



Fundamentos de Redes de Computadores

Prof.: MSc. Alex Junior Nunes

alex.nunes@unicesumar.edu.br

Software em redes

- No projeto das primeiras redes de computadores, o hardware foi a principal preocupação e o software ficou em segundo plano
- Essa estratégia foi deixada para trás
- Atualmente, o software de rede é altamente estruturado
- Nos próximos slides, examinaremos com alguns detalhes a técnica de estruturação do software

Protocolos em redes

- Para reduzir a complexidade de seu projeto, a maioria das redes é organizada como uma pilha de camadas (ou níveis), colocadas umas sobre as outras
- O número, o nome, o conteúdo e a função de cada camada diferem de uma rede para outra
- No entanto, em todas as redes o objetivo de cada camada é oferecer determinados serviços às camadas superiores, isolando essas camadas dos detalhes de implementação real desses recursos
- Em certo sentido, cada camada é uma espécie de máquina virtual, oferecendo determinados serviços à camada situada acima dela

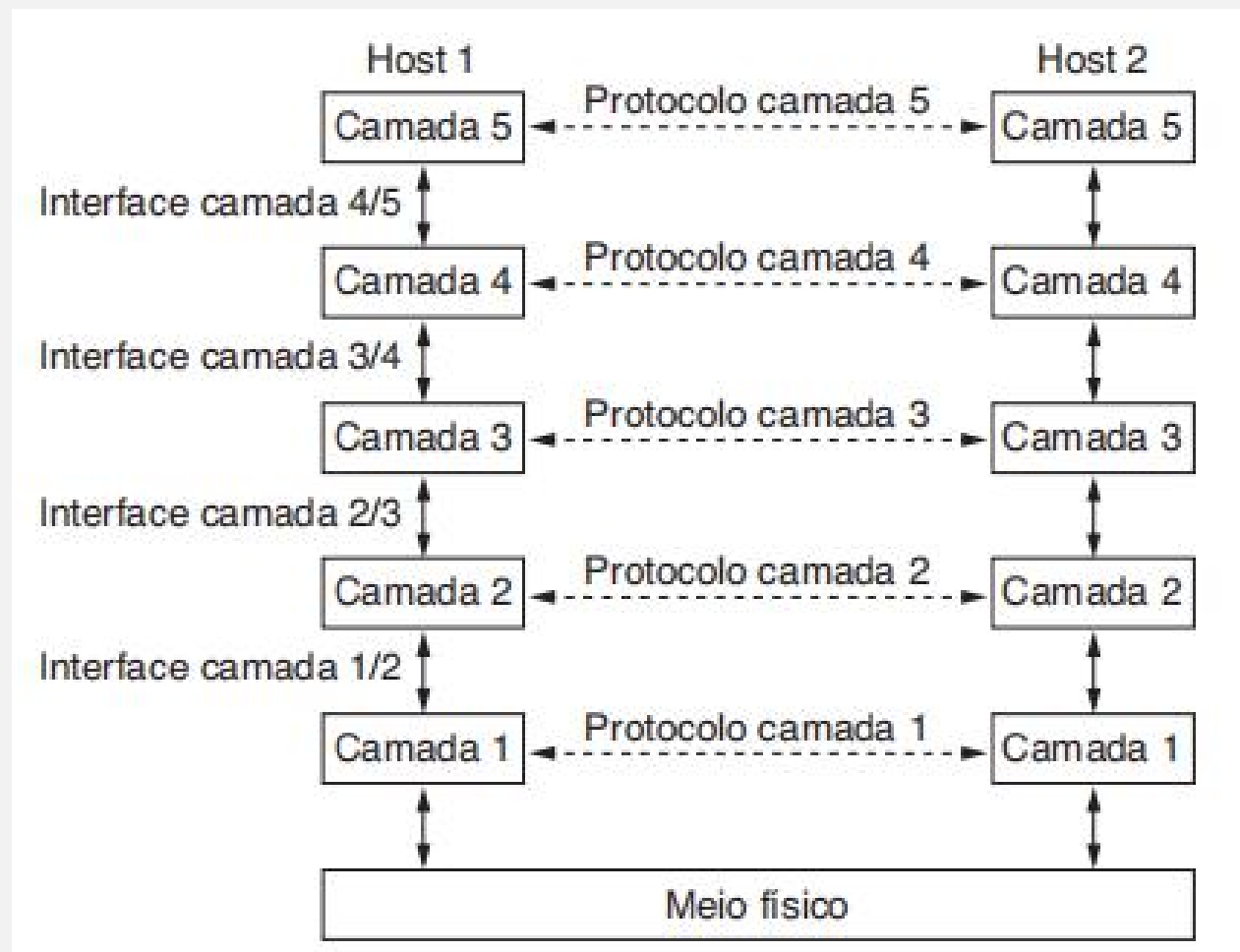
Protocolos em redes

- Na realidade, esse conceito é familiar e utilizado em toda a ciência da computação, na qual é conhecido por nomes diferentes, como ocultação de informações, tipos de dados abstratos, encapsulamento de dados e programação orientada a objetos
- A ideia fundamental é que um determinado item de software (ou hardware) forneça um serviço a seus usuários, mas mantenha ocultos os detalhes de seu estado interno e de seus algoritmos
