

# Redes de Computadores I

## Aula 04 - Arquitetura Internet – Parte I

# Apresentação

---

Nesta aula estudaremos um pouco sobre a história da Internet, a rede mundial de computadores. Nosso objetivo é entender como funciona a Internet, destacando sua arquitetura e os princípios e protocolos fundamentais para o seu funcionamento.

## Objetivos

- Entender como surgiu a Internet
- Compreender porque a Internet consegue interligar redes por todo o mundo.
- Entender como uma empresa pode se ligar à Internet.
- Identificar um provedor de acesso à Internet.
- Entender o que é fragmentação de pacotes.

# História da Internet

---

Você sabe como a internet surgiu? O interesse pela pesquisa na área de redes de computadores começou durante o período da guerra fria, com o lançamento do satélite Sputnik, pela União Soviética, que fez com que os americanos criassem a Agência de Projetos de Pesquisa Avançada (conhecida como ARPA), em fevereiro de 1955. A ARPA criou o Escritório de Tecnologia de Processamento de Informações (da sigla em inglês IPTO) para promover a pesquisa de vários sistemas de radares espalhados por todo o território americano.

Foi no IPTO que surgiu um projeto com o objetivo de fazer uma rede de computadores explorando a tecnologia de comutação de pacotes para substituir a rede de comutação de circuitos usadas até o momento. Após algum tempo de muito trabalho, os dois primeiros nós da rede (que viria a ser chamada de ARPANET) foram interconectados entre a Universidade da Califórnia, em Los Angeles, e o SRI (Stanford Research Institute), em Menlo Park, Califórnia, em 29 de outubro de 1969.

A ARPANET foi uma das primeiras redes da história da internet atual. Após a demonstração de que a ARPANET trabalhava com comutação de pacotes, o General Post Office, a Telenet, a DATAPAC e a TRANSPAC trabalharam em colaboração para a criação da primeira rede de computador em serviço. No Reino Unido, a rede foi referida como o Serviço Internacional de Comutação de Pacotes (IPSS). Esse sistema garantia a integridade da informação, caso uma das conexões da rede sofresse um ataque inimigo, pois o tráfego nela poderia ser automaticamente encaminhado para outras conexões.



**Vídeo 01** - Arquitetura Internet

Com o passar do tempo, mais e mais computadores e redes diferentes foram sendo interligadas à ARPANET, gerando um desafio: a comunicação entre hosts diferentes. Esse problema levou a mais pesquisas sobre protocolos, resultando, em

1973, no desenvolvimento do protocolo **TCP/IP**, que foi publicado em maio de 1974. O TCP/IP foi um protocolo proposto para a interligação de redes distintas, o que levou à adoção do termo “internet” para descrever uma única rede TCP/IP global. Esse termo foi adotado após a publicação da RFC 685, a primeira especificação completa do TCP, que foi escrita por Vinton Cerf, Yogen Dalal e Carl Sunshine, na Universidade de Stanford.

---

Durante a década de 1980, novas redes foram conectadas à ARPANET, como, por exemplo, a NSFNET, patrocinada pela agência americana NSF (National Science Foundation). A NSFNET era uma rede voltada para a interligação de universidades e centros de pesquisa e, em 1981, foi conectada à ARPANET. Com o constante crescimento da NSFNET, ela logo ficou sobrecarregada e, em 1988, ela foi aberta para interesses comerciais. O Conselho Federal de Redes dos Estados Unidos aprovou a interconexão do NSFNET para o sistema comercial MCI Mail naquele ano, e a ligação foi feita em meados de 1989. A partir daí outros serviços comerciais de correio eletrônico foram conectados. Várias outras redes comerciais e educacionais foram interconectadas, tais como a Telenet, a Tymnet e a JANET, contribuindo para o crescimento da internet.

A Telenet (renomeada mais tarde para Sprintnet) foi uma grande rede privada de computadores com livre acesso dial-up de cidades dos Estados Unidos, que estava em operação desde a década de 1970. Essa rede foi, finalmente, interconectada com outras redes durante a década de 1980. Todos esses eventos tornaram o protocolo TCP/IP cada vez mais popular. A habilidade dos protocolos TCP/IP de trabalhar virtualmente em quaisquer redes de comunicação preexistentes permitiu a grande facilidade do seu crescimento, embora o rápido crescimento da internet se deva, primariamente, à disponibilidade de rotas comerciais de empresas, tal como a Cisco Systems, e à disponibilidade de equipamentos comerciais Ethernet para redes de área local, além da grande implementação dos protocolos TCP/IP no sistema operacional UNIX.

