

# **INTRODUÇÃO À** **ARQUITETURA** **TCP/IP**



# SUMÁRIO

|            |  |           |
|------------|--|-----------|
| <b>1.</b>  | <b>Introdução .....</b>                                | <b>03</b> |
| <b>2.</b>  | <b>Histórico do Protocolo TCP/IP .....</b>             | <b>04</b> |
| <b>3.</b>  | <b>Família de Protocolos TCP/IP .....</b>              | <b>09</b> |
| <b>3.1</b> | <b>Motivação para nova família de protocolos .....</b> | <b>11</b> |
| <b>3.2</b> | <b>Solução para nova família de protocolos .....</b>   | <b>11</b> |
| <b>4.</b>  | <b>Tecnologia de inter-redes .....</b>                 | <b>12</b> |
| <b>4.1</b> | <b>Modelo de interconexão .....</b>                    | <b>12</b> |
| <b>4.2</b> | <b>Arquitetura em camadas .....</b>                    | <b>15</b> |
| <b>5.</b>  | <b>Camadas da arquitetura TCP/IP .....</b>             | <b>16</b> |
| <b>5.1</b> | <b>Camada de aplicação .....</b>                       | <b>17</b> |
| <b>5.2</b> | <b>Camada de transporte .....</b>                      | <b>18</b> |
| <b>5.3</b> | <b>Camada de rede .....</b>                            | <b>19</b> |
| <b>5.4</b> | <b>Camada de interface de rede .....</b>               | <b>20</b> |
| <b>5.5</b> | <b>Encapsulamento .....</b>                            | <b>21</b> |

# 1. INTRODUÇÃO

Protocolo é um conjunto de regras que controla a interação de duas máquinas ou dois processos semelhantes ou com funções semelhantes. Para que dois computadores se comuniquem, é necessário que usem o mesmo protocolo. Sem protocolos, o computador não pode reconstruir, no formato original, a sequência de bits recebida de outro computador. Para que dois computadores se comuniquem, é necessário que usem o mesmo protocolo (“que falem a mesma língua”).

Fazendo uma analogia, pode-se dizer que sem um conjunto de regras de conduta e comportamento, várias pessoas falando ao mesmo tempo e em línguas diferentes não conseguem se entender em uma reunião de trabalho.

Uma suíte de protocolos (família de protocolos) é uma coleção de protocolos que habilitam comunicação em rede de uma máquina a outra. Uma suíte de protocolos é estruturada em camadas, de forma a dividir e organizar melhor as funções. De maneira geral, as camadas superiores obtêm serviços das camadas inferiores, transferindo informações entre si através das interfaces entre camadas adjacentes.

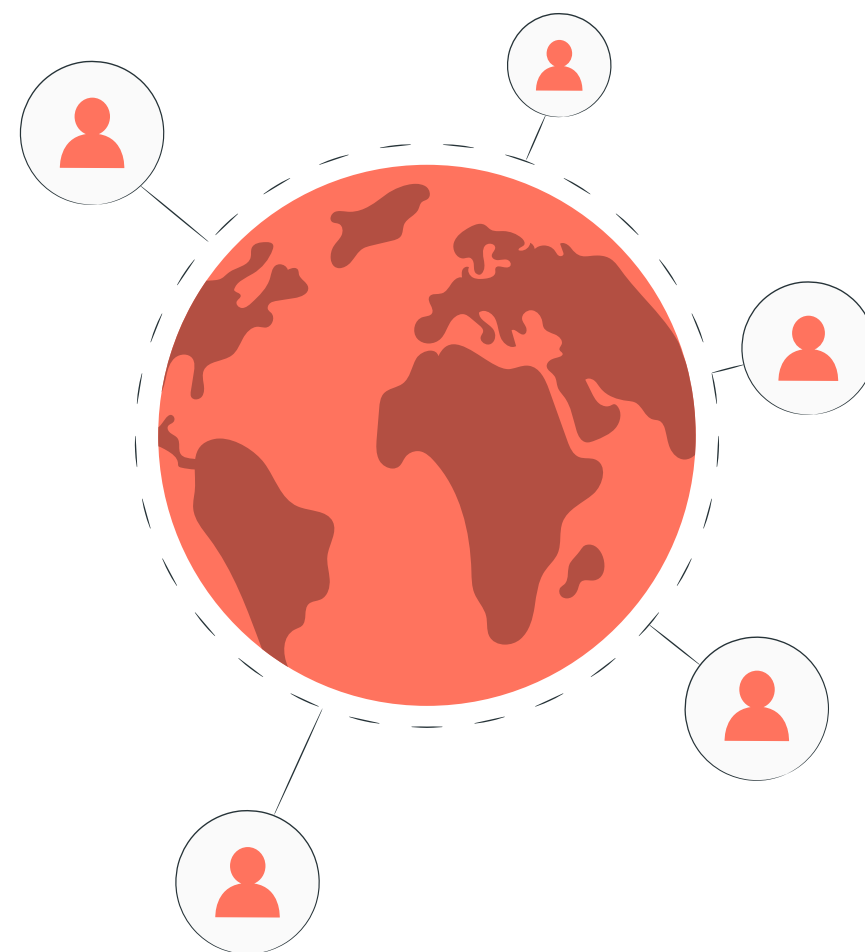
## 2. HISTÓRICO DO PROTOCOLO TCP/IP

O protocolo TCP/IP teve sua origem em um projeto militar, desenvolvido a partir de proposta da RAND Co. de 1964, com início do desenvolvimento em 1969.