- Quando a camada n de uma máquina se comunica com a camada n de outra máquina, coletivamente, as regras e convenções usadas nesse diálogo são conhecidas como o protocolo da camada n
- Basicamente, um **protocolo** é um acordo entre as partes que se comunicam, estabelecendo como se dará a comunicação

Protocolos em redes

- Como analogia, quando uma mulher é apresentada a um homem, ela pode estender a mão para ele que, por sua vez, pode apertá-la ou beijá-la, dependendo, por exemplo, do fato de ela ser uma advogada norte-americana que esteja participando de uma reunião de negócios ou uma princesa europeia presente em um baile de gala
- A violação do protocolo dificultará a comunicação, se não torná-la completamente impossível
- A figura a seguir, ilustra uma rede de cinco camadas. As entidades que ocupam as camadas correspondentes em diferentes máquinas são chamadas pares (ou *peers*)
- Os pares podem ser processos de software, dispositivos de hardware, ou mesmo seres humanos
- Em outras palavras, são os pares que se comunicam utilizando o protocolo

Protocolos em redes



Protocolos em redes

- Na realidade, os dados não são transferidos diretamente da camada n de uma máquina para a camada n em outra máquina
- Em vez disso, cada camada transfere os dados e as informações de controle para a camada imediatamente abaixo dela, até a camada mais baixa ser alcançada
- Abaixo da camada 1 encontra-se o **meio físico** por meio do qual se dá a comunicação propriamente dita
- Na figura anterior, a comunicação virtual é mostrada por linhas pontilhadas e a comunicação física, por linhas contínuas

