

Universidade Federal de Santa Catarina
Departamento de Informática e de Estatística
Curso de Ciência da Computação

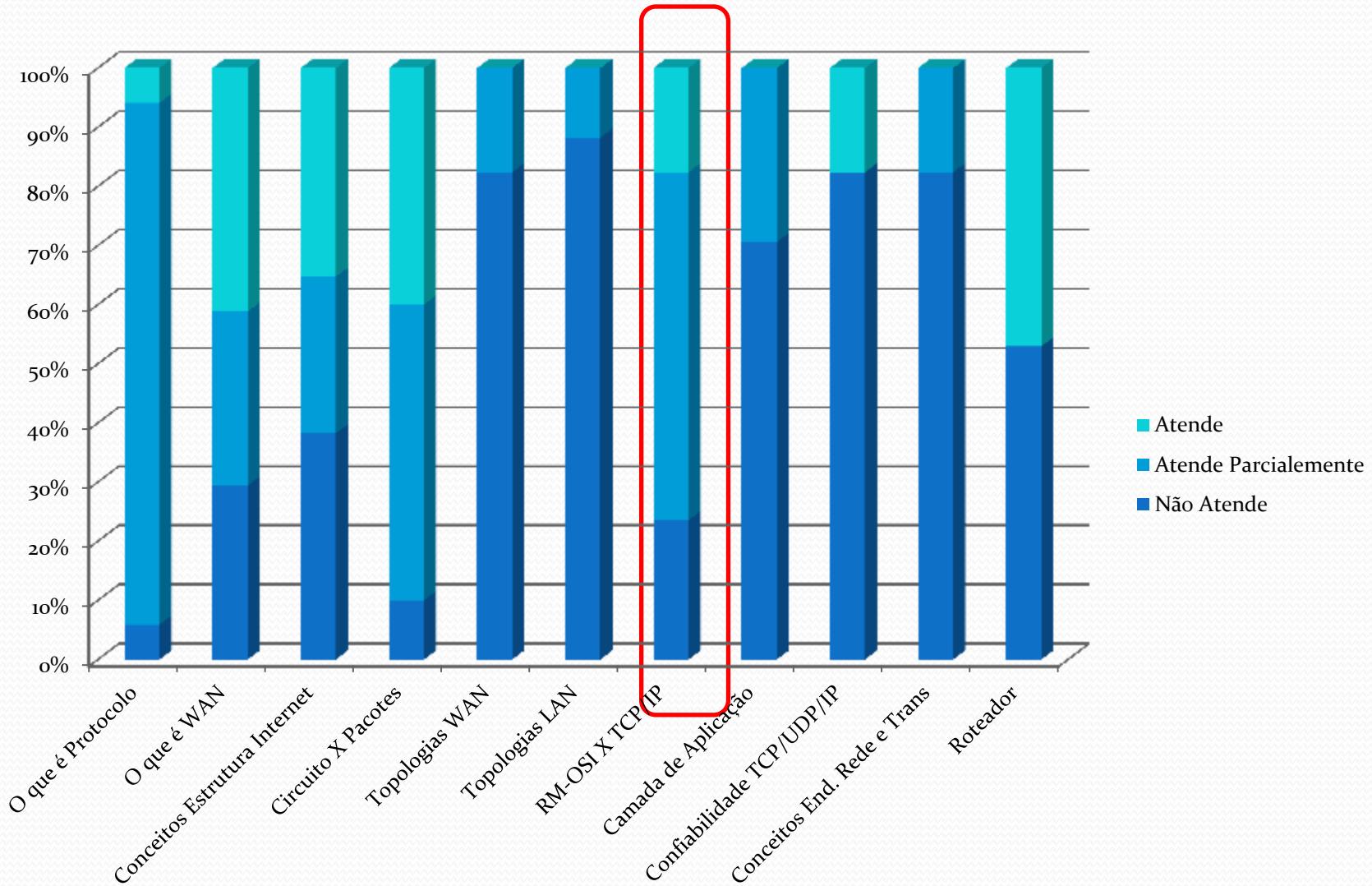


Capítulo 3

Arquiteturas de Redes de Computadores

Prof. Roberto Willrich
INE - UFSC
willrich@inf.ufsc.br

Da aferição do conhecimento dos alunos



Cap 3. Arquiteturas de Redes de Computadores

- **Estruturação do projeto de redes**
 - Conceito de camadas
- **Arquiteturas Proprietárias e Abertas**
- **Arquitetura RM-OSI**
- **Arquitetura Internet**
- **Comparação entre RM-OSI e Internet**

Estruturação do projeto de redes

As redes são complexas!

- muitos componentes:
 - hospedeiros
 - roteadores
 - enlaces de vários meios físicos
 - aplicações
 - protocolos
 - hardware, software

Pergunta:

- Existe esperança de *organizar* a estrutura da rede?

Organização da viagem aérea

passagem (comprar)

bagagem (verificar)

portões (embarcar)

decolagem na pista

rota da aeronave

passagem (reclamar)

bagagem (retirar)

portões (desembarcar)