Na década de 60, a RAND Corporation, uma das maiores empresas americanas envolvidas em estratégias para a Guerra Fria, se deparou com um estranho problema estratégico: como as autoridades governamentais americanas poderiam continuar se comunicando após uma guerra nuclear? Além disso, havia a questão da forma como a própria rede poderia ser comandada e controlada. Qualquer autoridade central ou quartel general central

seria um alvo óbvio e imediato para um míssil inimigo. O centro da rede seria o primeiro lugar a ser destruído.

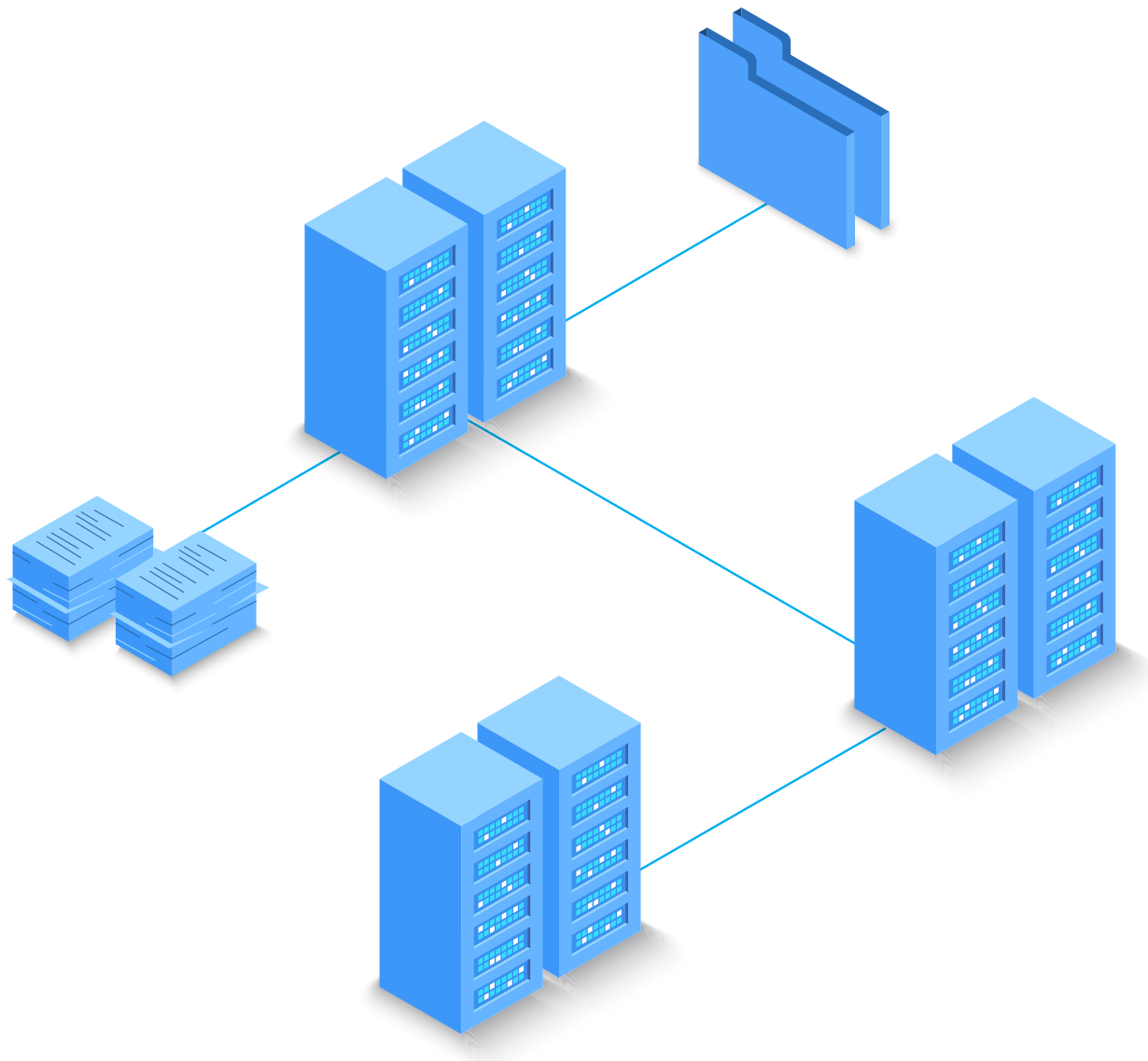
A RAND se ocupou deste quebra-cabeça com segredo



militar, e chegou a uma solução audaciosa. A proposta da RAND se tornou pública em 1964. Em primeiro lugar, a rede não teria “nenhuma autoridade central”. Além disso, ela seria projetada desde o princípio para operar mesmo destruída. O princípio era simples: assumir que a rede não era confiável o tempo todo. Ela seria projetada tendo em mente a ideia de “receber e passar adiante”, de modo a transcender sua própria falta de confiabilidade. Cada nó da rede seria igual a todos os outros nós da rede (em termos de status e função), cada um com sua própria autoridade para originar, passar e receber mensagens.