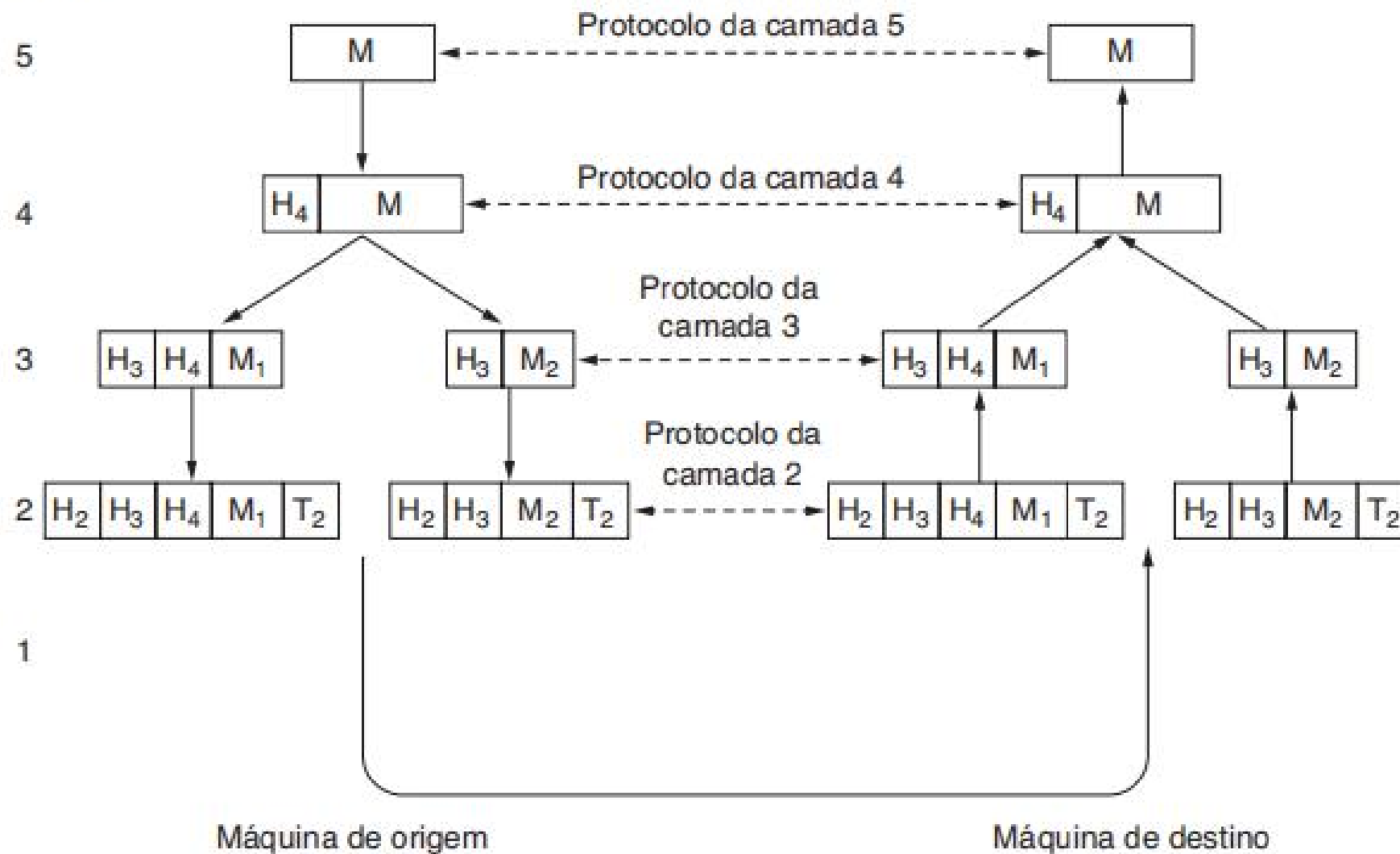
Protocolos em redes

- Entre cada par de camadas adjacentes existe uma **interface**
- Esta define as operações e os serviços que a camada inferior tem a oferecer à camada que se encontra acima dela
- Isso exige que cada camada execute um conjunto específico de funções bem definidas
- Um conjunto de camadas e protocolos é chamado **arquitetura de rede**
- A especificação de uma arquitetura deve conter informações suficientes para permitir que um implementador desenvolva o programa ou construa o hardware de cada camada de forma que ela obedeça corretamente ao protocolo adequado

Protocolos em redes

- Nem os detalhes da implementação nem a especificação das interfaces pertencem à arquitetura, pois tudo fica oculto dentro das máquinas e não é visível do exterior
- Nem sequer é necessário que as interfaces de todas as máquinas de uma rede sejam iguais, desde que cada uma delas possa usar todos os protocolos da maneira correta
- Uma lista de protocolos usados por um determinado sistema, um protocolo por camada, é chamada **pilha de protocolos**
- Um exemplo mais técnico: como oferecer comunicação à camada superior da rede de cinco camadas é exibido na figura a seguir

Camada



Protocolos em redes

- Uma mensagem, M, é produzida por um processo de aplicação que funciona na camada 5 e é entregue à camada 4 para transmissão
- A camada 4 coloca um **cabeçalho** no início da mensagem para identificá-la e envia o resultado à camada 3
- O cabeçalho inclui informações de controle, como endereços, a fim de permitir que a camada 4 da máquina de destino entregue a mensagem
- Outros exemplos de informação de controle usados em algumas camadas são números de sequência (caso a camada inferior não preserve a ordem da mensagem), tamanhos e tempos

Protocolos em redes

- Em muitas redes, não há limite para o tamanho das mensagens transmitidas no protocolo da camada 4, mas quase sempre há um limite imposto pelo protocolo da camada 3
- Consequentemente, a camada 3 deve dividir as mensagens recebidas em unidades menores, pacotes, anexando um cabeçalho da camada 3 a cada pacote
- Nesse exemplo, M é dividido em duas partes, M_1 e M_2 , que serão transmitidas separadamente
- A camada 3 decide as linhas de saída que serão usadas e transmite os pacotes à camada 2
- Esta acrescenta não apenas um cabeçalho a cada fragmento, mas também um final, e fornece a unidade resultante à camada 1 para transmissão física

