

Capítulo 13

Redes de computadores

No início da implementação dos sistemas computacionais, o propósito era agilizar o processamento de informações com o objetivo de elevar a produtividade das tarefas repetitivas, mantendo a qualidade e a baixa probabilidade de erros. No entanto, ao longo dos anos, percebeu-se que, além dessas possibilidades, a computação poderia ser colaborativa. Com isso, haveria maior redução de custos, pois as máquinas das corporações compartilhariam recursos e *softwares*, e todo o gerenciamento seria feito por uma única máquina de grande porte (servidor).

Pensando nessas vantagens, surgiu o conceito de rede de computadores (rede de comunicação de dados), constituída de tecnologia proprietária; atualmente, a tecnologia é do tipo aberta.

Define-se rede de computadores como um conjunto de linhas e nós em que cada nó pode ser representado por um dispositivo pertencente à rede, e linha é o meio físico capaz de interconectar os nós.

Inicialmente, as redes públicas foram desenvolvidas para realizar apenas um tipo de serviço: tráfego de voz (telefonia); portanto, eram consideradas redes monosserviço. Mais tarde, com o desenvolvimento tecnológico e novas demandas do mercado, tornaram-se redes de acesso de dados e redes *backbone*, consideradas redes multisserviço. Entretanto, a necessidade de integração de serviços fez surgir a rede digital de serviços integrados (RDSI, ou *integrated service digital network* – ISDN).

Assim como os serviços, as redes telefônicas privadas também evoluíram. A princípio surgiram os PABX, seguidos da implementação da rede mundial de comunicação de dados, e as grandes empresas deram importância às redes do tipo mestre-escravo, transformadas, posteriormente, nas redes cliente-servidor.

Os computadores são máquinas síncronas desenvolvidas para processar **dados** e realizar tarefas repetitivas de modo muito mais rápido que o ser humano. Se estiverem programados de maneira adequada, as chances de ocorrerem erros de processamento são mínimas.

No início, a computação era centralizada, ou seja, cada máquina tinha de ter instalados os *softwares* necessários para seu funcionamento, além de periféricos

externos, como impressoras, *modems*, *scanners* etc. Com a implantação das redes de computadores, surgiram os processos compartilhados, em que uma máquina de maior porte é responsável por gerenciar as demais pertencentes à rede; um *software* de controle é instalado nessa máquina e as outras apenas necessitam de licença para sua utilização. Além dos *softwares*, os computadores interligados em rede compartilham os periféricos externos instalados na máquina de maior porte, também chamada de servidor, reduzindo o custo de implantação do projeto. Esse modelo é conhecido como computação colaborativa.

As redes de computadores podem ser classificadas de acordo com a distância de abrangência:

- **Redes LAN (*local area network*)** – São as conhecidas redes locais, que interligam máquinas a pequenas distâncias, de dezenas de metros, muito utilizadas em redes internas de corporações e estabelecimentos.
- **Redes MAN (*metropolitan area network*)** – Interligam máquinas ou nós a distâncias de centenas de metros ou algumas unidades de quilômetros.
- **Redes WAN (*wide area network*)** – Interligam máquinas a distâncias de dezenas ou até centenas de quilômetros. É o caso da chamada rede mundial de computadores.

Existem três padrões para implementação de redes LAN, mantidos pelo Comitê 802 do Institute of Electrical and Electronic Engineers (IEEE). São eles:

- Ethernet: rede Windows, Windows NT, Windows 2000, Windows XP, Novell etc.
- Token Ring: IBM.
- Arc Net: padrão antigo.

Atualmente o padrão Ethernet é o mais utilizado, pelos seguintes motivos:

- Baixo custo.
- Grandes velocidades.
- Tecnologia bem conhecida.
- Capacidade de trabalhar com grande número de equipamentos.

13.1 Comunicação entre computadores

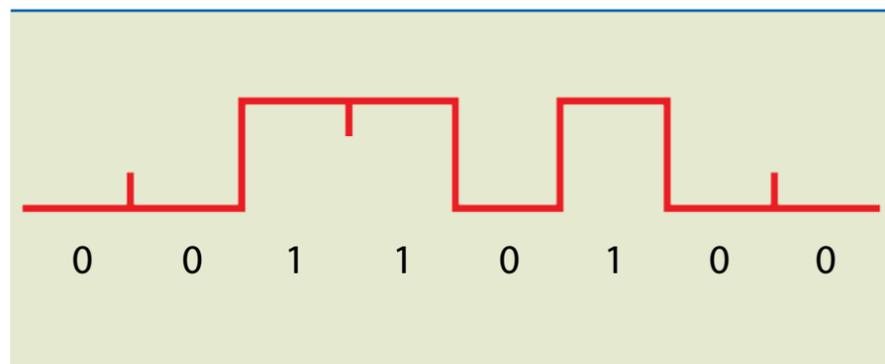
A rede de comunicação pressupõe a comunicação entre pelo menos dois pontos (computadores) diferentes. À medida que os sinais são processados, após o tratamento de dados, eles seguem por terminais de saída, garantindo troca de informações entre as máquinas. No tema redes de computadores, o que nos interessa são os dados introduzidos no computador, ou seja, os bits, que são os dígitos binários. As sequências de bits em série são transmitidos pelas redes de comunicação quando um computador se comunica com outro.

Os dados binários (bits), que teoricamente são obtidos por meio de dois níveis de amplitude de tensão elétrica (0 ou 1), assemelham-se a pulsos (figura 13.1).



Figura 13.1

Dados binários.



Segundo estudos do matemático francês Fourier, sinais periódicos podem ser decompostos em séries (normalmente) infinitas de senos e cossenos, chamadas séries de Fourier, cuja expressão é dada por:

$$g(t) = C/2 + \sum a_n \cdot \text{sen}(2 \cdot \pi \cdot f \cdot t) + \sum b_n \cdot \text{cos}(2 \cdot \pi \cdot f \cdot t) \quad (13.1)$$

Para o caso específico de trens de bits, consegue-se matematicamente demonstrar que eles podem ser reproduzidos por série infinita composta por uma frequência fundamental mais suas harmônicas ímpares (ou seja, sinais com frequência 3, 5, 7, ... vezes a frequência fundamental), na qual os valores dos parâmetros a_n , b_n e c , dependerão da sequência de bits. A componente c , em particular, corresponde ao nível DC do trem de bits.

A sequência de bits equivale a:

Seq. bits = fundamental + terceira harmônica + quinta harmônica + ...
+ infinitas componentes

Essa propriedade facilita o dimensionamento da rede.

Exemplos

1. Dado o trem de bits ...0001000100010001... (repetição a cada 4 bits), infinito, a uma velocidade de transmissão de 1 000 bps (bits por segundo), quais são as componentes da série de Fourier correspondente?

Solução:

$$\text{Fundamental} = 1\,000 \text{ bps} / 4 \text{ bits} = 250 \text{ Hz}$$

$$\text{Terceira harmônica} = 250 \cdot 3 = 750 \text{ Hz}$$

$$\text{Quinta harmônica} = 250 \cdot 5 = 1\,250 \text{ Hz}$$

$$\text{Sétima harmônica} = 250 \cdot 7 = 1\,750 \text{ Hz}$$

Nota: as harmônicas pares possuem potência zero.

2. E para o trem de bits ...001001001001..., também, infinito, à mesma velocidade?

Solução:

$$\text{Fundamental} = 1\,000 \text{ bps} / 3 \text{ bits} = 333,33... \text{ Hz}$$

$$\text{Terceira harmônica} = 999,99... \text{ Hz}$$

$$\text{Quinta harmônica} = 1\,666,66... \text{ Hz}$$

$$\text{Sétima harmônica} = 2\,333,33... \text{ Hz}$$

...

