

Engenharia de Controle e Automação
Disciplina: Telecomunicações na Automação – 10º Período
Professor: José Maurício S. Pinheiro

AULA 1: Conceitos de Redes de Comunicação

1. Sinais Analógicos e Digitais

Até o século XIX a comunicação era realizada por voz, escrita, sinais visuais, etc. O telégrafo e o telefone aumentaram sensivelmente o alcance e a velocidade das comunicações convertendo as informações em sinais elétricos para transmissão. Os sinais podem ser vistos como uma forma de onda (representação da amplitude do sinal em relação ao tempo) e são classificados em digitais e analógicos. O processamento dos sinais do primeiro tipo é mais fácil do que os sinais do segundo tipo. Assim sendo, existe uma tendência em transformar os sinais do tipo analógicos em digitais. Isso é possível através da técnica chamada de DIGITALIZAÇÃO.

Esclarecemos que isso não quer dizer que os sinais analógicos estejam com os seus dias contados, pois ressaltamos que o sinal é digitalizado na origem, com objetivo de processamento e muitas vezes quando o mesmo é entregue no destino, o sinal é novamente transformado em analógico. Como exemplo, podemos citar o ser humano, cujo sentido da audição é analógico, não fazendo o menor sentido para nós, ouvirmos um som digital.

1.1 Sinal Analógico

É todo sinal cuja variação é contínua em relação a um parâmetro analisado, geralmente em relação ao tempo (Figura 1).

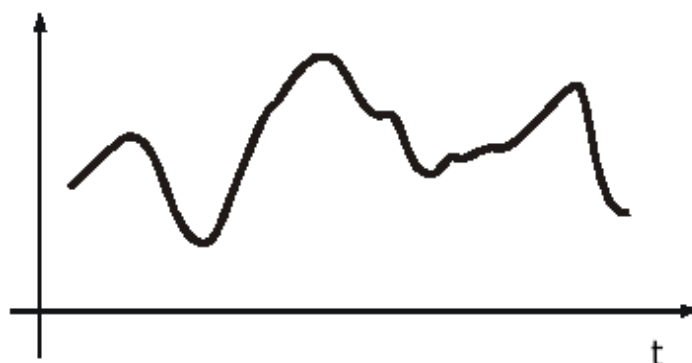


Figura 1 - Sinal Analógico

1.2 Sinal Digital

É todo sinal cuja variação é discreta em relação a um parâmetro analisado, geralmente em relação ao tempo (Figura 2).

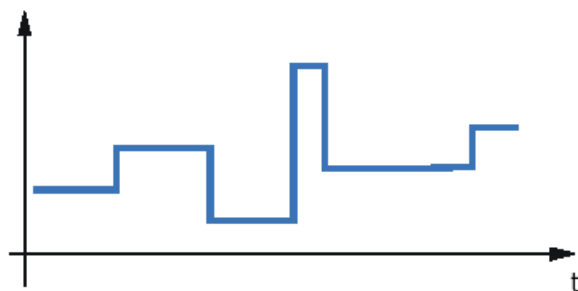


Figura 2 - Sinal Digital

2. Tipos de Comunicação de Dados

2.1 Quanto ao sentido de transmissão

SIMPLEX: Transmissão unilateral, ou seja, só existe transmissão de A para B, não existindo transmissão no sentido inverso, sendo necessário apenas um único “caminho” para transmitir os bits (Figura 3).



Figura 3 - Comunicação SIMPLEX

HALF-DUPLEX: Transmissão bilateral, porém não simultânea. Como não existe transmissão ao mesmo tempo, continua sendo necessário apenas um único “caminho” para transmitir os bits (Figura 4).

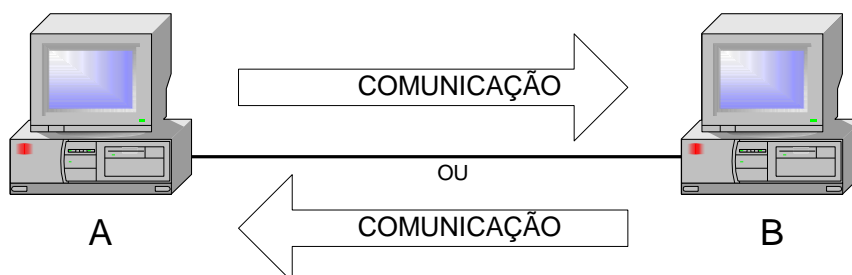


Figura 4 - Comunicação HALF-DUPLEX

FULL-DUPLEX: Transmissão bilateral e simultânea. Como existem transmissões ao mesmo tempo é necessário existir dois “caminhos” para transmitir os bits (Figura 5).

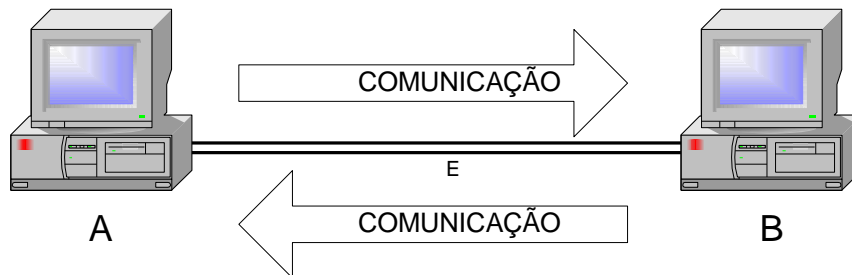


Figura 5 - Comunicação FULL_DUPLEX

2.2 Quanto ao número de vias de transmissão

TRANSMISSÃO PARALELA: é mais adequada para transmissões a curta distância (até 2 metros). Suponha que a informação que se deseja transmitir de um lado a outro é composta por 8 bits, como mostrado na figura a seguir. Com apenas um comando, os 8 bits passam simultaneamente do lado A para o lado B. Isso é chamado de transmissão paralela, pois todos os bits da informação passam ao mesmo tempo de um lado para o outro (Figura 6).

