

# Arquitetura de Redes (Infraestrutura de Redes)

Aula 1 - Visão geral do modelo em camadas e  
introdução à camada de enlace

## INTRODUÇÃO

---



A Internet é um sistema extremamente complicado e possui muitos componentes. Para prover uma estrutura organizada para o estudo, o projeto e o desenvolvimento de redes de computadores, os projetistas de rede organizam protocolos – e o hardware e o software de rede que os executam – em camadas. Cada protocolo pertence a uma das camadas. Os sistemas de camadas têm vantagens conceituais e estruturais. A divisão em camadas proporciona um modo estruturado para o estudo e a discussão. A modularidade delas facilita a atualização dos componentes do

sistema, e a complexidade do sistema como um todo se torna mais tratável. Nesta aula, trataremos superficialmente das camadas dos modelos OSI e TCP/IP, aprofundando-nos um pouco mais na camada de enlace.

Vamos lá!

## OBJETIVOS

---



Identificar os modelos de camadas OSI e TCP/IP;

Introduzir o tema da camada de enlace;

Analisar as subcamadas MAC e LLC.

## MODELO DE CAMADAS OSI

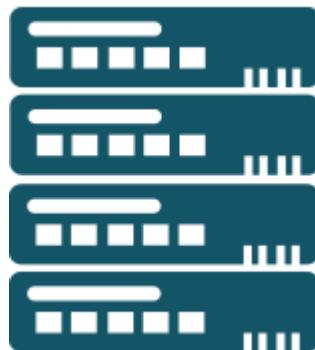
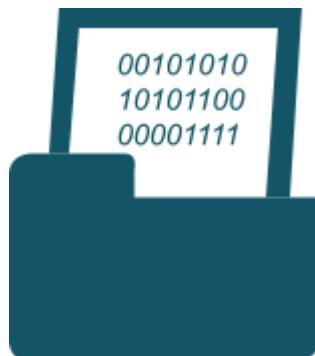
De maneira geral, o modelo em camadas segue a tática de “dividir para conquistar”. O mais difundido é o chamado modelo ISO/OSI (*Open Systems Interconnect*), criado em 1970 e formalizado em 1983. Seu principal objetivo é servir como padrão de referência para protocolos de comunicação. Este modelo possui sete camadas.

Veremos cada camada, a seguir.



## Camada física

Camada física, ou nível físico, tem a função primordial de representar a informação (*bits*) em um meio de transmissão definido. Para que essa função seja alcançada, os seguintes serviços são fornecidos pela camada física:



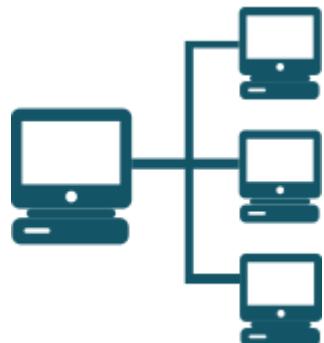
## Codificação de dados

Alterar o padrão de sinal digital entre dois estados que representam 1s e 0s. A codificação, em geral, envolve robustos métodos matemáticos que buscam acomodar o método de codificação escolhido às características do meio físico a ser usado. A codificação pode ser dividida em sub-serviços, como:

- Qual estado de sinal representa o 1 binário;
- Qual estado de sinal representa o 0 binário;
- Como a estação de recepção sabe quando um “tempo de bit” começa;
- Como a estação de recepção delimita um quadro;

## Conexão do meio físico, englobando várias opções

- Um transceptor externo será usado para a conexão com o meio?
- Quantos pinos têm os conectores e para que serve cada um deles?



## Técnica de transmissão

Determina se os *bits* codificados serão transmitidos por sinalização digital ou analógica;

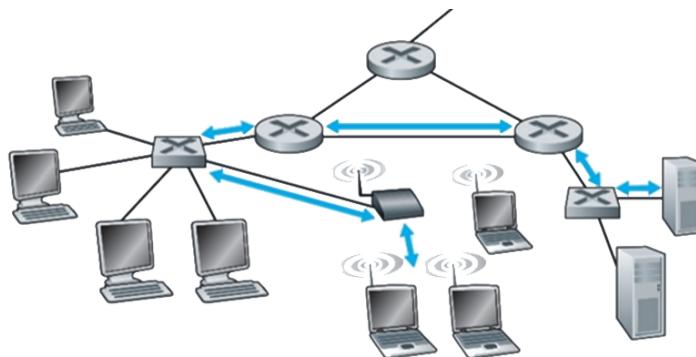
# Transmissão no meio físico

Determina quais meios físicos podem ser usados (cobre, fibra, ar) e quantos volts/dB devem ser usados para representar um determinado estado de sinal, dado o meio físico escolhido.

