reuniram para propor e especificar os parâmetros para os cabos e acessórios utilizados em um sistema de cabeamento estruturado.



Já abordamos o assunto “padronização” desde a Aula 1. O modelo OSI apresentado na Aula 2 também é resultado desses esforços de padronização. Na Aula 3 demos uma definição de “cabeamento estruturado”. Dê uma repassada nesses pontos para reforçar.



Ethernet e Token Ring são classificações de arquiteturas de rede. As redes Token Ring foram concebidas pela IBM, mas, como os custos dos seus equipamentos eram muito altos, acabaram caindo em desuso. Já as redes Ethernet evoluíram muito, por terem adotado um padrão aberto, o que abriu o mercado para vários fabricantes produzirem equipamentos para esse modelo, como *hubs*, *switches*, roteadores, tomadas e cabos. Atualmente, a maioria das redes locais instaladas no mundo é de arquitetura Ethernet. O IEEE padronizou essa rede sob o número 802.3.

Por exemplo, a EIA/TIA especifica os padrões para o desempenho técnico; já o IEEE especifica os requisitos do cabeamento para serem utilizados em redes Ethernet ou Token Ring. Após o fabricante submeter os produtos de redes para avaliações técnicas de suas *performances*, esses órgãos constroem toda a documentação técnica com as especificações detalhadas para a instalação.

Outro aspecto interessante sobre o sistema de cabeamento é a sua classificação em categorias, criadas porque o modelo de cabeamento estruturado prevê o uso simultâneo de vários sistemas atendendo a diferentes utilizações, como: sistemas de computação e redes, telefonia, segurança, controle ambiental, TV a cabo, gerenciamento de energia e sistema de sonorização. Assim, cada utilização adota uma categoria diferente ou necessita de uma categoria melhor à medida que evolui. Por exemplo, as redes Ethernet de 10 Mbps necessitam de cabos categoria 3 (CAT3) no mínimo; ao evoluir para 100 Mbps, passam a necessitar de cabos categoria 5 (CAT5). As categorias para cabeamento de rede foram divididas em CAT 1, 2, 3, 4, 5, 5e, 6, 6a (e elas não param por aí, estão sempre evoluindo); cada categoria tem suas especificações e medidas que veremos na próxima seção.

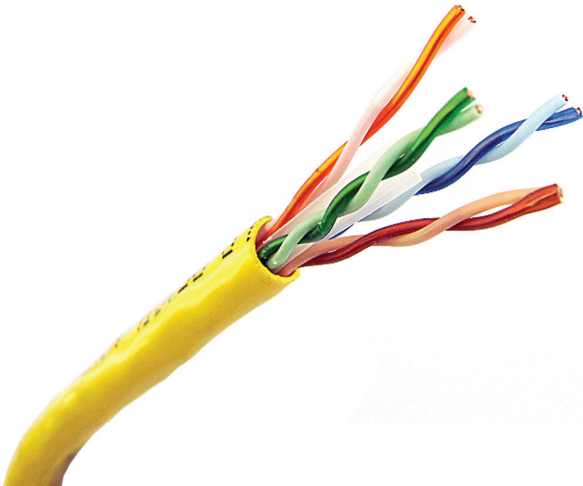
Algumas questões práticas da escolha dos cabos no momento da elaboração do projeto da rede são de fundamental importância. Para as redes locais é muito importante que se conheçam as categorias dos cabos e onde devem ser utilizadas. Um simples erro ou descuido na seleção do cabo para o tipo de rede que se está instalando pode comprometer toda a comunicação dos equipamentos de redes com os computadores e servidores.

## 4.2 Tipos de meios físicos guiados

Vários meios físicos podem ser utilizados para realizar a transmissão de dados, cada um com propriedades específicas. São basicamente agrupados em fios de cobre (como o par trançado e o cabo coaxial) e ópticos (como as fibras ópticas). Vamos ao estudo deles.

### 4.2.1 Par trançado

É o meio de transmissão mais antigo e ainda o mais comum. Esse cabo consiste em dois fios entrelaçados em forma helicoidal (Figura 4.1). Os cabos de par trançado atualmente possuem quatro pares dispostos dentro de uma proteção externa de PVC. Cada par é formado por dois fios entrelaçados.



**Figura 4.1: Estrutura de um cabo par trançado com quatro pares**

Fonte: CEAD/IFES (2011)

O entrelaçamento dos pares (Figura 4.1) não é somente para efeito visual, é uma técnica com um objetivo. Dois fios quando dispostos em paralelo dentro de um recipiente (no caso aqui, a proteção externa de PVC) podem formar uma antena simples e captar ondas de radiofrequência do ar ou de outros pares de fios vizinhos. Isso geraria um fenômeno de interferência denominado *crosstalk* (linha cruzada). Desse modo, o receptor não conseguiria ler os pacotes, pois uma interferência externa iria embaralhar os dados. Com os fios dispostos em forma de par trançado, as ondas geradas pelos diferentes pares de fios tendem a se cancelar, o que significa menor interferência. Essa técnica denomina-se Efeito Cancelamento.