Protocolos em redes

- Na máquina receptora, a mensagem se move de baixo para cima, de camada a camada, com os cabeçalhos sendo retirados durante o processo
- Nenhum dos cabeçalhos das camadas abaixo de n é repassado à camada n
- Para entender a figura anterior, é importante observar a relação entre a comunicação virtual e a comunicação real, e a diferença entre protocolos e interfaces
- Por exemplo, para os processos pares na camada 4, sua comunicação é 'horizontal', utilizando o protocolo da camada 4
- O procedimento de cada um deles tem um nome semelhante a `EnviarParaOutroLado` e `ReceberDoOutroLado`, muito embora esses procedimentos na realidade se comuniquem com camadas inferiores através da interface 3/4, e não com o outro lado

Questões de projeto relacionado às camadas

- Confiabilidade é a questão fundamental de projeto de criar uma rede que opere corretamente, embora sendo composta de uma coleção de componentes que não são confiáveis
- Pense nos bits de um pacote trafegando pela rede
- Há uma chance de que alguns desses bits sejam recebidos com problemas (invertidos) em virtude de um ruído elétrico casual, sinais sem fio aleatórios, falhas de hardware, bugs de software e assim por diante
- Como é possível encontrar e consertar esses erros?

Questões de projeto relacionado às camadas

- Um mecanismo para localizar erros na informação recebida usa códigos para **detecção de erros**
- As informações recebidas incorretamente podem, então, ser retransmitidas até que sejam recebidas corretamente
- Códigos mais poderosos permitem a **correção de erro**, em que a mensagem correta é recuperada a partir de bits possivelmente incorretos, que foram recebidos originalmente
- Esses dois mecanismos funcionam acrescentando informações redundantes
- Eles são usados nas camadas baixas, para proteger os pacotes enviados por enlaces individuais, e nas camadas altas, para verificar se o conteúdo correto foi recebido

Questões de projeto relacionado às camadas

- Outra questão de confiabilidade é descobrir um caminho que funcione através de uma rede
- Normalmente, existem vários caminhos entre origem e destino e, em uma rede grande, podem haver alguns enlaces ou roteadores com defeito
- Suponha que a rede esteja parada na Alemanha
- Os pacotes enviados de Londres a Roma pela Alemanha não passarão, mas poderíamos enviar pacotes de Londres para Roma via Paris
- A rede deve tomar essa decisão automaticamente
- Esse tópico é chamado **roteamento**

Questões de projeto relacionado às camadas

- Uma segunda questão de projeto se refere à evolução da rede
- Com o tempo, as redes se tornam maiores e novos projetos aparecem precisando ser conectados à rede existente
- Recentemente, vimos o mecanismo-chave de estrutura usado para dar suporte à mudança, dividindo o problema geral e ocultando detalhes da implementação: as camadas de protocolos
- Mas existem muitas outras estratégias
- Como existem muitos computadores na rede, cada camada precisa de um mecanismo para identificar transmissores e receptores que estão envolvidos em uma determinada mensagem
- Esse mecanismo é conhecido como endereçamento ou nomeação, nas camadas alta e baixa, respectivamente