Então, você deve estar se perguntando: por que a internet só começou a ser conhecida décadas depois de sua criação?

Apesar das aplicações básicas e das orientações que já permitiam o funcionamento da internet por duas décadas, a rede não ganhou interesse público até a década de 1990. Em 1989, o cientista inglês Tim Berners-Lee inventa a “World

Wide Web”, ou simplesmente web, como hoje a conhecemos. A web era um projeto de hipertexto que permitia às pessoas trabalhar em conjunto, combinando o seu conhecimento numa rede de documentos. A web foi, inicialmente, utilizada dentro da Organização Europeia para a Investigação Nuclear (CERN) que, em 6 de agosto de 1991, publicou o projeto "World Wide Web", o que alavancou a adoção da internet em larga escala, se tornando a grande rede que conhecemos hoje.

## Arquitetura da Internet

---

Como vimos anteriormente, o TCP/IP permitiu que diferentes redes fossem interconectadas, o que resultou no surgimento da internet. O objetivo da arquitetura TCP/IP é permitir que todas as redes consigam se comunicar independentemente de sua tecnologia, ou seja, que todas elas juntas formem uma única rede. Como a camada de rede é a responsável pela tarefa de encaminhar os pacotes entre as diversas redes, para que essa comunicação pudesse ocorrer, a estratégia utilizada foi, simplesmente, fazer com que todos os equipamentos utilizassem um único protocolo na camada de rede – o protocolo IP.

## Protocolos

Para que duas máquinas possam se comunicar, além do protocolo IP na camada de rede, elas precisam utilizar os mesmos protocolos nas camadas de transporte e aplicação (lembre-se de que a partir de agora estamos falando do modelo TCP/IP e não do modelo OSI, e por isso não citamos as camadas de sessão e apresentação). Entretanto, como durante uma transmissão essas camadas são utilizadas apenas na máquina do transmissor e do destino da mensagem, os protocolos das camadas de transporte e de aplicação não precisam estar instalados em todos os equipamentos no caminho entre essas duas máquinas.

Já falamos várias vezes que a internet é apenas uma grande rede formada pela interligação de diversas redes espalhadas por todo o mundo. Agora, você pode acrescentar a essa definição o fato de que todas essas redes utilizam a pilha de protocolos TCP/IP. Portanto, todas as máquinas (e todos os roteadores) utilizam o protocolo IP na camada de rede.



## Vídeo 02 - Internet

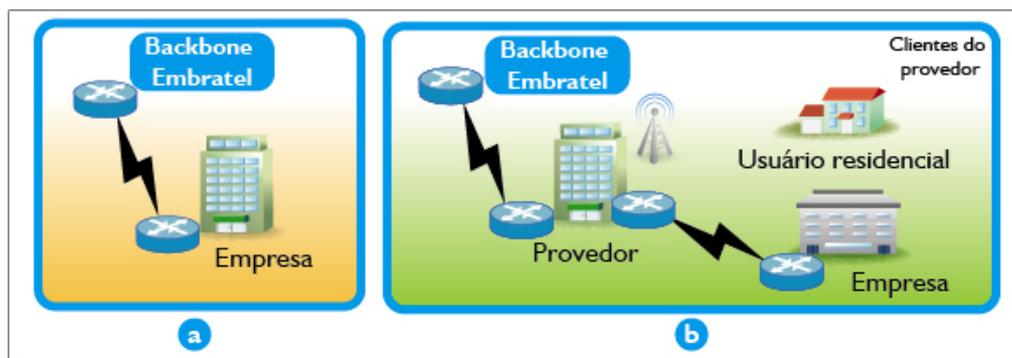
O protocolo IP, atualmente, funciona em duas versões: a versão 4, que é comumente conhecida, apenas, como IPv4, e a versão 6, que também é abreviada, sendo chamada de IPv6.

## Backbones

Suponha que você é o responsável pela área de informática de uma empresa e o seu chefe lhe pede para conectar a rede da empresa à internet. O que você faria? O que significa, realmente, se conectar à internet? Como a internet é apenas um conjunto de diversas redes, se conectar a ela é apenas se conectar a outra rede que já está conectada à internet. Tecnicamente, isso é praticamente a mesma coisa que conectar as redes da matriz e da filial de uma empresa, pois são utilizados os mesmos equipamentos, protocolos e tipos de link. A questão é: “Qual é essa outra empresa à qual eu devo me conectar e que já esteja interligada à internet”?