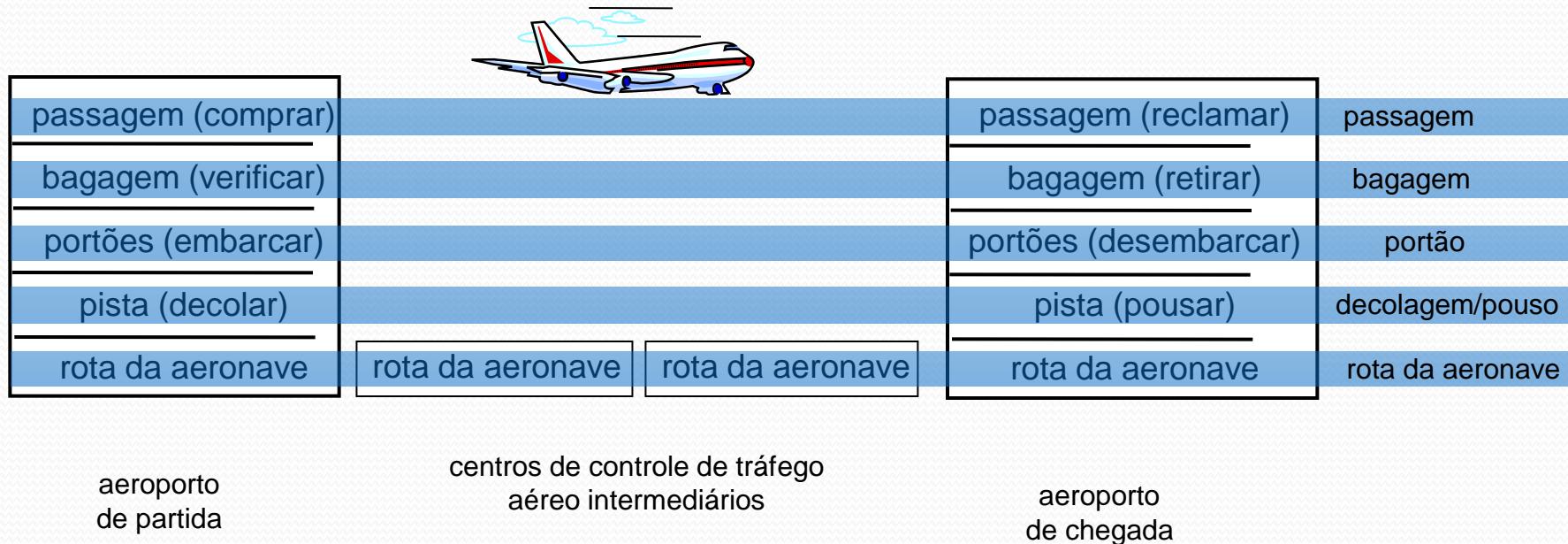
pouso na pista

rota da aeronave

rota da aeronave

- uma série de passos

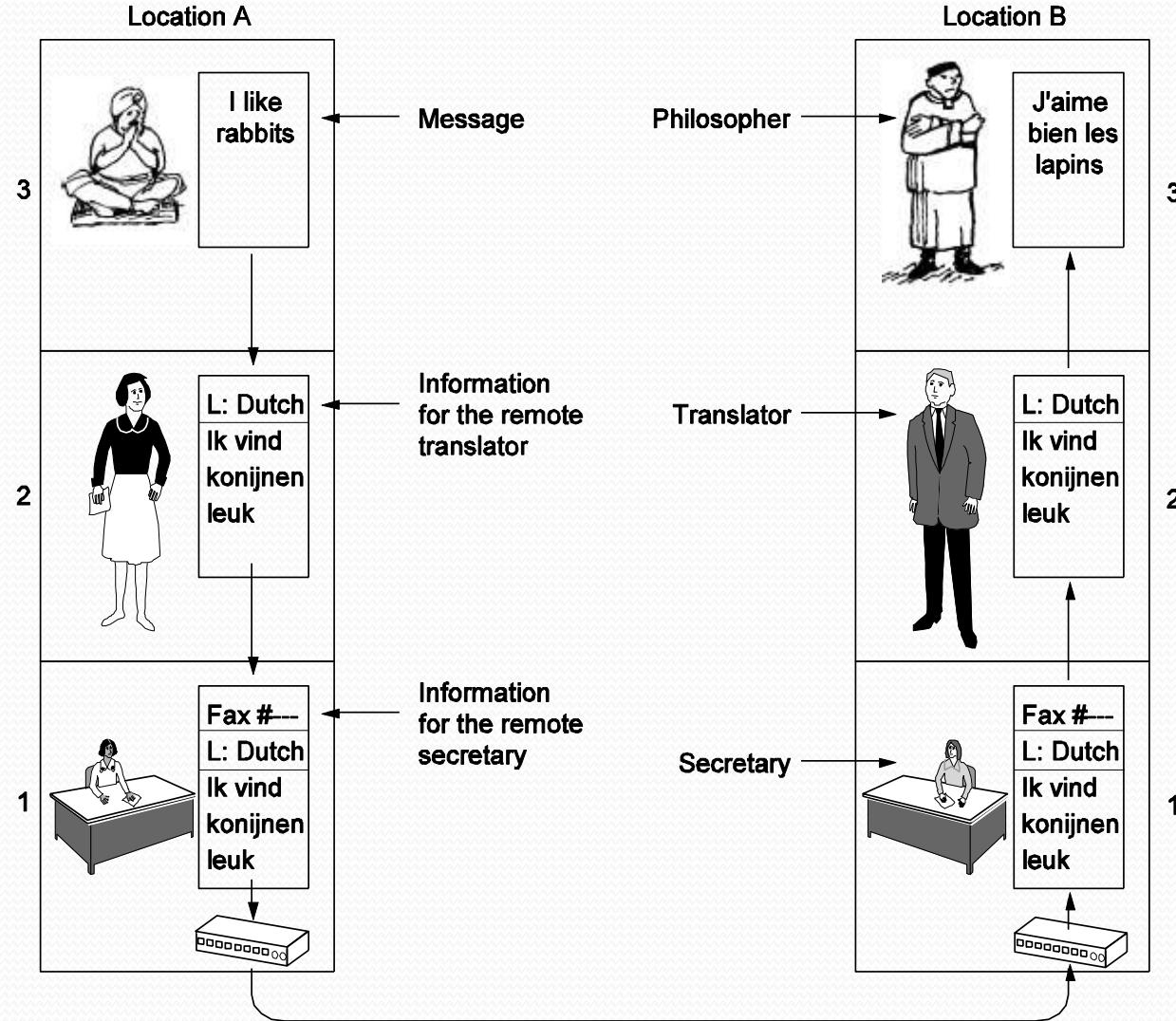
Camadas de funcionalidade da viagem



Camadas: cada camada implementa um serviço

- por meio de suas próprias ações da camada interna
- contando com serviços fornecidos pela camada abaixo

Analogia: Filósofo-tradutor-secretária



Estruturação do projeto de redes

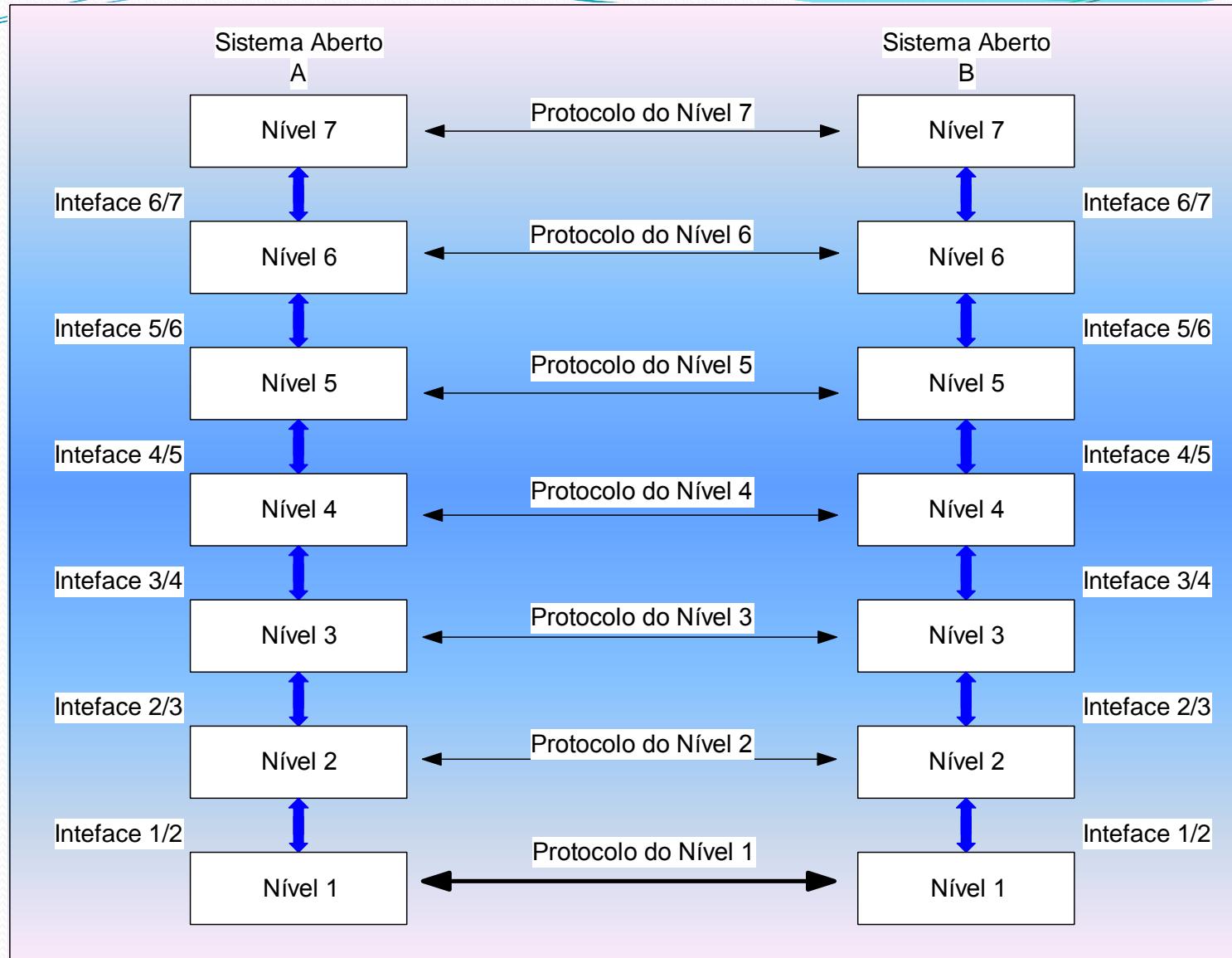
- **Da experiência obtida no projeto de redes**
 - vários princípios surgiram
 - possibilitando que novos projetos fossem desenvolvidos de uma forma mais estruturada que os anteriores.
- **Estruturação da Rede**
 - Destacou-se a ideia de estruturar a rede como um conjunto de **camadas hierárquicas**
 - cada camada sendo construída utilizando as funções e serviços oferecidos pelas camadas inferiores