Modelos de Referência

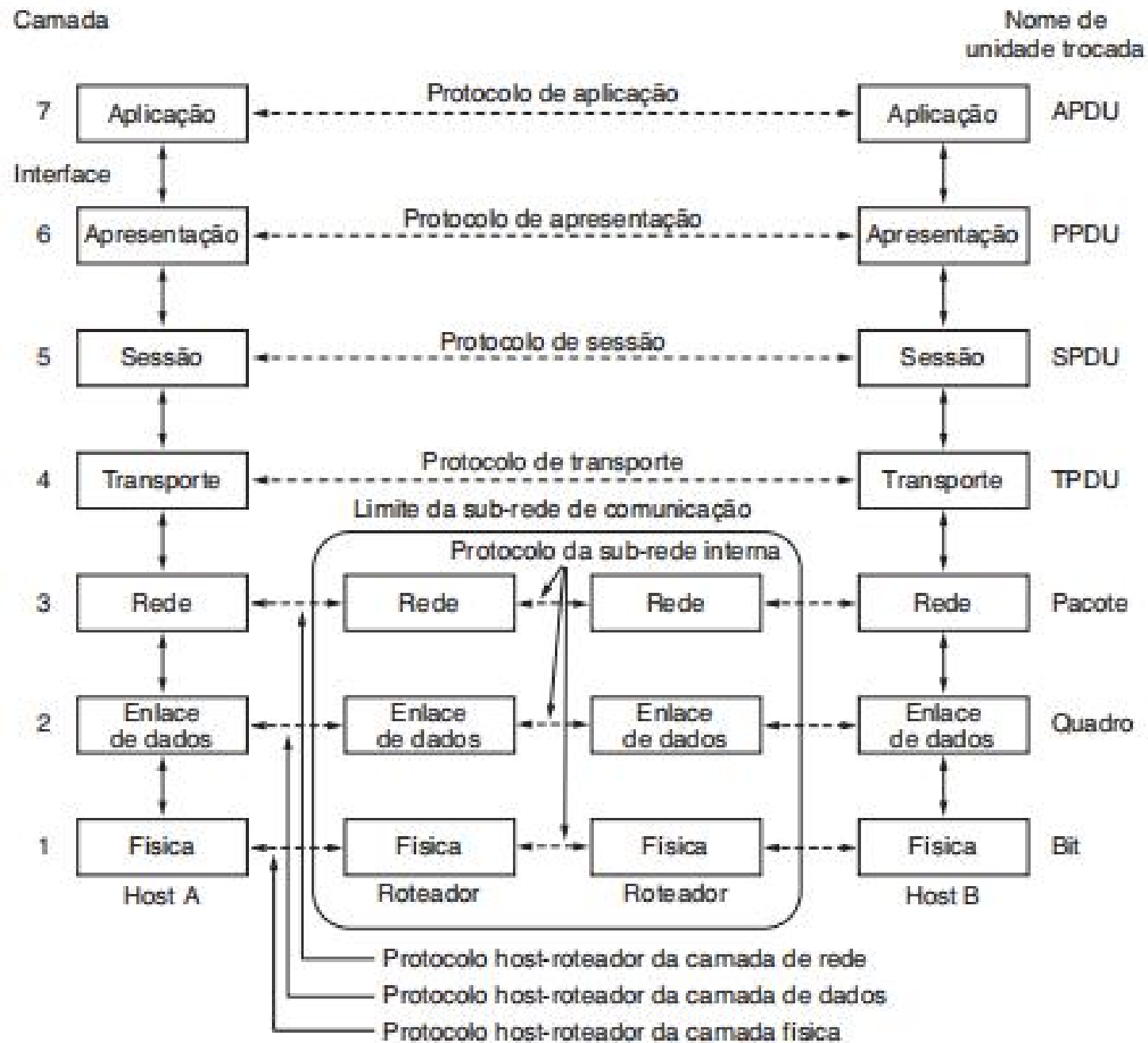
- Nas aulas a seguir, examinaremos duas importantes arquiteturas de rede: os modelos de referência OSI e TCP/IP
- Embora os protocolos associados ao modelo OSI raramente sejam usados nos dias de hoje, o modelo em si é de fato bastante geral e ainda válido, e as características descritas em cada camada ainda são muito importantes
- O modelo TCP/IP tem características opostas: o modelo propriamente dito não é muito utilizado, mas os protocolos são bastante utilizados. Por essa razão, examinaremos ambos em detalhes
- Além disso, às vezes é possível aprender mais com os erros do que com os acertos

Modelo de Referência OSI



Modelo de Referência OSI

- O modelo OSI (exceto o meio físico) é representado na figura a seguir
- Esse modelo se baseia em uma proposta desenvolvida pela ISO (International Standards Organization) como um primeiro passo em direção à padronização internacional dos protocolos usados nas várias camadas (Day e Zimmermann, 1983)
- Ele foi revisado em 1995 (Day, 1995)
- O modelo se chama **Modelo de Referência ISO OSI (Open Systems Interconnection)**, pois ele trata da interconexão de sistemas abertos — ou seja, sistemas abertos à comunicação com outros sistemas
- Para abreviar, é comum muitos autores chamá-lo simplesmente de **modelo OSI**