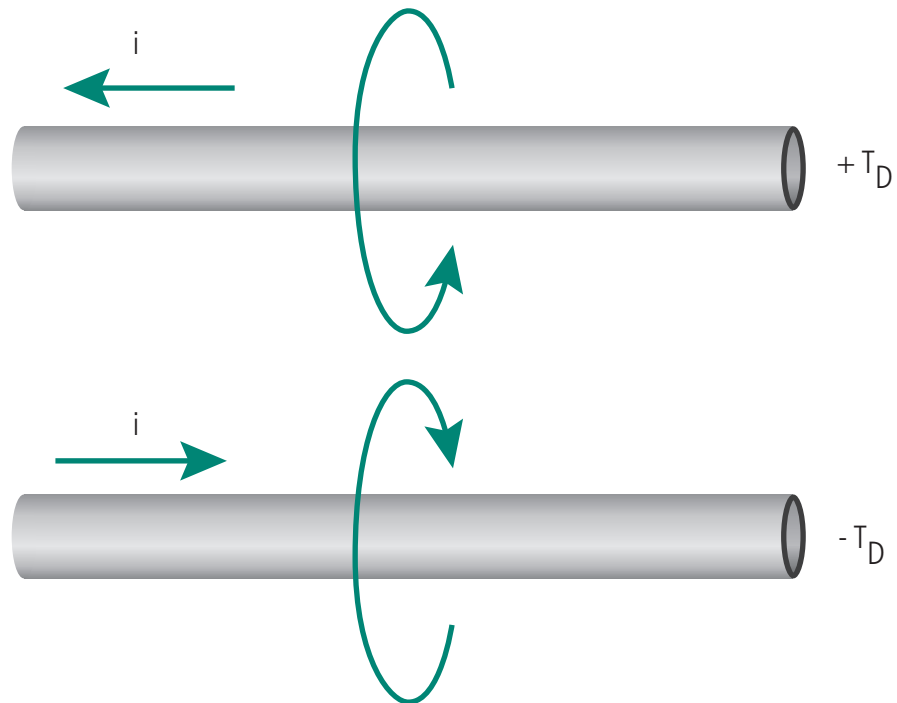


**Figura 4.2: Par de fios trançados**

Fonte: Tanenbaum (2003, p. 97)

Você pode observar na Figura 4.2 que os fios entrelaçados possuem uma quantidade de tranças por cm (ou polegadas). A tendência é que, quanto maior a quantidade de tranças por cm, melhor a qualidade do cabo, pois o efeito cancelamento é mais eficiente.

A seguir, na Figura 4.3, demonstraremos que os dois fios que formam o par estão transmitindo a mesma informação, porém com polaridade diferente. Toda transmissão elétrica gera em torno de si um campo eletromagnético com a mesma polaridade e direção. Esse campo eletromagnético pode corromper os dados de um par vizinho e causar perda de informações. Para evitar isso, o outro fio que faz parte do par transmite a mesma informação com polaridade contrária, gerando também um campo eletromagnético contrário, fazendo com que ambos se anulem. Assim, os campos eletromagnéticos de cada par tendem a interferir muito pouco no seu par vizinho.



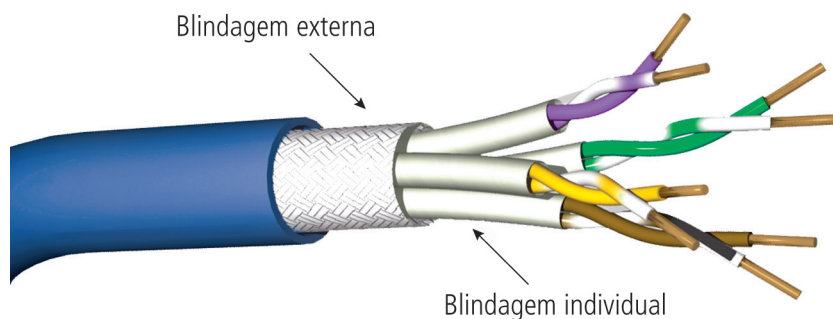
**Figura 4.3: Efeito cancelamento nos pares trançados**

Fonte: Torres (2001, p. 219)

Essa proteção “natural” não é o único tipo de proteção que um cabo par trançado pode oferecer. Esses cabos podem ainda apresentar uma proteção adicional contra interferências. Em função disso, existem dois tipos de par trançado:

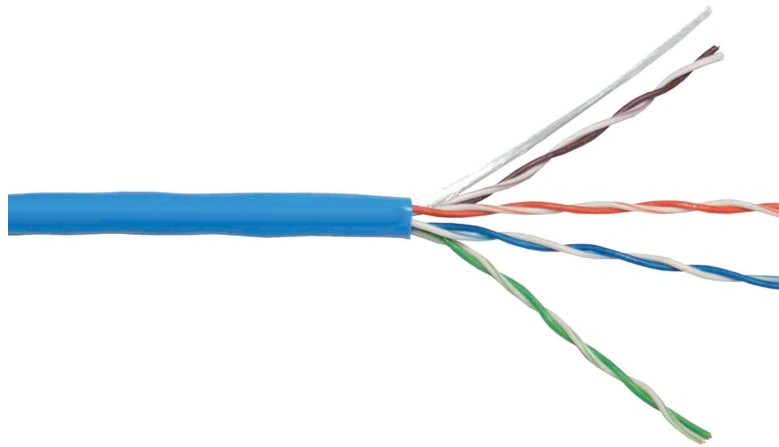
a) **STP** (*Shielded Twisted Pair* – Par Trançado Blindado) – esse tipo de cabo possui em volta dos pares uma espécie de papel alumínio. Essa proteção de alumínio serve como uma blindagem adicional contra interferências externas, como motores elétricos, reatores de lâmpadas e equipamentos industriais, que geram ondas eletromagnéticas que podem corromper os dados que trafegam pelo cabo. Esse cabo tem a vantagem de transmitir dados com menores interferências, porém, possui custo elevado e maior peso, o que o torna mais difícil para passar em tubulações. Atualmente, para redes instaladas em ambiente industrial, em que vários campos eletromagnéticos causam interferência, a fibra óptica tem sido melhor opção, pois, apesar do custo maior, ela transmite sem interferências, possui peso menor e atinge maiores taxas de transmissão. A Figura 4.4 ilustra um cabo do tipo STP.

b) **UTP** (*Unshielded Twisted Pair* – Par Trançado Não Blindado) – esse é o cabo mais simples e mais barato para as redes locais. É conhecido popularmente como “cabo de internet”, já que as pessoas têm o hábito de compartilhar internet com os vizinhos utilizando esse cabo; também é ainda o mais utilizado para montar redes locais nas empresas. Ele não possui blindagem, o que o torna mais barato e mais leve, facilitando a passagem por tubulações. As redes locais especificadas para funcionar até 1000 Mbps (1 *Gigabit*) necessitam desse tipo de cabo com especificação CAT5e ou CAT6. A Figura 4.5 mostra um cabo par trançado UTP CAT5e.