Embora se fale que a internet não tem dono, isso não significa que não existe nenhum tipo de organização. Em cada país, existem empresas encarregadas de formar backbones cobrindo parte do país, aos quais outras empresas podem se conectar. Algumas empresas se conectam a um backbone apenas para que ela própria tenha acesso à internet, enquanto outras se conectam para venderem o serviço de acesso à internet para outras empresas (e pessoas). Veja que, nesse último caso, essas empresas atuam como intermediárias e se chamam de provedores de acesso à internet, ou, simplesmente, provedor. O item (a) da **Figura 1** ilustra o primeiro caso e a Figura 1b mostra o exemplo de um provedor. Vamos representar os roteadores por um “círculo” azul com setas brancas.

**Figura 01** - (A) Empresa conectada a um backbone para uso próprio;  
(B) Provedor de acesso à internet



**Fonte:** Autoria própria.

Podemos citar como alguns dos principais backbones nacionais os seguintes: Rede Nacional de Ensino e Pesquisa (RNP), Embratel e Intelig. Esses backbones possuem ligações entre si, ou seja, as suas redes são interligadas em vários pontos dentro do Brasil. Essas conexões são chamadas pontos de troca de tráfego. Além disso, esses backbones nacionais possuem ligações com backbones de outros países, principalmente dos Estados Unidos e de países da Europa.

## Atividade 01

1. Acesse o site de uma ou mais das empresas citadas e verifique a topologia de sua rede e as velocidades dos links. Você verá que, por se tratar de WANs, não existe uma topologia bem definida, como barra estrela ou anel. Pesquise também sobre as conexões internacionais.

[Resposta](#)

## Resposta

1. Não existe uma topologia definida (como barra, estrela ou anel) porque a topologia de uma WAN não está diretamente relacionada com o funcionamento da rede (com o protocolo de acesso ao meio, por exemplo), como acontece nas LANS. Como uma WAN na verdade é a interligação de várias LANS, a topologia de uma WAN está mais relacionada ao fato de garantir a conectividade entre as redes que a formam, e se possível, fornecer mais de um caminho entre dois pontos (LANS) para garantir a confiabilidade da rede.

## Provedores de Acesso

---

Conforme você viu, para ter uma conexão com a internet, precisamos ter uma conexão com um dos backbones do país e que essa conexão pode ser direta entre nossa empresa e o backbone, ou indireta, em que nossa empresa se liga a uma empresa intermediária, que, por sua vez, está ligada ao backbone. Essas empresas intermediárias são os provedores de acesso. Se podemos nos ligar diretamente ao backbone, por que, então, utilizamos intermediários, isto é, provedores de acesso para nos conectarmos à internet?

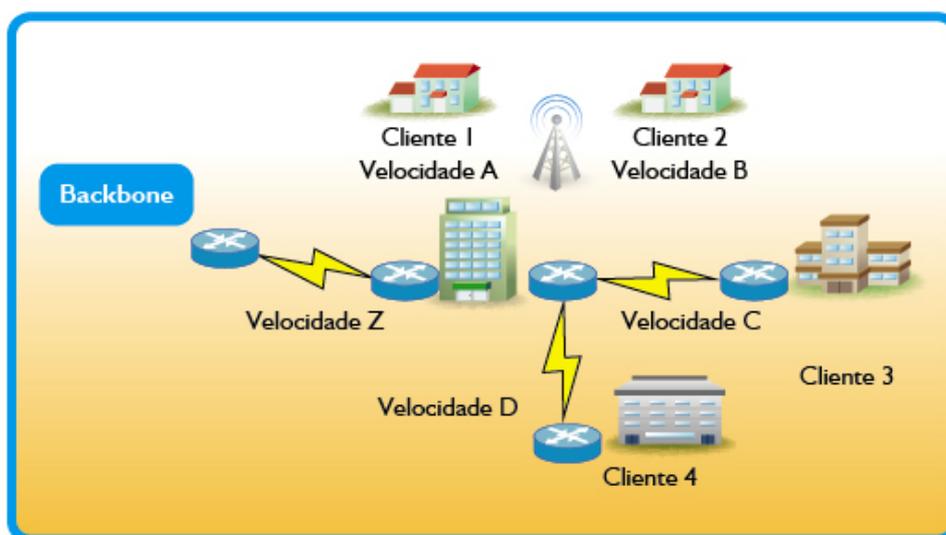
Observe que um provedor pode ter como cliente outra empresa ou uma pessoa, como você, que deseja ter acesso à internet a partir de sua casa. Os provedores de acesso surgiram em 1995, quando foi liberada a comercialização do acesso à internet no Brasil. Antes disso, apenas as universidades e outras instituições de pesquisa tinham acesso a essa rede. Nessa época, as operadoras de backbone não tinham autorização para atenderem diretamente pessoas, ou seja, seus clientes tinham que ser empresas. Desse modo, o principal serviço dos provedores era fornecer acesso à internet para a residência dos usuários, utilizando conexões discadas por meio das linhas telefônicas.