Modelo de Referência OSI

- O modelo OSI tem sete camadas
 - Veja, um resumo dos princípios aplicados para chegar às sete camadas
1. Uma camada deve ser criada onde houver necessidade de outro grau de abstração
 2. Cada camada deve executar uma função bem definida
 3. A função de cada camada deve ser escolhida tendo em vista a definição de protocolos padronizados internacionalmente
 4. Os limites de camadas devem ser escolhidos para minimizar o fluxo de informações pelas interfaces

Modelo de Referência OSI

5. O número de camadas deve ser grande o bastante para que funções distintas não precisem ser desnecessariamente colocadas na mesma camada e pequeno o suficiente para que a arquitetura não se torne difícil de controlar
- Vale a pena observar que o modelo OSI propriamente dito não é uma arquitetura de rede, pois não especifica os serviços e protocolos exatos que devem ser usados em cada camada
 - Ele apenas informa o que cada camada deve fazer
 - No entanto, a ISO também produziu padrões para todas as camadas, embora esses padrões não façam parte do próprio modelo de referência
 - Cada um foi publicado como um padrão internacional distinto

Modelo de Referência OSI

- O *modelo* (em parte) é bastante utilizado, embora os protocolos associados há muito tempo tenham sido deixados de lado
- Vamos entender melhor cada camada

Modelo OSI - Camada Física

- A **camada física** trata da transmissão de bits normais por um canal de comunicação. O projeto da rede deve garantir que, quando um lado enviar um bit 1, o outro lado o receberá como um bit 1, não como um bit 0
- As questões mais comuns aqui são quais os sinais elétricos que devem ser usados para representar um bit 1 e um bit 0, a quantidade de nanossegundos que um bit deve durar, se a transmissão pode ou não ser realizada simultaneamente nos dois sentidos, a forma como a conexão inicial será estabelecida e de que maneira ela será encerrada quando ambos os lados tiverem terminado, e ainda quantos pinos o conector de rede terá e qual será a finalidade de cada pino
- Nessa situação, as questões de projeto lidam em grande parte com interfaces mecânicas, elétricas e de sincronização, e com o meio físico de transmissão que se situa abaixo da camada física

Modelo OSI - Camada de Enlace

- A principal tarefa da camada de enlace de dados é transformar um canal de transmissão normal em uma linha que pareça livre de erros de transmissão
- Para fazer isso, a camada de enlace mascara os erros reais, de modo que a camada de rede não os veja
- Isso é executado fazendo com que o transmissor divida os dados de entrada em **quadros de dados** (que, em geral, têm algumas centenas ou alguns milhares de bytes) e transmita os quadros sequencialmente
- Se o serviço for confiável, o receptor confirmará a recepção correta de cada quadro, enviando de volta um **quadro de confirmação**

Modelo OSI - Camada de Enlace

- Outra questão que surge na camada de enlace de dados (e na maioria das camadas mais altas) é como impedir que um transmissor rápido envie uma quantidade excessiva de dados a um receptor lento
- Normalmente, é preciso que haja algum mecanismo que regule o tráfego para informar ao transmissor quando o receptor pode aceitar mais dados
- As redes de broadcast têm uma questão adicional a ser resolvida na camada de enlace de dados: como controlar o acesso ao canal compartilhado
- Uma subcamada especial da camada de enlace de dados, a subcamada de **controle de acesso ao meio**, trata desse problema

Modelo OSI - Camada de Rede

- A **camada de rede** controla a operação da sub-rede
- Uma questão fundamental de projeto é determinar a maneira como os pacotes são roteados da origem até o destino
- As rotas podem se basear em tabelas estáticas, "amarradas" à rede e raramente alteradas, ou frequentemente podem ser atualizadas de forma automática, para evitar componentes defeituosos
- Elas também podem ser determinadas no início de cada conversação; por exemplo, uma sessão de terminal, como um login em uma máquina remota
- Por fim, elas podem ser altamente dinâmicas, sendo determinadas para cada pacote, refletindo a carga atual da rede