Não é uma solução tecnicamente viável para longas distâncias, pois os atrasos diferentes nas diversas linhas de transmissão fazem com que as informações cheguem cada uma a um determinado tempo, dificultando o recebimento da informação corretamente.

Não é uma solução viável economicamente para transmissões a longa distância, pois teríamos que contratar diversos circuitos de comunicação que são de custo elevado.

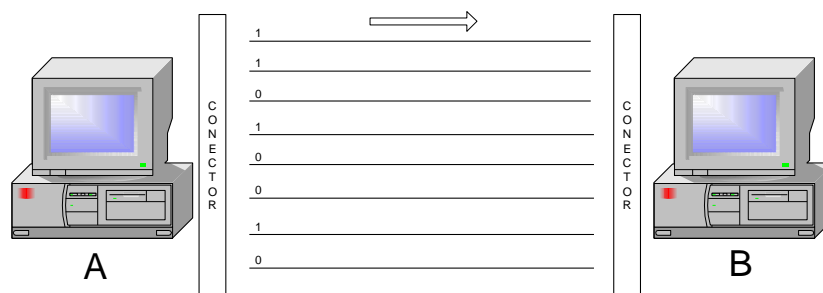


Figura 6 - Transmissão PARALELA

TRANSMISSÃO SERIAL: é a alternativa para transmissões a longa distância porque apesar de todos os bits continuarem a ter retardos de propagação, os valores desses retardos serão os mesmos para todos eles, diferentemente do que acontece na transmissão paralela (Figura 7).

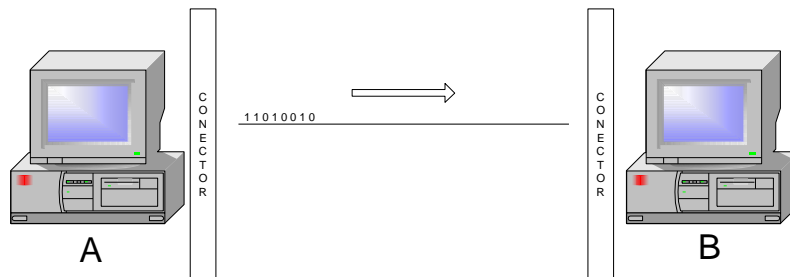


Figura 7 - Transmissão Serial

2.3 Quanto ao tipo de ligação física

PONTO A PONTO: existem apenas dois pontos de comunicação, um em cada extremidade do enlace (figura 8).

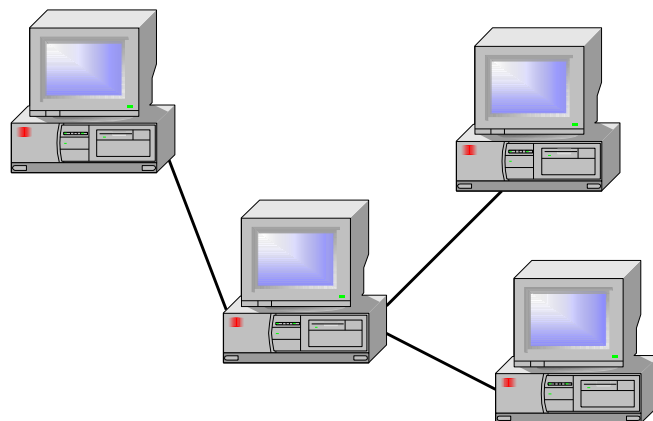


Figura 8 - Ponto a Ponto

MULTIPONTO: presença de três ou mais dispositivos de comunicação com possibilidade de utilização do mesmo enlace (Figura 9).

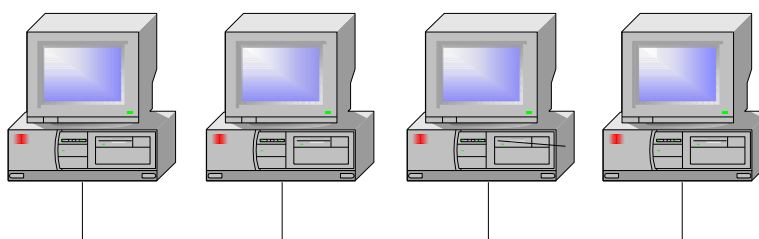


Figura 9 - Multiponto

2.4 Quanto à cadência de transmissão

Sincronismo, em transmissão de dados, é a característica que faz com que os equipamentos conectados em uma rede de comunicação trabalhem no mesmo “ritmo”, ou seja, no momento que uma interface de rede coloca um bit na rede, a outra interface, do outro lado, lê esse bit (respeitados todos os atrasos de transmissão). Se o envio de bits e a sua respectiva leitura do outro lado ocorrem no mesmo ritmo e sem perda de nenhum bit pelo receptor, dizemos que os equipamentos estão em sincronismo. O ritmo em ambas as interfaces de rede é estabelecido por um dispositivo que informa o momento certo de enviar e de ler os dados da rede. Esse dispositivo que marca o ritmo é chamado de relógio ou clock.