**Figura 4.4: Cabo par trançado STP**

Fonte: CEAD/IFES (2011)

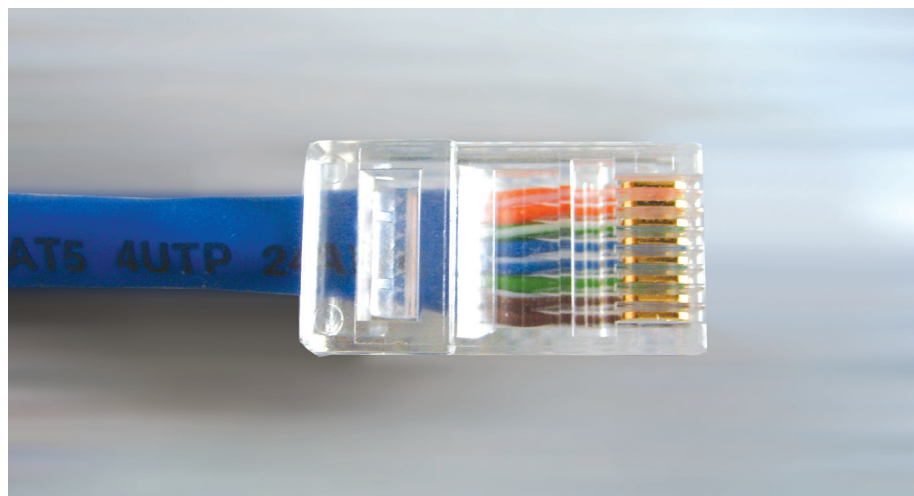


**Figura 4.5: Cabo par trançado UTP CAT5e**

Fonte: CEAD/IFES (2011)

Atualmente, os cabos de par trançado CAT6 e CAT6a garantem melhor qualidade em transmissões de 1 Gbps e permitem interligação de redes de 10 Gbps (10 GbE – Ethernet de 10 *gigabits* por segundo).

Os cabos UTP necessitam de um conector para se ligar às interfaces de rede ou às portas do *switch* do tipo RJ-45 (Figura 4.6). Eles são instalados nas pontas dos cabos UTP utilizando uma ferramenta chamada popularmente de “alicate de crimpagem”.



**Figura 4.6: Conector RJ-45 crimpado no cabo**

Fonte: CEAD/IFES (2011)

### **4.2.2 Fibra óptica**

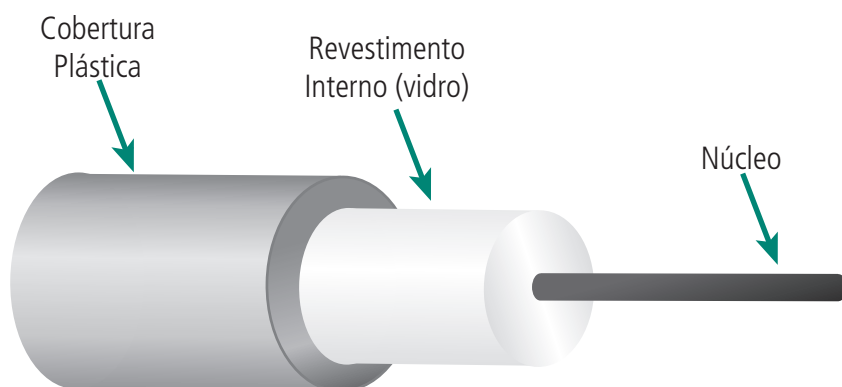
As fibras ópticas já se tornaram conhecidas e são usadas até como instrumento de decoração, graças à sua capacidade de direcionar a luz, levando-a a fazer “curvas”. Também já é sabido que esses feixes de luz podem ser usados

como meio de transporte de informação e têm capacidade de transmissão de grandes volumes de dados. Vamos, portanto, abordar suas características funcionais e compreender seu funcionamento.

Numa transmissão óptica, três componentes são fundamentais: uma fonte de luz, o meio de transmissão e um detector. A fonte de luz (ou fototransmissor) recebe sinais elétricos e os converte em luminosos. O meio de transmissão é uma fibra ultrafina de vidro (com menor espessura que um fio de cabelo) que consegue carregar o sinal luminoso. O detector faz o processo inverso: recebe sinais luminosos e os converte em elétricos.

Para entender melhor esse fenômeno, digamos que no seu quarto as luzes sejam apagadas e você acende uma lanterna contra a parede a uma distância de 2 metros; a luz se espalha, formando um círculo com diâmetro muito maior do que sua lanterna. Agora imagine que você tenha um tubo com espelhos por dentro e você o coloque na frente da sua lanterna: a luz será refletida dentro do tubo, chegando à parede um forte círculo luminoso e o seu quarto continuará escuro. O cabo de fibra óptica é esse tubo espelhado. Dizemos que os cabos de fibras ópticas possuem o fenômeno de reflexão interna total. Por transportar luz e não sofrer interferências eletromagnéticas, esses cabos podem ligar duas redes locais distantes algumas dezenas de quilômetros, com taxas na casa dos *gigabits* (1 Gbps ou mais).

Para que o fenômeno de reflexão total aconteça dentro da fibra, no processo de fabricação ela recebe um revestimento de vidro, que também é um material transparente, porém com índice de refração inferior ao do núcleo (a Figura 4.7 destaca esses dois componentes). Com isso os sinais luminosos são refletidos pelas paredes da fibra, fazendo com que não se percam pela capa.



**Figura 4.7: Estrutura de um cabo de fibra óptica**

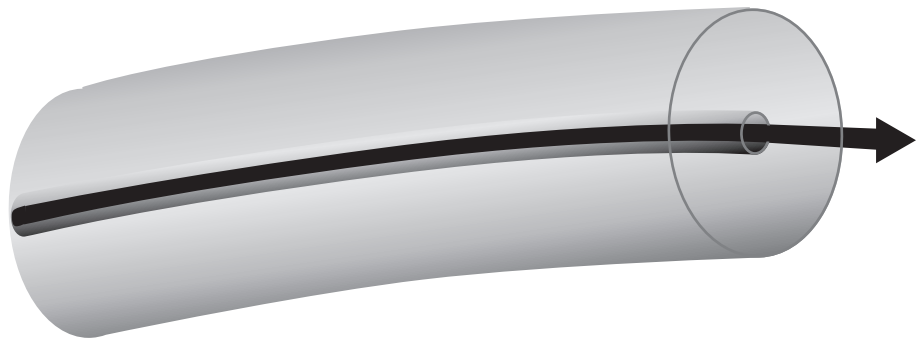
Fonte: Adaptado de Tanenbaum (2003, p. 102)



Uma experiência interessante que usa o princípio da fibra óptica é um antigo brinquedo, o caleidoscópio. Era construído com três lâminas de espelho ou vidro; alguns fragmentos de vidro colorido eram colocados dentro. Olhando por uma das extremidades, girando-se o caleidoscópio, uma série de figuras geométricas coloridas era formada, refletindo-se indefinidamente. Dê uma pesquisada se ainda existe o brinquedo.

