

# CAPÍTULO 1

## Conceitos Básicos

---

### 1.13 Histórico

A história das redes de computadores está intimamente relacionada à evolução dos sistemas computacionais e das telecomunicações. Os primeiros computadores, surgidos na década de 1940 e comercializados na década seguinte, eram máquinas caras e de difícil programação. Apenas grandes corporações e centros de pesquisas tinham condições de adquirir e manter tais sistemas. Com o avanço tecnológico, os computadores ficaram mais acessíveis, permitindo que empresas e universidades tivessem seus próprios sistemas computacionais. Além disso, os computadores tornaram-se menores, mais rápidos, confiáveis e de fácil interação.

A evolução das telecomunicações tem papel fundamental no surgimento e na evolução das redes de computadores. Avanços no sistema de telefonia e a comunicação utilizando satélites, rádio, microondas, fibras óticas e telefonia celular permitiram ampliar a cobertura geográfica das redes em escala global, reduzir o custo das conexões, aumentar as taxas de transmissão e, ao mesmo tempo, reduzir as taxas de erro e oferecer diferentes possibilidades de conexão.

A partir da disseminação do uso dos computadores e dos avanços das telecomunicações, foi possível a conexão dos sistemas e, conseqüentemente, a troca de informações e o compartilhamento dos recursos computacionais. Nesta seção é apresentada a evolução das redes de computadores, especialmente da ARPANET, que viria a se tornar a Internet.

#### Décadas de 1950 e 1960

Em meados da década de 1950, a IBM desenvolveu para a Força Aérea dos Estados Unidos da América (EUA) um sistema para detecção de ataques aéreos, conhecido como SAGE (Semi-Automatic Ground Environment). O sistema possuía um computador central conectado a dispositivos remotos que enviavam dados em tempo real sobre possíveis ataques. O primeiro *modem* foi desenvolvido para o projeto SAGE em 1958.

A partir da experiência com o SAGE, a IBM, em 1961, desenvolveu a primeira rede de computadores com fins comerciais para o sistema de reservas de passagens aéreas da American Airlines. O SABRE (Semi-Automatic Business Related Environment), como foi chamado, utilizava modems e linhas telefônicas convencionais para a conexão de terminais remotos a um sistema central com taxas de transmissão de 1200 bps. O sistema SABRE ainda está em operação.

Durante a década de 1960, foram desenvolvidos diversos sistemas multiprogramáveis que permitiam que o sistema fosse compartilhado por vários usuários concorrentemente. Inicialmente, os usuários interagiam com o sistema através de cartões perfurados e, posteriormente, utilizando terminais. Com as redes de computadores, foi possível

compartilhar os sistemas independentemente da localização física, criando o conceito de terminal remoto. Dentre os sistemas multiprogramáveis desenvolvidos nessa época destaca-se o Multics, que mais tarde se tornaria o *Unix*.

Para fazer frente às inovações tecnológicas desenvolvidas pela antiga União Soviética, o governo dos EUA criou uma agência com a missão de desenvolver projetos de vanguarda, chamada *ARPA (Advanced Research Projects Agency)* em 1957. Um desses projetos era o desenvolvimento de uma rede de comunicação para interligar os diferentes computadores das instituições de pesquisa dispersas geograficamente. Mas apenas em 1966, com a ida de Robert Taylor para o ARPA, e, posteriormente, de Lawrence Roberts em 1967, a idéia de construir a ARPANET foi, finalmente, proposta utilizando o conceito de comutação por pacotes.

Na *comutação por pacotes*, uma mensagem é dividida em pedaços menores, chamados *pacotes*, e encaminhados pela rede de interconexão de forma independente, podendo tomar caminhos diferentes entre a origem e o destino. Essa idéia permite que os diversos dispositivos compartilhem os mesmos canais de comunicação, o que não acontecia na comutação por circuitos, adotada pelas empresas de telecomunicações. Os primeiros estudos sobre a utilização de redes de pacotes aconteceram nos EUA por Paul Baran do RAND, e Leonard Kleinrock, do MIT (Massachusetts Institute of Technology). Paralelamente, Donald Davies, do NPL (National Physical Laboratory), trabalhava em um projeto semelhante na Inglaterra.