2.4.1 TRANSMISSÃO ASSÍNCRONA

- a) **ESQUEMA DE TRANSMISSÃO:** é o tipo de transmissão serial em que a informação é enviada em pequenas partes denominadas de caractere (agrupamento de bits).

Na transmissão assíncrona, não existe um tempo pré-determinado entre os caracteres que estão sendo enviados (Figura 10). Eles podem ser enviados aleatoriamente. Durante o tempo de inatividade, não há necessidade de sincronismo entre as máquinas envolvidas, até porque, durante esse intervalo, não temos transmissão de dados.

Entretanto, no momento de envio de um caractere, os equipamentos devem trabalhar no mesmo ritmo, ou seja devem estar em sincronismo. Na transmissão assíncrona, o caractere é composto por um START bit + bits de informação do usuário + um ou dois (depende do sistema) STOP bit(s). O start bit é sempre um bit “ 0 “. O stop bit é sempre um bit “ 1 “. Normalmente, a transmissão assíncrona, é usada para baixas taxas de transmissão.

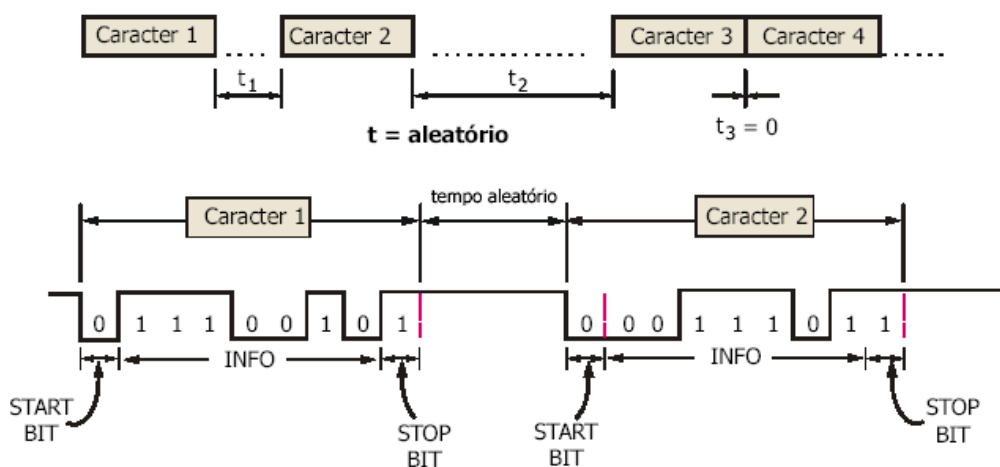


Figura 10 - Transmissão Assíncrona

- b) OVERHEAD: é normalmente expresso em porcentagem e nos dá uma ideia de quantos bits necessitamos adicionar à informação do usuário, para que a mensagem possa chegar corretamente ao destino (Figura 11).

$$\text{OVERHEAD} = \text{Nº DE BITS DE CONTROLE} / \text{Nº TOTAL DE BITS}$$

- c) PARIDADE: é uma verificação de erro na transmissão assíncrona. A paridade é um método no qual, inserimos um bit extra ao caractere que está sendo transmitido, com a finalidade de detectarmos erro de transmissão.

A paridade pode ser PAR ou ÍMPAR e é sempre tomada com referência a quantidade de bits 1's do caractere transmitido (não considere o(s) stop bit).

- Paridade PAR \Rightarrow o bit de paridade deve ser tal que a quantidade de bits 1's, da mensagem (dados do usuário + paridade), seja uma quantidade par.
- Paridade ÍMPAR \Rightarrow o bit de paridade deve ser tal que a quantidade de bits 1's, da mensagem (dados do usuário + paridade), seja uma quantidade ímpar.

O teste de detecção de erro por paridade, não consegue perceber um erro, caso os bits transmitidos errados sejam em quantidade par. Entretanto a prática mostra que na maioria dos casos, quando ocorre erro, o mesmo acontece em apenas 1 bit.