No caso real entre dois computadores se comunicando, a velocidade é constante nos momentos em que há troca de dados, porém não temos controle sobre o período de repetição dos bits. Dessa maneira, não conseguimos determinar com exatidão as componentes que formam esse sinal. Entretanto, podemos calcular o pior caso, que é a variação máxima entre 0 e 1. Por exemplo: ...01010101... a 1 000 bps:

$$\text{Fundamental} = 1\,000 \text{ bps} / 2 \text{ bits} = 500 \text{ Hz}$$

$$\text{Terceira harmônica} = 1\,500 \text{ Hz}$$

$$\text{Quinta harmônica} = 2\,500 \text{ Hz}$$

$$\text{Sétima harmônica} = 3\,500 \text{ Hz}$$

...

As sequências 0000 e 1111 correspondem apenas ao nível DC, as quais não geram múltiplas harmônicas.

De outro lado, aumentando a velocidade do trem de bits, também aumentam as frequências das componentes da série de Fourier correspondente, com a seguinte correlação:

$$F_{\text{fundamental}} = V_{\text{TX}} / T \quad (13.2)$$

em que:

- $F_{\text{fundamental}}$ é a frequência da fundamental correspondente ao trem de bits;
- V_{TX} a velocidade de transmissão do trem de bits;
- T o período de repetição dos bits.

Denomina-se banda passante de um sinal o intervalo de frequências (da mais baixa à mais alta) correspondente às diferentes componentes desse sinal. Por exemplo: a banda passante do trem de bits ...01010101... a 1 000 bps é de 500 Hz a infinito.

13.2 Meios de transmissão

São meios físicos por onde trafegam os sinais (dados) em uma rede de comunicação. Existem basicamente dois tipos de meios de transmissão:

- Cabos (*wireline*).
- Espaço livre (*wireless*).



A decisão de qual meio físico é o mais adequado em um projeto de rede de comunicação depende de alguns fatores:

- Tipo de rede (local ou grande distância).
- Serviço que será oferecido.
- Distâncias a serem percorridas.
- Relevo do terreno.
- Número de multiplexações a serem transmitidas.

13.2.1 Transmissão via cabos

Quando a transmissão for realizada por cabos, devemos considerar os tipos de cabos disponíveis: cabos metálicos, capazes de conduzir sinais elétricos, podendo ser dos tipos coaxial ou par trançado, e cabos ópticos, capazes de conduzir sinais luminosos, divididos em monomodo e multimodo (índice de grau ou gradual).

Ao escolhermos o tipo de cabo, temos de levar em conta também se ficará em via externa ou interna, se será aéreo ou subterrâneo.

De maneira geral, os cabos têm as seguintes características:

- **Cabos de par trançado** – Apresentam baixo custo, fácil instalação e manutenção, porém baixa capacidade de transmissão em bps.
- **Cabos coaxiais** – São os de melhor qualidade quanto à capacidade de transmissão de dados, com excelente blindagem contra interferências eletromagnéticas.
- **Cabos ópticos** – Possuem enorme vantagem quanto a dimensões, peso, flexibilidade e imunidade a ruídos.

13.2.2 Transmissão via espaço livre

Para que uma transmissão via espaço livre seja realizada, é necessário utilizar sistemas de rádio, os quais podem ser terrestres ou via satélite.

As faixas de frequências empregadas na transmissão de dados são:

- UHF (*ultra high frequency*): ondas de 1 m a 10 cm de comprimento.
- SHF (*super high frequency*): ondas de 10 cm a 1 cm de comprimento.

De modo geral, quanto maior a frequência de RF, maior será a capacidade do sistema de rádio, porém menor a capacidade de vencer obstáculos.

Os sistemas de transmissão via satélite podem ser de:

- Órbita geoestacionária (GEO): sobre a linha do equador a uma distância de aproximadamente 36 000 km da superfície terrestre.
- Órbita de média altura (MEO): distância de aproximadamente 8 000 a 14 000 km da superfície terrestre.

- Baixa órbita (LEO): distância de aproximadamente 800 a 1 400 km da superfície terrestre.
- Órbita altamente elíptica em relação à Terra (HEO).

13.3 Soluções abertas e fechadas de redes de comunicação de dados

No início das implementações das redes de comunicação de dados, as empresas que dominavam projetos de *hardware* e *software* desenvolviam produtos que somente poderiam ser instalados em redes oferecidas por elas, pois não havia interconectividade nem interoperabilidade entre sistemas de fabricantes diferentes.

Essas condições limitavam o pós-venda, pois todos os equipamentos sobressalentes e mesmo os serviços de manutenção e/ou atualização do projeto apresentavam custo elevado, por causa do monopólio da tecnologia proprietária. Para resolver esse problema, foram desenvolvidos métodos para padronização de *hardware* e *software* no contexto mundial, possibilitando ampliar a oferta de produtos e serviços para diferentes fabricantes e não mais apenas um.

As vantagens das soluções fechadas de redes de comunicação sobre as abertas são a otimização na interoperação e a transparência de facilidades, e a principal desvantagem, o monopólio.

As soluções abertas apresentam como principal vantagem a padronização mundial, apesar de serem mais complexas devido às diferentes tecnologias. Nesse sistema, as desvantagens são: não transparência de facilidades; maior lentidão no processo, por causa do maior número de processamentos; maior probabilidade de ocorrerem erros durante o funcionamento.

Para implementar soluções abertas de redes de comunicação, foram criados órgãos responsáveis por elaborar e fazer valer regras de interconectividade e interoperabilidade. Dessa maneira, surgiram os seguintes padrões:

- **Padrões de direito** – Aqueles definidos pelos órgãos responsáveis por certificações e padronizações de produtos e serviços (ISO, ABNT, ITU etc.).
- **Padrões de fato** – Aqueles definidos pelo próprio mercado, por meio dos fóruns das diversas áreas afins, de acordo com a divulgação de documentos chamados Request for Comments (RFCs), os quais reúnem regras a serem respeitadas por fornecedores de produtos e serviços, com o objetivo de tornar as soluções abertas.

13.4 Conexão física

Como os trens de bits são a forma mais natural de representar os dados, o ideal seria transmiti-los diretamente na rede por meios físicos. No entanto, a maior rede já existente é a rede de telefonia fixa comutada (RTFC), a qual não tem capacidade de transportar bits, porque sua banda passante é de 3,4 a 4 kHz.



A solução foi transportar os bits por meio de uma onda portadora (amplitude, fase ou frequência). Isso é possível com a utilização de *modems*, aparelhos que modulam e demodulam os dados a serem transmitidos, ou seja, são os telefones dos computadores. Essa transmissão é chamada de analógica.

Na transmissão analógica, os bits são transmitidos indiretamente, isto é, não são os bits que são transmitidos, e sim as frequências correspondentes aos níveis lógicos dos bits. Essas frequências, denominadas portadoras, cabem dentro de um canal telefônico de 4 kHz moduladas pelo trem de bits a ser transmitido e recuperado no destino, pela demodulação das portadoras transmitidas.

Segundo o teorema de Shannon, a capacidade de um canal telefônico é dada por:

$$V_{T\text{MÁX}} = W \cdot \log_2 (1 + S/N) \quad (13.3)$$

em que:

- $V_{T\text{MÁX}}$ é a máxima velocidade de transmissão de dados pelo canal, em bps;
- W , a largura de banda do canal, em Hz;
- S/N , a relação sinal/ruído do canal, em dB.

Como na prática os canais telefônicos analógicos de 3,4 kHz têm relação sinal/ruído em torno de 30 dB, o limite teórico de transmissão de dados nesses canais é de cerca de 33 600 bps.

Quando se diz que os *modems* V.90 alcançam velocidade de 56 kbps, não significa que o teorema de Shannon foi ultrapassado. Na realidade, o que ocorre é:

- A transmissão entre usuário e rede é analógica (limitada em 33 600 bps).
- A transmissão entre rede e usuário é digital, por isso alcança a velocidade de 56 000 bps.

A transmissão analógica é ainda muito utilizada, mesmo porque o acesso à internet se dá em grande parte dos casos por linha discada.