A *ARPANET* seria formada por computadores, chamados *hosts*, conectados a linhas telefônicas de 56 Kbps através de um dispositivo denominado *IMP (Interface Message Processor)*, responsável por encaminhar os pacotes pela rede de interconexão, semelhantemente aos roteadores atuais. Em 1969, o primeiro IMP foi instalado na Universidade da Califórnia em Los Angeles (UCLA), seguido pelo Instituto de Pesquisa de Stanford (SRI), Universidade da Califórnia em Santa Bárbara e Universidade de Utah, totalizando quatro pontos. Estava criado o embrião da atual Internet. Nesse mesmo ano, foi publicada a primeira *RFC (Request for Comments)*, que passou a ser a forma de especificar os padrões a serem seguidos no modelo Internet.

No Brasil, em 1965, foi constituída a EMBRATEL (Empresa Brasileira de Telecomunicações), empresa estatal responsável por assumir o monopólio das telecomunicações no país. A estatal seria privatizada em 1998.

## **Década de 1970**

Durante a década de 1970 surgiram diversas iniciativas com base no conceito de redes pacotes. Muitas empresas, principalmente fabricantes de computadores, criaram suas próprias arquiteturas de rede, como a IBM com o *SNA (System Network Architecture)*, a Digital com o *DECnet* e a Xerox com o *XNS (Xerox Network Services)*. Além de arquiteturas proprietárias, padrões abertos também foram desenvolvidos, como o protocolo *CCITT X.25* para redes públicas de pacotes em 1976. Diversas redes de pacotes foram implantadas baseadas no protocolo *X.25*, como Telenet (EUA), Datapac (Canadá), Transpac (França), PSS (Inglaterra) e RENPAC (Brasil). Com a adoção do TCP/IP como padrão de redes, essas e outras iniciativas perderam importância ou, simplesmente, desapareceram.

O primeiro protocolo utilizado na ARPANET para a comunicação entre dois *hosts*, o *NCP (Network Control Protocol)*, foi finalizado em 1970 e permitiu que as primeiras aplicações fossem desenvolvidas [RFC-54]. Em 1972, Ray Tomlinson desenvolveu o primeiro software de correio eletrônico, simplificando a troca de informações entre os usuários da rede. O protocolo NCP possuía uma série de limitações que impediam o rápido crescimento da rede. Em 1974, Vinton Cerf e Robert Kahn apresentaram uma proposta de um novo protocolo, chamado *TCP (Transmission Control Program)*, que incluía as funções da camada de rede e transporte em um único protocolo [Cerf, 1974]. Posteriormente, o TCP seria desmembrado em dois, gerando os protocolos TCP e *IP (Internet Protocol)*, utilizados atualmente. Durante a década de 1970, a ARPANET alcançaria a marca de cerca de 200 *hosts*.

Norman Abramson e seus colegas da Universidade do Havaí projetaram uma rede para conectar as diversas unidades da instituição espalhadas pelas ilhas do arquipélago em 1971. A *ALOHANET*, como foi chamada, era uma rede de pacotes que utilizava ondas de rádio e um esquema inovador para implementar o controle de acesso ao meio. No final de 1972, a rede ALOHANET foi conectada à ARPANET via satélite. Influenciado pelas idéias da ALOHANET,

Robert Metcalfe, em 1973, apresentou as bases para o que viria a ser o protocolo *Ethernet*, utilizado atualmente pela grande maioria das redes locais [Abramson, 1985]. Em 1979, Metcalfe fundaria a 3Com para comercializar produtos com base no padrão Ethernet.

No Brasil, em 1976, a EMBRATEL implantou os primeiros circuitos para a transmissão digital de dados, operando a velocidades de até 4800 bps. Posteriormente, esse serviço passou a se chamar TRANSDATA.

### **Década de 1980**

Durante a década de 1980, a ARPANET cresceria de forma explosiva, dando um salto de 200 hosts para 160 mil hosts. Esse crescimento se deve a uma série de fatos como a evolução dos microcomputadores e estações de trabalho e a evolução das redes locais, especialmente do protocolo *Ethernet*, padronizado em 1983. Nesse mesmo ano, o TCP/IP foi introduzido no Unix da Universidade de Berkeley, conhecido como *BSD (Berkeley Software Distribution)*, e distribuído para inúmeras instituições de ensino. Além disso, o governo dos EUA criou uma série de incentivos que facilitava a qualquer instituição de ensino conectar-se à ARPANET.