As fibras ópticas podem ser classificadas em dois tipos: monomodo (ou monomodais ou de modo único) e multimodo (ou multimodais ou de modo múltiplo). Cada uma tem suas características e aplicações, a saber:

- a) Fibra óptica monomodo** – com esse tipo de fibra não ocorre a dispersão modal, ou seja, o feixe de luz se propaga em linha reta (único modo) sem ter que ser refletido internamente. Isso garante que o sinal atinja distâncias maiores e com maiores taxas de transmissão. Para conseguir isso, o núcleo da fibra precisa ser ultrafino, cerca de  $8\text{ }\mu\text{m}$  ( $8\text{ micrômetros} = 8 \times 10^{-6}\text{ metros}$ ). O fato de ser tão fino traz um problema: a acoplagem e a fixação com as interfaces de rede devem utilizar equipamento especial para permitir alinhar o feixe luminoso da placa de rede com a fibra, o que é um trabalho difícil, minucioso e caro. Esse tipo de fibra é indicado para interligar *campi* de universidades e redes locais que precisem ultrapassar 2 km de comprimento. A Figura 4.8 mostra o modo de transmissão de uma fibra monomodal.

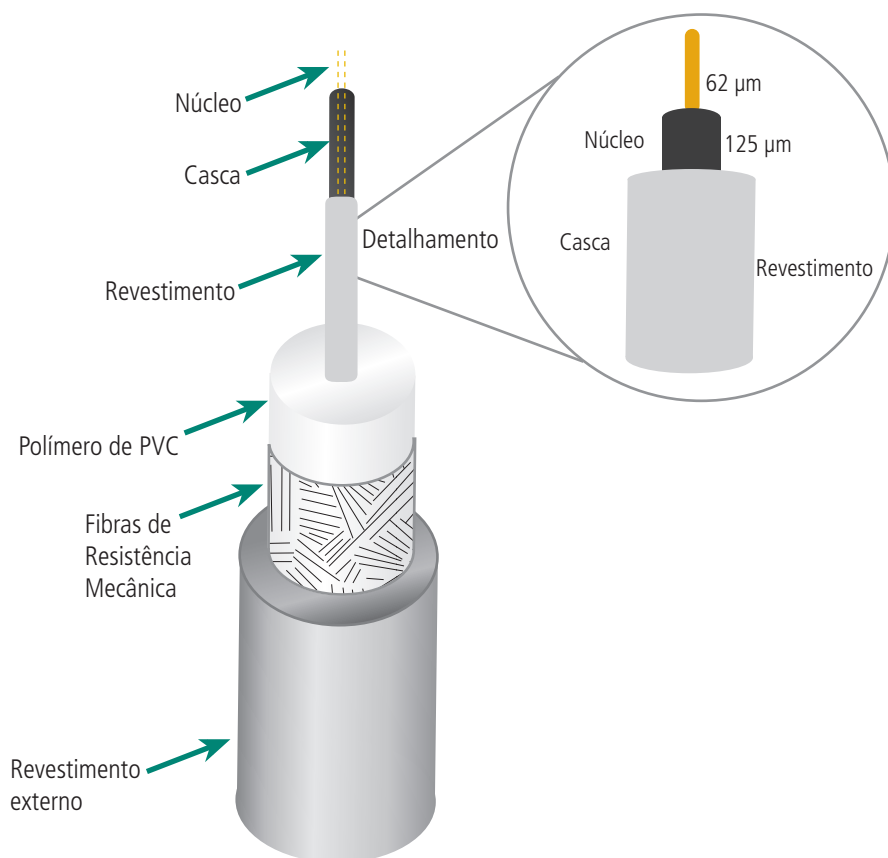


**Figura 4.8: Transmissão num cabo de fibra monomodo**

Fonte: Morimoto (2008, p. 75)

- b) Fibra óptica multimodo** (destacada na Figura 4.9) – é mais grossa que a fibra monomodo. A luz é refletida várias vezes na parede do cabo, ocorrendo o fenômeno de dispersão modal, o que faz o sinal perder força. Devido a essa dispersão, este cabo pode chegar ao máximo de 2 km. O núcleo deste cabo chega a  $62,5\text{ }\mu\text{m}$ , aproximadamente oito vezes mais grosso do que o núcleo da fibra monomodo. Esses cabos são mais fáceis de instalar e ligar às placas de rede, justamente pelo seu diâmetro maior. Ainda assim, exigem equipamento e pessoal especializados para montagem e instalação.





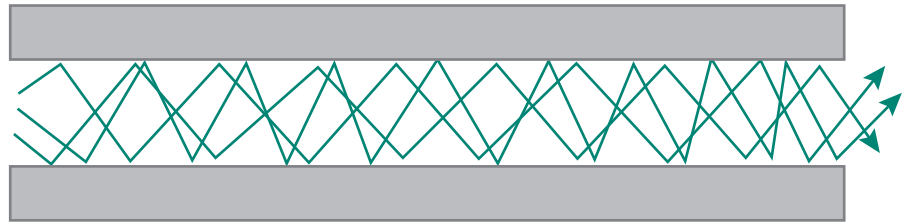
**Figura 4.9: Estrutura da fibra óptica multimodo**

Fonte: CEAD/IFES (2011)

Você pode observar que na Figura 4.9 há duas medidas destacadas: a de 62  $\mu\text{m}$  (micrometros) indica o diâmetro do núcleo da fibra, por onde efetivamente passam os sinais luminosos; a de 125  $\mu\text{m}$  indica o diâmetro da casca ou *cladding*, que serve como uma espécie de espelho para refletir os sinais luminosos. O restante do material refere-se a um polímero de PVC que reveste a casca, fibras de resistência mecânica que ajudam a proteger o núcleo contra impactos e, finalmente, o revestimento externo do cabo.

As fibras multimodais ainda podem ser classificadas em dois tipos, de acordo com seu modo de propagação. São elas: fibras multimodo de índice degrau e fibras multimodo de índice gradual.