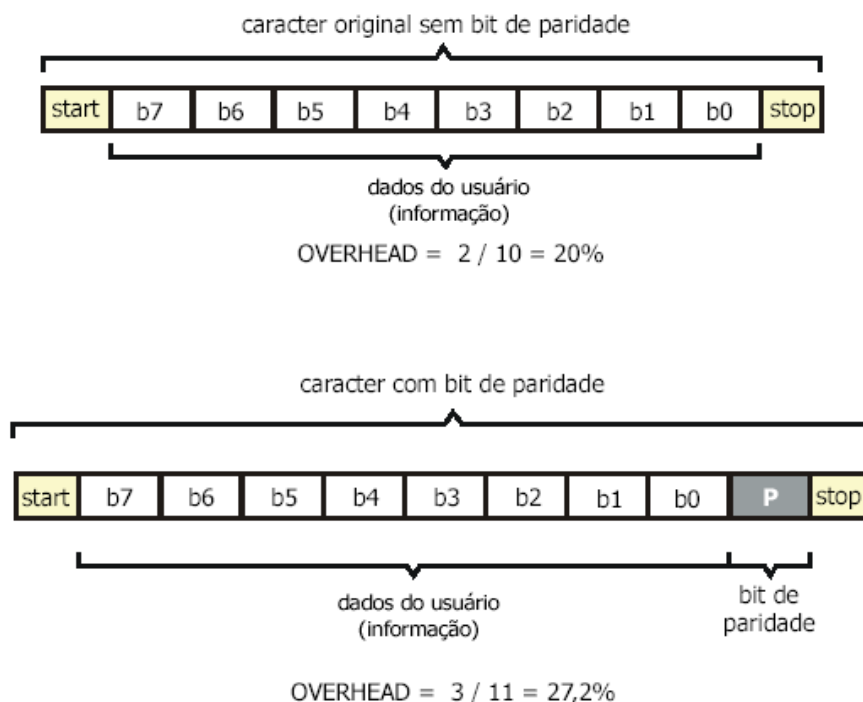


Figura 11 - Overhead

2.4.2 TRANSMISSÃO SÍNCRONA

- a) **ESQUEMA DE TRANSMISSÃO:** é o tipo de transmissão serial, no qual são transmitidos *frames* (agrupamento de caracteres) sequencialmente, com intervalo de tempo igual a zero (ou padronizado) entre eles. É caracterizado pela grande quantidade de bits transmitidos entre os instantes de tempo destinados ao acerto de sincronismo (Figura 12). Enquanto na transmissão assíncrona, o acerto de sincronismo é feito a cada intervalo de 8 a 11 bits, na transmissão síncrona o intervalo correspondente é muito maior.

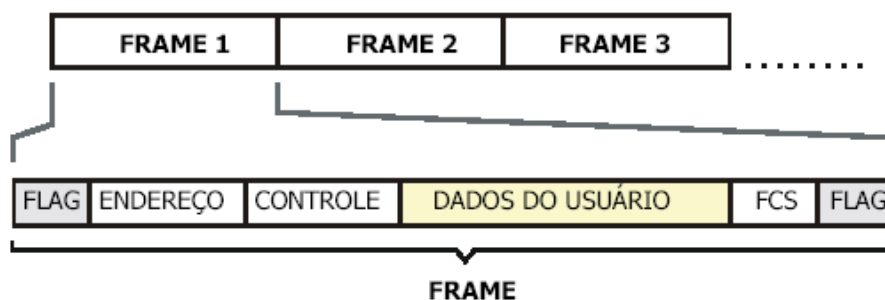


Figura 12 - Transmissão Síncrona

- **FLAG** ⇒ Tem a função de enviar uma sequência específica de bits (01111110), que ao ser detectada pelo receptor, faz com que este acerte seu relógio, para manter-se em sincronismo e consequentemente continuar a receber os bits corretamente.
 - **ENDEREÇO** ⇒ Tem a função de informar o endereço do remetente e/ou do destinatário, conforme seja o caso de aplicação.
 - **CONTROLE** ⇒ Tem a função de informar o tipo de frame que está sendo transmitido.
 - **DADOS DO USUÁRIO** ⇒ Campo composto por um número de bits, que é múltiplo de 8 e cujo tamanho máximo é definido pela tecnologia de rede utilizada.
 - **FCS** ⇒ Significa Frame Check Sequence. É usado para detectar erros de transmissão. É uma técnica poderosa e mais segura que a técnica de paridade vista na transmissão assíncrona.
- b) **OVERHEAD:** a definição de overhead já foi vista na transmissão assíncrona. FLAG, ENDEREÇO, CONTROLE e FCS são os controles transmitidos junto com os DADOS DO USUÁRIO, para que a mensagem chegue corretamente ao seu destino.
- c) **FCS:** é uma verificação de erro na transmissão síncrona.

Enquanto a paridade é uma técnica de verificação de erro para a transmissão assíncrona, no caso da transmissão síncrona o método usado é o FCS, onde são transmitidos 16 bits adicionalmente ao frame. É o campo de um protocolo

síncrono que carrega a informação para verificarmos se a mensagem recebida está ou não correta.

3. CONCEITOS DE REDE DE TELECOMUNICAÇÕES

Define-se um Sistema ou uma Rede de Telecomunicações como sendo o conjunto de equipamentos, meios de interligação e softwares, especificados, projetados, instalados e operados com a finalidade de prestação de serviços (Figura 13).

Em uma rede de telecomunicações coexistem dois tipos de ambientes: o ambiente do usuário, que estabelece contornos ou limites nos domínios do usuário e o ambiente da operadora, que é de propriedade da empresa que explora publicamente os serviços.

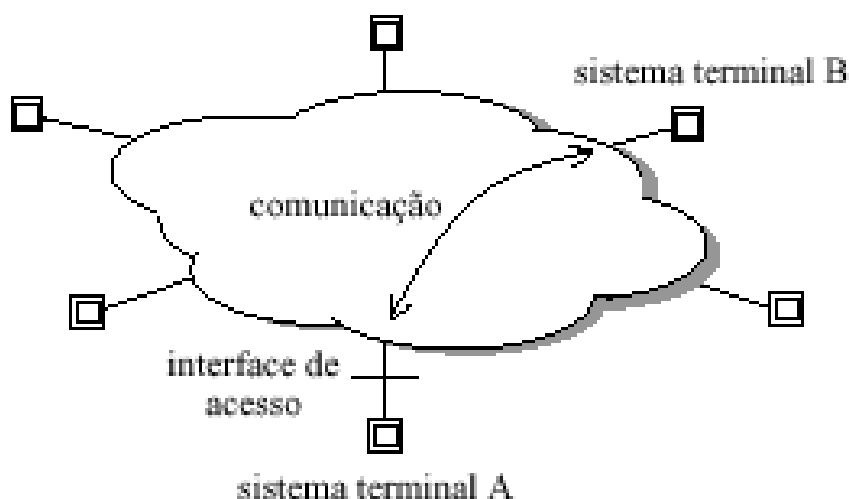


Figura 13 - Rede de telecomunicações

3.1 FUNÇÕES ESSENCIAIS DE UMA REDE DE TELECOMUNICAÇÕES

Uma rede de telecomunicações deve oferecer e assegurar condições básicas para seus usuários como a comunicação entre os sistemas terminais dos usuários, oferecer interfaces para acesso a recursos geralmente compartilhados e disponibilizar serviços com uma qualidade previamente estabelecida (QoS).