## Introdução à camada de Enlace

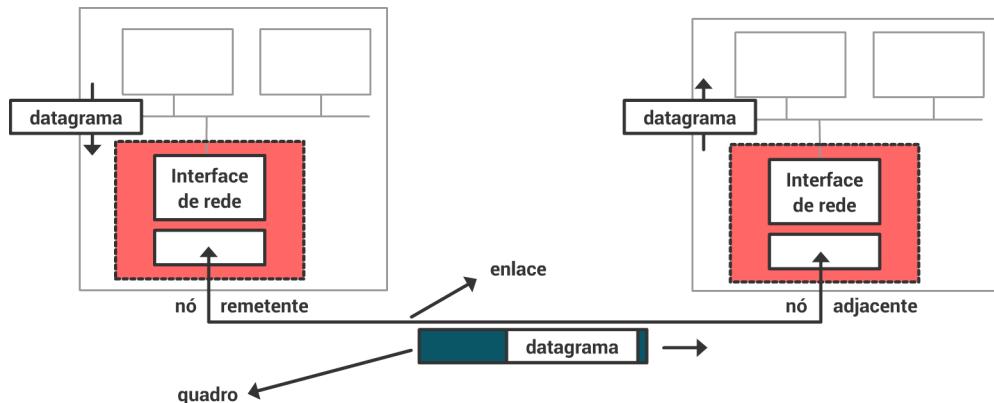
A função fundamental da camada de enlace é levar um datagrama da camada de rede desde uma interface de rede (nó), através de um canal de comunicação individual (enlace), até a próxima interface de rede (nó), ou seja, até o nó adjacente/vizinho. No contexto de redes de computadores, cada passagem de um pacote por um enlace de comunicação até o próximo nó é chamada de salto.

A imagem destaca, com setas azuis, seis saltos no caminho entre o *laptop* na parte inferior da figura e o servidor à direita. A camada de enlace trata exatamente dos detalhes necessários para que um datagrama dê um salto com sucesso.



Diversas instâncias da camada de enlace interligando dispositivos remotos.

Ao receber um datagrama da camada de rede a ser entregue a um host remoto, a camada de enlace o encapsula dentro de um quadro da sua camada e o transmite pelo enlace de comunicação, conforme ilustrado abaixo:



Diversas instâncias da camada de enlace interligando dispositivos remotos.

Para que o salto entre dois nós adjacentes ocorra de maneira satisfatória, a camada de enlace tem diversos desafios. Eles são contornados através dos seguintes serviços:

# Enquadramento/Delimitação de quadros

Recebe uma unidade de dados (pacote/datagrama) da camada de rede, adiciona os cabeçalhos do protocolo de enlace em questão e delimita o início e o fim do quadro para que a interface receptora saiba, em um fluxo de *bits* que chega, onde se inicia e onde termina cada quadro.

## Estabelecimento e fechamento de conexão

Alguns padrões de camada de enlace (por exemplo, PPP, PPPoE) requerem estabelecimento de vínculo lógico entre o transmissor e o receptor adjacentes que desejam se comunicar.

## Detectção de erros

Durante a transmissão de dados pela camada física, existe a probabilidade de ocorrer troca de *bits*, por exemplo, devido à interferência eletromagnética em alguns tipos de meio de transmissão (cobre, meio sem fio). Nesses casos, pode ser interessante a implementação de um algoritmo que permita ao receptor checar se os *bits* recebidos estão exatamente como estavam ao sair do emissor ou se foram trocados.

Denomina-se erro de transmissão, fenômeno de troca de *bits*. Métodos de detecção de erros em geral envolvem métodos baseados na “prova real” que aprendemos a fazer nos cursos de matemática.

O emissor realiza alguma operação aritmética/algébrica com os *bits* a serem transmitidos e registra o resultado em um campo de cabeçalho da camada de enlace. O receptor realiza a mesma operação aritmética/algébrica com os *bits* recebidos e confere se o resultado bate com o que veio registrado no cabeçalho.

## Subcamadas MAC e LLC

Muitos dos padrões de camada de enlace disponíveis definem um meio de comunicação compartilhado. Esse é, por exemplo, o caso de redes *Wi-fi* e de redes locais LANs cabeadas, denominadas redes *Ethernet*.