A tendência é que todas as redes passem a transmitir dados de maneira digital, por meio de redes específicas de altíssimas velocidades (por exemplo, rede fotônica).

Na transmissão digital, também são necessários equipamentos de interface, pois os bits não são apropriados para transmissão direta ao meio físico. Isso porque possuem nível DC e, no caso de transmissões longas de 0 e/ou 1, o receptor perderia o sincronismo de transmissão. Esses equipamentos de interface fazem, no mínimo, a conversão de código, adequando a transmissão dos trens de bits aos meios que serão utilizados. Devido à semelhança com a transmissão analógica, são chamados de *modems* digitais ou *modems* banda base, embora, nesse caso, não exista modulação alguma.

Vale lembrar que não se devem confundir:

- **Velocidade de transmissão** – É medida em bps e seus múltiplos. É a velocidade com que a interface do computador lança os bits no meio de transmissão.
- **Velocidade de propagação** – É medida em km/s. É a velocidade com que os sinais elétricos ou ópticos se propagam nos meios de transmissão.
- **Velocidade de modulação** – É medida em bauds.

$$V_{\text{mod}} = V_{\text{TX}} / A \quad (13.4)$$

em que:

- V_{mod} é a velocidade de modulação;
- V_{TX} , a velocidade de transmissão;
- A , a quantidade de bits necessária para provocar uma modulação.

- **Velocidade efetiva** – É medida em bps e seus múltiplos. É a velocidade com que determinada mensagem consegue ser transmitida integralmente e sem erros por meio de uma rede. Essa velocidade depende:

- da quantidade de retransmissões;
- do cabeçalho do protocolo (*overhead*) – bits não úteis;
- das características de funcionamento do protocolo;
- de todos os atrasos ocorridos na transmissão;
- dos meios compartilhados, de quantos nós compartilham o mesmo meio.

A **padronização da conexão física** engloba os seguintes aspectos:

- Mecânicos: dimensões, formato e quantidade de pinos dos conectores da interface.
- Funcionais: função de cada pino.
- Elétricos: limites previstos para os níveis de tensão e corrente dos diferentes sinais, tempo de duração de cada bit.
- Procedurais: troca de sinais entre os nós.

13.5 Codificação dos dados

Os bits possuem nível DC, que deve ser eliminado, pois não contém informação, somente dissipa energia em forma de calor, o que não interessa em uma transmissão. Por esse motivo, os bits são codificados antes de serem lançados no meio físico. Alguns métodos de codificação são HDB-3 e AMI.

O código **HDB-3** (*high density bipolar with 3 zeros*) tem a característica de, a cada 4 zeros transmitidos, ser enviado 1 bit de violação V, que tem a mesma polaridade do pulso anterior. No HDB-3, os quatro zeros consecutivos são substituídos pela sequência **000V** ou **V00V**, em que V é a violação, e a substituição dependerá do último pulso transmitido (figura 13.2).



Portanto, a mensagem a ser transmitida será:

10111011110
└ Resto

13.8 Modelo OSI de arquitetura

No final da década de 1970, o desenvolvimento tecnológico na área de comunicações crescia vertiginosamente, ao mesmo tempo que aumentava em grande escala a heterogeneidade de padrões entre fabricantes, o que praticamente impossibilitava a interconexão entre sistemas de fabricantes distintos. Surgiu, então, a necessidade de atingir novos padrões mundiais, que podem ser assim resumidos:

- **Interoperabilidade** – É a capacidade que os sistemas abertos possuem de troca de informações entre si, mesmo que sejam fornecidos por fabricantes diversos.
- **Interconectividade** – É a maneira pela qual se podem conectar computadores de fabricantes distintos.
- **Portabilidade de aplicação** – É a capacidade de um *software* ser executado com uma performance aceitável em computadores de capacidades diversas, desde computadores pessoais até supercomputadores.

Para atingir esses padrões, a International Organization for Standardization (ISO) passou a desenvolver um padrão de arquitetura aberta e baseada em camadas. Foi então definido o Modelo de Referência para Interconexão de Sistemas Abertos (Reference Model for Open Systems Interconnection – RM-OSI).

A utilização de um ambiente de sistema aberto oferece algumas vantagens, como:

- Liberdade de escolha entre soluções de diversos fabricantes.
- Acesso rápido a novas tecnologias e com preços mais acessíveis, pois é mais barato e rápido fabricar produtos em uma plataforma-padrão.
- Redução de investimentos em novas máquinas, pois os sistemas e os *softwares* de aplicação são portáteis para os vários tipos de máquinas existentes.

O modelo OSI possibilitou, assim, que as máquinas distintas se comuniquem e troquem informações, pois ele possui sete camadas, cada uma delas responsável por uma função específica. Os princípios utilizados para chegar a essas camadas foram:

- Uma camada deve ser criada onde é necessário um nível de abstração diferente.
- Cada camada deve desempenhar uma função bem determinada.
- A função de cada camada deve ser determinada tendo em vista a definição de protocolos-padrão internacionais.
- As fronteiras entre as camadas devem ser escolhidas de maneira a minimizar o fluxo de informações por meio das interfaces.
- O número de camadas deve ser elevado o suficiente para garantir o agrupamento de funções em uma mesma camada por necessidade e pequeno o bastante para que a arquitetura seja manejável.

Cada camada é usuária dos serviços prestados pela camada imediatamente inferior e presta serviços à camada imediatamente superior. Essa troca de informações entre as camadas adjacentes é chamada de troca de primitivas de serviços nas interfaces entre as camadas.

Apesar de o modelo OSI estar dividido em sete níveis, pode-se considerar genericamente que as três camadas mais baixas cuidam dos aspectos relativos à transmissão propriamente dita, a camada de transporte está relacionada com a comunicação fim a fim e as três camadas superiores tratam dos aspectos da aplicação, no nível do usuário.

A comunicação entre sistemas ocorre em camadas, ou seja, a camada de aplicação do sistema A se comunica com a camada de aplicação do sistema B e assim por diante até o nível físico, onde ocorre a comunicação física entre os sistemas.

O diagrama em blocos da figura 13.4 representa as camadas pertencentes ao modelo de referência OSI.