- **Fibra multimodo de índice degrau** – foi um dos primeiros tipos de fibra a surgir. O termo degrau designa a existência de apenas um índice de refração entre o núcleo e a casca. Como sofre maior atenuação por km (cerca de 5 dB/km), ela atinge menores distâncias do que as fibras ópticas de índice gradual. A Figura 4.10 exemplifica esse tipo de transmissão.

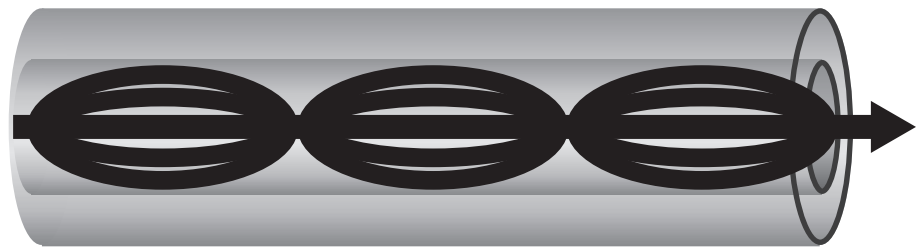


### Fibra de modo múltiplo

**Figura 4.10: Propagação da luz na fibra multimodo de índice degrau**

Fonte: Torres (2001, p. 249)

- **Fibra multimodo de índice gradual** – nesta, o índice de refração diminui gradativamente e de forma contínua, ao invés da mudança brusca do núcleo para a casca. Na verdade, esse tipo de fibra é fabricado com “várias cascas”, cada uma com um índice de refração diferente, sendo a mais externa a que tem o índice menor. A Figura 4.11 mostra uma transmissão do tipo gradual.



**Figura 4.11: Propagação de luz na fibra multimodo de índice gradual**

Fonte: Morimoto (2008, p.75)

### A-Z

#### atenuação

Foi definida na Aula 3. A definição a seguir é encontrada em Pinheiro (2003, p. 30).

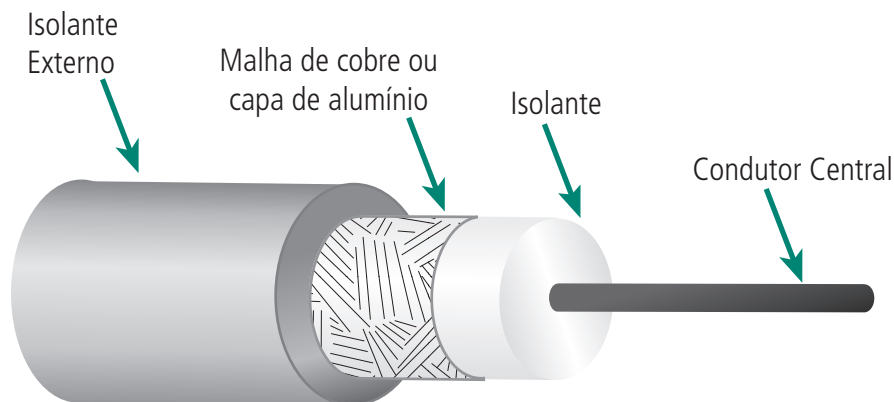
“A atenuação pode ser definida como a diminuição da intensidade de energia de um sinal ao propagar-se através de um meio. A atenuação está diretamente associada às perdas que ocorrem na transmissão do feixe de luz, afetando o alcance máximo da transmissão do sinal luminoso.”

É importante ressaltar que, assim como nos cabos metálicos, a fibra óptica também sofre os efeitos da **atenuação**.

### 4.2.3 Cabos coaxiais

Os cabos coaxiais inauguraram as primeiras redes locais que evoluíram para os padrões que temos. Hoje não são mais utilizados para instalação de novas redes locais. A existência de redes antigas e a necessidade do conhecimento histórico nos levam a abordar os aspectos tecnológicos e as características desse meio de transmissão.

Sua forma visual é semelhante à da fibra óptica: um condutor central de cobre, um isolante de PVC, uma malha externa metálica e, enfim, a capa (Figura 4.12).



**Figura 4.12: Estrutura de um cabo coaxial**

Fonte: adaptado de Torres (2001 p. 196)

Podemos observar que esse cabo, diferentemente do cabo par trançado UTP, possui uma malha de cobre ou alumínio que envolve o núcleo do cabo. Essa malha serve como uma blindagem contra fenômenos eletromagnéticos externos, como motores elétricos, redes sem fio, reatores de lâmpadas, telefones sem fio, etc. Na verdade esta é uma de suas poucas vantagens. Uma série de desvantagens fez com que esse cabo caísse em desuso. São elas:

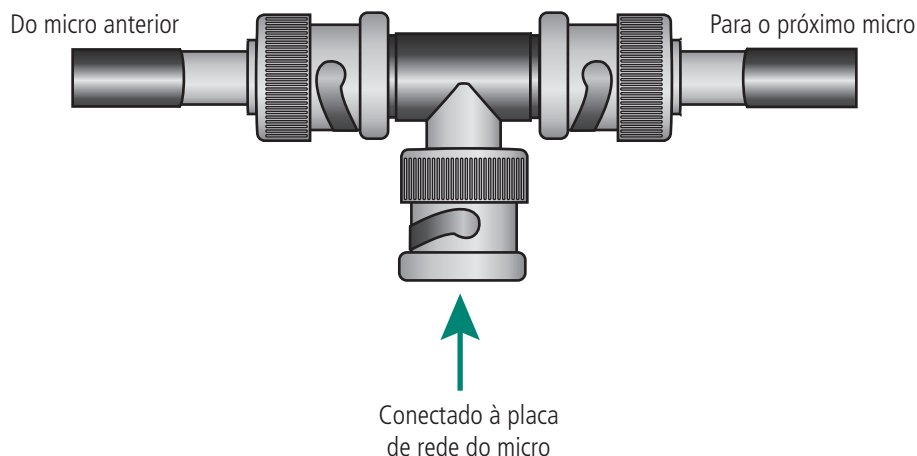
- a) **Difícil manipulação** – devido à sua estrutura de malha e isolante, esse cabo fica mais pesado e menos flexível, dificultando sua passagem por tubulações.
- b) **Baixa capacidade de transmissão** – a largura de banda, característica do cobre desse cabo, é muito baixa, chegando a 10 Mhz. Isso faz com que redes locais montadas com esse cabo possam chegar a no máximo 10 Mbps.
- c) **Ligação complexa** – os terminais desses cabos necessitam de conectores de difícil emenda. Trata-se de um conector tipo BNC que deve ser ligado diretamente à interface de rede através de um conector T. Isso faz com que cada estação possua três conexões (uma de entrada no T, outra de entrada na interface de rede, outra de saída para outra interface de rede). Uma quebra, desconexão ou mau contato em um conector faz com que toda a comunicação entre os computadores cesse (pois esse tipo de cabo era usado para redes de topologia em barramento). Observe a Figura 4.13.
- d) **Modo de transmissão *half-duplex*** – por haver apenas um meio efetivo de transmissão (o condutor central da Figura 4.12), essa transmissão em rede local é feita toda no modo *half-duplex*.