Quando o enlace de comunicação é compartilhado, é necessário coordenar o acesso de transmissores ao meio com o objetivo de evitar o caos gerado por vários transmissores emitindo dados simultaneamente. Parte integrante da camada de enlace, a subcamada de acesso ao meio (MAC – *Médium Access Control*) trata exatamente dessa tarefa.

Existem diversas técnicas de controle de acesso ao meio. Elas serão estudadas detalhadamente em uma aula posterior. Por enquanto, vamos nos limitar a entender uma analogia com a sala de aula.

Em uma sala de aula, o meio de comunicação é o ar, e a representação dos dados é o som emitido pela voz das pessoas. Pessoas educadas seguem, intuitivamente, um protocolo bem definido para controle de acesso ao meio de comunicação.

Em um dado instante, enquanto o professor segue lecionando sua aula, um aluno se depara com uma dúvida e deseja realizar uma pergunta. Como aluno educado, ele sabe que não deve simplesmente iniciar a pergunta, pois pode interromper um raciocínio em evolução, atrapalhando outros alunos, além do professor.



O portador da dúvida, então, aguarda o professor terminar sua frase e levanta a mão, indicando que tem uma mensagem a ser transmitida. O professor interrompe a aula e aponta para o aluno dizendo “pois não?”. Nesse momento, o aluno sabe que pode perguntar, e o faz.





Fonte da Imagem:

O professor recebe a pergunta, processa uma resposta e a transmite de volta ao aluno. Ao recebê-la, o aluno pode se dar por satisfeito ou levantar a mão novamente para outra pergunta. Dessa maneira, o meio de comunicação compartilhado segue eficientemente sendo usado por todos os presentes. Em redes de computadores, ideias análogas são implementadas para controle de acesso ao meio.

Fonte: Iconic Bestiary / Shutterstock e Gorobets / Shutterstock

Por fim, a subcamada de controle da camada de enlace (LLC - *Link Layer Control*), que também a integra, é responsável por determinar técnicas para endereçamento dos nós envolvidos na comunicação vizinho a vizinho, bem como controlar a troca de dados. O padrão para essas definições é definido pelo protocolo HDLC, que estabelece três tipos de serviço:

- Sem conexão e sem confirmações;
- Com conexão;
- Sem conexão, com confirmação.

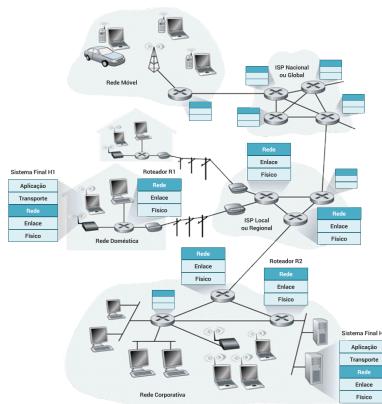
## Camada de Rede

A Camada de rede, então, depende da transmissão vizinho a vizinho implementada pela camada de enlace e, em cima desse serviço, possui o objetivo primordial de tornar possível a troca de unidades de dados entre quaisquer **hosts** ([glossário](#)) remotos, seja qual for sua localização geográfica, ou seja, transmissão host a host (ponto a ponto).

Para alcançar esse objetivo, a camada de rede contorna uma série de obstáculos através da implementação dos seguintes serviços:

- [Roteamento; \(\[glossário\]\(#\)\)](#)
- [Controle de congestionamento; \(\[glossário\]\(#\)\)](#)
- [Estabelecimento/fechamento de conexão; \(\[glossário\]\(#\)\)](#)
- [Fragmentação; \(\[glossário\]\(#\)\)](#)
- [Contabilidade de uso da rede. \(\[glossário\]\(#\)\)](#)

Note, na imagem, que a infraestrutura formada pelas três primeiras camadas, física, enlace e rede, constituem o arcabouço necessário para uma a comunicação funcional de dados. Em outras palavras, os roteadores que formam a infraestrutura de comunicação de grandes redes como a Internet implementam os serviços de três camadas: Física, Enlace e de Rede.



Malha de roteadores interligando nós (hosts) remotos: a camada de enlace vizinho a vizinho não é suficiente para entregar pacotes entre dois hosts quaisquer.