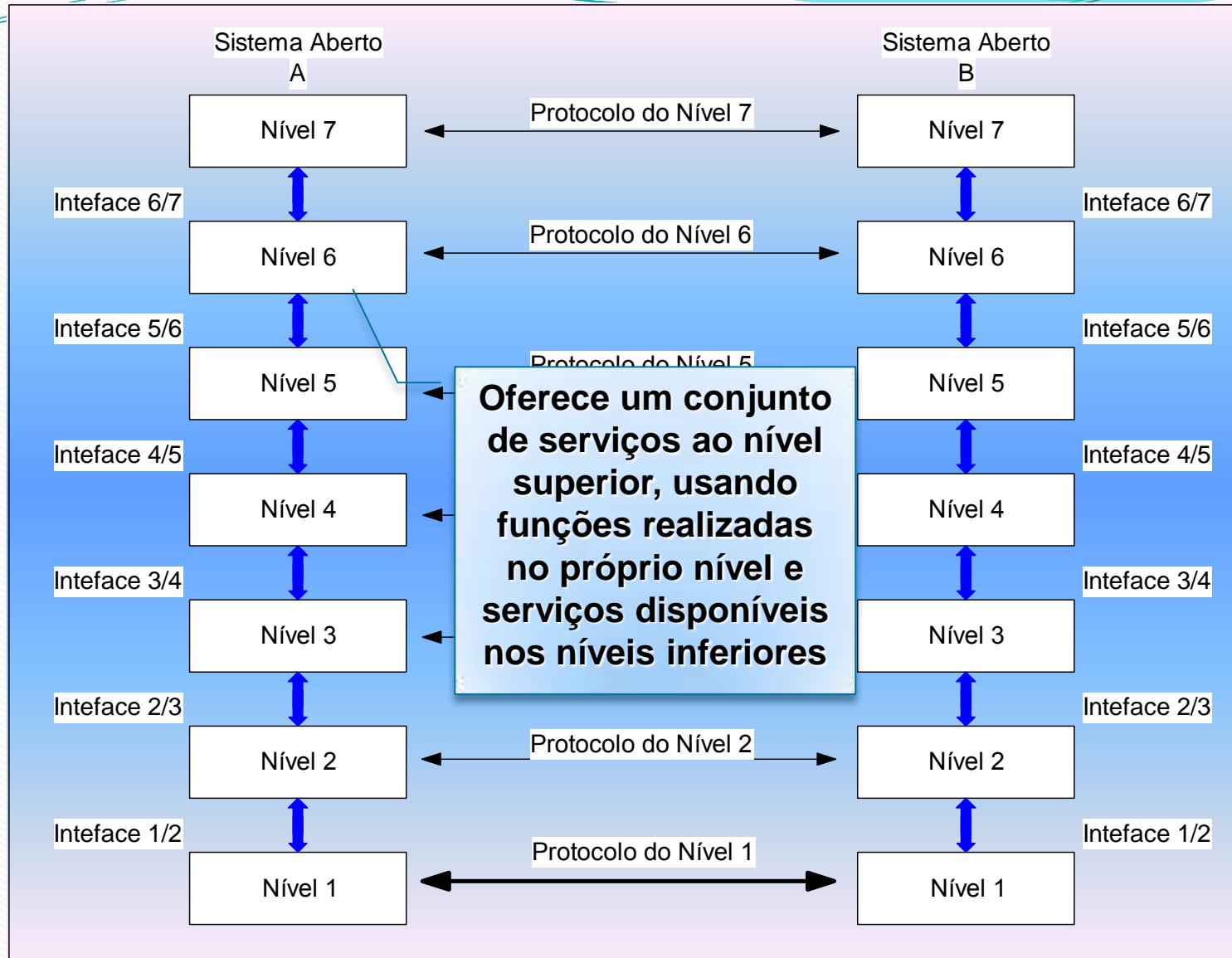
Por que usar camadas?

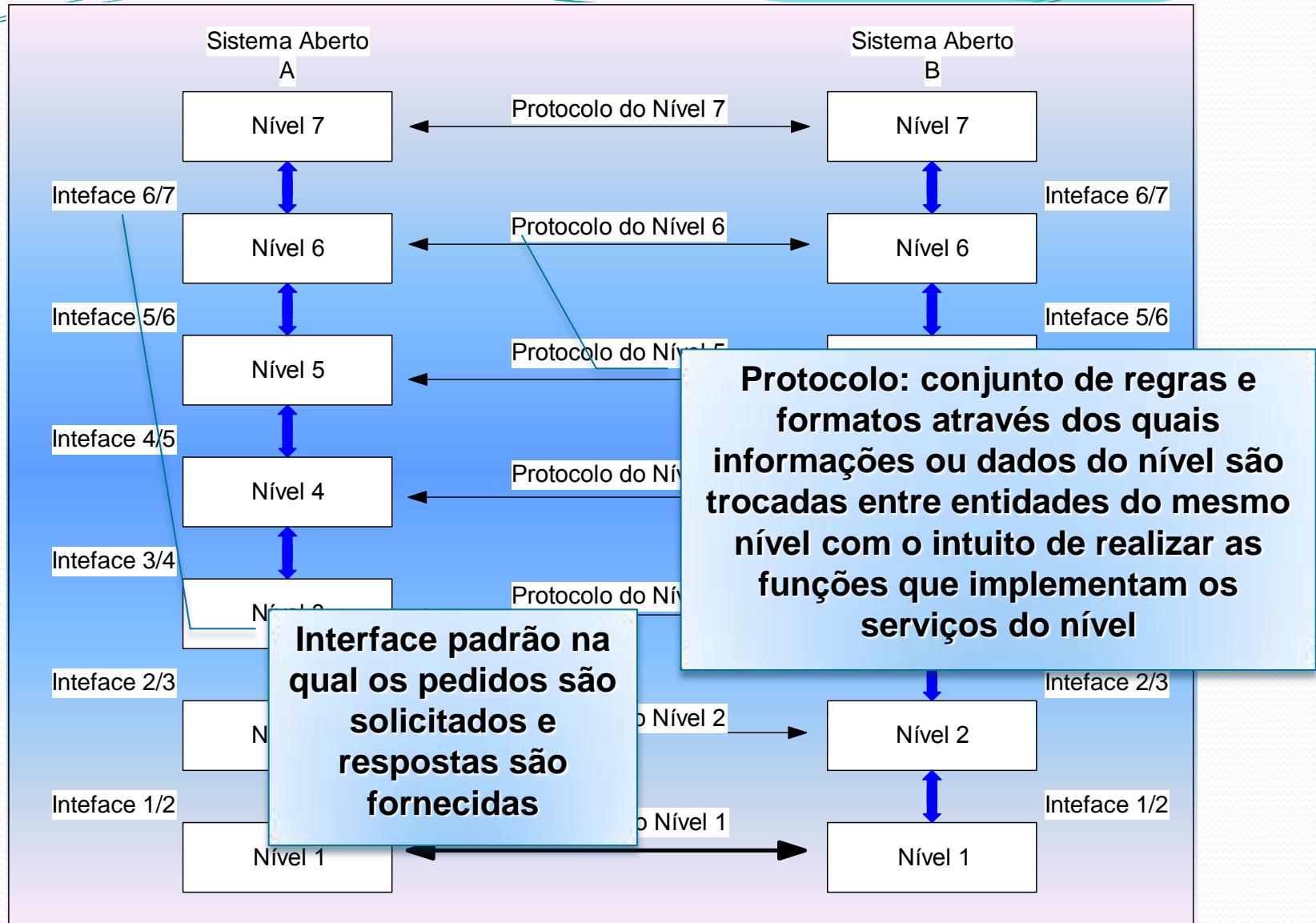
- **Lidando com sistemas complexos:**
 - Estrutura explícita permite identificação e relação entre partes complexas do sistema
 - **modelo de referência** em camadas para discussão
 - Modularização facilita manutenção e atualização do sistema
 - mudança de implementação do serviço da camada transparente ao restante do sistema
 - p. e., mudanças no procedimento de porta não afeta o restante do sistema
 - Uso de camadas considerado prejudicial?

