



**INSTITUTO FEDERAL DE ENSINO TECNOLÓGICO DE SANTA CATARINA  
UNIDADE DESCENTRALIZADA DE SÃO JOSÉ  
CURSO TÉCNICO DE TELECOMUNICAÇÕES**

# **REDES DE COMPUTADORES E A CAMADA FÍSICA**

## **CAPÍTULO 4**

### **Meios de Comunicação de Dados**

## SUMÁRIO

4. MEIOS DE COMUNICAÇÃO DE DADOS.....	2
4.1 Conceito.....	2
4.2 Características Associadas aos Meios de Transmissão.....	2
4.3 Os meios básicos de transmissão de dados.....	5
4.3.1 Par metálico trançado.....	5
4.3.2 Cabo Coaxial.....	5
4.3.3 Fibra Ótica.....	6
4.3.4 Espaço livre.....	7
4.4 A Rede Telefônica Pública.....	8
4.5 As Linhas Privativas para Comunicação de Dados.....	9

---



## 4. MEIOS DE COMUNICAÇÃO DE DADOS

### 4.1 *Conceito*

No âmbito dos sistemas de teleprocessamento pode-se utilizar basicamente 4 tipos de suportes de transmissão de dados:

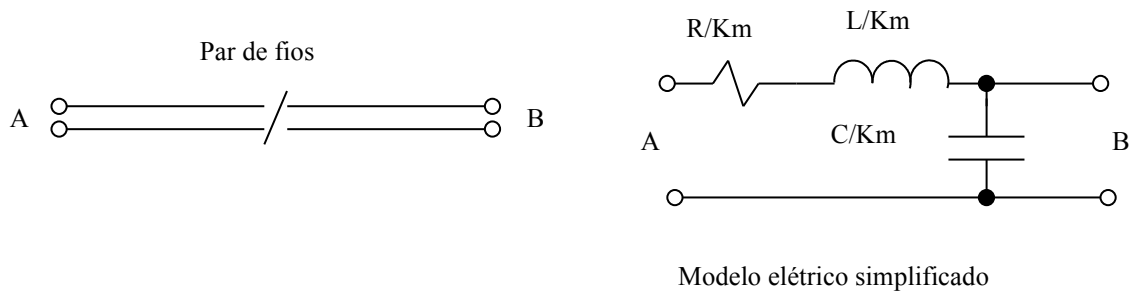
- par metálico trançado
- cabo coaxial
- fibra ótica
- espaço livre (radiodifusão)

Em adição, para o transporte físico da informação podem vir a ser utilizados sistemas pré-existentes que se utilizam dos meios físicos citados. É o caso do uso da rede telefônica pública. Também podem ser utilizados sistemas especialmente construídos para a realização da comunicação de dados, neste item se incluem as linhas privativas de comunicação (LPCD's) e redes específicas tais como redes determinísticas construídas com multiplexadores.

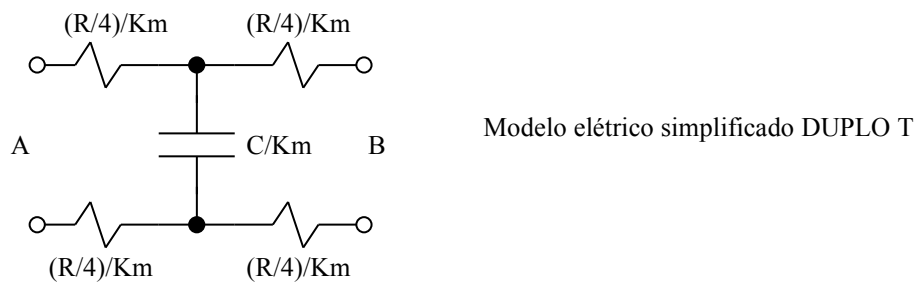
Cada um dos meios utilizados possui as suas próprias peculiaridades e os usuários deverão lançar mão de equipamentos específicos com características adaptadas aquele meio. Neste capítulo serão abordados diferenciações importantes entre os 4 meios físicos básicos, a rede telefônica pública e as LPCDs.