Em 1º de janeiro de 1983 ocorre a transição de toda a rede do protocolo NCP para o *TCP/IP*, marcando uma nova fase para a ARPANET [RFC-801]. Com o crescimento da rede, era necessário um novo esquema de gerenciamento de nomes e endereços. Para esse problema, Paul Mockapetris apresentou o *DNS (Domain Name System)* como mecanismo de resolução de nomes. Nesse mesmo ano, a ARPANET seria dividida em duas: a MILNET com fins militares, e a ARPANET, com fins de pesquisa. Ainda em 1983 foi criado o IAB (Internet Activities Board).

Em 1984, a ISO (International Organization for Standardization) produziu uma recomendação para a conexão de sistemas heterogêneos que ficou conhecida como Modelo de Referência para a Interconexão de Sistemas Abertos ou, simplesmente, *Modelo OSI (Open System Interconnection)*. Apesar da aceitação inicial, o Modelo OSI sofreu grande concorrência do modelo TCP/IP e praticamente desapareceu na década seguinte, servindo, hoje, apenas para fins didáticos. Nesse mesmo ano, seria criada a Cisco Systems, que, anos mais tarde, se tornaria uma das maiores empresas de produtos de rede.

Durante a década de 1980, duas redes que não utilizavam TCP/IP ganharam popularidade no mundo, inclusive no Brasil: a USENET e BITNET. A *USENET (User Network)* interligava estações Unix utilizando linhas discadas para a troca de mensagens agrupadas por assuntos. A *BITNET (Because It's Time Network)* interligava estações via modem para troca de emails, transferência de arquivos e mensagens instantâneas. Posteriormente, ambas as redes tiveram seus tráfegos aceitos na ARPANET, acelerando o crescimento da rede.

Em 1986, nos EUA, a NSF (National Science Foundation) criou um programa chamado NSFNET que permitiria a qualquer instituição de ensino conectar-se à rede. O protocolo TCP/IP foi escolhido para suportar a nova rede, tornando simples a integração entre a NSFNET e outras redes TCP/IP. Com o crescimento da NSFNET, as instituições conectadas à ARPANET migraram para a nova rede. Em 1988, Robert Morris, Jr., um estudante de Ciência da Computação da Universidade de Cornell nos EUA, desenvolveu um programa que se auto-replicava (worm) e o executou na Internet. Em pouco tempo, diversos sistemas foram comprometidos, inclusive o próprio funcionamento da rede.

No Brasil, a EMBRATEL lançou em 1984 o serviço RENPAC baseado no protocolo X.25. Em 1988, foi feita a primeira conexão da comunidade acadêmica com a BITNET, utilizando um circuito de 9600 bps entre o LNCC (Laboratório Nacional de Computação Científica) no Rio de Janeiro e a Universidade de Maryland nos EUA.

## Década de 1990

No início da década de 1990, a grande maioria dos fabricantes de computadores e sistemas operacionais já oferecia o TCP/IP como protocolo de rede. Nesta década, o número de hosts deu um novo salto, saindo de 160 mil para mais de 56 milhões de hosts. Em 1996, é fundado nos EUA o consórcio *Internet2*, formado pela comunidade acadêmica e a iniciativa privada com o objetivo de desenvolver e implementar novas tecnologias para a Internet.

Em 1991, o NSF elimina as restrições ao tráfego comercial na Internet e surgem os primeiros provedores de acesso (*Internet Solution Provider – ISP*). Os principais serviços utilizados pelos usuários da Internet eram o correio eletrônico, transferência de arquivos, terminal remoto e serviços de notícias. Em 1992, no CERN, Tim Berners-Lee inventa o *serviço Web*, que viria a dar um novo impulso ao crescimento da Internet [Berners-Lee, 1992]. Em 1993, Marc Andreessen desenvolve o browser Mosaic, que, posteriormente, se tornaria o Netscape. Em 1995, o NSF retira-se definitivamente do papel de mantenedor da rede, entregando essa tarefa aos ISP. O serviço Web e a liberação do tráfego comercial fazem com que empresas de todos os portes passem a oferecer seus produtos e serviços na Internet.