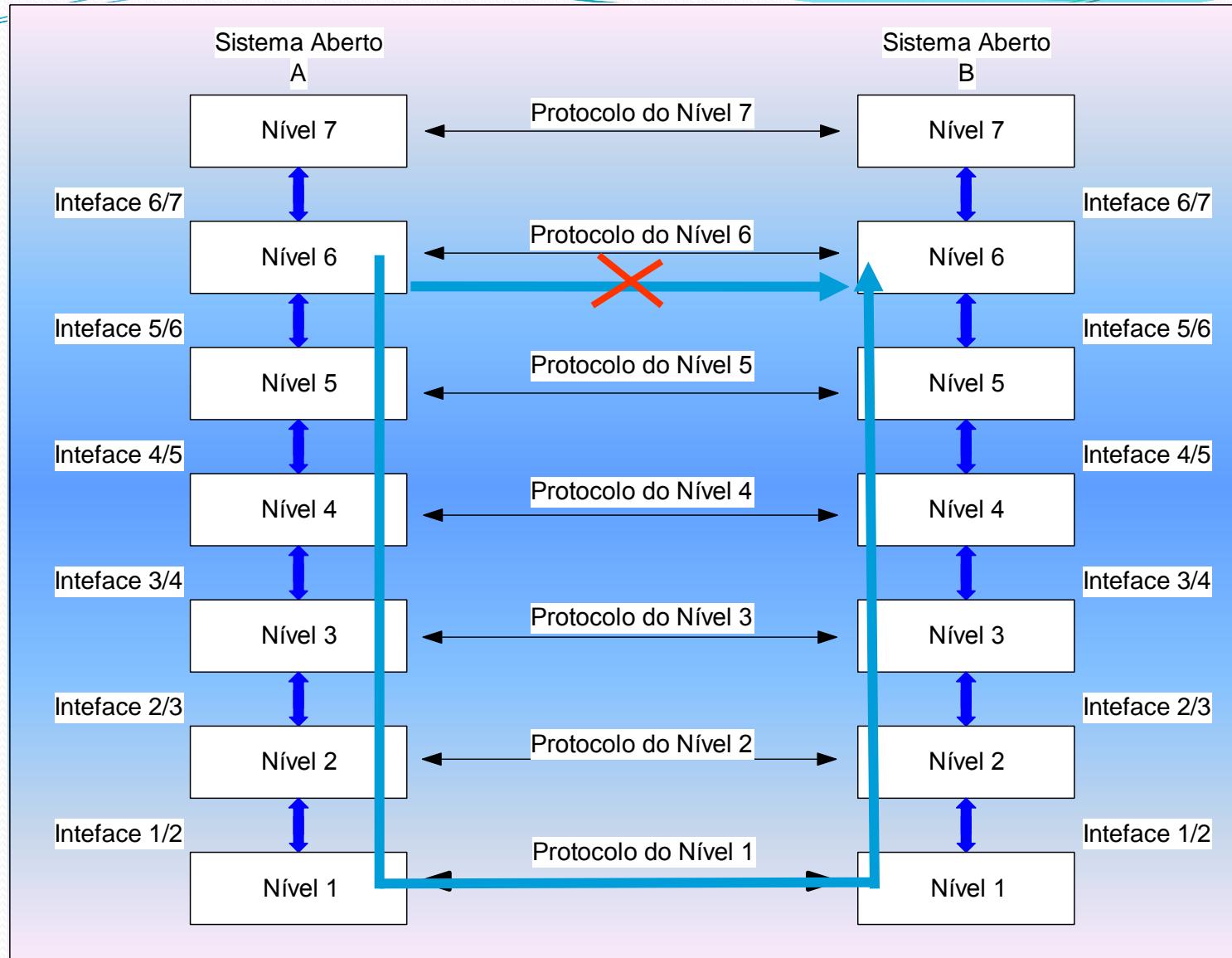
Conceito de Camada

- **Conceito de Camada (ou Nível)**
 - Cada camada deve ser pensada como um programa ou processo que se comunica com o processo correspondente na mesma ou em outra máquina
 - implementando por hardware ou software
- **Protocolo de nível N**
 - regras que governam a conversação de um nível N qualquer









Conceito de Camada

- **Protocolo de nível N**

- É um conjunto de regras e formatos (semântica e sintaxe)
 - através dos quais informações ou dados de nível N são trocados entre as entidades de nível N com o intuito de realizar as funções que implementam os serviços do nível N
 - Um ou mais protocolos podem ser definidos em um nível.

- **Interface**

- Permite que uma alteração na implementação de um nível pode ser realizada sem causar impacto na estrutura global

Arquiteturas proprietárias e abertas

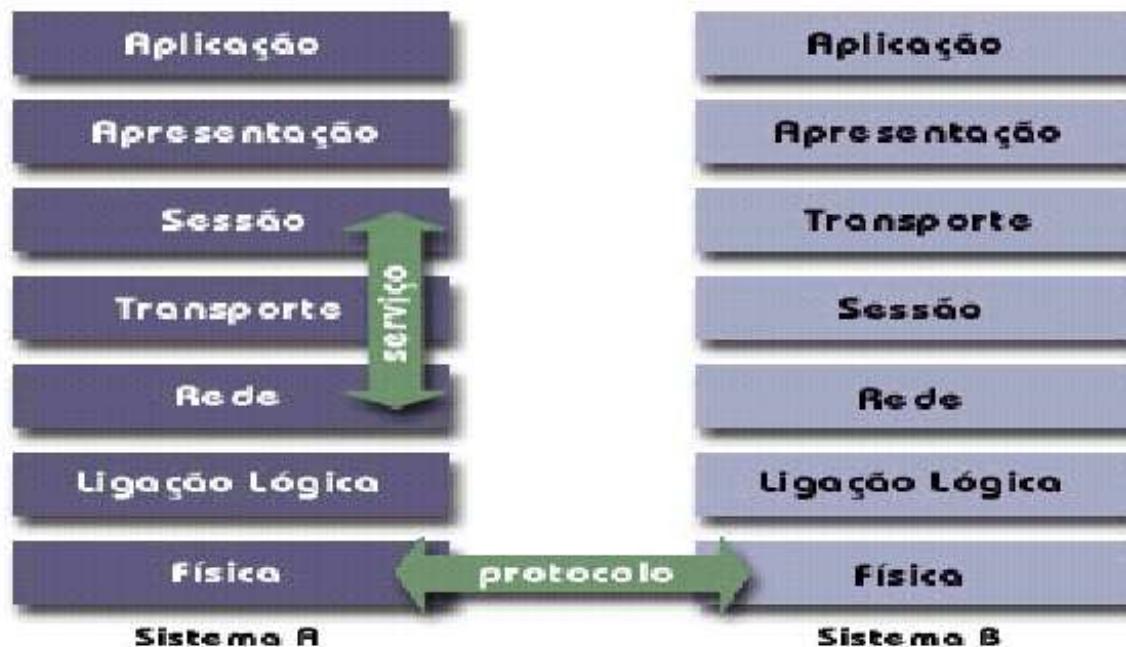
- Existiram diferentes arquiteturas de redes
 - número, nome, conjunto de funções e serviços, e o protocolo de cada camada variam de uma arquitetura de rede para outra
- No início
 - Cada fabricante desenvolveu sua própria arquitetura
 - de modo que seus computadores pudessem trocar informações entre si
 - Essas arquiteturas são denominadas **proprietárias**
 - pois são controladas por uma única entidade: o vendedor
- Para permitir o intercâmbio de informações entre computadores de fabricantes distintos
 - tornou-se necessário definir uma *arquitetura única*
 - arquitetura teria que ser **aberta** e pública.
 - para garantir que nenhum fabricante levasse vantagem em relação aos outros

Arquiteturas Abertas

- **Modelo de Referência OSI (RM-OSI)**
 - Modelo a 7 camadas
 - Aplicação, apresentação, sessão, transporte, rede, enlace e física
- **Arquitetura Internet (TCP/IP)**
 - Modelo a 5 camadas
 - Aplicação, transporte, rede, enlace e física

• Arquitetura aberta da ISO

- International Organization for Standardization (ISO) definiu o modelo Reference Model for Open Systems Interconnection (OSI)
 - propõe uma estrutura com sete níveis como referencial para a arquitetura dos protocolos de redes de computadores