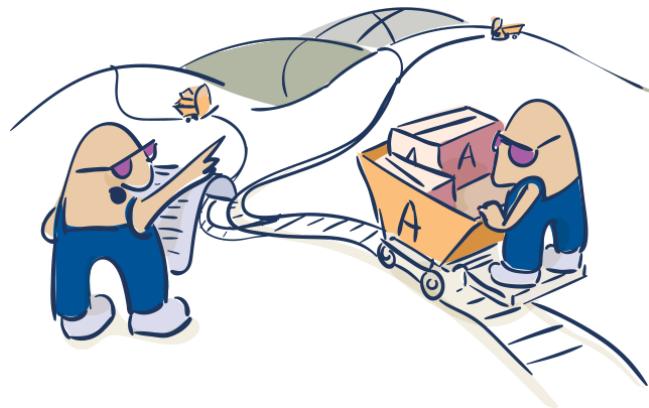
Entretanto, quando se trata da troca de dados entre dois aplicativos quaisquer rodando em hosts remotos diferentes, o conjunto formado pelas três primeiras camadas não é capaz de vencer todos os desafios impostos à comunicação **fim a fim (glossário)** (aplicativo a aplicativo). Por exemplo, um host pode rodar mais de um aplicativo simultaneamente.



Fonte: Oxy\_gen / Shutterstock

Ao receber dados vindos de um host remoto, como o host decidirá para qual dos aplicativos ativos os dados deverão ser entregues? Esse é um desafio que não é tratado por nenhuma das três camadas já estudadas.

## Camada de Transporte



Fonte da Imagem:

A camada de transporte tem o objetivo fundamental de realizar a troca de dados fim a fim (aplicativo a aplicativo). Uma consequência desse objetivo é uma característica muito interessante, presente na camada de transporte e ausente nas três camadas inferiores (Rede, Enlace, Física): a camada de transporte é implementada apenas nos sistemas finais (hosts), ou seja, não é feita pelos roteadores e comutadores.

E, para alcançar tal objetivo, a camada de transporte tem uma série de desafios a contornar. São oferecidos, pois, os seguintes serviços:

## Segmentação de mensagens

Aceitar uma mensagem da camada de sessão, dividi-la em unidades menores, adicionar os campos de cabeçalho da camada de transporte e transmitir unidades menores para que a camada de rede entregue ao host desejado.

## Entrega confiável

A camada de transporte do host remetente pode manter uma cópia de um segmento enviado e uma contagem regressiva para aguardar uma confirmação, vinda da camada de transporte do host destino. Se a confirmação não chegar a tempo, a cópia do segmento será reenviada e haverá uma nova espera por confirmação. Os segmentos recebem, em seu cabeçalho, números de sequência que permitem ao receptor detectar se um segmento recebido é novo ou uma cópia que foi retransmitida (para o caso de o segmento original ter apenas chegado atrasado, e não ter sido perdido de fato).

## Controle de tráfego de mensagens

Neste serviço, a camada de transporte do host destino instrui o host remetente a diminuir sua taxa de transmissão para evitar sobrecarga no *buffer* de recebimento.

## Multiplexações de sessões

Através dos campos de cabeçalhos da camada de transporte, vários aplicativos em um host remetente podem enviar, concomitantemente, diferentes fluxos de dados a diferentes aplicativos remotos. Para a multiplexação de sessões, um identificador lógico da sessão em questão é inserido no campo de cabeçalho da camada de transporte.

Já a camada de sessão tem, como objetivo principal, o estabelecimento de sessão entre processos (aplicativos em execução) que rodam em estações diferentes. Para atingir esse objetivo, a camada de sessão fornece os seguintes serviços:

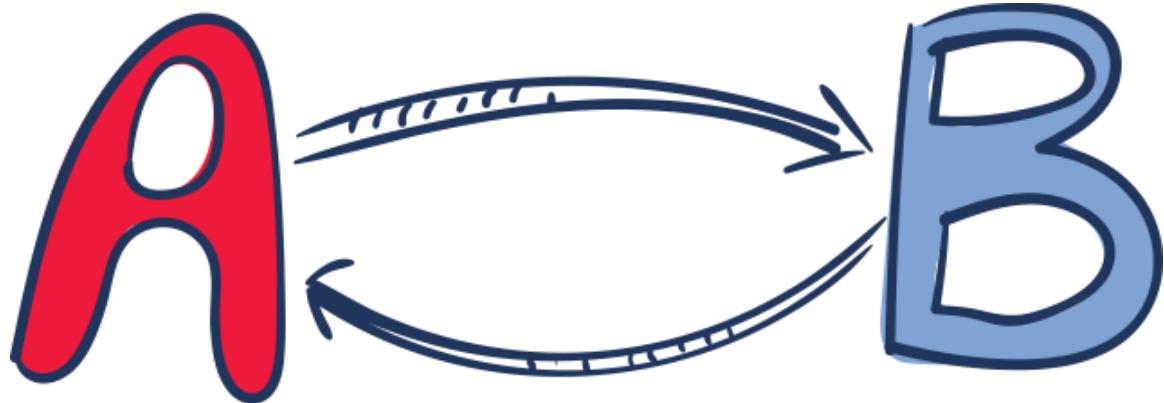
- **Estabelecimento, manutenção e encerramento da Sessão** - O host remetente e o host destinatário trocam segmentos de controle antes que os processos possam iniciar trocas de dados. Nesse estabelecimento de vínculo, são tratados detalhes como o número da sequência inicial a ser usado. Uma vez que os processos terminem a troca de dados,

segmentos de controle serão novamente trocados para que a sessão seja finalizada.

- **Suporte de Sessão** - Oferece algumas tarefas como reconhecimento de nomes, segurança, registro em *log*.

## Camada de Sessão

---

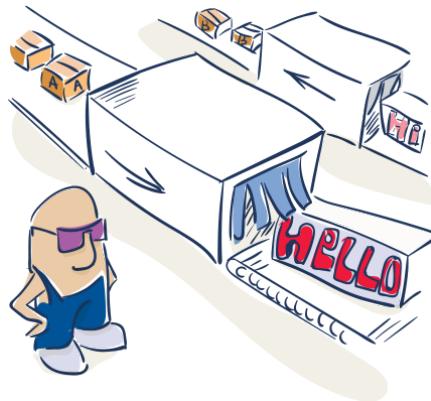


Fonte da Imagem:

**Camada de sessão** cuida dos processos que controlam a transferência dos dados, cuidando dos erros e administrando os registros das transmissões. Essa camada também é implementada apenas nos sistemas finais (hosts).

## Camada de Apresentação

---



Fonte da Imagem:

A penúltima camada do modelo OSI é a de apresentação, e também é implementada somente nos sistemas finais. Ela tem o objetivo de realizar conversões de representações de dados para que, por exemplo, aplicativos em computadores de arquiteturas distintas possam se comunicar. Os seguintes serviços são oferecidos para essa finalidade:

- Conversão de caracteres de código: um exemplo, ASCII para EBCDIC;
- Conversão de dados: *byte order*, caracteres de finalização de linha, ponto flutuante para inteiro etc.;

- Compactação de dados: reduzir o número total de *bits* a serem enviados pela estrutura de comunicação;
- Criptografia de dados: por questões de segurança, criptografar os dados a serem enviados/recebidos.

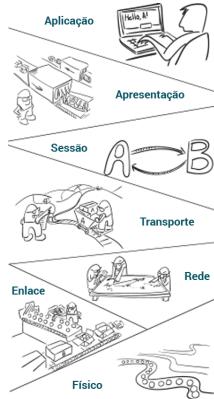
## Camada de Aplicação

Por fim, temos a camada de Aplicação. Qualquer serviço ao usuário final é implementado pela camada de aplicação através de aplicativos desenvolvidos pelos programadores. Exemplos bastante comuns de serviços aos usuários são:



Fonte: Natata/ Shutterstock

## IMPORTÂNCIA E DESVANTAGEM DO MODELO OSI



Fonte da Imagem: Natata / Shutterstock

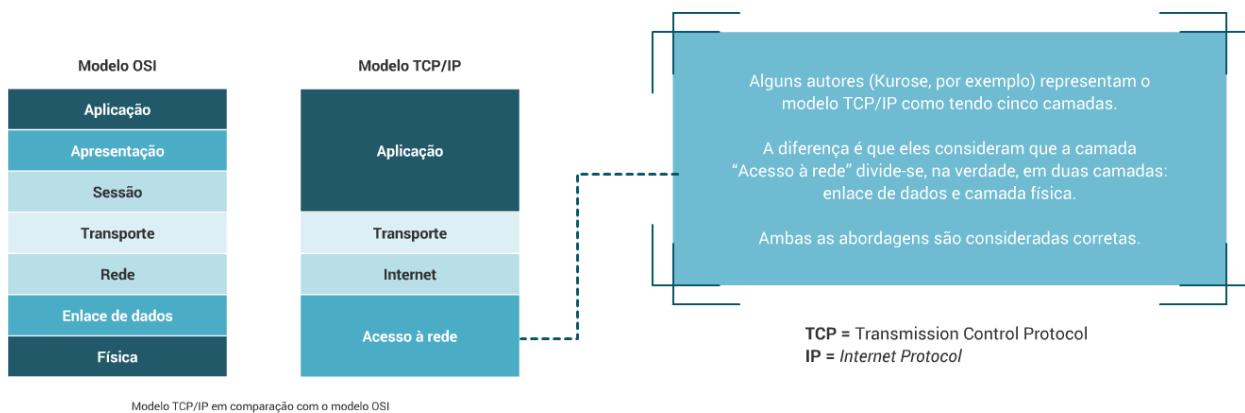
O modelo de referência OSI é de importância fundamental para as redes de computadores, já que qualquer solução de pilha de protocolos presente em diferentes padrões de redes de comunicação sempre se inspira nesse modelo.

Entretanto, uma desvantagem do modelo OSI se tornou evidente assim que tecnologias começaram a ser criadas usando o modelo como referência. A quantidade de camadas e de informação de controle (cabeçalhos) do modelo se mostrou muito pesada para a implementação prática.

Então, tecnologias de redes de computadores (por exemplo: ATM, Internet etc.) são, normalmente, projetadas com base no modelo de referência OSI, mas com algumas alterações estruturais. Essas alterações buscam simplificar o modelo de camada e reduzir a quantidade de informação de controle adicionada aos dados da aplicação.

## O MODELO TCP/IP

O Modelo TCP/IP de camadas talvez seja o mais difundido exemplo de definição de um modelo de camadas baseado no modelo OSI, mas com algumas simplificações. O modelo TCP/IP possui quatro camadas, como mostra a imagem:



As funções de cada camada do modelo TCP/IP são similares às funções das camadas do modelo OSI. As principais diferenças dizem respeito ao fato de os serviços das camadas de aplicação, apresentação e alguns serviços da camada de sessão (por exemplo, estabelecimento de sessão/conexão) do modelo OSI serem englobados pela camada de aplicação do modelo TCP/IP.

Em outras palavras, é tarefa do programador de uma aplicação que rodará sobre uma rede TCP/IP implementar os controles estudados na camada de apresentação e sessão no modelo OSI.

## ATIVIDADE

Uma dúvida de muitos estudantes de redes de computadores concerne ao lugar onde é implementada cada camada do modelo TCP/IP e como se dá a comunicação entre camadas. A tabela resume os locais de implementação:

Camada	Onde é implementada
Aplicação	Espaço do usuário (aplicativos)
Transporte	Sistema Operacional
Rede	Sistema Operacional
Enlace	Interfaces (Placas) de Rede
Física	Meios físicos (cabos, ar)

Tabela: Onde cada camada do modelo TCP/IP é implementada.

Agora, explique como é feita a comunicação entre as camadas.

## Resposta Correta

# Glossário

## HOSTS

---

**Você sabe o que é um host?**

Hosts ou Hospedeiros são quaisquer equipamentos que executam aplicações, por exemplo: *smartphones, Desktops, Laptops* etc.

## ROTEAMENTO

---

Define algoritmos e protocolos de roteamento capazes de escolher, dentre as várias opções de caminho até o destino, o mais eficiente;

## CONTROLE DE CONGESTIONAMENTO

---

Em algumas tecnologias de camada de rede, os roteadores podem contribuir com um host transmissor, solicitando diminuição da taxa de transmissão para que não haja sobrecarga nas filas (*buffers*) dos roteadores;

## ESTABELECIMENTO/FECHAMENTO DE CONEXÃO

---

Em alguns padrões de camada de rede, os roteadores participam do estabelecimento de um caminho fixo e da reserva de recursos para uma sessão solicitada pelo host remetente;

## FRAGMENTAÇÃO

---

Se a camada de rede de um roteador notar que o tamanho máximo de pacotes permitidos no próximo enlace de comunicação é menor do que o tamanho do pacote atual, então, o pacote será fragmentado para respeitar a limitação em questão;

## CONTABILIDADE DE USO DA REDE

---

Algumas tecnologias de camada de rede têm funções de contabilidade para manter o controle dos quadros encaminhados por sistemas intermediários da rede, a fim de produzir informações de cobranças.

## FIM A FIM

---

Entre dois processos, um processo é um aplicativo em execução consumindo recursos em um hospedeiro.