As mensagens por sua vez seriam divididas em pacotes, com cada pacote endereçado separadamente.

Cada pacote começaria de um nó de origem e terminaria no nó de destino final especificado. Cada pacote “viajaria” pela rede sendo tratado de forma individual. A rota seguida por cada pacote através da rede não teria importância. Apenas os resultados finais teriam importância. Basicamente, o pacote seria passado como uma batata quente, de nó para nó, mais ou menos na direção do seu destino final, até chegar ao destino correto. Se grande parte da rede tivesse sido explodida, isso simplesmente não importava; os pacotes ainda permaneceriam na rede, percorrendo os nós que eventualmente ainda sobrevivessem. Este sistema de transmissão desorganizado pode ser ineficiente quando comparado, por exemplo, com o sistema telefônico; no entanto, ele seria extremamente robusto.



A rede experimental formada pelas universidades americanas foi chamada de ARPAnet.

As especificações dos protocolos foram elaboradas através de documentos chamados RFCs – Request for Comments (Solicitação de Comentários), que se tornaram os padrões universais.

Em meados da década de 70, em função da importância da tecnologia de inter-redes, uma agência do Departamento de Defesa (DoD) do governo americano, Advanced Research Projects Agency (Arpa), financiou pesquisas para desenvolvimento de uma tecnologia de inter-redes baseada na comutação de pacotes. Dessa iniciativa, resultou a construção da rede ARPAnet.

A tecnologia Arpa inclui um conjunto de padrões de redes que especificam os detalhes da comunicação entre os computadores, além de um conjunto de convenções para interconectar as redes individuais e realizar o roteamento do tráfego entre elas.

Essa tecnologia, oficialmente denominada família de protocolos TCP/IP, é conhecida como TCP/IP.

No início da década de 80, a Arpa adotou a família de protocolos TCP/IP em suas redes de pesquisas, demarcando o início da internet. Posteriormente, em 1983, a ARPAnet foi dividida em duas redes: uma para pesquisa experimental, que continuou a ser denominada ARPAnet, e outra para comunicação militar, que foi denominada Milnet.

Para incentivar a adoção da família de protocolos TCP/IP em universidades e centros de pesquisa, a Arpa ofereceu uma implementação de baixo custo e financiou a integração dos protocolos TCP/IP em sistemas Unix. Como resultado, a distribuição do BSD Unix da Universidade de Berkeley incorporou novos serviços e disponibilizou mecanismos que facilitaram a programação de aplicações distribuídas usando os protocolos TCP/IP.

Em 1985, a National Science Foundation (NSF), agência de fomento de ciências do governo americano, incentivou a expansão de redes TCP/IP para a maioria dos cientistas americanos, por reconhecer o potencial da comunicação em rede para a comunidade científica.

Como resultado desse esforço, surgiu um novo backbone de longa distância, denominado NSFNET, que interligava todos os centros de supercomputação e se conectava com a ARPAnet.

A partir de 1986, a NSF financiou diversas redes regionais com o objetivo de interconectar a comunidade científica das várias regiões. Todas estas redes adotavam os protocolos TCP/IP e faziam parte da assim denominada internet.

Cerca de sete anos após seu surgimento, a internet já era composta por centenas de redes localizadas nos Estados Unidos e na Europa. Desde então, continuou a crescer rapidamente, em tamanho e em uso. A adoção dos protocolos TCP/IP e o avanço da internet não se limitaram a projetos financiados pelas agências governamentais. A partir de 1990, diversas organizações

comerciais adotaram os protocolos TCP/IP e começaram a se conectar à internet.

Embora inicialmente tenha sido um projeto de pesquisa financiado pelo governo americano, a adoção dos protocolos TCP/IP excedeu as expectativas originais. A intenção inicial era desenvolver uma tecnologia de interconexão de redes baseada na técnica de comutação de pacotes. Hoje, essa família de protocolos forma a base tecnológica da internet, a maior rede de longa distância existente e, reconhecidamente, o exemplo mais expressivo de interconexão de redes de computadores, pois interconecta milhões de computadores em universidades, escolas, empresas e lares.



## 3. FAMÍLIA DE PROTOCOLOS TCP/IP

A família de protocolos TCP/IP é um conjunto de padrões de redes que permite a interconexão de redes e sistemas heterogêneos, como redes físicas com diferentes tecnologias de acesso, e equipamentos desenvolvidos por diferentes fabricantes, com arquiteturas de hardware distintas que executam diferentes sistemas operacionais.

### Quem pode usar?

**Qualquer organização que queira interconectar suas diversas redes na forma de uma inter-rede;**  
**Não requer conexão com a internet.**

A família de protocolos TCP/IP permite a interconexão de computadores de diversos fabricantes, equipados com arquiteturas distintas de hardware, executando múltiplos sistemas operacionais e usando diferentes tecnologias de acesso.



A internet é apenas uma demonstração concreta da viabilidade da tecnologia TCP/IP. Essa família de protocolos pode ser utilizada por qualquer organização, como tecnologia para conectar internamente os componentes de uma única rede ou para interconectar suas diversas redes na forma de uma inter-rede, independentemente de estar ou não conectada à internet.