Arquitetura TCP/IP

- **Arquitetura Internet (TCP/IP)**

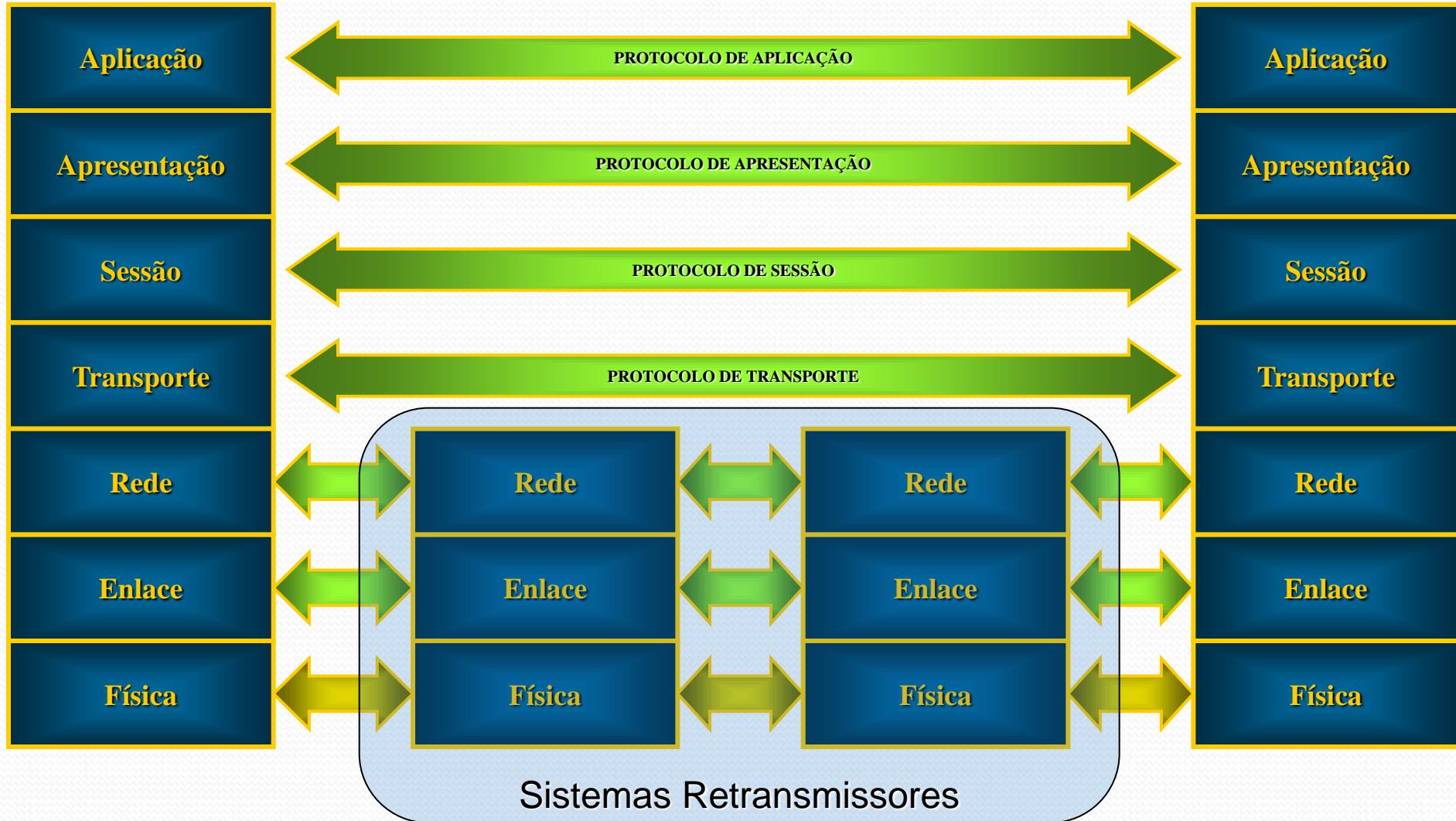
- Proposta pela IETF (Internet Engineering Task Force)
 - Comissão de padronização da Internet
 - Padrões são RFCs (Request For Comments)
 - Versões iniciais são Internet Drafts
- Arquitetura importante no contexto de interconexão de redes heterogêneas
 - Baseia-se na família de protocolos TCP/IP
 - Modelo a 5 camadas



Modelo RM-OSI da ISO

- **Não é uma especificação completa**
 - RM-OSI fornece um esquema conceitual
 - que permite que equipes de especialistas trabalhem de forma independente no desenvolvimento de padrões para cada uma das camadas
- **Não garante interoperabilidade**
 - Fato de dois sistemas distintos seguirem o RM-OSI não garante que eles possam trocar informações entre si
 - pois o modelo permite que sejam usadas diferentes opções de serviços/protocolos para as várias camadas
 - porque as opções adotadas são incompatíveis
 - Para garantir interoperabilidade
 - é necessário que escolham opções compatíveis de serviço/protocolo para todas as camadas do modelo

Modelo RM-OSI



Nível Físico

- **Objetivo**

- fornece as características mecânicas, elétricas, óticas, funcionais e de procedimento para ativar, manter e desativar conexões físicas
 - para a transmissão de bits entre entidades de nível de enlace (ou ligação)

- **Unidade de dados do nível físico**

- um bit (em uma transmissão serial) ou
- n bits (em uma transmissão paralela)

Aplicação

Apresentação

Sessão

Transporte

Rede

Enlace

Física

Nível Físico

- **Função básica**

- Permitir o envio de uma cadeia de bits pela rede
 - sem se preocupar com o seu significado ou com a forma como esses bits são agrupados
- Não é função desse nível tratar de problemas tais como erros de transmissão

Aplicação

Apresentação

Sessão

Transporte

Rede

Enlace

Física

Nível de Enlace de Dados

- **Objetivo**

- detectar e opcionalmente corrigir erros que por ventura ocorram no nível físico
- converter um canal de transmissão não confiável em um canal confiável para o uso do nível de rede (caso haja correção de erros)

- **Técnica de detecção de erros**

- partição da cadeia de bits a serem enviados no nível físico em quadros (frames)
 - cada um contendo alguma forma de redundância para detecção de erros (não para correção)
 - Correção do erro é opcional neste nível
- nível de enlace deve criar e reconhecer os limites dos quadros

Aplicação

Apresentação

Sessão

Transporte

Rede

Enlace

Física

Nível de Enlace de Dados

- **Controle de Fluxo**

- Objetivo é evitar que o transmissor envie ao receptor mais dados do que este tem condições de processar
- Controle de fluxo possibilita ao transmissor saber qual é o espaço disponível no buffer do receptor em um dado momento



Nível de Rede

- **Objetivo**

- fornecer ao nível de transporte uma independência quanto a considerações de como levar a informação da origem ao destino (roteamento)

- **Em redes ponto-a-ponto**

- Nível de rede está ligado ao roteamento e seus efeitos (p.e. controle de congestionamento)

- **Em redes tipo difusão (única rota)**

- Nível de rede torna-se irrelevante

Aplicação

Apresentação

Sessão

Transporte

Rede

Enlace

Física

Nível de Rede

- **Duas filosofias de serviço**

- Serviço de Datagrama (sem conexão)
 - Um pacote não tem relação alguma de passado ou futuro com qualquer outro pacote
 - Pacote deve carregar seu endereço de destino
 - Roteamento é calculado toda vez que um pacote tem que ser encaminhado por um nó da rede (roteador)



Nível de Rede

- **Duas filosofias de serviço**

- Serviço de Circuito Virtual (com conexão)
 - É necessário que o transmissor estabeleça uma conexão (circuito) antes de enviar os dados
 - a cada conexão é dado um número, correspondente ao circuito, para uso pelos pacotes subsequentes com o mesmo destino



Nível de Transporte

- **Nível de Rede**

- não garante que um pacote chegue a seu destino ou mesmo chegar fora da seqüência original de transmissão

- **Objetivo do Nível de Transporte**

- fornecer uma comunicação fim a fim confiável
- isolar dos níveis superiores a parte de transmissão da rede



Nível de Transporte

- **Comunicação é fim a fim**

- entidade do nível de transporte da máquina de origem se comunica com a entidade do nível de transporte da máquina de destino



Nível de Transporte

- **Multiplexação**

- Várias conexões de transporte partilhando a mesma conexão de rede
 - uma conexão de transporte normalmente não gera tráfego suficiente para ocupar toda a capacidade da conexão de rede por ela utilizada

- **Splitting de conexões**

- Uma conexão de transporte ligada a várias conexões de rede
 - utilizado para aumentar a vazão de uma conexão de transporte através do uso de várias conexões de rede simultaneamente



Nível de Transporte

- **Controle de fluxo**

- Algum mecanismo deve ser fornecido de modo a evitar que o transmissor envie mensagens numa taxa maior do que a capacidade que o receptor tem de recebê-las
 - Não existe espaço de armazenamento infinito



Nível de Sessão

- **Objetivo**

- fornecer mecanismos que permitam estruturar os circuitos oferecidos pelo nível de transporte

- **Principais serviços fornecidos**

- gerenciamento de token,
- controle de diálogo, e
- gerenciamento de atividades.