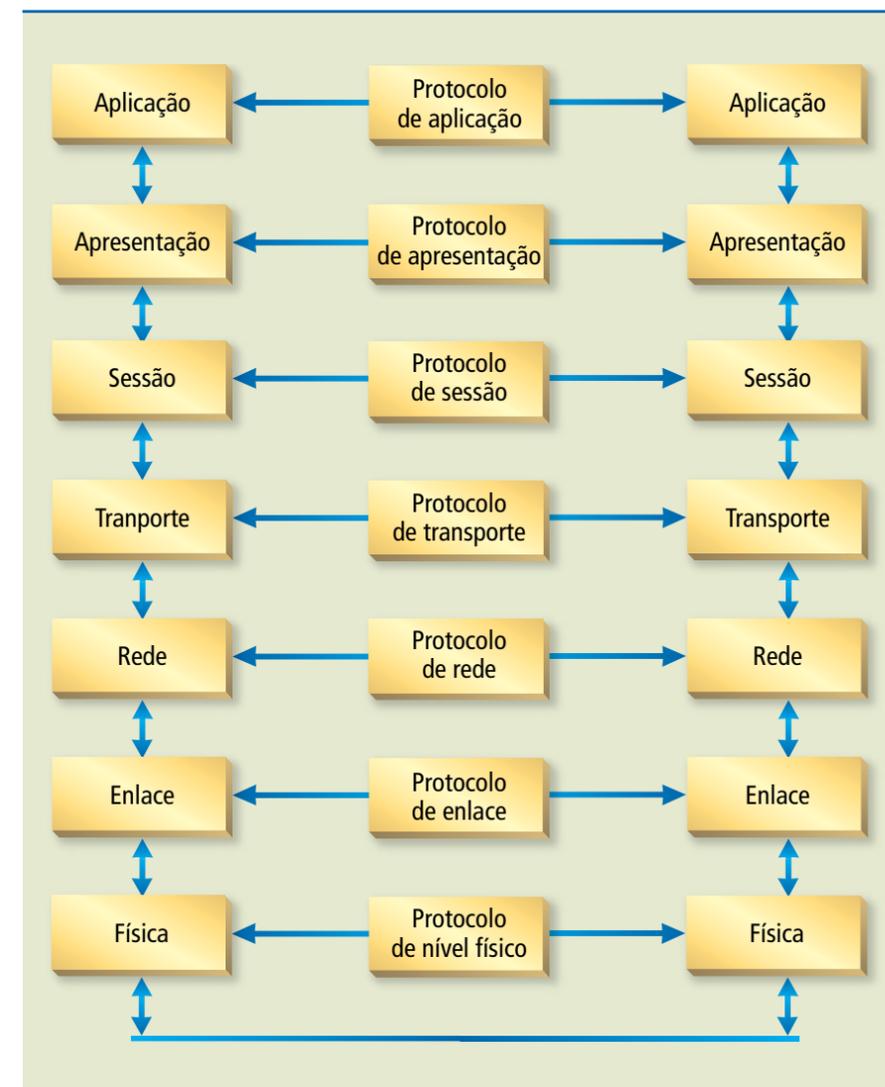


Figura 13.4
Modelo OSI.



As **primitivas de serviço** destinadas ao funcionamento do modelo OSI são:

- **Pedido** (*request*) – Para solicitar ou ativar determinado serviço.
- **Indicação** (*indication*) – Para informar a ocorrência de determinado evento.
- **Resposta** (*response*) – Para responder a determinado evento.
- **Confirmação** (*confirmation*) – Para confirmar a execução de um serviço solicitado.

Quem cuida dos detalhes dessa negociação é o protocolo. Por exemplo, caso duas propostas para o tamanho máximo das mensagens trocadas sejam conflitantes, o protocolo deve decidir qual das duas será aceita.

Os serviços podem ser de dois tipos: confirmado e não confirmado. No serviço confirmado, há um pedido, uma indicação, uma resposta e uma confirmação; no serviço não confirmado, apenas um pedido e uma indicação. O estabelecimento de uma conexão é um exemplo de serviço confirmado, e a desconexão, de serviço não confirmado.

As funções de cada camada pertencente ao modelo de referência OSI são:

- **Camada física (1)** – Trata dos aspectos relacionados com a transmissão transparente de bits pelo meio físico e dos padrões mecânicos, funcionais, elétricos e procedurais para acesso ao meio.
- **Camada de enlace (2)** – Proporciona a transferência confiável de unidades de informação (quadros) entre dois sistemas adjacentes, “escondendo” as características físicas do meio de transmissão.
- **Camada de rede (3)** – Controla a comutação e o estabelecimento da rota na criação de uma conexão, assim como a troca de informações entre os pontos comunicantes. Nessa camada, ocorre a adaptação entre diferentes tipos de redes, quando for o caso.
- **Camada de transporte (4)** – Assegura uma transmissão fim a fim confiável e, portanto, a integridade na transferência dos dados entre usuários finais, fornecendo às camadas superiores a necessária qualidade de serviço na troca de informações.
- **Camada de sessão (5)** – Oferece os meios necessários para organizar e sincronizar o diálogo entre dois processos de aplicação.
- **Camada de apresentação (6)** – Faz conversões de formatos ou códigos, preservando o conteúdo da informação enquanto resolve problemas de diferenças de sintaxe entre o sistema-fonte e o sistema-destino.
- **Camada de aplicação (7)** – Fornece os serviços diretamente aos processos de aplicação do usuário e atua como “janela” por onde as informações dos processos entram e saem do ambiente OSI.

13.9 Topologias de redes

Topologia é a configuração de interligação física dos equipamentos que compõem a rede (estações de trabalho e servidores), em que um conjunto de regras organiza a comunicação entre eles. Todas as topologias possuem como características básicas: altas taxas de transferência de dados; baixas taxas de erros de

transmissão; capacidade de enviar protocolos. Os fatores determinantes para a escolha da topologia a ser adotada são sua complexidade e os custos envolvidos de implementação do cabeamento.

Existem três topologias de redes fundamentais:

- Estrela (*star*).
- Anel (*ring*).
- Barra (*bus*).

Na **topologia em estrela**, todos os equipamentos da rede (estações de trabalho e servidores) estão ligados diretamente com um cabo a um dispositivo central (concentrador) do tipo ponto a ponto (figura 13.5). As vantagens dessa topologia são:

- Facilidade de isolar a fonte de uma falha de sistema ou equipamento, uma vez que cada estação está diretamente ligada ao concentrador.
- Facilidade de incluir nova estação na rede, bastando conectá-la ao concentrador.
- Direcionamento simples; apenas o concentrador possui essa atribuição.
- Baixo investimento em médio e longo prazos.

Entre as desvantagens destacam-se:

- Baixa confiabilidade: em uma rede sem redundância, caso ocorra falha no concentrador, todas as estações perderão comunicação com a rede.
- Todo o tráfego flui pelo concentrador, podendo ocorrer um ponto de congestionamento.

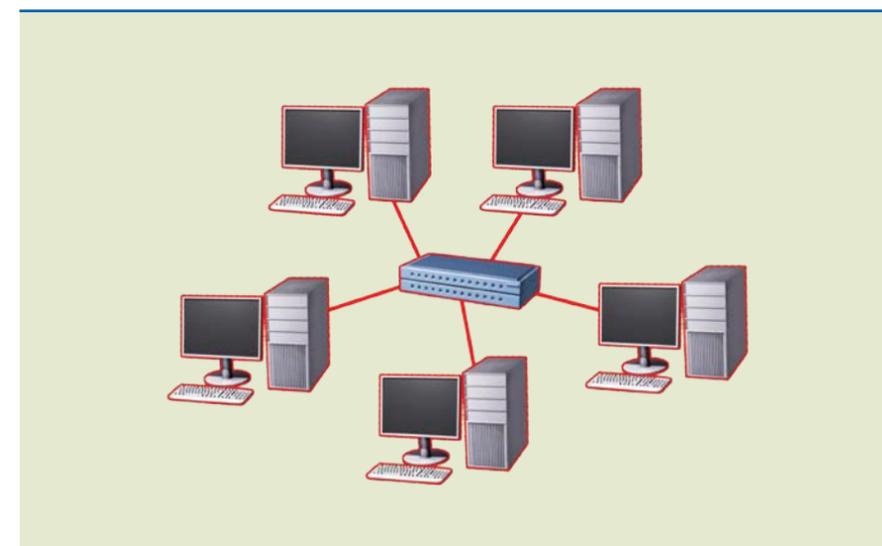


Figura 13.5

Topologia em estrela.