A interface de acesso e a própria operação interna da rede envolve um conjunto de protocolos entre os vários elementos da rede. Estes protocolos incluem não só aspectos físicos, por exemplo, relativos a conectores e sinais elétricos, mas também aspectos lógicos relacionados com o início, transferência e término das comunicações.

A qualidade de serviços inclui vários componentes como disponibilidade da rede, estabelecimento de ligações, probabilidade de congestionamentos, atrasos de transmissão, probabilidade de erros em interfaces digitais, etc.

3.2 CONFIGURAÇÕES

Os tipos de configurações de comunicação variam conforme o grau de serviço e eficiência exigido para a rede (Figura 14):

- **Ponto a Ponto** - As configurações “ponto a ponto” exigem alguma forma de endereçamento explícito ou implícito dos sistemas terminais de destino. A rede terá de suportar funções de comutação, isto é, a interligação entre entradas e saídas em nós da rede, de forma a permitir o encaminhamento de acordo com o endereço de destino. Por exemplo, telefonia, fax, correio eletrônico;
- **Difusão** - Na configuração por difusão o número de receptores é arbitrário e normalmente desconhecido do emissor não havendo qualquer endereçamento dos sistemas terminais;
- **Multiponto** - Um caso específico da configuração multiponto é a “ponto a multiponto”: é a situação da figura em que A comunica com B-C-D, mas não existe comunicação entre estes, limitação que não existe no caso geral. Exemplos de serviços: teleconferência, televisão, radiodifusão.

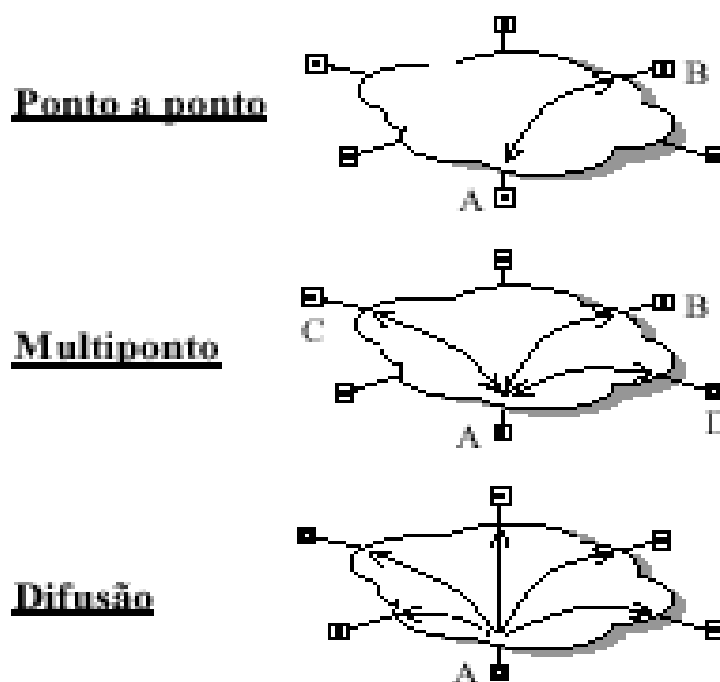


Figura 14 - Configurações básicas das redes de comunicação

3.3 CLASSIFICAÇÃO QUANTO A ABRANGÊNCIA DE UMA REDE

Outra classificação de rede é quanto a sua abrangência. Segundo essa classificação, as redes podem ser divididas em:

- LAN (Local Area Network) - Redes Locais de Computadores
- MAN (Metropolitan Area Network) - Redes Metropolitanas
- WAN (Wide Area Network) - Redes Extensas ou de Longa Distância

3.3.1 REDES LOCAIS (LAN)

É uma rede situada em local determinado (não remoto), que permite o compartilhamento de informações, equipamentos e recursos entre os seus usuários (Figura 15). Algumas de suas principais características são:

- Alta velocidade de comunicação
- Baixos atrasos
- Transmissão “Broadcasting”
- Tempo de envio de mensagem maior que o tempo de propagação



Figura 15 - Exemplo de LAN

As redes locais são redes privadas amplamente usadas para conectar computadores pessoais e estações de trabalho em escritórios e instalações industriais, comerciais, acadêmicas e, mais modernamente, instalações residenciais, permitindo o compartilhamento de recursos (por exemplo, impressoras, acesso à Internet etc.) e a troca de informações.

As redes locais apresentam tamanho restrito, o que significa que o pior tempo de transmissão é limitado e conhecido com a devida antecedência. Uma rede local se refere comumente a uma combinação de computadores e meio de transmissão de baixo custo, geograficamente próximos, com distâncias não superiores aos 10 km. O conhecimento desse limite permite a utilização de determinados tipos de projetos que em outras circunstâncias seriam enviáveis, além de simplificar o gerenciamento da rede.

São conhecidas também como redes “shared”, pois compartilham um mesmo tipo de meio físico para transmissão.

3.3.2 REDES METROPOLITANAS (MAN)

Uma rede metropolitana é uma rede maior que uma LAN, normalmente cobrindo a área geográfica de uma cidade. Sua extensão está geralmente entre 10 km a 100 km. Caracteriza-se também pela utilização de diferentes equipamentos e meio de transmissão (Figura 16).