Nível de Sessão

- **Token**

- Permite transformar uma transmissão full-duplex em half-duplex
 - Apenas o possuidor do token pode transmitir
- Nível de sessão fornece mecanismos para gerenciar a posse e transferência do token entre as entidades de aplicação que estão utilizando o serviço



Nível de Sessão

- **Ponto de sincronização**

- uma marca lógica posicionada ao longo do diálogo entre dois usuários do serviço de sessão
- Se por algum motivo a conexão for interrompida e depois restabelecida
 - os usuários podem retomar o diálogo a partir do último ponto de sincronização confirmado



Nível de Sessão

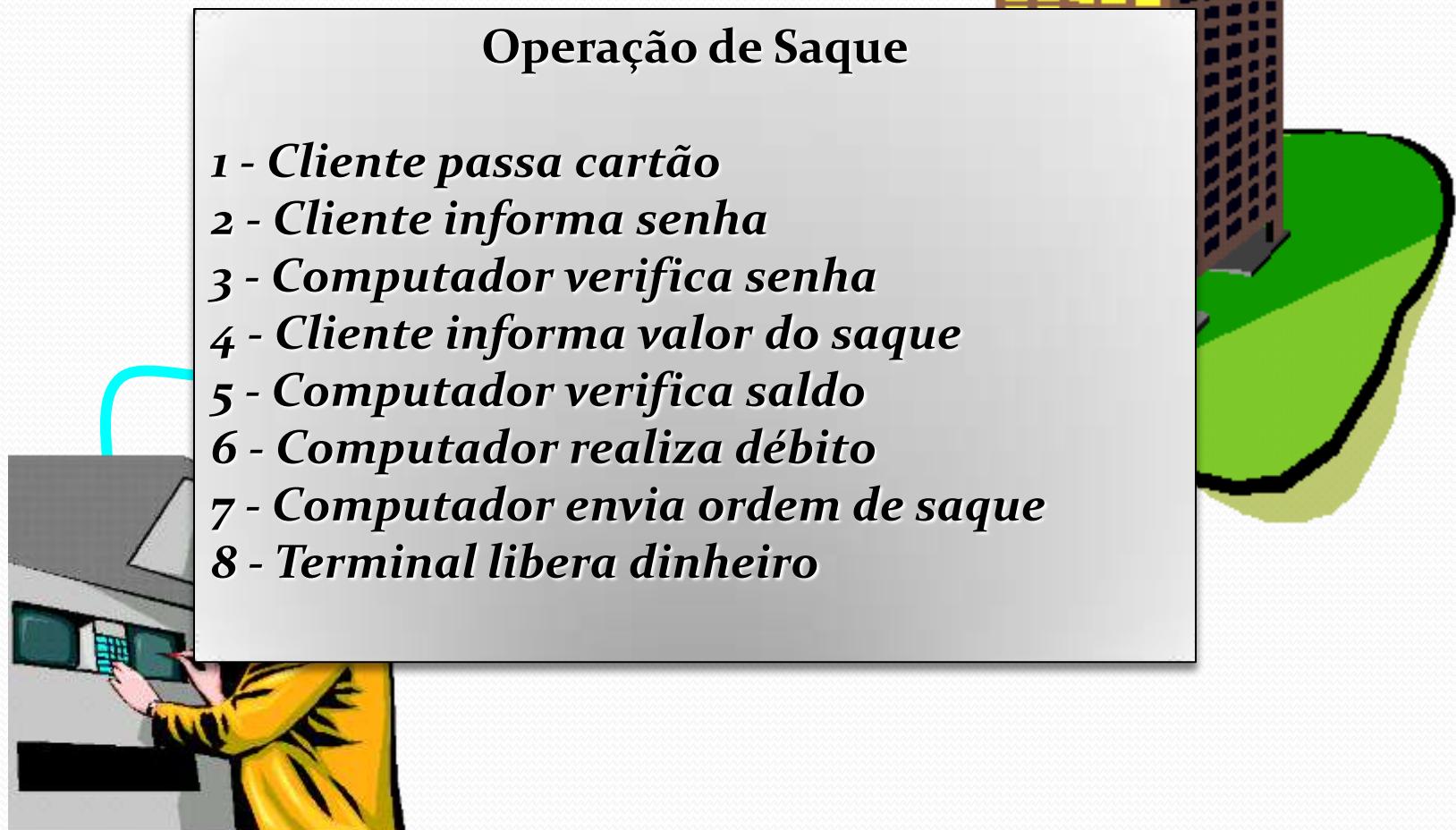
• Conceito de Atividade

- Torna possível aos usuários do serviço de sessão distinguir partes do intercâmbio de dados, denominadas atividades
 - Cada atividade pode consistir em uma ou mais unidades de diálogo.
- Motivação
 - Objetiva suportar o conceito de “atomicidade” na comunicação
 - Em determinadas aplicações, existem sequências de tarefas que, ou são realizadas por completo, ou não são realizadas
 - Exemplo: Transações Bancárias



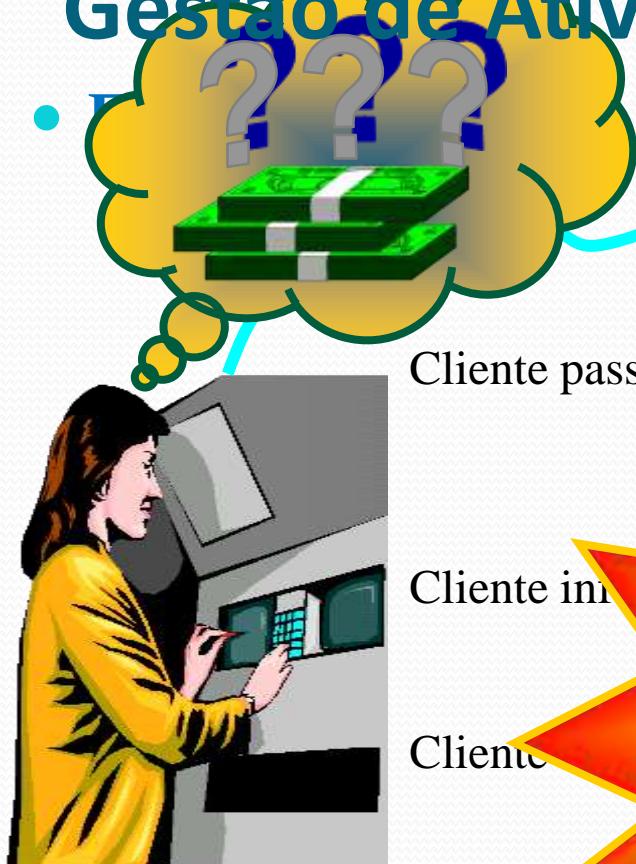
Gestão de Atividades

- Exemplo



Gestão de Atividades

-



Cliente passa cartão

Cliente insere senha

Cliente

Cliente passa cartão

Cliente insere senha

verifica saldo,
tira e autoriza
do dinheiro

**QUEDA DA
COMUNICAÇÃO**



Nível de Apresentação

- **Objetivo**

- realizar transformações adequadas nos dados antes de seu envio ao nível de sessão
 - compressão, criptografia, conversão de padrões de terminais e arquivos para padrões de rede e vice-versa
 - deve conhecer a sintaxe do sistema local e de transferência