### 4.2 *Características Associadas aos Meios de Transmissão*

Todo o meio básico de comunicação de dados pode ser modelado por um circuito elétrico equivalente, com por exemplo o modelo elétrico de um par de fios de um sistema telefônico mostrado a seguir. Os valores de R, C e L, vão determinar o comportamento deste meio em relação ao sinal nele circulante. Propositadamente utilizamos o modelo elétrico de um par de fios como foco de nosso estudo justamente porque este é o meio de transmissão que abrange a maioria das aplicações em telecomunicações além de ser comum nas ligações de interfaces digitais. Baseado no modelo do par de fios, observa-se que o mesmo se comporta como um filtro passa-baixa de alta ordem e que quanto maior seu comprimento, maior a restrição da passagem de um sinal por este meio. As características mais importantes, intrinsecamente relacionadas resultantes desses modelos são a atenuação e a banda passante. Em telecomunicações, sempre se busca a construção de meios de comunicação com atenuações menores e banda passante maiores. Da mesma forma, modelos elétricos como o do par de fios podem ser levantados para substituir outros meios de transmissão na análise do sinal circulante.

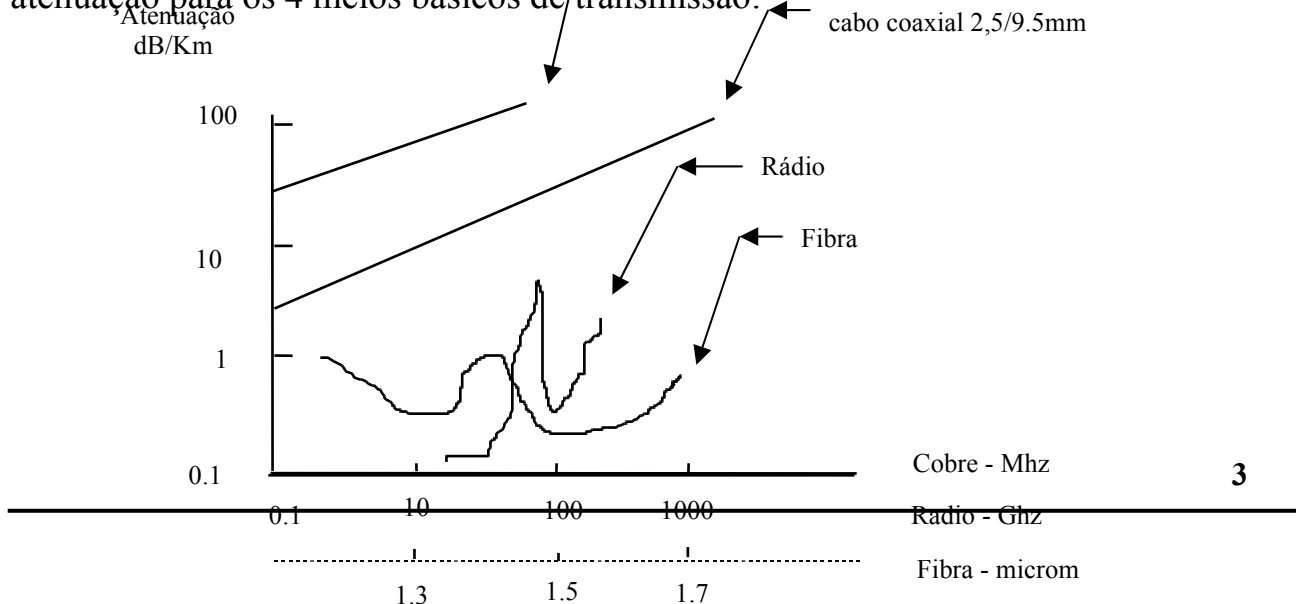


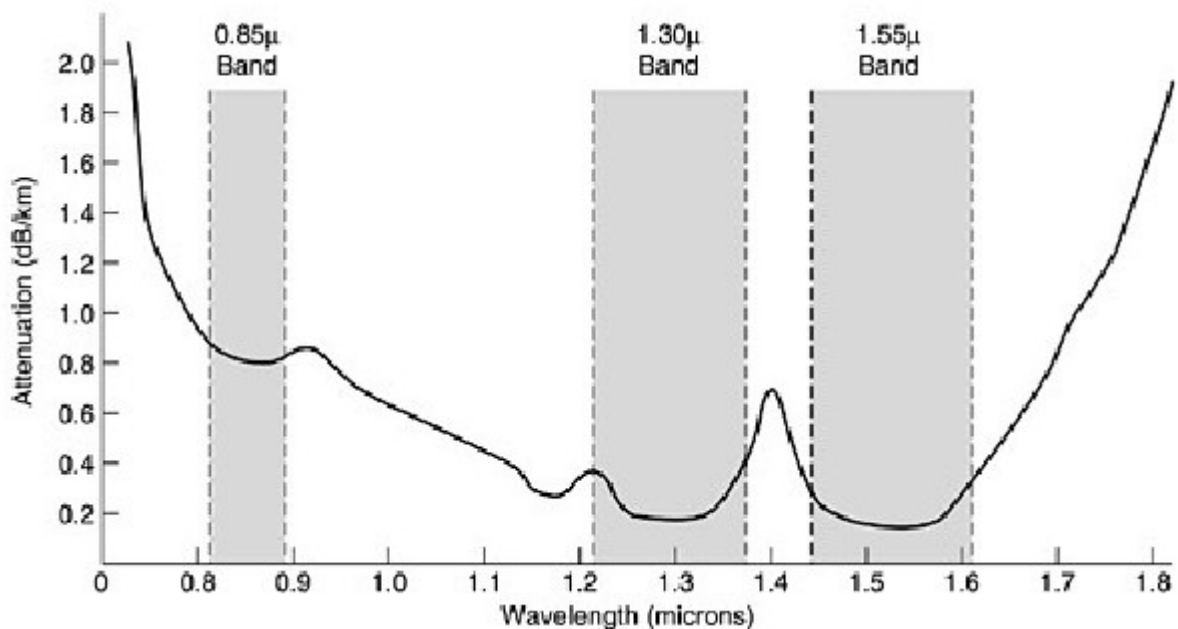
Em geral para um par de fios, bitola 26 AWG, os valores por quilômetro são:  $R=244\text{ohms}$  e  $C=50\text{nF}$ . Como para a maior parte das aplicações em telecomunicações, se utiliza o trançamento do par, o efeito da indutância é significativamente reduzido em função da interação de campos magnéticos antagônicos ao longo do par formados pelas correntes iguais e contrárias do loop do sinal. Neste caso o valor de  $L$  é insignificante e não é comum considerá-los nos modelos, a não ser para aqueles casos em espectros de frequências do sinal mais elevadas. Em geral, costuma-se utilizar o chamado modelo **duplo T** mostrado abaixo já considerando um circuito equilibrado (simétrico) e sem o efeito da indutância.