Existem basicamente três modos de transmissões conhecidos:

- a) ***Simplex***: há transmissão em apenas um sentido. O transmissor só pode ser transmissor e o receptor não pode fazer o papel de transmissor. Ex.: sinal de TV ou rádio.
- b) ***Half-duplex***: existe transmissão e recepção em ambos os sentidos, mas não ao mesmo tempo. Quando o transmissor envia um dado, o receptor tem que aguardar sua chegada até poder enviar uma resposta. Existe apenas um canal neste modo de transmissão. Assim são as redes locais montadas com cabos coaxiais e as comunicações utilizando *walk talk*, como rádios de polícia.

c) **Full-duplex**: a transmissão e a recepção podem acontecer ao mesmo tempo, já que existem no mínimo dois canais (um para enviar e outro para receber dados). É o modo de transmissão mais rápido, utilizado em redes locais de par trançado (que possuem quatro vias) e de fibras ópticas (que utilizam duas vias).



**Figura 4.13: Padrão de conexão de cabos coaxiais nos conectores BNC e na placa de rede**

Fonte: Torres (2001, p. 201)

Podemos observar que, de acordo com a Figura 4.13, essa rede não necessita de um equipamento concentrador, como um *hub* ou *switch*. Na verdade isso era uma vantagem dessas redes, pois ficavam mais baratas. Entretanto, elas tinham um alto índice de quedas (paradas), devido a conexões defeituosas, remoção de conectores ou queima de placas de rede.

## Resumo

Para que os equipamentos de redes possam trocar dados é necessário um meio físico para servir de caminho fim a fim da comunicação. Em redes locais, o meio físico guiado mais usado é o cabo de par trançado, por ser mais flexível, mais barato, com altas taxas de transmissão de dados, com baixíssima taxa de erros. Os cabos coaxiais, devido à sua série de características negativas, caíram em desuso. Já as fibras ópticas estão cada vez mais se aproximando das instalações locais, mas devido ao seu alto custo de instalação e manutenção, ainda são pouco utilizadas.

## Atividades de aprendizagem

1. Observe as assertivas abaixo:

I – Os cabos coaxiais têm grande imunidade a ruídos e por isso são os cabos mais utilizados para redes locais.

II – A malha que envolve o cabo coaxial serve para transportar dados, formando uma rede *half-duplex*.

III – Para redes locais, o cabo coaxial consegue atingir taxas de até 10 Mbps.

IV – Os conectores dessas redes são simples de instalar e sua conexão tem pouca falha, já que não necessita de um *hub* ou *switch*.

Estão corretas as seguintes afirmativas:

a) III e IV

b) I, II e III

c) I, III e IV

d) I e IV

e) III

2. Agora que você conhece todos os tipos de cabo (par trançado STP e UTP), fibra óptica (monomodo e multimodo – degrau e gradual), faça uma tabela com esses tipos, acrescentando duas colunas: uma indicando o maior comprimento do segmento de cabo (distância do sinal) e outra com a taxa de transmissão permitida.

3. Faça uma nova tabela comparando esses tipos do item 2; coloque uma coluna de vantagens e outra de desvantagens.

# Meios físicos de transmissão II

## Objetivos

Apresentar os princípios de comunicação sem fio.

Compreender as características das diferentes formas de comunicação sem fio

Na aula anterior vimos os principais meios físicos de transmissão do tipo “guiado”, que utilizam cabos. Nesta aula verificaremos as principais formas não guiadas de transmissão, que utilizam o ar como meio físico.

Em alguns lugares é difícil ou pouco prático utilizar redes cabeadas. Na sua casa, por exemplo, se você quiser usar o micro em vários lugares, terá que espalhar pontos de rede, o que o obrigará no mínimo a refazer a decoração. Prédios antigos ou empresas com escritórios situados em prédios diferentes, aeroportos e rodoviárias são situações, não únicas, comuns para utilização de algum tipo de enlace sem fio.

A ideia das comunicações sem fio não é substituir por inteiro as redes de cabeamento, mas fornecer opções e flexibilidade de uso por parte do utilizador.

Vejamos então os principais sistemas de transmissão de dados sem fio.

## 5.1 Utilização dos meios físicos não guiados

Para a utilização de um enlace de comunicação sem fio, faz-se necessário o uso de transmissores e receptores que se comuniquem através de frequências lançadas no ar. Quando os elétrons se movem, eles criam ondas eletromagnéticas que podem se propagar pelo ar ou pelo vácuo. Esse fenômeno foi observado pela primeira vez pelo físico alemão Heinrich Hertz em 1887. O número de oscilações por segundo dessas ondas eletromagnéticas é chamado de frequência e é medido em Hz (Hertz – em homenagem ao seu observador).



O agrupamento de frequências adota notação de potências de 10 (diferentemente da informática, que usa muito potências de 2). Observe:  
1 KHz = 1000 Hz ou 10<sup>3</sup> Hz  
1 MHz = 1000 KHz ou 10<sup>3</sup> KHz  
1 GHz = 1000 MHz ou 10<sup>3</sup> MHz  
e assim sucessivamente.



As interfaces de rede sem fio dos *notebooks* e *netbooks* estão localizadas na placa mãe do aparelho, normalmente num *slot* mini-pci. As antenas estão ligadas a essa interface e costumam ficar localizadas nas extremidades direita e esquerda da tela de LCD do aparelho (na parte de dentro).



Quando usamos o termo banda para RF, estamos nos referindo ao intervalo de frequências que aquela transmissão pode utilizar. Por exemplo, a banda para as rádios FM pode variar de 88 a 174 Mhz; os sistemas GPS possuem banda no intervalo de 1227 a 1575 Mhz. Como as transmissões de TV ocupam parte da banda FM, talvez você tenha visto algum aparelho de rádio que permite ouvir o som de transmissões de TV.