Na **topologia em anel**, todos os equipamentos da rede (estações de trabalho e servidores) estão conectados fisicamente a um único cabo, em formato de anel, no qual é necessária a junção de início e fim (figura 13.6). Nessa topologia, o tráfego das informações segue um único sentido pelo anel (unidirecional) e é



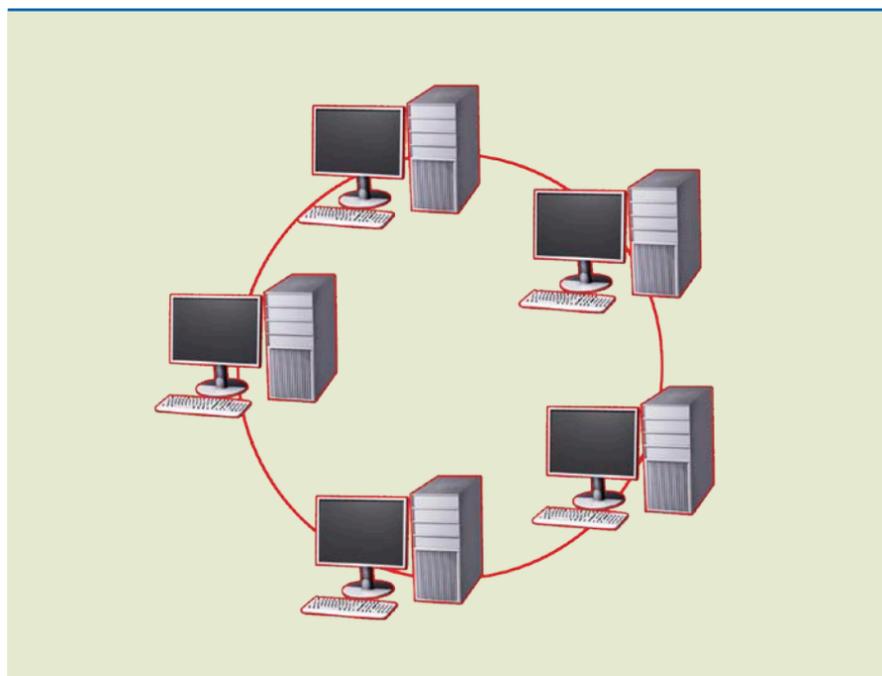
controlado por um sinal eletrônico denominado senha, recolhendo e entregando informações por meio do anel para as estações e/ou servidores. A rede Token Ring utiliza essa topologia, cujas vantagens são:

- Direcionamento simples.
- Possibilidade de possuir dois anéis funcionando ao mesmo tempo; assim, caso ocorra falha em um dos anéis, somente haverá queda do desempenho.

Entre as desvantagens destacam-se:

- Dificuldade de isolar a fonte de uma falha de sistema ou equipamento.
- Inclusão de novas estações e/ou servidores implica a paralisação da rede.

Figura 13.6
Topologia em anel.



Na **topologia em barramento ou barra**, todos os equipamentos da rede (estações de trabalho e servidores) estão interligados por um cabo central denominado barramento único. Nessa topologia, as informações caminham de modo bidirecional, eliminando decisões de roteamento (figura 13.7). Entretanto, o meio físico (barramento) é utilizado de maneira exclusiva pelas estações e/ou servidores quando estão transmitindo alguma informação. As vantagens dessa topologia são:

- Tráfego bidirecional.
- Baixo custo inicial.

Entre as desvantagens destacam-se:

- Dificuldade de isolar a fonte de uma falha de sistema ou equipamento.
- Inclusão de novas estações e/ou servidores implica a paralisação da rede.

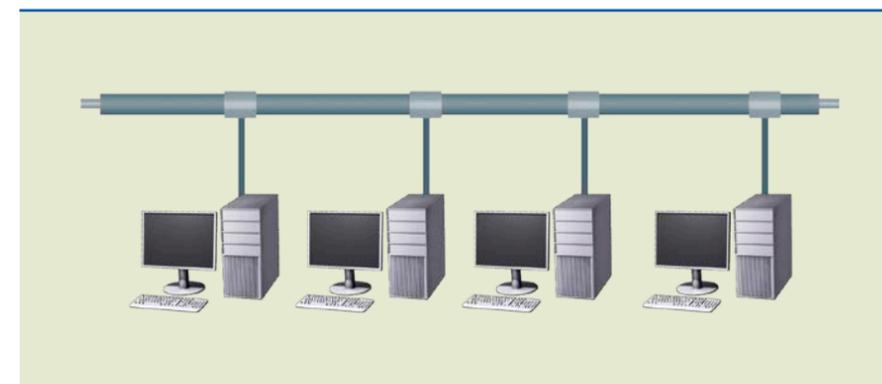


Figura 13.7
Topologia em barramento.

13.10 Análises de velocidade e topologia

Uma rede pode ter várias velocidades de transmissão, medidas em Mbps (megabits por segundo), de acordo com a topologia escolhida:

- **Topologia em barramento utilizando cabo coaxial** – Sua velocidade é limitada a 10 Mbps. O caminho do sinal elétrico nesse tipo de rede percorre obrigatoriamente a saída do primeiro computador para o terminador. Ao encontrar o terminador, o sinal elétrico é refletido de volta ao primeiro micro. Quando o usuário do segundo computador solicita um arquivo do terceiro micro, tem de aguardar que o sinal elétrico do cabo faça o caminho completo a cada informação recebida/transmitida. Outro problema é que, quando qualquer ponto do cabo (figura 13.8) apresenta mau contato, toda a rede fica desativada.



Figura 13.8
Cabo coaxial fino.

- **Topologia em estrela utilizando cabo UTP (par trançado)** – As velocidades podem variar de 10 a 100 Mbps. Nessa topologia, há alguns tipos de melhoria, em comparação com a anterior, por exemplo: quando o primeiro computador deseja comunicar-se com o segundo, os dados não precisam obrigatoriamente percorrer todo o cabo, e sim apenas o caminho mais curto entre eles. Quando ocorre o rompimento de algum ponto do cabo, somente a unidade envolvida é afetada, sem paralisação total da rede (figura 13.9).



- As velocidades da rede dependem do cabeamento (*hub* ou *switch*) ou da placa de rede instaladas em cada computador. As redes Microsoft, em geral, possuem a tecnologia Auto Sense, adaptando-se automaticamente a várias velocidades de transferência de dados.

Figura 13.9
Par trançado: (a)
UTP e (b) STP.



13.11 Acessórios de hardware

O *networking interface card* (NIC), conhecido por **placa de rede**, faz a comunicação dos computadores com os meios de transmissão (figura 13.10). A placa possui circuitos que convertem sinais para serem aplicados nos meios, podendo ser avulsa ou estar embutida na placa principal (placa-mãe) dos computadores *on-board*. Existem versões do tipo 10 Mbps e 100 Mbps.

Figura 13.10

Placa de rede ISA com todos os conectores.



O *transceiver* é um componente dos meios transmissores e receptores que converte sinais, podendo ser avulso ou estar embutido em algumas placas de rede. Por exemplo, para fazer ligações entre um cabo de fibra óptica em um cabo UTP (*unshielded twisted pair*), é necessário um *transceiver* para conversão dos sinais.

Os sinais tornam-se fracos se os meios físicos de transmissão forem muito longos. Para compensar tais limitações, utilizam-se **repetidores**. Esses equipamentos fa-

zem a ampliação dos sinais, porém também amplificam ruídos, não sendo conveniente usar vários repetidores em um mesmo segmento (figura 13.11).



Figura 13.11

Uso de um repetidor para aumentar a extensão da rede.

O *hub* é empregado para conectar vários cabos UTP entre si, ou seja, interconectar nós de determinada rede entre si.

O *multiplexador* combina várias informações em um único meio de transmissão, podendo ser usado para conexão de duas redes.

O *switch* é utilizado para conectar vários cabos UTP entre si, porém é possível fazer uma seleção lógica de melhores rotas de dados.

O *roteador (router)* permite a comunicação de redes, como no caso das redes MAN. É um acessório de *hardware* muito comum em redes corporativas.

A *ponte (bridge)* é um repetidor inteligente, pois controla o fluxo de dados. Ela analisa os pacotes recebidos e verifica qual o destino. Se o destino é o trecho atual da rede, ela não replica o pacote nos demais trechos, diminuindo a colisão e aumentando a segurança. Por analisar o pacote de dados, a ponte não consegue interligar segmentos de redes que utilizam protocolos diferentes.

13.12 Arquiteturas de rede

As principais arquiteturas de rede e suas características fundamentais são:

- **Arc Net**
 - Desenvolvida pela Data Point Corporation na década de 1970.
 - Cada placa de rede tem um número (de 1 a 255).
 - Oferece ampla faixa de opções de cabos (coaxial, UTP e fibra óptica). Se não fosse a rápida evolução da topologia Ethernet, certamente a Arc Net estaria presente no mercado.