Para entender o funcionamento da família de protocolos TCP/IP, vamos apresentar o modelo de interconexão desse tipo de rede, enfatizando os mecanismos que viabilizam a interação dos diversos protocolos. As diversas tecnologias de redes definem como os dispositivos devem se conectar às respectivas redes. Já uma tecnologia de inter-rede define como as redes são interconectadas entre si, permitindo que cada equipamento possa se comunicar com os demais equipamentos das várias redes.

Em uma inter-rede TCP/IP, duas ou mais redes físicas somente podem ser interconectadas por um equipamento especial, chamado roteador, cuja função é encaminhar pacotes de uma rede para outra. Para rotear corretamente os pacotes, os roteadores precisam conhecer a topologia da inter-rede, e não apenas as redes físicas às quais estão diretamente conectados. Assim, eles precisam manter informações de roteamento de todas as redes que fazem parte da inter-rede.

Os usuários enxergam a inter-rede como uma rede virtual única à qual todos os dispositivos estão conectados, independentemente da forma das conexões físicas. Para isso, uma inter-rede TCP/IP adota um mecanismo de endereçamento universal, baseado em endereços IP, que permite a identificação única de cada dispositivo.

## 3.1 Motivação para nova família de protocolos

A evolução das tecnologias de comunicação e a redução dos custos dos computadores constituem os principais fatores para a ampla adoção das redes de computadores nas organizações. As redes são projetadas, essencialmente, para compartilhar recursos de hardware e software e viabilizar a troca de informações entre usuários. No entanto, as atuais tecnologias de redes restringem o número de dispositivos conectados e são, geralmente, incompatíveis entre si. Por exemplo, dispositivos conectados a uma rede que adota a tecnologia Ethernet não interagem diretamente com outros que utilizam a tecnologia Token Ring. Isso dificulta a comunicação entre grandes grupos

de usuários, e impede que usuários de redes distintas se comuniquem entre si.

## 3.2 Solução para nova família de protocolos

Alternativas:

- Adotar mecanismos que permitam a interoperabilidade;
- Interconectar as diferentes redes;
- Compatibilizar a heterogeneidade das múltiplas tecnologias de redes. A solução para isso é a tecnologia de inter-redes.

Para viabilizar essa comunicação, a única alternativa é adotar mecanismos que permitam a interoperabilidade, interconectando e compatibilizando as múltiplas redes heterogêneas. **A interconexão dessas várias redes é denominada inter-rede.**

## 4. TECNOLOGIA DE INTER-REDES

Conjunto de protocolos que permitem a interconexão de redes heterogêneas.

Benefícios:

- Acomoda múltiplas plataformas de hardware e software;
- Esconde detalhes do hardware de rede;
- Permite a comunicação dos dispositivos de forma independente do tipo de rede física adotada.

Nas últimas décadas, a tecnologia de inter-redes foi desenvolvida para possibilitar a interconexão de diferentes tipos de tecnologias de redes, acomodando múltiplas plataformas de hardware e software, com base em um

conjunto de protocolos que definem as regras de comunicação. Essa tecnologia esconde detalhes do hardware de rede e permite que os dispositivos se comuniquem, independentemente do tipo de rede física adotada.

### 4.1 Modelo de interconexão

#### Roteador:

- Possui conexões com duas ou mais redes;
- Não provê conexão direta com todas as redes físicas;
- Roteia pacotes de uma rede para outra;
- Mantém informações de roteamento para todas as redes;
- Também denominado gateway ou sistema intermediário.