**Atenuação**

Qualquer que seja o tipo de sinal que irá percorrer um meio de transmissão, este sofrerá uma redução em sua potência. Este fenômeno, conhecido por atenuação do sinal se manifesta de forma diferente conforme seja a natureza do sinal (eletricidade, onda eletromagnética), material do meio (cobre, fibra etc) ou frequência do sinal. O desejável é que ocorra o mínimo possível de atenuação. O gráfico a seguir compara a atenuação para os 4 meios básicos de transmissão:





Pelos gráficos acima pode-se observar que:

- a fibra óptica possui baixas perdas no comprimento de 1,3 a 1,5 micrometro.(faixa de 1 Thz);
- a rádio transmissão experimenta altas perdas entre 50-100 Ghz;
- a atenuação do cobre é alta e varia acentuadamente com a freqüência do sinal.

A atenuação diferenciada nas freqüências componentes de um sinal produz uma distorção em amplitude.

### **Banda Passante**

Não é somente a atenuação propriamente dita que interessa qualitativamente para a transmissão em um meio. O fato de a atenuação variar com a freqüência, faz com que

meios do tipo cobre restrinjam severamente a passagem de um sinal. Quando trata-se de transmissão digital, a capacidade de transmissão é medida em bits por segundo. Quanto maior a taxa melhor o desempenho. Porém, aumento da velocidade causa aumento das frequências incorporadas no sinal. Se um meio atenua fortemente altas frequências, então a taxa de transmissão fica comprometida. A fibra ótica em relação aos meios baseados no cobre não produz atenuação diferenciada em função da frequência do sinal, o que é uma grande vantagem.