Segundo explica Tanenbaum (2003), o princípio da comunicação sem fio é baseado na ideia da instalação de transmissores e receptores de ondas eletromagnéticas em antenas de tamanho adequado, formando um circuito elétrico.

Estamos acostumados ao conceito de “frequência”, dado o contato que temos desde cedo com as rádios comerciais e comunitárias. Quando sintonizamos o *dial* de nosso rádio em 105,7 (MHz), estamos sintonizando a frequência do nosso rádio com a frequência da torre de transmissão daquela rádio. Algumas rádios adotam como nome a sua frequência (Rádio 98, por exemplo), o que facilita ao ouvinte localizá-la no dial.

As redes sem fio, tanto em nossas residências como em locais públicos, também necessitam de um transmissor. Em todas elas é comum observarmos a existência de um aparelho que forneça o enlace sem fio (chamado de AP – *Access Point* – Ponto de Acesso) dotado de uma antena e a existência de um computador ou *notebook* dotado de uma *interface* de rede *wireless* (sem fio). Dê uma olhada na Figura 1.2 da Aula 1.

## 5.2 Tipos de meios físicos não guiados

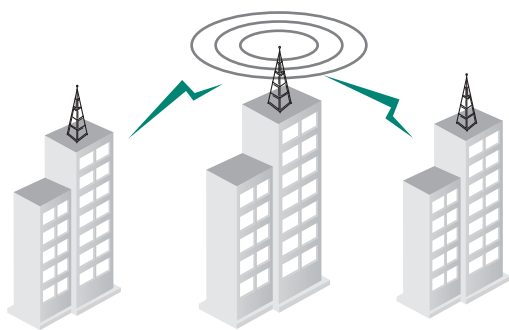
A transmissão por radiofrequência não é a única forma para os enlaces sem fio. Dependendo da aplicação a que se deseja atender ou o serviço a ofertar, um enlace diferente pode ser utilizado. Mas sem dúvida, a radiofrequência é um dos enlaces sem fio mais utilizados. Vejamos os principais.

### 5.2.1 Rádio (RF ou radiofrequência)

As ondas de rádio são fáceis de gerar e conseguem percorrer longas distâncias e atravessar prédios e paredes. Devido a essas características, elas são amplamente utilizadas. Os governos exercem o controle do seu licenciamento de uso, justamente para evitar que algumas frequências interfiram em outras. Imagine você falando ao celular e de repente escutar a transmissão de um canal de TV? Com algumas exceções, como a banda ISM (*Industrial Scientific and Medical* – Banda Industrial, Científica e Médica), todas as bandas de celulares, canais de rádio e TV, sistemas de posicionamento global (GPS) e radar de controle de tráfego aéreo, dentre outras, são controladas pelos governos.

Basicamente, existem dois modos de transmissão em RF: as ondas que se propagam de forma difusa (ou omnidirecionais – que se propagam em todas as direções, possibilitando várias conexões) e as ondas que se propagam de forma direcional, formando apenas um enlace. As Figuras 5.1 e 5.2 exemplificam as formas omnidirecionais e direcionais, respectivamente.

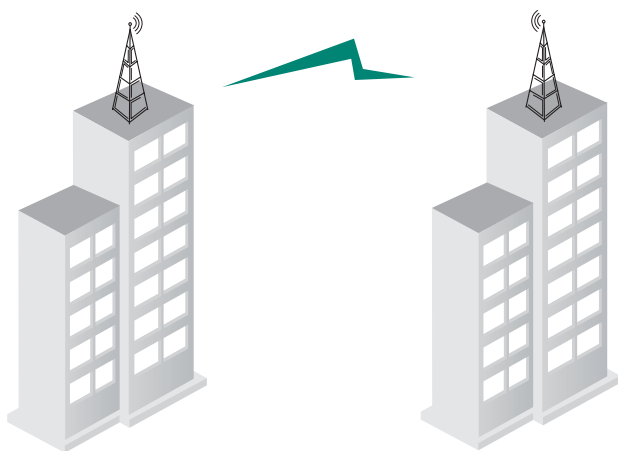




**Figura 5.1: Transmissão de RF omnidirecional**

Fonte: Adaptada de Torres (2001, p. 259)

Você facilmente pode notar que a forma omnidirecional de transmissão não oferece muita segurança, já que qualquer antena receptora instalada nas proximidades pode captar os dados que ali trafegam. Por isso, algumas dessas transmissões são feitas com algum tipo de segurança, como criptografia ou senhas. É o que acontece nas redes sem fio instaladas em prédios e casas por meio dos APs.



**Figura 5.2: Transmissão de RF direcional**

Fonte: Adaptada de Torres (2001, p. 260)

O sistema direcional (Figura 5.2) utiliza duas antenas, normalmente do tipo parabólica ou grade, para se comunicar. Assim, somente duas redes podem estabelecer conexão, formando apenas um enlace. Essas antenas precisam estar alinhadas (chamadas popularmente de “visada sem barreiras”) e são

mais difíceis de instalar. Têm a grande vantagem de não dispersar o sinal, melhorando a segurança contra acessos indevidos.



As palavras “frequência” e “banda” têm outros significados como:

- frequência do aluno às aulas,
- banda de rodagem de um pneu de carro.

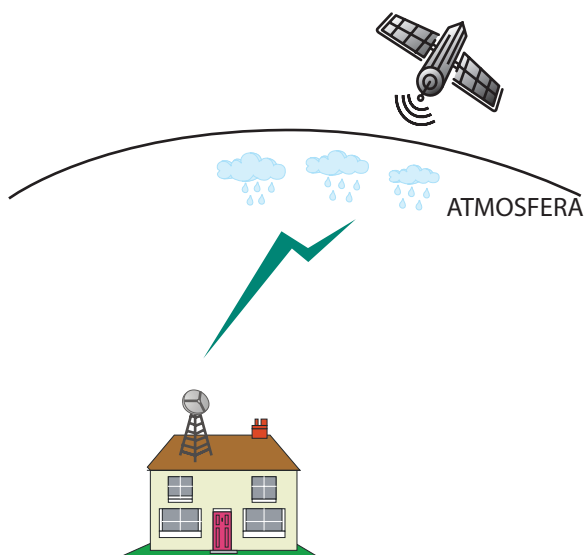
Você consegue estabelecer uma relação entre esses significados e os conceitos apresentados no texto? Discuta com seus colegas assuntos ligados a esses conceitos.