Uma rede metropolitana é, na verdade, uma versão ampliada de uma LAN, pois basicamente os dois tipos de rede utilizam tecnologias semelhantes. Uma MAN pode abranger um grupo de escritórios vizinhos ou uma cidade inteira e pode ser privada ou pública. Esse tipo de rede é capaz de transportar a informação (dados, imagem e voz), podendo inclusive ser associado às redes de televisão a cabo ou das operadoras de telefonia.

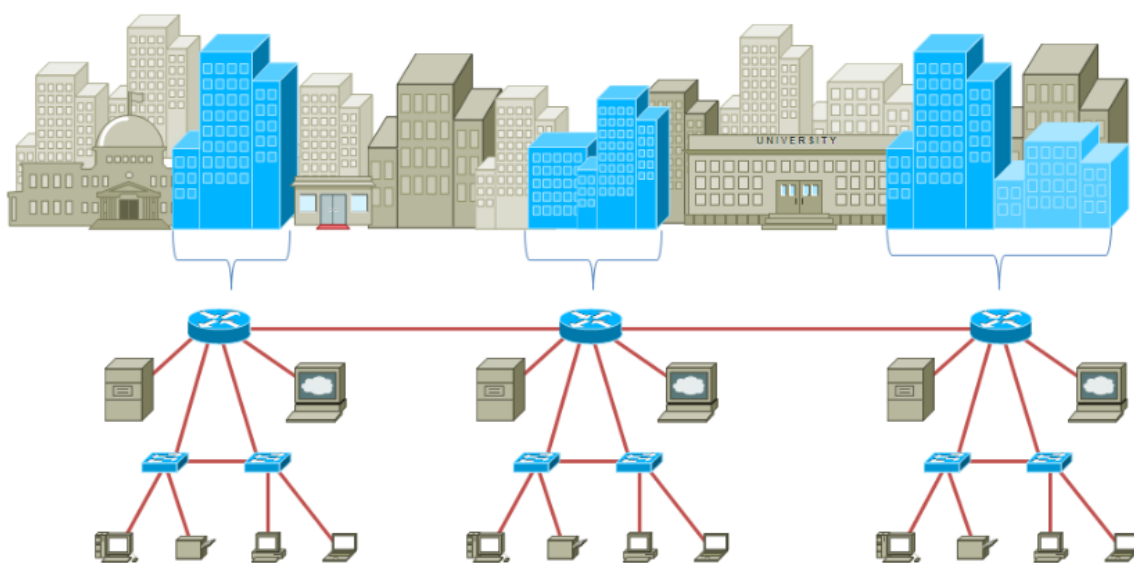


Figura 16 - Exemplo de MAN

3.3.3 REDES GEOGRAFICAMENTE DISTRIBUÍDAS (WAN)

Uma rede WAN inclui qualquer rede maior que uma rede MAN. As redes WAN geralmente interconectam LAN's dispersas pelo mundo (Figura 17). Elas podem ser divididas também em:

- Rede Empresarial ou Corporativa (por exemplo, rede de uma empresa)
- Rede Global ou Wide Area Network (por exemplo, Internet)



Figura 17 - Exemplo de WAN

Uma WAN abrange uma ampla área geográfica, com frequência um país ou continente. Ela contém um conjunto de máquinas cuja finalidade é executar os programas (ou seja, as aplicações) do usuário. Essa estrutura de rede é altamente simplificada, pois separa os aspectos de comunicação pertencentes às redes individuais, consistindo em dois componentes: linhas de transmissão e elementos de comutação. As linhas de transmissão (também chamadas de circuitos, canais ou troncos) transportam os bits entre as máquinas. Os elementos de comutação são computadores especializados usados para conectar duas ou mais linhas de transmissão. Quando os dados chegam a uma linha de entrada, o elemento de comutação deve escolher uma linha de saída para encaminhá-las.

3.4 TOPOLOGIAS DE REDES

A estrutura física de interconexão dos equipamentos de uma rede define a topologia da rede. São três as principais topologias de rede:

- Barramento (Bus)
- Estrela (Star)
- Anel (Ring)

3.4.1 BARRAMENTO

A topologia de barramento se caracteriza pela interconexão dos equipamentos através de um único meio de comunicação (Figura 18). Essa topologia, também chamada de “backbone” é uma configuração linear, que conecta todos os computadores da rede em uma única linha ou cabo. Os sinais são transmitidos para toda a população de nós (estações da rede) um após o outro.

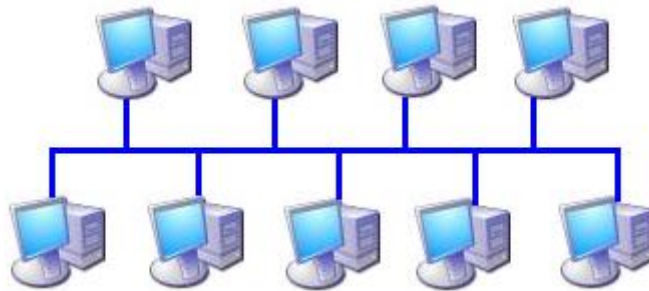


Figura 18 - Topologia Barramento

3.4.1.1 Comunicação no barramento

Na rede de topologia de barramento, os computadores comunicam-se endereçando os dados a um computador em particular e inserindo estes dados no cabo sob a forma de sinais eletrônicos (Figura 19).

Os dados da rede sob a forma de sinais eletrônicos são enviados para todos os computadores na rede; entretanto, as informações são aceitas apenas pelo computador cujo endereço coincida com o endereço codificado no sinal original. Apenas um computador por vez pode enviar mensagens.