Modelo OSI - Camada de Rede

- Se houver muitos pacotes na sub-rede ao mesmo tempo, eles dividirão o mesmo caminho, formando gargalos
- A responsabilidade pelo controle desse congestionamento também pertence à camada de rede, em conjunto com as camadas mais altas, que adaptam a carga imposta sobre a rede
- De modo mais geral, a qualidade do serviço fornecido (atraso, tempo em trânsito, instabilidade etc.) também é uma questão da camada de rede
- Quando um pacote precisa trafegar de uma rede para outra até chegar a seu destino, podem surgir muitos problemas
- O endereçamento utilizado pela segunda rede pode ser diferente do que é usado pela primeira

Modelo OSI - Camada de Rede

- Talvez a segunda rede não aceite o pacote por ele ser muito grande
- Os protocolos podem ser diferentes e assim por diante
- Cabe à camada de rede superar todos esses problemas, a fim de permitir que redes heterogêneas sejam interconectadas
- Nas redes de broadcast, o problema de roteamento é simples e, assim, a camada de rede geralmente é estreita, ou mesmo inexistente

Modelo OSI - Camada de Transporte

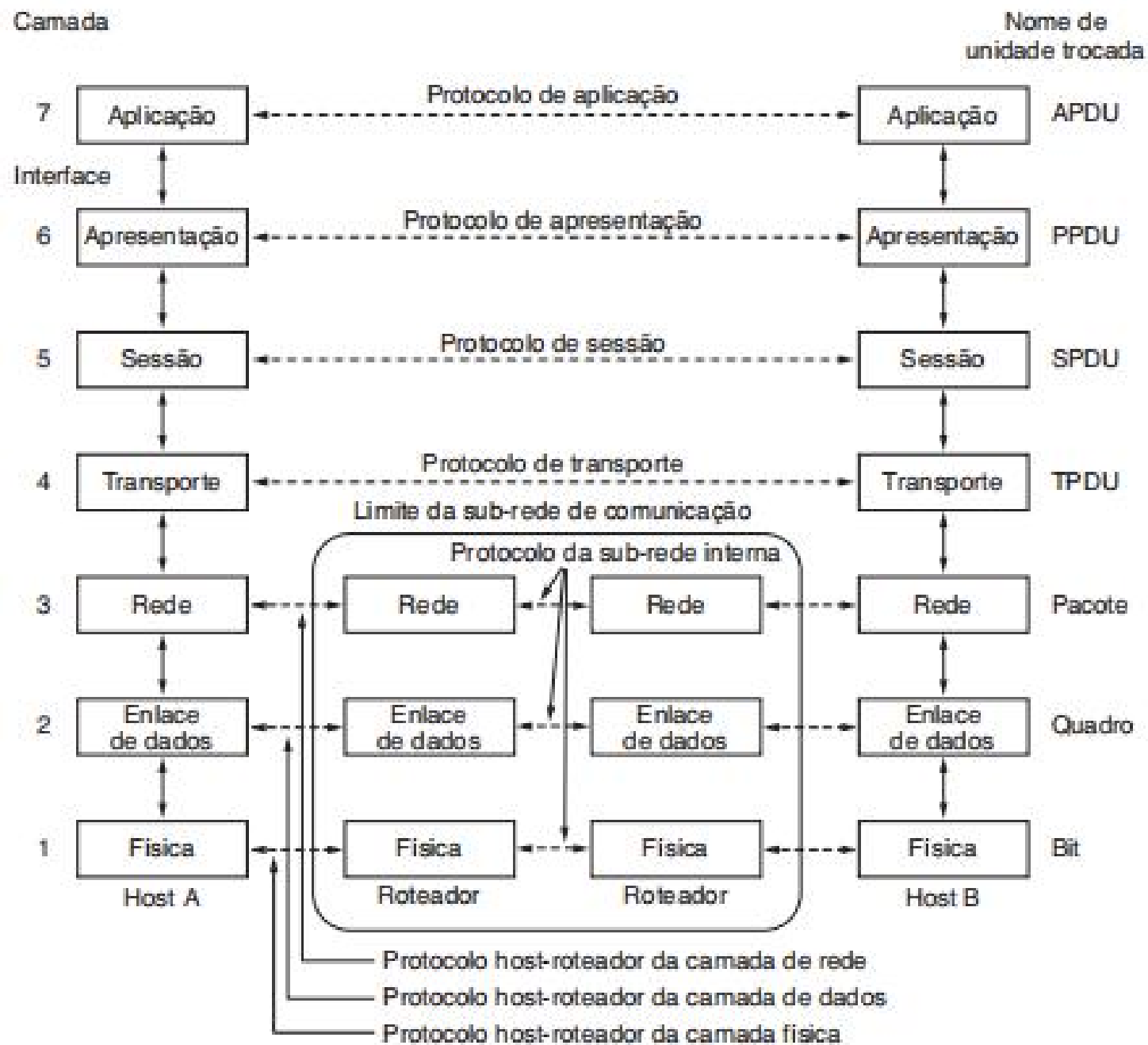
- A função básica da **camada de transporte** é aceitar dados da camada acima dela, dividi-los em unidades menores, se for preciso, repassar essas unidades à camada de rede e garantir que todos os fragmentos chegarão corretamente à outra extremidade
- Além do mais, tudo isso deve ser feito com eficiência e de forma que as camadas superiores fiquem isoladas das inevitáveis mudanças na tecnologia de hardware com o passar do tempo
- A camada de transporte também determina que tipo de serviço deve ser fornecido à camada de sessão e, por fim, aos usuários da rede
- O tipo mais popular de conexão de transporte é um canal ponto a ponto livre de erros que entrega mensagens ou bytes na ordem em que eles foram enviados