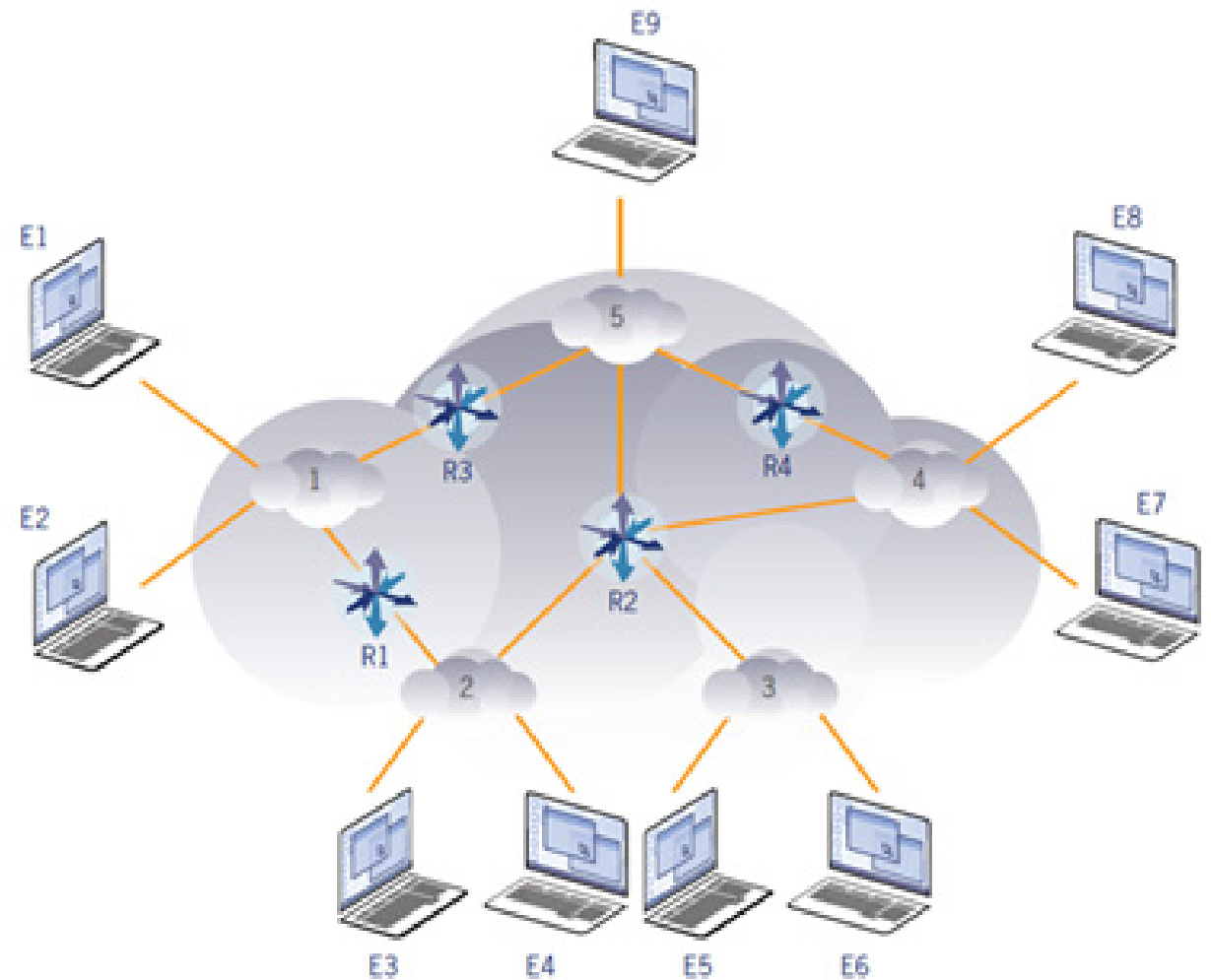


## Estação:

- Dispositivo do usuário conectado a alguma rede física da inter-rede;
- Estação multihomed pode atuar como um roteador; requer ativação da função de roteamento de pacotes entre redes;
- Também denominada host ou sistema final;

## Visão do usuário:

- Usuários veem a inter-rede como uma rede virtual única à qual todos os dispositivos estão conectados.
- Usuários não conhecem as diversas redes físicas individuais.
- Adota um mecanismo de endereçamento universal, baseado em endereços IP, que permite a identificação única de cada dispositivo da inter-rede.



A figura acima ilustra o modelo de interconexão de uma inter-rede TCP/IP. Neste exemplo, quando a estação E1 deseja enviar pacotes para a estação E3, encaminha os pacotes através da rede N1 para o roteador R1, que, por sua vez, entrega-os diretamente para a estação E3, através da rede N2.

É importante notar que os roteadores não estabelecem conexão direta entre todas as redes físicas. Para alcançar um determinado destino, pode ser necessário encaminhar os pacotes através de diversos roteadores e redes intermediárias. Observe que podem existir diferentes alternativas de encaminhamento dos pacotes entre alguns pares de estações.

No exemplo da figura, quando a estação E1 deseja transmitir pacotes para a estação E5, pode encaminhá-los, através da rede N1, para os roteadores R1 ou R3, que se apresentam como possíveis alternativas até o destino. Se E1 adotar o caminho via R1, este, por sua vez, roteia os pacotes para o roteador R2 através da rede N2. Por fim, R2 entrega os pacotes para a estação E5 através da rede N3.

Por definição, um roteador possui conexões físicas com

duas ou mais redes. Qualquer dispositivo que possua várias conexões físicas é denominado multihomed. Uma estação pode também ser multihomed. Caso o roteamento de pacotes seja habilitado, uma estação multihomed pode operar como um roteador. Portanto, roteadores não são, necessariamente, equipamentos especializados na função de roteamento, mas podem ser estações convencionais com várias conexões físicas e que possuem a função de roteamento configurada..