- **Token Ring**

- Desenvolvida pela IBM em parceria com a Texas Instruments no final da década de 1970.
- Possui concentradores denominados MAU (*multistation access unit*) e suas interligações são feitas com cabos STP (*shielded twisted pair*) ou UTP.
- Funciona por passagem de senha e somente pode ser ligada em estrela, comportando-se como anel.

- **FDDI (Fiber Distributed Data Interface)**

- Desenvolvida pelo American National Standards Institute (ANSI) em 1987.
- Taxa de transmissão de 100 Mbps, alcançando até 200 km.

- **Ethernet**

- Desenvolvida pela Xerox na década de 1970; tornou-se padrão.
- Topologias em barra.
- Método de acesso CSMA/CD (*carrier sense multiple access/collision detection*).
- Velocidade de 10 Mbps.

- **Fast Ethernet**

- Também conhecida como 100 Base T, tornou-se padrão em junho de 1995; seu funcionamento é similar ao da Ethernet 10 Base T (CSMA/CD).
- Distância máxima entre concentrador e estações de 100 metros.

- **Padrão ATM (Asynchronous Transfer Mode)**

- Desenvolvida pela AT & T Bell Laboratories e pelo France Telecom's Research Center em meados da década de 1980.
- Pode ser utilizada como tecnologia de redes locais (LAN) e remotas (WAN) e permite a integração de dados.
- Difere das outras arquiteturas de altas velocidades por suportar diferentes velocidades na mesma rede. As velocidades de transferência de dados são de 25 Mbps, 100 Mbps, 155 Mbps e 625 Mbps; para o futuro próximo, serão de 1,2 Gbps e 2,4 Gbps.

13.13 Implementação da internet

A internet teve, originalmente, motivação militar e foi definida como rede datagrama por sua capacidade de rerrotear as comunicações em curso no caso de falha em algum de seus nós e/ou enlaces.

O modelo de referência OSI foi perdendo lugar para o TCP/IP (*transmission control protocol/internet protocol*), usado na internet. Essa arquitetura é uma al-

ternativa técnica ao modelo OSI quanto a viabilizar a implantação de uma solução aberta para redes de comunicação.

A arquitetura TCP/IP não nasceu com a internet. Enquanto a ARPANet teve seu início no final de 1969, a internet só se tornou TCP/IP em janeiro de 1983. Os principais motivos de crescimento da internet foram:

- No início da década 1970, foi utilizada como solução militar.
- Em 1986, passou a ser usada na educação.
- Em 1995, começou a ser empregada nas atividades comerciais.

TCP e IP são dois protocolos independentes; o IP é sempre usado nessa arquitetura, e o TCP nem sempre. TCP/IP não se refere a dois protocolos distintos, e sim à Arquitetura, que, além desses protocolos, possui vários outros (figura 13.12).

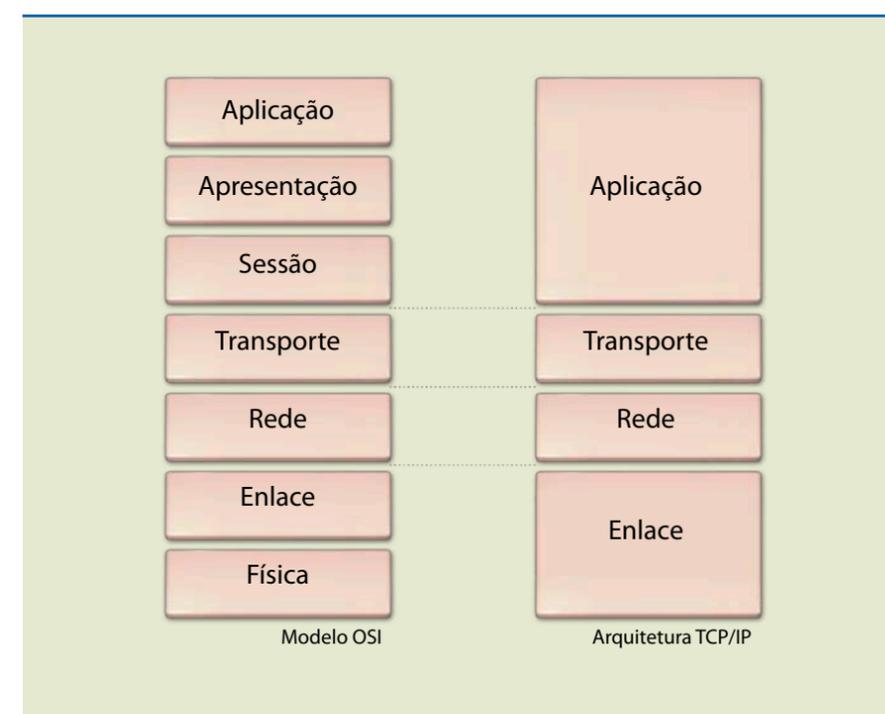


Figura 13.12

Modelos OSI e TCP/IP.

Entre as principais aplicações da internet destacam-se:

- Aplicações clássicas: transferência de arquivos; correios eletrônicos.
- Aplicações www: buscadores (*browsers*) de endereços; transmissões de dados, voz, imagem, vídeo etc.; novidades no futuro próximo (multisserviço).

13.13.1 Arquitetura TCP/IP

A arquitetura TCP/IP, utilizada na internet, prevê apenas um protocolo de rede, o IP, o qual é sempre não orientado à conexão e cuja versão atualmente em uso é a 4. Os endereços IP_{v4} têm quatro octetos, dividindo-se em cinco classes (A, B, C, D e E) e três tipos (*unicast*, *multicast* e *broadcast*).



O crescimento vertiginoso da internet trouxe como ameaça o possível esgotamento dos endereços IP_{v4} , o que implicaria o impedimento do crescimento da rede. Um dos artifícios usados para ampliar a utilização do IP_{v4} foi a criação das máscaras de subrede, que permitem, com um único endereço IP_{v4} válido, endereçar computadores em diferentes subredes.

Como os computadores somente entendem endereços numéricos e para as pessoas o mais natural é a memorização de nomes, torna-se necessária uma base de dados distribuída, o chamado DNS, que faça a conversão de nomes em endereços. Quando se conecta um computador a uma rede TCP/IP usando endereço IP_{v4} fixo, é preciso configurar manualmente quatro informações nesse computador:

1. Seu endereço IP_{v4} .
2. Sua máscara de subrede.
3. Endereço IP_{v4} de seu *default gateway*.
4. Endereços IP_{v4} dos servidores de DNS.

Como dito, os endereços IP_{v4} podem ser de três tipos:

- **Unicast** – Identifica um computador individualmente na rede.
- **Multicast** – Identifica os grupos fechados de computadores em uma rede.
- **Broadcast** – É o endereço destinado a todos os computadores de uma rede.

Cada interface de um computador em uma rede TCP/IP:

- Só pode possuir um endereço IP *unicast*.
- Pode estar registrada em nenhum, um ou vários grupos *multicast*.
- Deve ler todas as mensagens *broadcast*.

Os endereços IP_{v4} , como definidos pela RFC 791, subdividem-se em três partes:

- A primeira identifica a classe de endereçamento ao qual o endereço pertence.
- A segunda identifica cada diferente rede dentro da internet (*net ID*).
- A terceira identifica cada diferente computador dentro dessa rede (*host ID*).
- Cada uma das cinco classes dos endereços IP_{v4} possui uma faixa de endereçamento, como mostra a tabela 13.1.

Classe	Faixa de endereçamento
A	de 0.0.0.0 a 127.255.255.255
B	de 128.0.0.0 a 191.255.255.255
C	de 192.0.0.0 a 223.255.255.255
D	de 224.0.0.0 a 239.255.255.255
E	de 240.0.0.0 a 247.255.255.255

Tabela 13.1

Faixas de endereçamento dos endereços IP_{v4} .