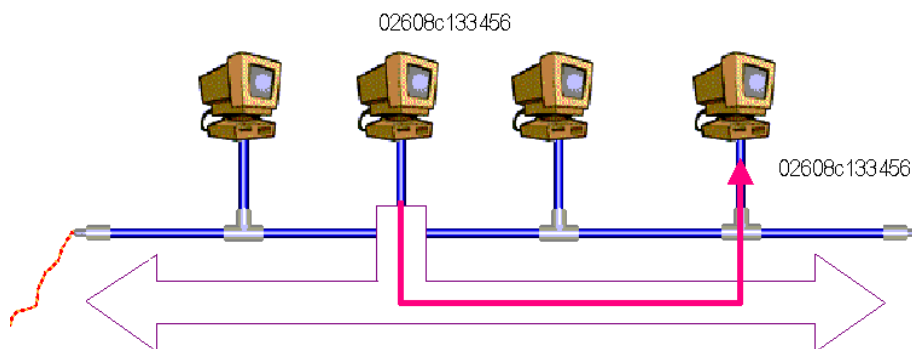


Figura 19 - Apenas o computador com o endereço de destino recebe a mensagem

Como apenas um computador por vez pode enviar os dados no barramento, o desempenho da rede é afetado pelo número de computadores existentes. Quanto mais computadores em um barramento, mais os computadores estarão esperando para transmitir os dados e mais lenta torna-se a rede. Não há uma medida padrão para o impacto do número de computadores sobre qualquer rede específica. A quantidade de atrasos na rede não está relacionada apenas

ao número de computadores na rede. Ela depende de inúmeros fatores, incluindo:

- Capacidade do hardware dos computadores;
- Número de transmissões na rede;
- Tipos de aplicativos sendo executados;
- Tipos de cabos utilizados;
- Distância entre os computadores.

O barramento é uma topologia passiva, ou seja, os computadores do barramento apenas escutam os dados que estão sendo enviados na rede. Eles não são responsáveis por mover os dados de um computador para o outro. Se um segmento entre computadores do barramento falhar, os computadores nos segmentos seguintes não poderão enviar ou receber mensagens da rede.

3.4.2 ESTRELA

A topologia estrela se caracteriza pelo uso de um equipamento centralizador que se interliga a todos os outros equipamentos através de cabeamento individual ponto-a-ponto (Figura 20).



Figura 20 - Topologia Estrela

A rede de estrela oferece recursos e gerenciamento centralizados. Entretanto, como cada computador está conectado a um ponto central, esta topologia exige uma grande quantidade de cabos em uma instalação grande de rede. Além disso, se o ponto central falhar, a rede inteira cai.

Se um computador em uma rede de estrela ou cabo que o conecta ao centralizador falhar, apenas o computador com falha não poderá enviar ou receber mensagens da rede. O restante da rede continua a funcionar normalmente.

3.4.3 ANEL

A topologia em anel interliga todos os equipamentos por um cabo que se fecha em si mesmo formando um anel (Figura 21). É a topologia das redes Token Ring, popularizadas pela IBM na década de 1980. Atualmente, esse modelo é muito utilizado em redes com fibras ópticas e sistemas de automação industrial

A topologia de anel conecta os computadores em um único círculo de cabos. Não há extremidades terminadas. Os sinais viajam pela volta em uma direção e passam através de cada elemento da rede. Ao contrário da topologia em barramento, cada computador atua como um repetidor para amplificar o sinal e enviá-lo para o computador seguinte. Como o sinal passa através de todos os computadores, a falha em um computador pode ter impacto sobre toda a rede.

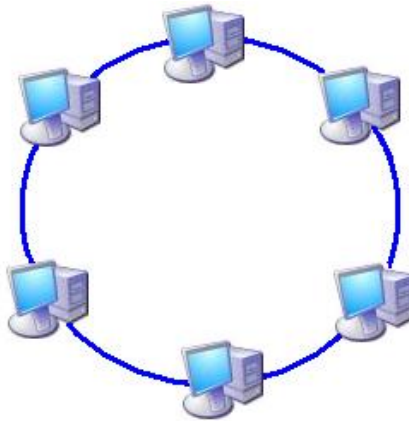


Figura 21 - Topologia em Anel

3.4.3.1 Passagem de símbolo

Um método de transmitir dados através de um anel chama-se passagem de símbolo (Token). Um símbolo é passado de computador a computador até que chegue a algum que tenha dados para enviar. O computador que envia modifica o símbolo, anexa um endereço eletrônico aos dados e os envia ao longo do anel.

Os dados passam por cada computador até encontrarem aquele com um endereço que coincida com o endereço nos dados. O computador receptor devolve a mensagem ao computador emissor, indicando que os dados foram recebidos. Após a verificação, o computador emissor cria um novo símbolo e o libera na rede (Figura 22).