### 5.2.2 Micro-ondas

Quando há necessidade de transmissão de dados em longas distâncias, o enlace micro-ondas é mais eficaz, podendo chegar a taxas de 1 Gbps. Esse sistema é chamado também de MMDS (*Multipoint Microwave Distribution System* – Sistema de Distribuição Multiponto Micro-ondas) e utiliza antenas direcionais para estabelecer o enlace. A frequência nesse tipo de transmissão normalmente precisa ser licenciada pelo órgão regulador do governo (no caso do Brasil, a ANATEL). Essa modalidade é utilizada para transmissões de TV por assinatura, mas as concessionárias telefônicas como Embratel e Oi também a utilizam para transmissão de grandes volumes de dados.

As micro-ondas viajam em linha reta. Assim, a distância que uma transmissão desse tipo pode alcançar está relacionada diretamente à altura da torre transmissora. Isso porque a torre transmissora deve “enxergar” a receptora; assim, montanhas ou a própria curvatura da terra podem interferir na transmissão. Dados obtidos em Tanenbaum (2003) afirmam que uma torre com 100 m de altura pode transmitir dados sob forma de micro-ondas até uma distância de 80 km sem o uso de repetidores.

Assim, a comunicação por micro-ondas é muito usada na telefonia a longa distância, em telefones celulares, na distribuição de sinais de televisão (Figura 5.3) e em outras formas novas de comunicação. A disseminação de canais de fibra óptica tem um alto custo que, em vários casos, pode ser bastante diminuído com os canais de micro-ondas.



**Figura 5.3: Transmissão num sistema direcional micro-ondas**

Fonte: Elaborada pelo autor

Na Figura 5.3 simulamos um exemplo de transmissão de TV por assinatura (comercialmente conhecida por SKY). O fato de as micro-ondas atravessarem facilmente a atmosfera terrestre torna atrativo seu uso por transmissoras de TV. Nas residências é necessário instalar um equipamento receptor dotado de uma miniantena parabólica apontada para o satélite transmissor utilizando cálculos de latitude e longitude. As duas antenas precisam estar devidamente alinhadas para que a recepção aconteça com perfeição.

É muito comum observarmos *notebooks*, *netbooks*, celulares, *tablets* e outros dispositivos portáteis se comunicando através de enlaces *wireless*.



### 5.2.3 Laser

Outra forma de transmissão sem fio é o sinal óptico sob forma de **laser**, que já vem sendo utilizado há algum tempo. O mais comum nesse tipo de enlace é a conexão de LANs situadas em prédios diferentes, porém com visada. Uma das vantagens desse tipo de transmissão é prescindir (não necessitar) da licença de um órgão regulador.

Apesar do custo relativamente baixo, esse tipo de enlace enfrenta alguns problemas. O primeiro deles é a natureza direcional: é necessária precisão milimétrica para estabelecer a visada perfeita. Muitas vezes são usadas len-tes que desfocam o *laser* para facilitar o estabelecimento do enlace. Outro

#### A-Z

##### Laser

*Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation* ou Amplificação da Luz por Emissão Estimulada de Radiação. É um dispositivo que produz radiação eletromagnética monocromática através de um feixe de luz de aproximadamente 1 mm de largura.

fato é a questão climática: há problemas na transmissão em dias de chuva e de neblina; também em dias de sol intenso pode haver interferências das correntes de convecção (turbulências de ar quente) que emanam dos telhados e desviam o feixe de *laser*.

## Resumo

Uma alternativa para enlaces de redes locais e longas distâncias, os meios não guiados (atmosfera) são muito utilizados, devido aos seus baixos custos e investimentos em locais onde é impossível ou inviável utilizar meios guiados. Os meios não guiados não existem para substituir os meios guiados, e sim para complementá-los. Os mais comuns são a radiofrequência, micro-ondas e *laser*, sendo o primeiro a forma mais comum de transmissão sem fio.



Para informações mais detalhadas sobre enlaces de comunicação sem fio, consulte TANEMBAUM, Andrew S. **Redes de computadores**. 4. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2003.

## Atividades de aprendizagem

1. Explique o que é a onda eletromagnética e como ela se forma.
2. Quais são os elementos básicos para acontecer uma transmissão sem fio baseada em ondas eletromagnéticas?
3. As transmissões por RF são amplamente utilizadas devido a certas características positivas. Indique-as e explique-as.
4. O que são antenas omnidirecionais e direcionais? Os APs domésticos utilizam qual tipo de antena? Por quê?
5. Os enlaces de RF, através de antenas direcionais, ou os enlaces de micro-ondas, necessitam de “visada” para obter comunicação efetiva. O que você entende por esse termo? Se você fosse instalar uma dessas antenas, como você poderia obter visada da antena desejada?
6. O feixe de *laser* é muito curto (cerca de 1 mm de tamanho). Qual técnica pode ser usada para aumentar o feixe e facilitar a instalação da antena?
7. Você já deve ter visto *mouse* e teclado sem fio. Relacione-os com o texto estudado.
8. Cite todos os casos em que a antena receptora deve “enxergar” a difusora.

9. Alguns *notebooks* vêm com dois tipos de comunicação sem fio. Quais são e como você os enquadra dentro do texto estudado?

10. Não citamos a taxa de transmissão de todos os meios estudados. Complete o estudo pesquisando a taxa de transmissão de cada um.

11. Observe as assertivas abaixo:

I – As antenas omnidirecionais propagam sinais de ondas em todas as direções e, frequentemente, necessitam de mecanismo de criptografia.

II – As micro-ondas são atrativas para as emissoras de TV por satélite, pois podem atravessar a atmosfera facilmente.

III – O uso de *laser* para transmissão de dados é atrativo porque as antenas são facilmente instaladas em prédios devido à facilidade de visada e porque o feixe não sofre interferência ocasionada por situações climáticas.

IV – Os APs domésticos utilizam *laser* para transmissão de dados para as antenas receptoras.

Está correto o que consta apenas em:

A – III e IV

B – I, II e III

C – I, III e IV

D – II e IV

E – I e II .