Modelo OSI - Camada de Transporte

- No entanto, outros possíveis tipos de serviço de transporte são as mensagens isoladas sem nenhuma garantia relativa à ordem de entrega e à propagação de mensagens para múltiplos destinos
- O tipo de serviço é determinado quando a conexão é estabelecida
- (Observe que é impossível conseguir um canal livre de erros; o que as pessoas realmente entendem por essa expressão é que a taxa de erros é baixa o suficiente para ser ignorada na prática.)
- A camada de transporte é uma verdadeira camada de ponta a ponta, que liga a origem ao destino
- Em outras palavras, um programa na máquina de origem mantém uma conversação com um programa semelhante instalado na máquina de destino, utilizando os cabeçalhos de mensagens e as mensagens de controle

Modelo OSI - Camada de Transporte

- Nas camadas inferiores, os protocolos são trocados entre cada uma das máquinas e seus vizinhos imediatos, e não entre as máquinas de origem e de destino, que podem estar separadas por muitos roteadores
- A diferença entre as camadas 1 a 3, que são encadeadas, e as camadas 4 a 7, que são camadas de ponta a ponta, é ilustrada na figura anteriormente exibida



Modelo OSI - Camada de Sessão

- A camada de sessão permite que os usuários em diferentes máquinas estabeleçam **sessões de comunicação** entre eles
- Uma sessão oferece diversos serviços, inclusive o **controle de diálogo** (mantendo o controle de quem deve transmitir em cada momento),
- o **gerenciamento de tokens** (impedindo que duas partes tentem executar a mesma operação crítica ao mesmo tempo) e
- a **sincronização** (realizando a verificação periódica de longas transmissões para permitir que elas continuem a partir do ponto em que estavam ao ocorrer uma falha e a subsequente recuperação)

Modelo OSI - Camada de Apresentação

- Diferente das camadas mais baixas, que se preocupam principalmente com a movimentação de bits, a **camada de apresentação** está relacionada à sintaxe e à semântica das informações transmitidas
- Para tornar possível a comunicação entre computadores com diferentes representações internas dos dados, as estruturas de dados a serem trocadas podem ser definidas de maneira abstrata, com uma codificação padrão que será usada durante a conexão
- A camada de apresentação gerencia essas estruturas de dados abstratas e permite a definição e o intercâmbio de estruturas de dados de nível mais alto (por exemplo, registros bancários)

Modelo OSI - Camada de Aplicação

- A camada de aplicação contém uma série de protocolos comumente necessários para os usuários
- Um protocolo de aplicação amplamente utilizado é o **HTTP (HyperText Transfer Protocol)**, que constitui a base da World Wide Web
- Quando um navegador deseja uma página Web, ele envia o nome da página desejada ao servidor que hospeda a página, utilizando o HTTP
- O servidor, então, transmite a página ao navegador
- Outros protocolos de aplicação são usados para transferências de arquivos, correio eletrônico e transmissão de notícias pela rede