- **Serviços oferecidos**

- transformação de dados,
- formatação de dados,
- seleção de syntaxes, e
- estabelecimento e manutenção de conexões de apresentação



Nível de Aplicação

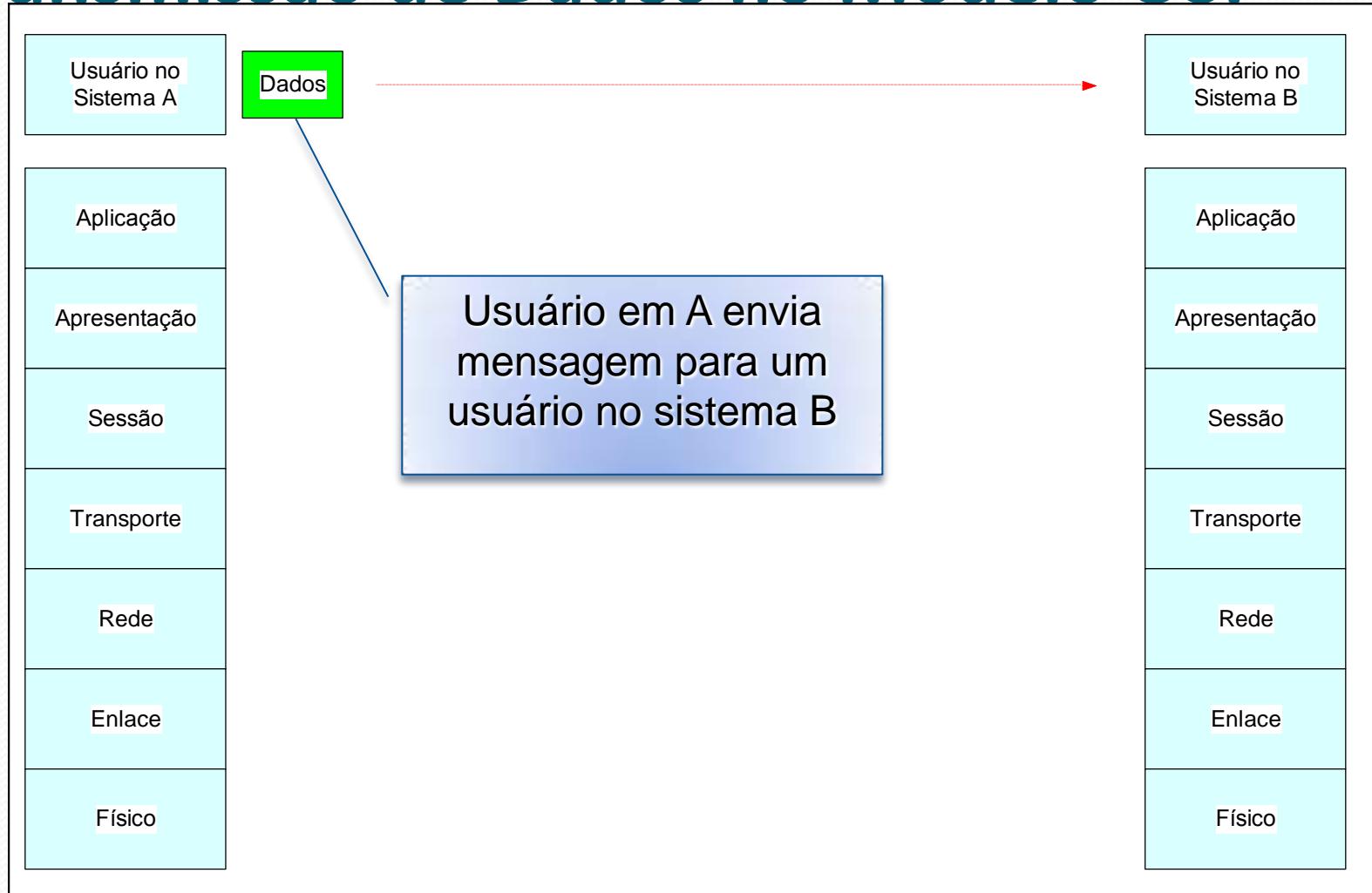
- **Objetivo**

- oferecer aos processos de aplicação os meios para que estes utilizem o ambiente de comunicação OSI
- são definidas funções de gerenciamento e mecanismos genéricos que servem de suporte à construção de aplicações distribuídas