### **4.3 Os meios básicos de transmissão de dados**

#### **4.3.1 Par metálico trançado**

O par trançado é composto por dois fios enrolados em espiral que permite manter as características elétricas (principalmente a indutância) ao longo do suporte (o que não acontece com fios paralelos). É disponível na forma de cabos telefônico e considerado um suporte de transmissão com razoável imunidade ao ruído, para sistemas operando em ambientes internos sem fontes importantes de ruído (motores, reatores, etc.)

As principais vantagens deste meio são:

- Facilidade de operação (instalação e manutenção);
- Possibilidade de conexão multi-ponto;
- Barato e possui alta disponibilidade no mercado.

Como desvantagens podem-se citar:

- Sujeito ao fenômeno de diafonia ("cross-talk"). Este fenômeno pode ser reduzido com blindagens no par;
- Menor imunidade a ruídos e sujeito a distorções (atenuação diferenciada em amplitude bem como na fase das diferentes frequências que compõe o sinal);
- Banda passante pequena e portanto a velocidade de transmissão é bastante limitada;
- Normalmente deve ser utilizado em instalações internas.

#### **4.3.2 Cabo Coaxial**

O cabo coaxial é constituído por um condutor cilíndrico central (em geral de cobre) circundado por um isolante (dielétrico) e tendo ainda uma camada externa condutora que serve como retorno e também como blindagem eletrostática. Pode apresentar ainda com fitas metálicas para aumentar a robustez mecânica. Os cabos coaxiais podem ser utilizados para transmissão em banda básica (sinal digital) (50ohms) ou "broad-band" (com modulação e multiplexação) (75ohms). Uma das

grandes aplicações deste cabo nas telecomunicações se faz nos sistemas de TV a cabo e redes locais.

Como vantagens deste meio têm-se:

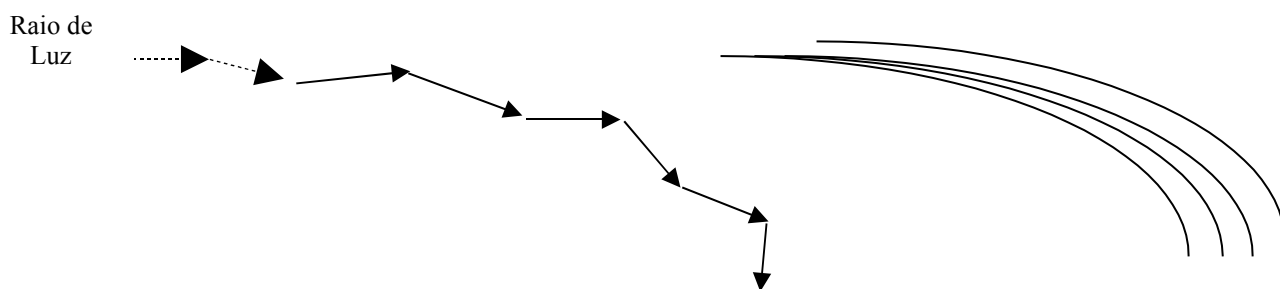
- Capacidade de transmissão na ordem de dezenas de Mbps;
- Devido a possibilidade de transmissão em uma ampla faixa de frequência pode-se utilizar a multiplexação em frequência;
- Imunidade ao ruído superior aos pares trançados Podem ser utilizados externamente;
- Conexão física ponto-a-ponto bastante simples (conectores BNC);
- Conexão multiponto bastante flexível: permitem conexões flexíveis sem alterar significativamente as características mecânicas ou elétricas do cabo. Isto proporciona facilidades de reconfiguração e manutenção;
- boa disponibilidade no mercado.

Como desvantagens têm-se:

- Devido a sua estrutura estes cabos apresentam dimensões físicas maiores e exigem cuidados especiais na sua instalação (curvatura, canaletas para instalação etc.);
- São mais caros que o par trançado;
- Em uma rede local é o ponto que apresenta maiores problemas.

### 4.3.3 *Fibra Ótica*

A fibra ótica constitui-se em um suporte para a transmissão de luz infra-vermelha (faixa de  $10^{14}$  a  $10^{15}$  Hz), atuando portanto como um guia de onda. É constituída basicamente por uma casca de índice de refração  $n_1$  ligeiramente superior a um núcleo composto de material semiconductor (geralmente sílica) de índice de refração  $n_2$ . Um encapsulamento externo plástico proporciona uma proteção mecânica a fibra. A atenuação do sinal depende do comprimento da onda luminosa. Existem regiões espectrais de baixa atenuação conhecidas como janelas de transmissão. A atenuação portanto depende da frequência da luz utilizada (ver gráfico acima).