Mesmo após as operadoras de backbone terem a liberação de fornecerem serviços aos usuários finais, esse tipo de atividade ainda continuou sendo dominado pelos provedores de acesso que passaram a utilizar tecnologias mais modernas que

o acesso discado, como redes de TV a Cabo, xDSL e redes sem fio, para fazer a conexão entre a residência do usuário e o provedor. Criar e manter esse tipo de infraestrutura de rede de acesso não é o foco de negócio das operadoras de backbone. Desse modo, respondendo, então, a pergunta, uma pessoa vai sempre se ligar à internet por meio de um provedor de acesso.

Mas, e uma empresa, deve se ligar através do provedor ou diretamente ao backbone? Como você pôde observar no item (B) da Figura 1, um provedor tem vários clientes. Portanto, o link de conexão entre o provedor e o backbone será compartilhado por todos eles. Desse modo, quando se contrata um link de uma velocidade X com o provedor, isso não significa, necessariamente, que você terá, a todo instante, essa velocidade X para o acesso à internet. Veja que não estamos afirmando que os provedores não agem de forma correta, eles podem manter essas duas velocidades iguais, por exemplo, garantindo que a velocidade da conexão dele com o backbone seja maior ou igual à soma das velocidades das conexões de todos os seus clientes. A Figura 2 mostra tal situação, em que a capacidade do link Z é maior ou igual à soma dos links A, B, C e D. Entretanto, alguns provedores podem não manter essa relação para baratear o preço oferecido aos clientes, mas isso não significa, necessariamente, que alguém saia prejudicado, porque embora os clientes contratem um link com uma velocidade X, dificilmente ou provavelmente, eles não vão utilizar essa capacidade 24 horas por dia. Ou será que o computador de sua casa está utilizando, 24 horas por dia, toda a capacidade do link de internet contratado?

**Figura 02** - Proporção entre o link do provedor e os links oferecidos aos seus clientes



**Fonte:** Aatoria própria.

Dessa discussão, a resposta para a pergunta anterior é que o provedor de acesso pode, sim, ser a melhor escolha para uma empresa se ligar à internet, pois ele pode oferecer preços mais vantajosos, com uma eventual penalização no desempenho. Deve-se apenas tomar cuidado com a velocidade real que vai ser oferecida no acesso à internet. Além disso, junto com o serviço de conexão, os provedores podem oferecer pacotes de serviços, como hospedagem de páginas web e servidores de e-mail, que, muitas vezes, são bastante interessantes para as empresas, pois reduzem o custo que ela teria para manter esses serviços em suas próprias instalações.

Você viu que ligar uma empresa à internet, tecnicamente, é a mesma coisa de ligar uma matriz e uma filial. Porém, o preço desses dois tipos de ligação são bem diferentes. A questão é que o preço da ligação à internet, além de considerar a conexão entre duas empresas, deve incluir o custo de usar o link internet da outra (seja o provedor de acesso ou a própria empresa de backbone).

## Atividade 02

---

1. Explique o que são os backbones.
2. Se não existissem os provedores de acesso, como os clientes residenciais poderiam se conectar a Internet?
3. Além da conexão com a internet, cite exemplos de outros serviços extras comumente oferecidos pelos provedores de acesso.

[Respostas](#)

## Respostas

1. O termo *backbone*, em português, significa “espinha dorsal”. Desse modo, no contexto da internet, um *backbone* é uma rede principal pela qual os dados de todos os clientes da Internet passam. Assim, os *backbones* formam a espinha dorsal da Internet.
2. Nesse caso, os clientes residenciais poderiam se conectar diretamente a algum *backbone* do país entretanto isso em geral não acontece pois criar e manter uma infraestrutura para atender isoladamente clientes residenciais não é o foco de negócio das operadoras de um *backbone*.
3. Outros serviços normalmente oferecidos por provedores de acesso à internet são servidores de e-mail, hospedagem de páginas Web, servidores FTP, entre outros serviços.