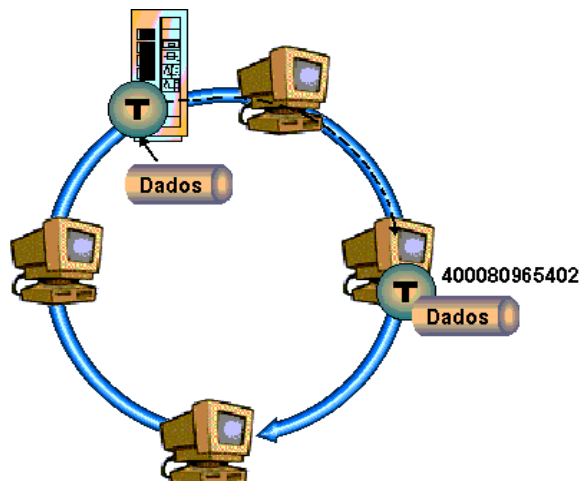


Figura 22 - Passagem de símbolos no barramento em anel

3.5 Variações das principais topologias

Muitas topologias das redes atuais são combinações de barramento, estrela e anel, são ditas Topologias Mistas. Como exemplos, temos as topologias barramento-estrela e anel-estrela:

3.5.1 Barramento-estrela

O barramento-estrela é uma combinação entre as topologias de barramento e de estrela (Figura 23). Em uma topologia de barramento estrela, existem várias redes em topologia de estrela vinculadas em conjunto aos troncos de barramento linear.

Se um computador deixar de funcionar, isso não afeta o restante da rede. Os outros computadores poderão continuar a se comunicar. Se um centralizador é desativado, todos os computadores conectados a ele ficam sem comunicação com o restante da rede. Se o centralizador estiver vinculado a outros, essas conexões também são interrompidas.

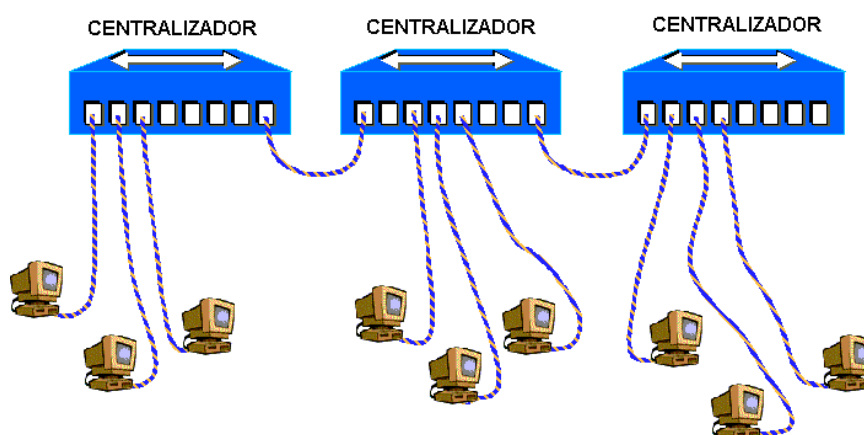


Figura 23 - Topologia Barramento-estrela

3.5.2 Anel-estrela

O anel-estrela (algumas vezes chamado anel ligado em estrela) parece igual ao barramento estrela. Tanto o anel estrela como o barramento estrela apresentam a figura do centralizador que contém o verdadeiro anel ou barramento (Figura 24).

Os centralizadores em um barramento estrela são conectados por troncos de barramento linear, enquanto que os centralizadores do anel-estrela são conectados em um padrão estrela pelo centralizador principal.

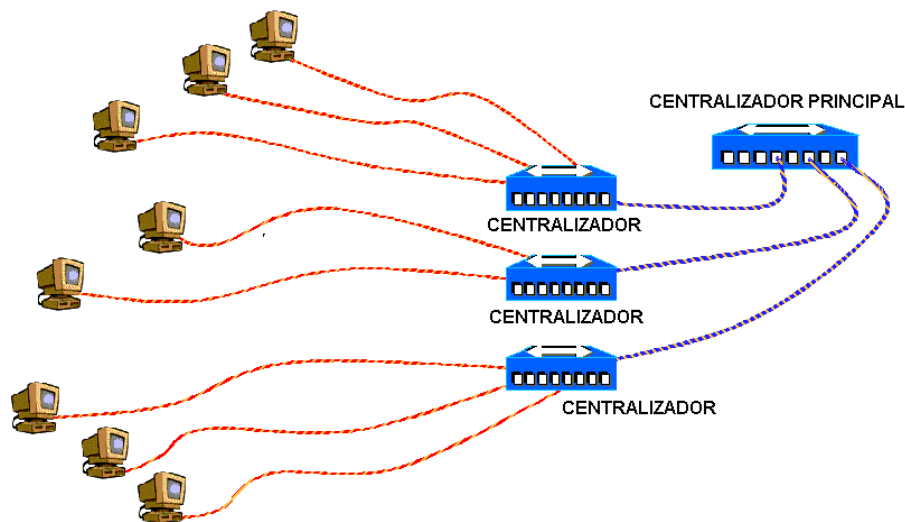


Figura 24 - Topologia Anel-estrela

3.6 Escolha da topologia

Há muitos fatores que devem ser considerados quando se determina qual topologia melhor se enquadra às necessidades de uma empresa. A Tabela 1 a seguir fornece algumas diretrizes para selecionar uma topologia de rede.

Tabela 1 - Comparativo de topologias de redes

Topologia	Vantagens	Desvantagens
Barramento	Uso de cabos com economia. Mídia barata e fácil de trabalhar. Simples, confiável. Fácil de ampliar.	Rede pode ficar lenta com tráfego intenso Problemas difíceis de serem isolados Rompimento dos cabos pode afetar muitos usuários
Anel	Acesso idêntico para todos os computadores. Desempenho uniforme, a despeito de muitos usuários.	Falha de um computador pode afetar o restante da rede. Problemas difíceis de serem isolados. Reconfiguração da rede interrompe o funcionamento.
Estrela	Fácil de modificar e acrescentar novos computadores. Monitoração e gerenciamento centralizados. Falha em um dos computadores não afeta o restante da rede.	Se o ponto centralizado falha, a rede falha.