RFC, sigla inglesa para Request for Comments, documentos que propõem padrões usados na internet.

Classe A:

0	Net ID (7 bits)	Host ID (24 bits)
---	-----------------	-------------------

Classe B:

1 0	Net ID (14 bits)	Host ID (16 bits)
-----	------------------	-------------------

Classe C:

1 1 0	Net ID (21 bits)	Host ID (8 bits)
-------	------------------	------------------

Classe D:

1 1 1 0	Multicast group ID
---------	--------------------

Classe E:

1 1 1 1 0	Reservado para o futuro
-----------	-------------------------

Conforme a RFC 917, existe a possibilidade de subdividir os bits originalmente usados para identificar os computadores (*host ID*) em duas partes:

- Uma para identificar subredes dentro de uma rede (*subnet ID*).
- Outra para identificar cada diferente computador dentro de uma subrede (*host ID*).

As razões para que as organizações estruturarem suas redes corporativas em subredes são de várias naturezas:

- Segmentação de instalações físicas.
- Segmentação de comportamentos de tráfego (evitando que os usuários mais frequentes impeçam os demais de terem um bom serviço).
- Limitações técnicas nos diferentes segmentos (distâncias máximas, número de estações etc.).
- Diversas tecnologias de redes locais.

Há ainda a vantagem da necessidade de tabelas de roteamento menores, pois, na maioria dos casos, com um nível hierárquico de endereçamento a mais, cada roteador identifica individualmente um número de máquinas menor.

Exemplo

Vamos dividir uma rede em duas subredes, por meio de máscaras de subrede, aproveitando um mesmo endereço classe C.



1. Vemos que 200.0.0.0 é um endereço IP classe C válido. (É importante notar que não é recomendado que se utilizem máscaras com todos os bits 0 ou todos os bits 1.)

Endereço IP _{v4} classe C em decimal (para 252 máquinas)	200	0	0	0
Endereço classe C em binário	11001000	00000000	00000000	00000000
Significado dos bits	Classe	Net ID		Host ID

2. Se essa rede classe C não for dividida em subredes, sua máscara de subrede será:

Máscara de subrede em binário	11111111	11111111	11111111	00000000
Máscara de subrede em decimal	255	255	255	0

3. Dividindo essa rede classe C em duas redes com 126 diferentes máquinas, cada uma passa a ter:

Endereço IP _{v4} da primeira subrede em decimal (126 máquinas)	200	0	0	0
Endereço IP _{v4} da primeira subrede em binário (126 máquinas)	11001000	00000000	00000000	00000000
Significado dos bits	Classe	Net ID		S Host ID
Máscara de subrede em binário	11111111	11111111	11111111	10000000
Máscara de subrede em decimal	255	255	255	128
Endereço IP _{v4} da segunda subrede em decimal (126 máquinas)	200	0	0	128
Endereço IP _{v4} da segunda subrede em binário (126 máquinas)	11001000	00000000	00000000	10000000
Significado dos bits	Classe	Net ID		S Host ID
Máscara de subrede em binário	11111111	11111111	11111111	10000000
Máscara de subrede em decimal	255	255	255	128

13.14 Tradução de nomes em endereços IP

Os computadores, para tomarem decisão de roteamento com base no IP_{v4}, precisam extrair dos cabeçalhos dos pacotes a informação numérica de seus endereços. Essa é sua linguagem “natural”. No entanto, não é nada natural guardarmos endereços numéricos, por exemplo: qual o endereço IP_{v4} para visitar o site da Anatel?

Para os usuários, o mais natural são os nomes (www.anatel.gov.br), porém qual é o endereço IP_{v4} correspondente a eles? No caso da Anatel, é 200.252.158.235, mas quem seria capaz de memorizar esse e tantos endereços de sites?

A lei de formação dos nomes na internet é totalmente semelhante à lei de formação dos números telefônicos. A tabela 13.2 apresenta alguns exemplos.

Tipos de acesso	Códigos de acesso						
Endereço de correio eletrônico (e-mail)	etegv	@	etegv	.	com	.	br
Número telefônico internacional (em ordem invertida do habitual)	2500	-	6166	-	11	-	55

Tabela 13.2
Exemplos de nomes na internet.

Ambos são universais, unívocos e hierárquicos.

13.15 Cabeamento estruturado

O cabeamento estruturado utilizando cabo do tipo par trançado UTP (não blindado) é composto por vários fios trançados entre pares e entre fios, sem blindagem, pois o “trançado” serve justamente para garantir a imunidade a ruídos externos e internos ao cabo.

Atualmente, os mais usados possuem oito fios (quatro pares) e, como conector, é empregado o modelo conhecido como RJ-45. A norma internacional que regulamenta a conexão do cabeamento estruturado é a EIA/TIA 568, a qual é subdividida em T568A e T568B, conforme mostra a tabela 13.3.

RJ-45 – EIA/TIA T568A		RJ-45 – EIA/TIA T568B	
Pino 1	Branco do verde	Pino 1	Branco do laranja
Pino 2	Verde	Pino 2	Laranja
Pino 3	Branco do laranja	Pino 3	Branco do verde
Pino 4	Azul	Pino 4	Azul
Pino 5	Branco do azul	Pino 5	Branco do azul

Tabela 13.3
Conexão do cabeamento estruturado.



RJ-45 – EIA/TIA T568A		RJ-45 – EIA/TIA T568B	
Pino 6	Laranja	Pino 6	Verde
Pino 7	Branco do marrom	Pino 7	Branco do marrom
Pino 8	Marrom	Pino 8	Marrom

A categoria mais comum atualmente é a **5e**, resultado de algumas melhorias da categoria 5. Os cabos categoria 3 representam etapas mais antigas, indicando materiais em desuso ou com baixa *performance*. Existe também a categoria 6, que, porém, não é ainda a mais utilizada.

É importante lembrar que, quando usamos determinada categoria de cabo, devemos empregar a mesma categoria para todos os acessórios. Não podemos utilizar, por exemplo, um cabo categoria 6 com um conector categoria 5e.

O custo do cabo é relativamente baixo, o que o torna um meio de transmissão bastante usado. Além disso, há certa facilidade de instalação, pois as ferramentas não são muito caras, como ocorre com as fibras ópticas. Os cabos teoricamente suportam velocidades de transferência de dados de até 100 Mbps, em distâncias de até 100 metros, porém recomenda-se nunca trabalhar com valores-limite, pois, dependendo do ambiente, os cabos podem sofrer interferências externas.

O cabo STP (*shielded twisted pair*), que é o cabo de pares trançados blindado, é muito semelhante ao citado anteriormente, mas o custo é mais alto, devido à blindagem, razão pela qual não é muito utilizado. A blindagem tem a função de diminuir (ou atenuar) as interferências eletromagnéticas.

13.15.1 Limites de distância

A norma EIA/TIA padrão 568 estabelece as distâncias máxima e mínima entre os dispositivos conectados à rede, para cabos UTP/STP.

Distância máxima de 100 metros entre:

- Estação de trabalho e *hub*.
- Estação de trabalho e estação de trabalho.
- *Hub* e *hub*.

Distância mínima de 0,5 metro entre:

- Estação de trabalho e estação de trabalho.
- Estação de trabalho e *hub*.

Outro dado importante é que a rede não pode conter mais do que cinco segmentos.

As categorias de cabos e suas respectivas velocidades de transferência são apresentadas na tabela 13.4.

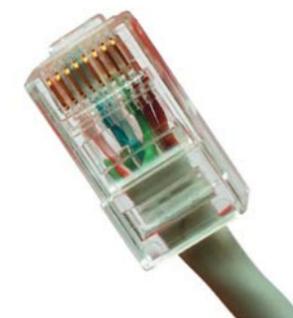
Categoria do cabeamento	Velocidade de transferência
Categoria 3	10 Mbps
Categoria 4	16 Mbps
Categoria 5	100 Mbps
Categoria 5e	155 Mbps
Categoria 6	1 000 Mbps (1 Gbps)

Em ligações ponto a ponto sem utilização de *hub*, a conexão é do tipo *crossover*, ou seja, uma das extremidades do cabo de rede deve ser configurada conforme o padrão T568A, e a outra extremidade, conforme o padrão T568B. Já em conexões ponto a ponto com utilização de *hub*, as duas extremidades do cabo de rede podem ser configuradas conforme o padrão T568A ou o padrão T568B.