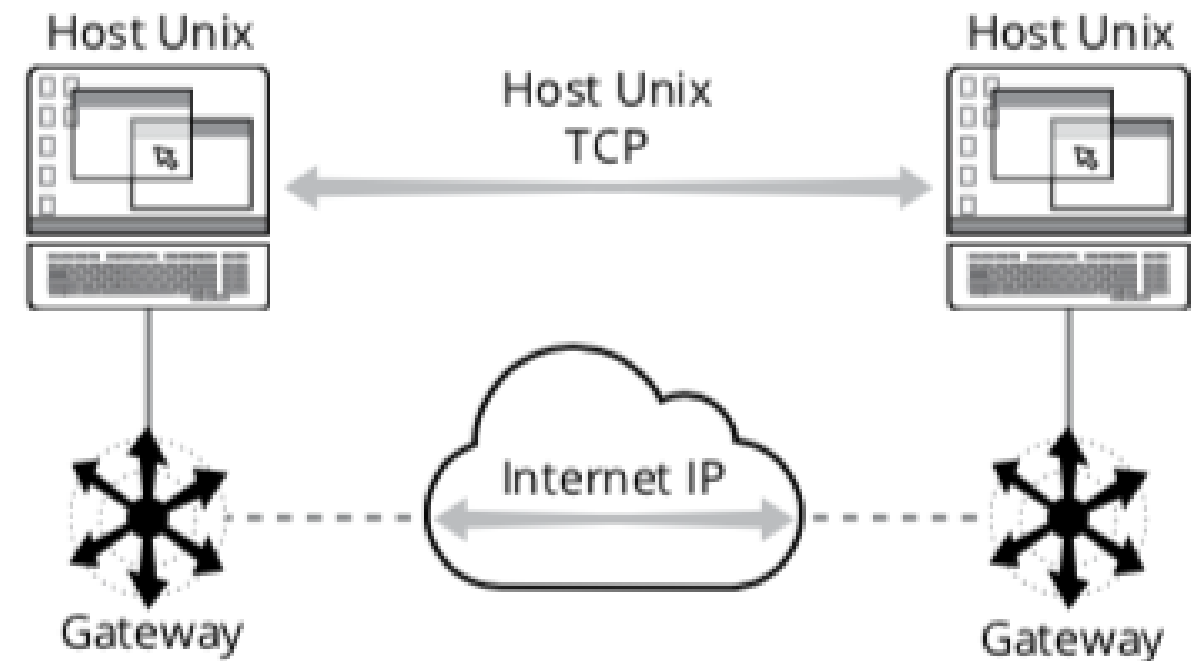
No TCP/IP, estações são também conhecidas como hosts ou sistemas finais. Por ser a internet um exemplo concreto de inter-rede TCP/IP, pode-se concluir que ela é composta por uma coleção de diferentes redes físicas independentes, interconectadas por meio de diversos roteadores. Entretanto, essa estrutura de interconexão de redes não é percebida pelos usuários da internet, que a

veem apenas como uma rede global única que permite a comunicação das estações a ela conectadas.

A inter-rede adota um mecanismo de endereçamento universal baseado em endereços IP, que permite a identificação única de cada dispositivo na inter-rede, não importando em qual rede física ele está conectado. É baseado nesse mecanismo de endereçamento universal que os roteadores encaminham os pacotes entre as diversas redes físicas que compõem a inter-rede.

## 4.2 Arquitetura em camadas

Uma arquitetura de rede, tal como a definida pela família de protocolos TCP/IP, é uma combinação de diferentes protocolos nas várias camadas.



- **TCP - Transmission Control Protocol**
- **IP - Internet Protocol**

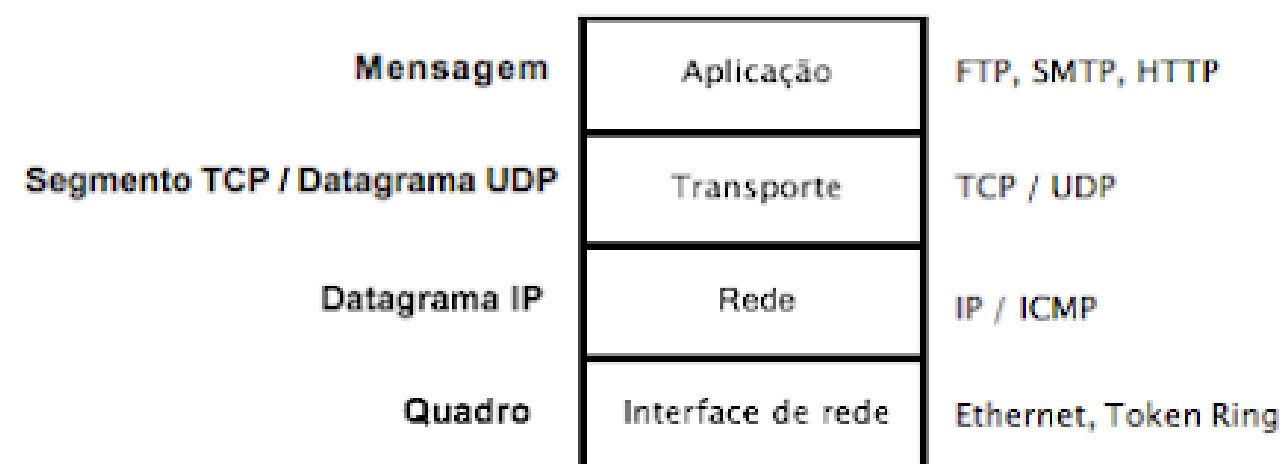
A figura acima resume a concepção da arquitetura TCP/IP. Os dois principais protocolos são o TCP e o IP, que fazem as funções das camadas de Transporte e Rede, respectivamente. Abaixo do IP está a rede física e acima

do TCP a aplicação. O TCP, padronizado pelo RFC 793, é um protocolo fim-a-fim, denominado pelos projetistas da internet como “Host to Host Protocol”.

O IP, encarregado do roteamento de pacotes e padronizado pelo RFC 791, é o protocolo inter-redes ou Internet Protocol. O gateway que conecta o host à internet, é o que hoje chamamos de roteador. Ainda é usada a denominação “gateway padrão” para indicar o endereço do roteador que faz a conexão de um host com as demais redes.

## 5. CAMADAS DA ARQUITETURA TCP/IP

A arquitetura de rede definida pela família de protocolos TCP/IP é denominada arquitetura internet TCP/IP, ou simplesmente arquitetura TCP/IP. Conforme ilustra a figura abaixo, a arquitetura TCP/IP é organizada em quatro camadas: Aplicação, Transporte, Rede e Interface de Rede (Rede Física).