## Fragmentação

---

Como já falamos ao longo das nossas aulas, existem vários tipos de redes, assim como há vários tipos de protocolos, e a solução para a interligação de redes diferentes foi fazer com que os equipamentos que interligam essas redes diferentes (os roteadores) adotem o protocolo IP na camada de redes. Entretanto, continuamos com protocolos diferentes na camada de enlace.

Diferentes tipos de protocolos de camada de enlace são capazes de transportar pacotes de dados de tamanhos diferentes. Existem protocolos capazes de transportar grandes quadros e outros que só conseguem transportar quadros menores. Por exemplo, o tamanho máximo que um quadro Ethernet pode transportar é de 1.500 *bytes*, porém, alguns enlaces de dados de longa distância não conseguem transportar pacotes desse tamanho, pois seu tamanho máximo é de 576 *bytes*. Essa quantidade máxima de dados que um quadro de camada de enlace pode transportar é chamada de Unidade Máxima de Transmissão (MTU – *Maximum Transmission Unit*).

Lembre-se de que os datagramas IP são carregados de um roteador até o próximo roteador, encapsulados nos quadros de camada de enlace, o que faz com que a MTU dessa camada determine o tamanho máximo do datagrama IP que pode ser usado naquele enlace. Você pode estar pensando: “E daí, o que isso quer dizer?” Bem, como cada enlace pode ter uma MTU diferente, o que acontece quando um datagrama maior, de 1.500 bytes, por exemplo, chega a um enlace que só consegue transportar datagramas de 576 bytes? Acho que você já deve ter pensado na resposta imediatamente: “quebra esse datagrama em vários”. Se foi isso que você pensou, você acertou! É isso mesmo. E a esse processo dá-se o nome de **fragmentação**.

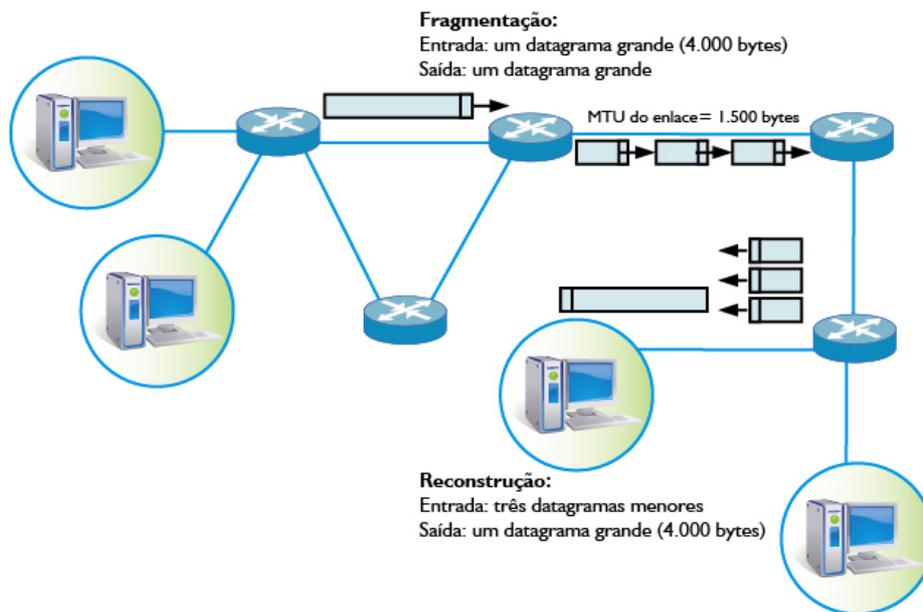


### **Vídeo 03** - Fragmentação

Vamos tentar entender como acontece esse processo com um exemplo real do dia a dia. Suponha que você tem uma transportadora e estamos fazendo a mudança de uma pessoa de Natal/RN para Manaus/AM. Para sair de Natal/RN, você colocou toda mudança numa carreta enorme (equivalente a um pacote de tamanho X). Digamos que você viajou de carreta até alguma cidade perto de Manaus/AM (esse percurso seria equivalente a um enlace cuja MTU máxima seria a capacidade da carreta), até que chegou a um ponto que terá de continuar de barco. Porém, só há barcos pequenos, e a sua carga terá de ser dividida em várias viagens (fragmentada no tamanho máximo que o barco pode transportar – equivalente a MTU do barco). Dessa forma, em cada viagem que o barco fizer, ele saberá que aquela parte da mudança faz parte de um pacote de mudança maior, e após várias viagens de pequenas porções ele terá transportado toda mudança. Claro que a pessoa do barco precisou identificar a qual mudança pertencia cada uma de suas viagens para que pudesse, ao final, estar completo o “pacote” da mudança.