As vantagens do uso da fibra ótica são:

- Baixo nível de atenuação;
- Independência da atenuação do sinal com relação a velocidade do sinal em banda base;
- Total imunidade a ruídos eletromagnéticos;
- Fornece uma completa isolamento elétrica entre os equipamentos interconectados.
- São pequenas e cômodas para a instalação;
- Quanto a maleabilidade as fibras óticas podem ser colocadas num nível intermediário entre os cabos coaxiais e os pares trançados;
- Suportam altas taxas de transmissão: mais de 400 Mhz em distâncias de até 1 Km.

As desvantagens da fibra, que já estão sendo contornados em sua maior parte são:

- Pouca disponibilidade no mercado;
- São relativamente caras (principalmente os dispositivos acopladores);
- Dimensões microscópicas envolvidas nas conexões com os dispositivos emissores e receptores da luz tornam complexos estes equipamentos;
- Mais utilizada atualmente em sistemas ponto-a-ponto (configurações de redes em anel ou estrela).

#### 4.3.4 *Espaço livre*

O espaço livre é o meio natural para a propagação de sinais eletromagnéticos. Usando as características de reflexão proporcionadas pelas várias camadas da atmosfera pode-se atingir distâncias relativamente longas (uso das ondas curtas). Além disto, pode-se usar satélites para retransmitir os sinais a partir do céu.

São vantagens do uso do espaço:

- Permite uma grande flexibilidade na localização dos equipamentos (uso em ambulância, veículos militares etc).
- Interessante para conexões ponto-a-ponto e multi-ponto a grandes distâncias.

Como desvantagens têm:

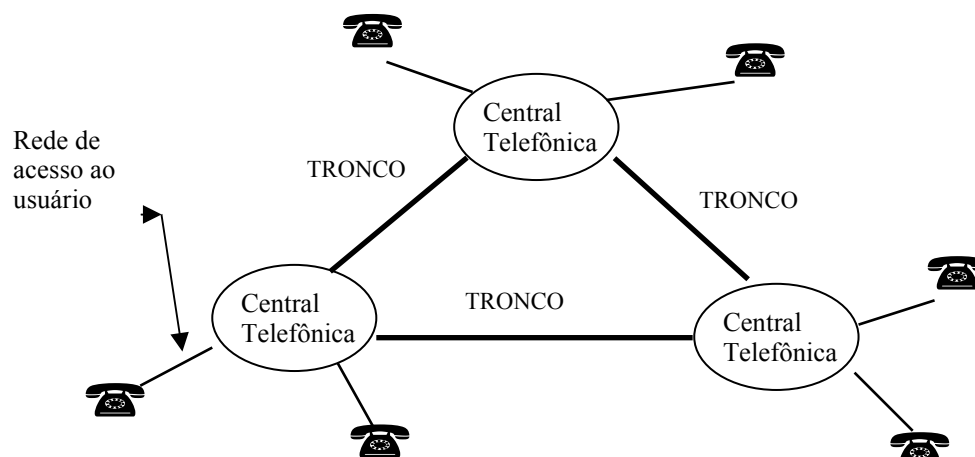
- O custo dos equipamentos de comunicação são bastante elevados

- Existem restrições na banda passante, dependendo de vários fatores: área de cobertura, disponibilidade do espectro, interferência e ruídos, regulamentação pública, custos de equipamentos e é claro a faixa em que se deseja transmitir.
- Técnicas adicionais aos protocolos convencionais são necessários para tratar problemas de retardo de propagação etc.
- A confiabilidade de uso é dependente das condições climáticas.

#### 4.4A Rede Telefônica Pública

O sistema telefônico para a comunicação de voz, dado a sua larga extensão mundial, é particularmente atrativo para a comunicação de dados. Entretanto, pela sua natureza, a rede telefônica restringe a banda passante a faixa de 300hz a 3400hz o que é um fator extremamente limitante no que diz respeito a taxa de transmissão dos dados.