## 5.1 Camada de aplicação

A camada de aplicação define a sintaxe e a semântica das mensagens trocadas entre aplicações. É a única camada cuja implementação é realizada através de processos do sistema operacional.

A camada de aplicação trata os detalhes específicos de cada tipo de aplicação. Na família de protocolos TCP/IP, existem diversos protocolos de aplicação que são suportados por quase todos os sistemas. Por exemplo:

- Telnet – terminal virtual;
- FTP (File Transfer Protocol) – transferência de arquivos;
- SMTP (Simple Mail Transfer Protocol) – correio eletrônico;

- SNMP (Simple Network Management Protocol) – gerenciamento de redes;
- DNS (Domain Name System) – mapeamento de nomes em endereços de rede;
- HTTP (Hypertext Transfer Protocol) – WWW (World Wide Web).

Cada protocolo de aplicação define a sintaxe e a semântica das mensagens trocadas entre os programas de aplicação. Em geral, a camada de aplicação é implementada usando processos de usuários, que são representações do sistema operacional para programas em execução. Por outro lado, as demais camadas (transporte, inter-rede e interface de rede) são implementadas diretamente no núcleo (kernel) do sistema operacional.

## 5.2 Camada de transporte

A camada de transporte provê comunicação fim-a-fim entre aplicações.

TCP (Transmission Control Protocol):

- Orientado à conexão;
- Provê um fluxo confiável de dados;
- Divide o fluxo de dados em segmentos,

UDP (User Datagram Protocol):

- Provê serviço de datagrama não confiável.

A camada de transporte provê a comunicação fim-a-fim entre aplicações. A arquitetura TCP/IP define dois diferentes protocolos de transporte:

TCP – Transmission Control Protocol é um **protocolo orientado a conexão** que provê um fluxo confiável de dados, oferecendo serviços de controle de erro, controle de fluxo e sequência. O TCP divide o fluxo de dados em segmentos que são enviados de uma estação para outra de forma confiável, garantindo que sejam entregues à aplicação destino na sequência correta e sem erros.

UDP – User Datagram Protocol é um protocolo mais simples, **não orientado à conexão**, que oferece um serviço de datagrama não confiável. O UDP apenas envia pacotes, denominados datagramas UDP, de uma estação para outra, mas não garante que sejam entregues à aplicação destino

## 5.3 Camada de rede

A camada de rede realiza transferência e roteamento de pacotes entre dispositivos da inter-rede.

IP (Internet Protocol):

- Provê serviço de datagrama não confiável;
- Envia, recebe e roteia datagramas IP.

ICMP (Internet Control Message Protocol):

- Permite a troca de informações de erro e controle entre camadas de rede de estações distintas;

A camada de rede, também conhecida como camada de inter-rede, é responsável pela transferência de dados entre dispositivos da inter-rede.

É nela que se realiza a função de roteamento. Os principais componentes desta camada são os seguintes protocolos:

IP – o Internet Protocol oferece um serviço de datagrama não confiável entre dispositivos da inter-rede. O protocolo IP envia, recebe e roteia pacotes, denominados datagramas IP, entre as várias estações da inter-rede, mas não garante que os mesmos sejam entregues à estação destino. Com isso, os datagramas podem ser perdidos, duplicados ou chegarem em sequência diferente daquela em que foram enviados.

ICMP – o Internet Control Message Protocol auxilia o protocolo IP, pois é usado pelas camadas de rede de estações distintas para troca de mensagens de erro e outras informações de controle essenciais.

## 5.4 Camada de interface de rede

- Compatibiliza a tecnologia da rede física com o protocolo IP;
- Aceita datagramas IP e transmite na rede física sob a forma de quadros;
- Trata os detalhes de hardware da conexão física e transmissão de dados;
- Geralmente inclui o driver de dispositivo e a placa de rede.

A camada de interface de rede, também conhecida como camada de enlace de dados, é responsável por aceitar datagramas IP da camada de rede e transmi-

ti-los, na rede física específica, na forma de quadros. Ela compatibiliza a tecnologia da rede física com o protocolo IP.