Um exemplo de fragmentação é mostrado na Figura 3, onde um host envia um pacote com 4000 bytes de tamanho que precisa atravessar diversas redes para chegar a seu destino final.

**Figura 03** - Fragmentação e reconstrução de datagrama IP



**Fonte:** Adaptado de Kuroze (2010).

No primeiro enlace, o pacote é transmitido com sucesso em um datagrama de 4000 bytes, porém o enlace da próxima rede possui um MTU de 1500 bytes, e o datagrama original de 4000 bytes é fragmentado em 3 datagramas, 2 com 1500 bytes, e 1 com 1000 bytes, e, então, transmitido. Desse modo, o host de destino recebe 3 datagramas menores, que são, então, reconstruídos em um datagrama de 4000 bytes.

## Atividade 03

1. O que aconteceria se não existisse a técnica de fragmentação de pacotes? Explique.

[Resposta](#)

## Resposta

1. A técnica de fragmentação de pacotes é muito importante para o funcionamento da internet. Uma vez que diferentes tipos de protocolos de camada de enlace são capazes de transportar pacotes de dados de tamanhos diferentes, essa técnica permite que grandes pacotes sejam quebrados em pacotes menores e assim possam trafegar em uma rede que não suportaria pacotes do tamanho do pacote original. Desse modo, sem a técnica de fragmentação, redes que suportam grandes pacotes de dados não conseguiriam interoperar com redes que suportam apenas pacotes menores. A principal consequência disso seria a diminuição de redes interconectadas com a internet.

## Leitura Complementar

---

Nesse site, você encontrará uma boa definição de endereçamento, classes de endereços IPs, além de outras informações.

<[http://pt.wikipedia.org/wiki/Endereço\\_IP](http://pt.wikipedia.org/wiki/Endereço_IP)>

Esse site faz uma introdução ao endereçamento IP e mostra como são feitos os cálculos em binário.

<[http://www.juliobattisti.com.br/artigos/windows/tcpip\\_p3.asp](http://www.juliobattisti.com.br/artigos/windows/tcpip_p3.asp)>

Nesses dois endereços, você acessará ferramentas que auxiliarão nos cálculos para criação de sub-redes.

<<http://www.subnet-calculator.com/>>

<<http://jodies.de/ipcalc>>

## Resumo

---

Nesta aula, você aprendeu que a estrutura da Internet, na verdade, é formada pela interconexão de redes espalhadas pelo mundo. Todas as máquinas dessas redes, e os roteadores que as interligam, utilizam um protocolo comum na camada de rede. Vimos que em cada país existem empresas com redes de ampla cobertura geográfica (*backbones*) que podem fornecer acesso à internet a outras empresas.

## Autoavaliação

---

1. Defina qual é a função de um provedor de acesso à Internet.
2. Explique qual a relação do MTU com o processo de fragmentação na camada de rede.

## Respostas

1. Os provedores de acesso a Internet são responsáveis por fazer a interligação dos computadores de seus clientes à Internet. Essas empresas estão de alguma forma ligadas aos *backbones* da Internet e em geral dispõem de uma grande largura de banda de acesso, a qual é dividida entre os seus usuários. Sendo assim, ela é um ponto de interligação do usuário final com a Internet, pois os usuários finais não podem se interligar direto aos *backbones* da Internet.
2. Ela define qual o próximo nó da rede para o qual os pacotes devem ser enviados.

## Referências

---

KUROSE, J.; ROSS, K. **Redes de computadores e a internet**. 5. ed. São Paulo: Addison Wesley, 2010.

ANENBAUM, Andrew S. **Redes de computadores**. 4. ed. Rio de Janeiro: Editora Elsevier, 2003.

SOARES, I. F. G. **Redes de computadores das LANs, MANs e WANs às redes ATM**. 2. ed. São Paulo: Editora Campus, 1995.

FOROUZAN, B. **Comunicação de Dados e Redes de Computadores**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.