As linhas comutadas usadas na rede telefônica são as “linhas discadas” onde uma central realiza o chaveamento dos circuitos a fim de dar continuidade elétrica entre dois aparelhos telefônicos. A rede telefônica pública é todo o sistema formado pelas linhas de acesso ao usuário (normalmente par trançado com 2 fios), centrais comutadoras, troncos de interconexão entre centrais e todos os dispositivos e acessórios auxiliares.



Considerando que a rede telefônica remonta ao final do século passado, onde a tecnologia digital não estava desenvolvida, tem-se que o custo para a transformação da rede de acesso ao usuário, historicamente analógico, para um sistema digital, é

extremamente elevado. As interconexões entre centrais (através dos troncos), entretanto estão em sua maior parte sendo digitalizadas (bem como as próprias centrais de comutação). Cada canal de voz digitalizado é transmitido na frequência de 64Kbps (os canais PCM). Técnicas de multiplexação são utilizadas nos troncos de forma a possibilitar a transmissão de vários canais de voz por um mesmo meio físico simultaneamente (uso de hierarquias de transmissão digital). Deve-se observar que entre centrais os meios físicos de transporte são os mais diversos possíveis (meios mistos): fibra ótica, enlaces de microondas, enlaces com satélites etc.

Resta, portanto, saber como pode-se utilizar esta rede como meio físico para o transporte de dados. Uma primeira forma é através do acesso direto as linhas comutadas (analógicas). Neste caso, como será visto mais tarde é necessário o uso de equipamentos que permitam inserir o sinal de dados na banda passante do canal telefônico de voz. Isto é realizado por modems analógicos.

As concessionárias telefônicas disponibilizam alguns serviços de comunicação de dados utilizando a estrutura do sistema telefônico como o Rempac (Embratel) para acesso as redes de transporte X.25 para aplicações em geral de baixa velocidades (antecessora das atuais redes de transporte Frame-Relay – veremos com mais detalhes no módulo 4) como redes de cartões de crédito ou automação nos sistemas de proteção ao crédito. Na década de 80 foi muito comum o uso do serviço Datafone (aluguel de modem para linha discada). O Datafone, em função da difusão e queda dos preços de modems para linha discada, não são mais comercializados, mas foi muito procurado naquelas aplicações de transferência de arquivos ou consulta de banco de dados que não ultrapassassem à 3 horas diárias. O cliente neste caso paga o aluguel do modem, que pode ter velocidades de até 14400 bps (na época...), mais o custo normal das tarifas telefônicas locais, DDD ou DDI. Atualmente o rol de serviços oferecidos está bem expandido e diferenciado. Outros serviços já obsoletos foram também bastante utilizados como o DatafoneVD, que permitia o uso simultâneo de voz e dados sobre um único par de fios do assinante. O problema é que a velocidade era baixa (até 19.200bps) e se limitava a links ponto à ponto de até 8km.

#### ***4.5 As Linhas Privativas para Comunicação de Dados***

A LPCD (Linha Privativa para Comunicação de Dados) ou simplesmente LP (Linha Privativa), é um circuito permanente alugado a concessionária que permite o uso ininterrupto do canal podendo ser alugado permanentemente ou temporariamente.

As LPs, assim como as linhas de assinante da rede pública de telefonia, são conectadas diretamente a central comutadora mais próxima, possuindo em geral um grau de confiabilidade bem superior às linhas discadas. Ruídos de comutação de contatos não são inerentes a estas linhas; o acesso é direto sem auxílio de telefone. A adoção de uma LP é ideal quando se deseja conectar pontos com velocidades

superiores a que um canal telefônico pode suportar (>33,6Kbps) ou quando o uso de uma linha discada durante o dia oferecer um custo mensal superior ao aluguel da LP. Como o circuito é direto a concessionária pode oferecer uma série de condicionamentos para melhorar a qualidade do link. Dependendo do condicionamento aplicado pode-se transmitir em velocidades superiores à 2 Mbps.

No módulo 4 veremos com mais detalhes as disponibilidades comerciais das LPCD's e como elas podem ser classificadas em relação as suas características elétricas. Neste momento vamos considerar as LPs como canais de comunicação privados compostos de um único meio básico de transmissão como um par de fios ou como um conjunto destes meios interconectados a equipamentos de redes de transporte de dados de hierarquia superior contidos nos sistemas de telecomunicações.