Durante a década de 1990, as redes locais com base na tecnologia *Ethernet* tornaram-se dominantes e, praticamente, eliminaram outras iniciativas nessa área como o Token Ring. Nesse período, o Ethernet padrão (10 Mbps) evolui para o *Fast Ethernet* (100 Mbps) em 1995 e *Gigabit Ethernet* em 1998. As redes locais sem fio ganharam aceitação, principalmente após o lançamento dos padrões *IEEE 802.11 (WLAN)* e *IEEE 802.15 (WPAN)* e *IEEE 802.16 (WMAN)*.

A necessidade de redes mais rápidas e que oferecessem qualidade na transmissão de áudio e vídeo levou ao desenvolvimento dos protocolos *Frame Relay* e *ATM*, em meados da década de 1980. Após a padronização de ambas as iniciativas pelo ITU, nos anos 1990, os protocolos ganharam ampla aceitação como solução para redes distribuídas de alta velocidade, e posteriormente passariam a oferecer suporte às redes IP.

No Brasil, em 1991, é feito o primeiro acesso acadêmico à Internet, conectando a FAPESP (Fundo de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo) e a NSFNET, utilizando um circuito de 4800 bps. No ano seguinte, é criada a Rede Rio interligando, inicialmente, a PUC-Rio, LNCC e Universidade Federal do Rio de Janeiro à Internet. Em 1993, a *RNP (Rede Nacional de Ensino e Pesquisa)* criou uma rede interligando onze capitais, permitindo o acesso de diversas instituições à Internet. No ano seguinte, a EMBRATEL iniciou o serviço de acesso à Internet discado com circuitos de até 14400 bps. Em 1995, foi instituído o Comitê Gestor da Internet no Brasil com a missão de organizar e supervisionar as funções básicas de infra-estrutura para serviços Internet, bem como planejar e encaminhar a sua evolução. No ano seguinte, surgiram os primeiros provedores de acesso à Internet.

## Década de 2000

No final de 1999, o número de hosts da Internet alcançava mais de 56 milhões e, em 2007, algo em torno de 433 milhões de hosts (Tabela 1.4). A evolução da rede trouxe também novos problemas. Com o aumento do número de usuários, os endereços de rede estão se esgotando. A transmissão de áudio e vídeo, por exemplo, exige mecanismos que garantam a sua qualidade. O comércio eletrônico exige que as transações sejam feitas de maneira segura. Diversas iniciativas vêm sendo feitas para resolver esses e outros problemas, com destaque para o protocolo IPv6, que irá substituir o IP atual [RFC-1752].

Ano	Número de hosts
1969	4
1981	213
1989	159.000
1999	56.218.000
2007	433.193.199

Tabela 1.4 Evolução da Internet [RFC-2235] e [ISC, 2007]

O protocolo Ethernet continuou evoluindo e em 2002 foi lançado o *10 Gigabit Ethernet*. Com isso o Ethernet deixa de ser apenas um protocolo para redes locais e passa a competir com outros protocolos para redes metropolitanas e distribuídas. Nos próximos anos é aguardado o padrão *100 Gigabit Ethernet*.

Tradicionalmente, o acesso à Internet por usuários domésticos e pequenas empresas estava limitado a conexões discadas de baixa velocidade. Com o avanço das telecomunicações, o acesso à Internet pôde ser feito utilizando conexões em banda larga como, por exemplo, *ADSL* e *cable modem*. Com o aumento das taxas de transmissão, houve uma mudança no tipo de informação que circulava na rede. Se no passado apenas mensagens do tipo texto circulavam pela rede, vemos hoje uma enorme variedade de mídias sendo utilizada, como imagens, áudio e vídeo. A possibilidade de suporte de multimídias nos leva a uma convergência de serviços, permitindo, por exemplo, que a telefonia convencional possa ser incorporada ao tráfego de dados como nos serviços de voz sobre IP.

No Brasil, em 2000 foi lançada a *RNP2* com maior capacidade de transmissão, e em 2001 a rede da *RNP* passa a rocar dados com a *Internet2* com um circuito de 45 Mbps, possibilitando a interação com a comunidade científica internacional através de uma rede de alta velocidade.

Para informações adicionais sobre a evolução dos sistemas computacionais e das telecomunicações, consultar [Machado, 2007] e [Joel, 2002], respectivamente. A história da Internet, inclusive no Brasil, é abordada em detalhes em [Carvalho, 2006].