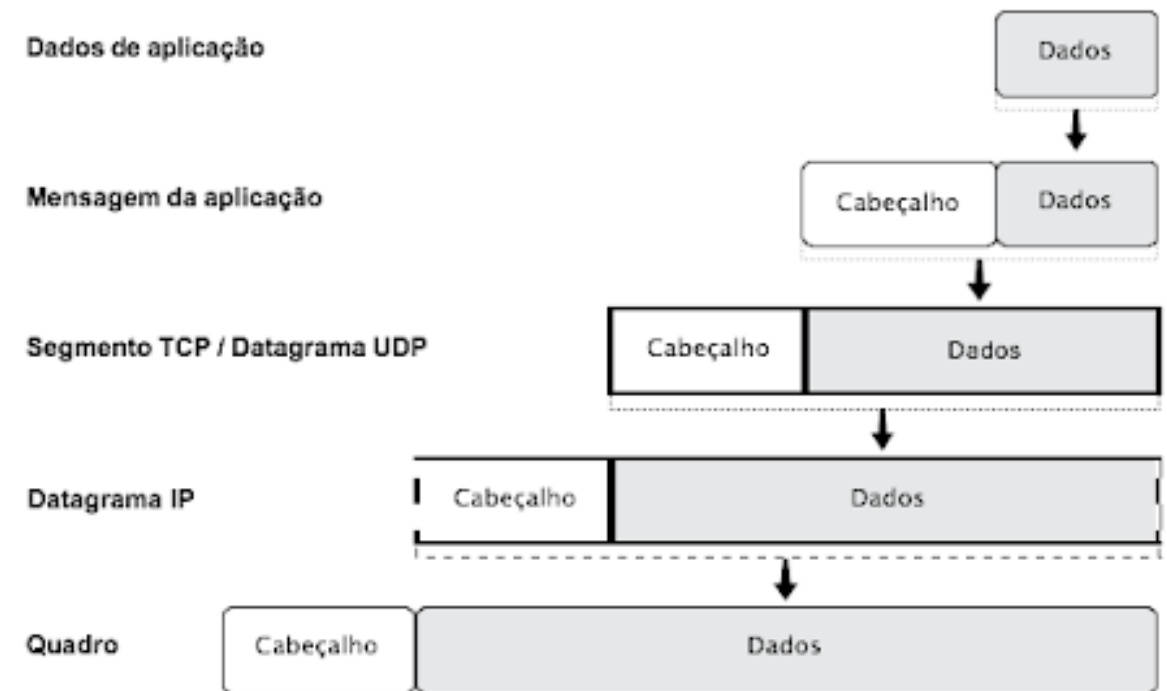
Geralmente, esta camada inclui o driver de dispositivo no sistema operacional e a respectiva placa de rede, tratando os detalhes de hardware para conexão física com a rede e transmissão de dados no meio físico. Assim, podemos dizer que a camada de interface de rede é basicamente suportada pela própria tecnologia da rede física.





## 5.5 Encapsulamento

Os processos de encapsulamento e desencapsulamento são essenciais para a compreensão do funcionamento da arquitetura em camadas TCP/IP. Em qualquer arquitetura em camadas, inclusive na arquitetura TCP/IP, os dados são gerados pelas aplicações e, em seguida, descem na pilha de protocolos até serem efetivamente enviados através da rede física. Durante a descida na pilha de protocolos, esses dados passam por um processo denominado encapsulamento.



A figura acima mostra o processo de encapsulamento que ocorre quando uma aplicação envia dados na arquitetura TCP/IP. Conforme se pode constatar, cada camada adiciona informações de controle aos dados recebidos da camada imediatamente superior e, em seguida, entrega os dados e o controle adicionados à camada inferior.

Os dados recebidos e as informações de controle de uma camada são conjuntamente denominados “unidade de dados do protocolo” da camada (Protocol Data Unit ou simplesmente PDU). É importante notar que a unidade de dados do protocolo de uma determinada camada é encapsulada diretamente no campo de dados da camada imediatamente inferior.

Na arquitetura TCP/IP, o processo de encapsulamento começa com a entrega dos dados a serem transmitidos para a entidade da camada de aplicação, que, por sua vez, monta mensagens do protocolo específico da aplicação. Tais mensagens são entregues à camada de transporte. Cada aplicação decide o mecanismo de transporte que deve utilizar. Se a aplicação adota o protocolo TCP, as mensagens são encapsuladas em segmentos. O protocolo TCP divide o fluxo de dados em

segmentos que são enviados de uma estação para outra de forma confiável, garantindo que sejam entregues à aplicação destino na sequência correta e sem erros. Se a aplicação adota o protocolo UDP, as mensagens são encapsuladas em datagramas UDP. O protocolo UDP apenas envia pacotes, denominados datagramas UDP, de uma estação para outra, mas não garante que sejam entregues à aplicação destino.

Os dois protocolos de transporte, TCP e UDP, transportam suas unidades de dados (segmentos e datagramas) usando o protocolo IP. Dessa forma, segmentos TCP e datagramas UDP são igualmente encapsulados no campo de dados de datagramas IP. Por fim, os datagramas IP são encapsulados em quadros da rede física, para serem efetivamente transmitidos.

Na prática, o protocolo IP é utilizado pelos protocolos ICMP, TCP e UDP. Assim, cada datagrama IP deve utilizar algum identificador no cabeçalho para indicar o protocolo que está sendo encapsulado no campo de dados. Essa identificação é realizada usando um campo do cabeçalho do datagrama IP, denominado *protocol* (protocolo), que contém os valores 1, 6 e 17 para sinalizar que os dados transportados pertencem aos protocolos ICMP, TCP e UDP, respectivamente.

Da mesma forma, diferentes aplicações podem utilizar os protocolos TCP e UDP como mecanismos de transporte. Para isso, cada segmento TCP e cada datagrama UDP devem utilizar algum identificador no cabeçalho para indicar a aplicação que está sendo encapsulada no campo de dados. Essa identificação é realizada usando o conceito de porta, um número inteiro associado a cada

programa de aplicação específico. Os cabeçalhos de segmentos TCP e datagramas UDP possuem campos que identificam as portas das aplicações comunicantes.

### **REFERÊNCIA:**

ELIAS, G; LOBATO, L.C. Arquitetura e Protocolos de Rede TCP/IP. Rio de Janeiro. Rede Nacional de Ensino e Pesquisa, 2013.

# INTRODUÇÃO À ARQUITETURA TCP/IP