A tabela 13.5 mostra as cores dos pares em relação ao número.

Número do par	Cor do par
Par 1	Azul
Par 2	Laranja
Par 3	Verde
Par 4	Marrom

Os pinos 4 e 5 do conector RJ-45 são utilizados para telefonia (figuras 13.13 e 13.14).



GEORGIOS.ALEXANDRIS/SHUTTERSTOCK

Tabela 13.4

Categoria dos cabos e velocidade de transferência.

Tabela 13.5

Cores dos pares em relação ao número.

Figura 13.13

Conector RJ-45.



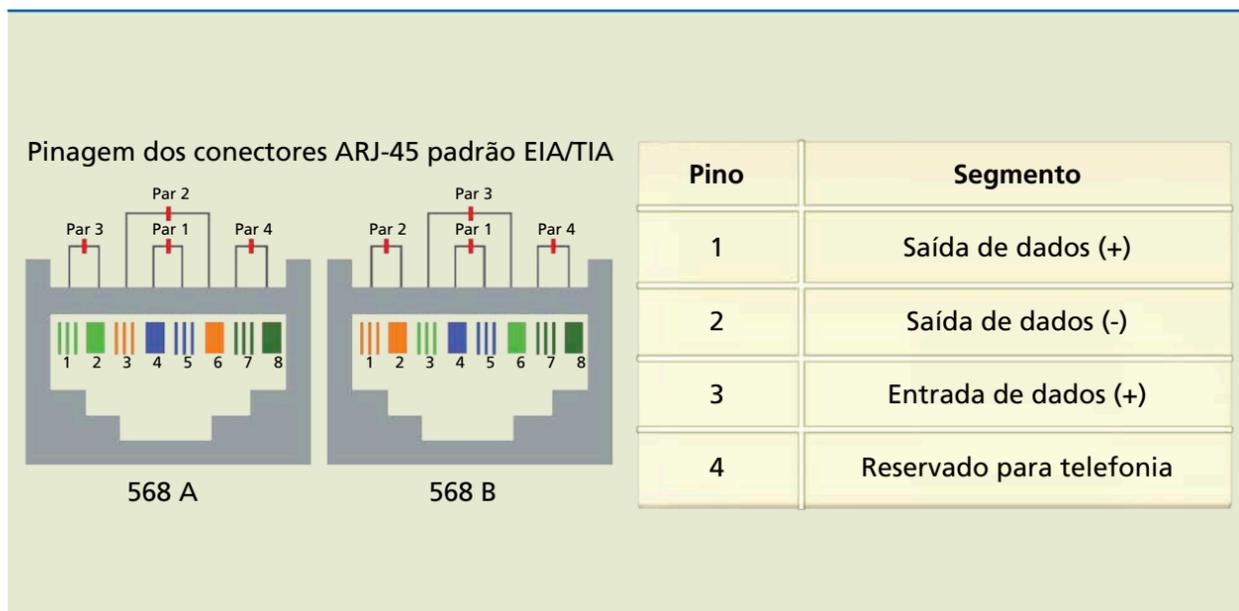


Figura 13.14
Ordem dos cabos no conector RJ-45.

13.15.2 Preparação do cabo

Para preparar o cabo em si, além de conectores RJ-45, é necessário um alicate para *crimp* (figura 13.15). 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 (T568A ou T568B) e pressionar o conector com o alicate. Não é preciso desencapar os fios, pois o próprio conector RJ-45 possui pinos em forma de lâmina, desencapando automaticamente os fios durante a montagem do cabo.

Figura 13.15
Alicate para *crimp* de conectores RJ-45.



13.15.3 Instalação do cabo

O projeto mostrando a trajetória dos cabos no ambiente em que a rede está sendo implementada é muito importante. A melhor maneira de instalar cabos é criando pontos de rede fixos, por meio de caixas conectoras aprovadas para trabalhar com categoria 5. Os micros são conectados a essas caixas por um cabo de menor comprimento, enquanto as caixas são interligadas a outras caixas conectoras perto do concentrador (*hub* ou *switch*). Esse procedimento facilita não apenas a instalação das estações da rede, mas também a manutenção. Como na maioria das vezes os problemas de cabo partido ocorrem próximo da estação de trabalho, basta substituir um pequeno segmento do cabo.

A figura 13.16 mostra modelos de caixas conectoras internas, a serem embutidas na parede, como externas.

Figura 13.16
Caixas conectoras para cabo de par trançado.



13.15.4 Patch panels

Em redes de grande porte, os cabos UTP/STP provenientes dos diversos pontos de rede (caixas conectoras junto aos micros) são conectados a blocos de distribuição, fixos em estruturas metálicas. Esses conjuntos são denominados *patch panels*. A ligação dos blocos de distribuição aos *hubs* e/ou *switches* ocorre por meio de *patch cords*. A utilização de *patch panels* oferece melhor organização e maior flexibilidade, facilitando, conseqüentemente, a manutenção.





Referências

bibliográficas

GOMES, Alcides Tadeu. *Telecomunicações: transmissão e recepção*. São Paulo: Erica. 1995.

MIYOSHI, Edson Mitsugo; SANCHES, Carlos Alberto. *Projetos de sistemas rádio*. 1ª ed. São Paulo: Erica. 2002.

MORAES, Alexandre Fernandes de. *Redes de Computadores: fundamentos*. 1ª ed. São Paulo: Erica. 2004.

RIBEIRO, Justino José Antônio. *Comunicações ópticas*. 4ª ed. São Paulo: Érica. 2011.

SAMPAIO, Marcelo Alencar de; QUEIROZ, Wamberto José Lira de. *Ondas eletromagnéticas e teoria de antenas*. 1ª ed. São Paulo: Erica. 2010.

SOARES NETO, Vicente. *Telecomunicações: sistemas de modulação*. 1ª ed. São Paulo: Erica 2005.

SVERZUT, José Umberto. *Redes GSM, GPRS, EDGE e UMTS: evolução a caminho da quarta geração (4G)*. 2ª ed. São Paulo: Érica. 2007.



CENTRO PAULA SOUZA DO GOVERNO DE SÃO PAULO





Excelência no ensino profissional

Administrador da maior rede estadual de educação profissional do país, o Centro Paula Souza tem papel de destaque entre as estratégias do Governo de São Paulo para promover o desenvolvimento econômico e a inclusão social no Estado, na medida em que capta as demandas das diferentes regiões paulistas. Suas Escolas Técnicas (Etecs) e Faculdades de Tecnologia (Fatecs) formam profissionais capacitados para atuar na gestão ou na linha de frente de operações nos diversos segmentos da economia.

Um indicador dessa competência é o índice de inserção dos profissionais no mercado de trabalho. Oito entre dez alunos formados pelas Etecs e Fatecs estão empregados um ano após concluírem o curso. Além da excelência, a instituição mantém o compromisso permanente de democratizar a educação gratuita e de qualidade. O Sistema de Pontuação Acrescida beneficia candidatos afrodescendentes e oriundos da Rede Pública. Mais de 70% dos aprovados nos processos seletivos das Etecs e Fatecs vêm do ensino público.

O Centro Paula Souza atua também na qualificação e requalificação de trabalhadores, por meio do Programa de Formação Inicial e Educação Continuada. E ainda oferece o Programa de Mestrado em Tecnologia, recomendado pela Capes e reconhecido pelo MEC, que tem como área de concentração a inovação tecnológica e o desenvolvimento sustentável.