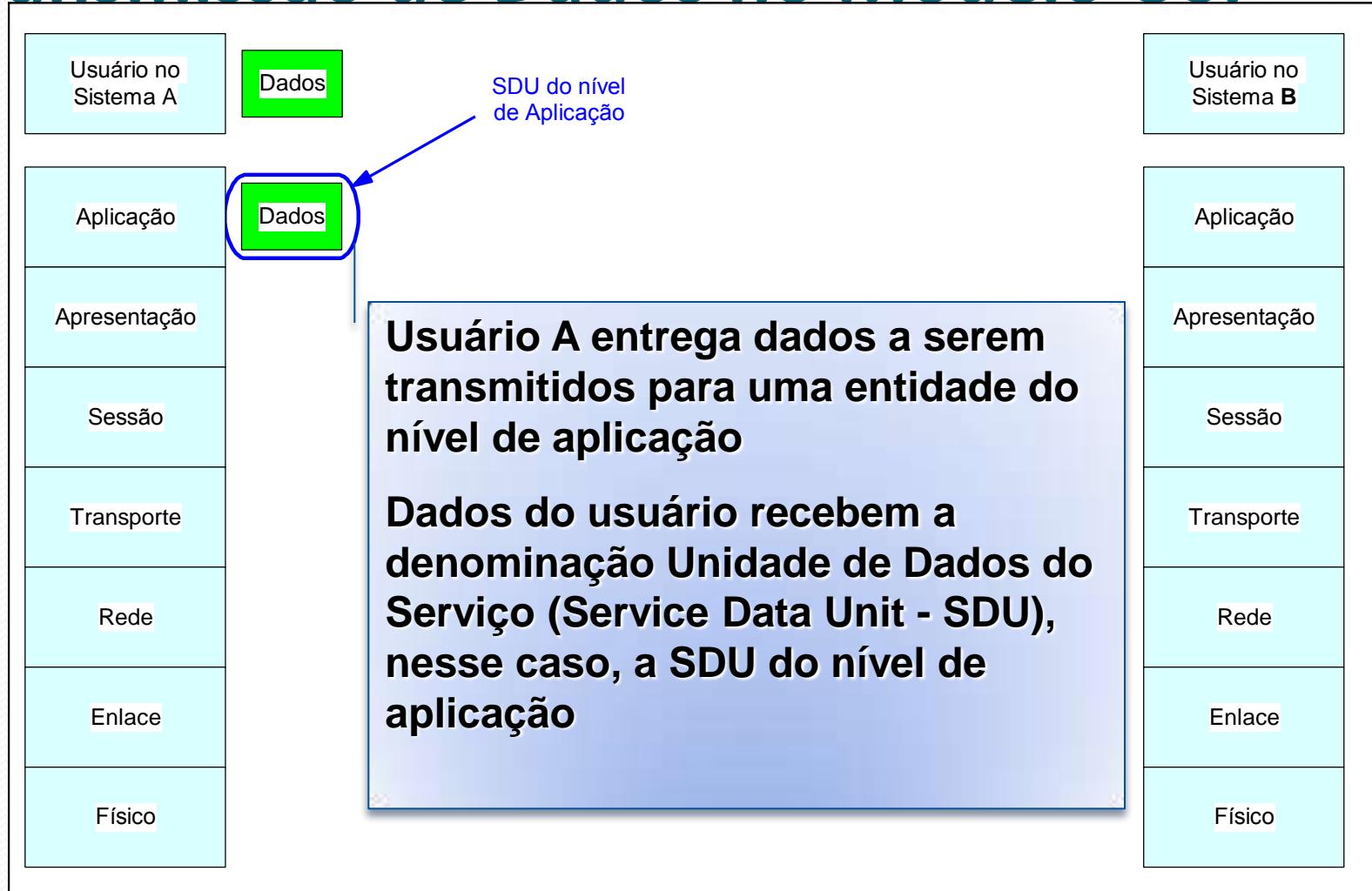


Transmissão de Dados no Modelo OSI

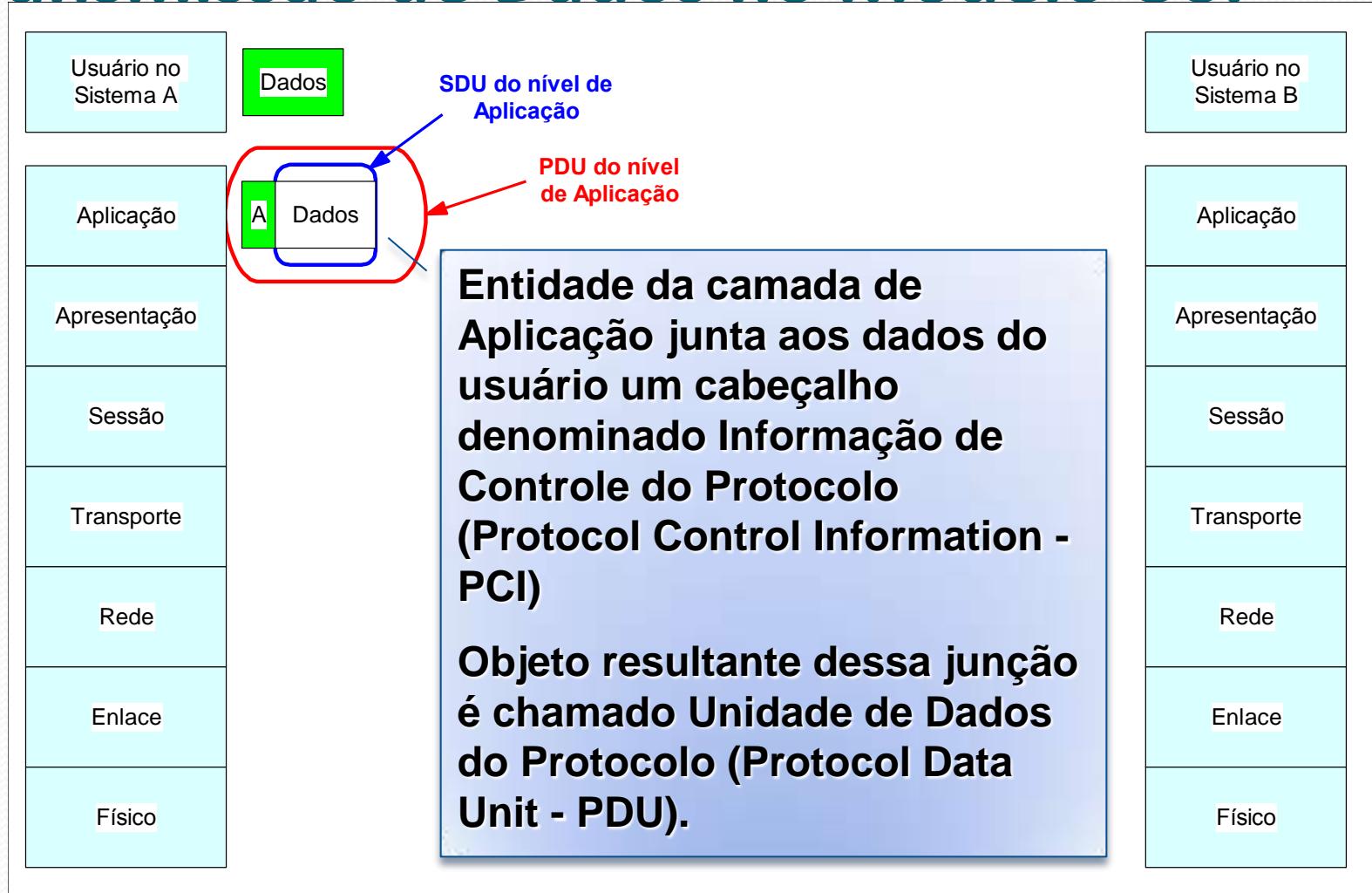
Transmissão de Dados no Modelo OSI



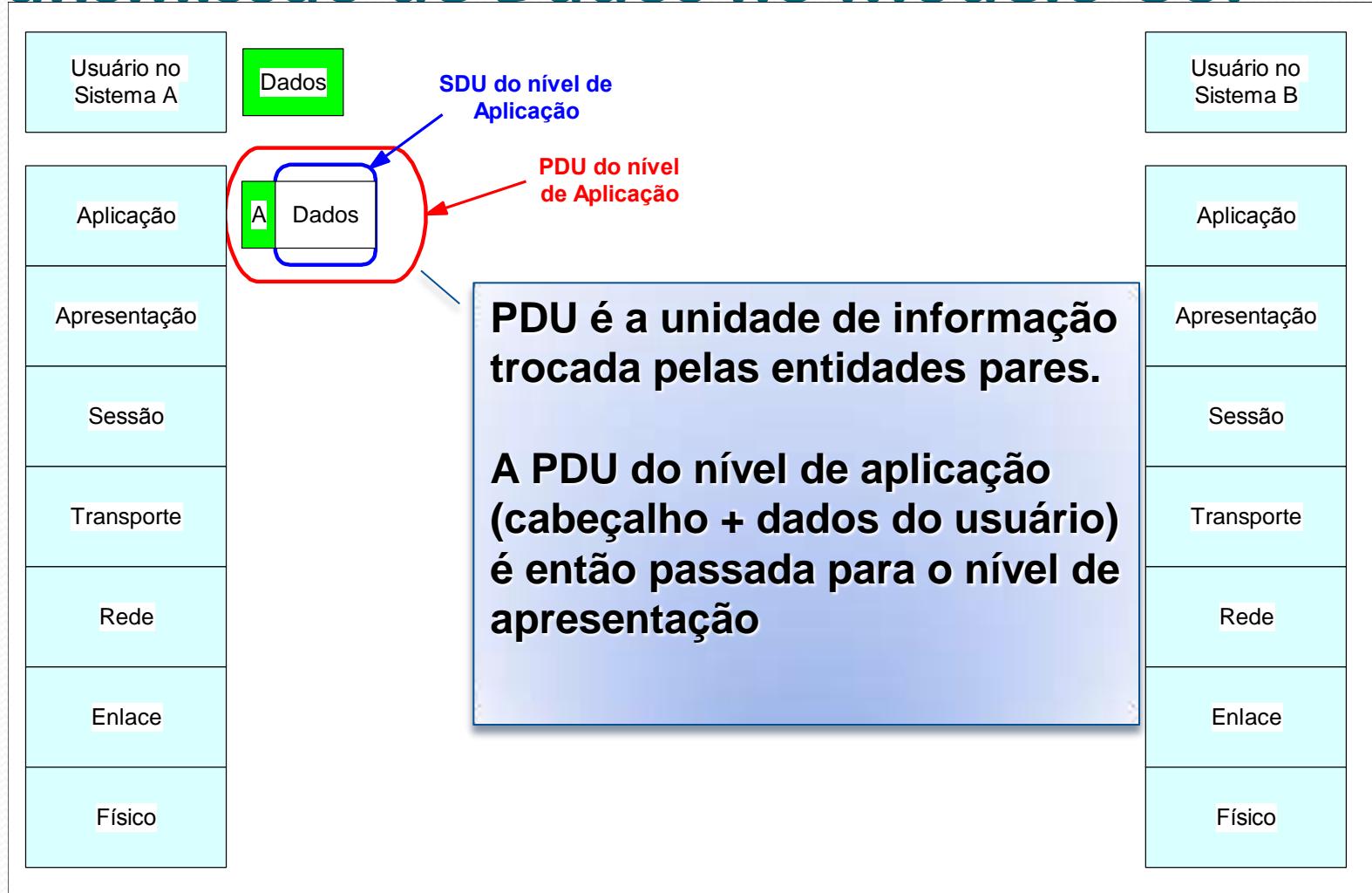
Transmissão de Dados no Modelo OSI



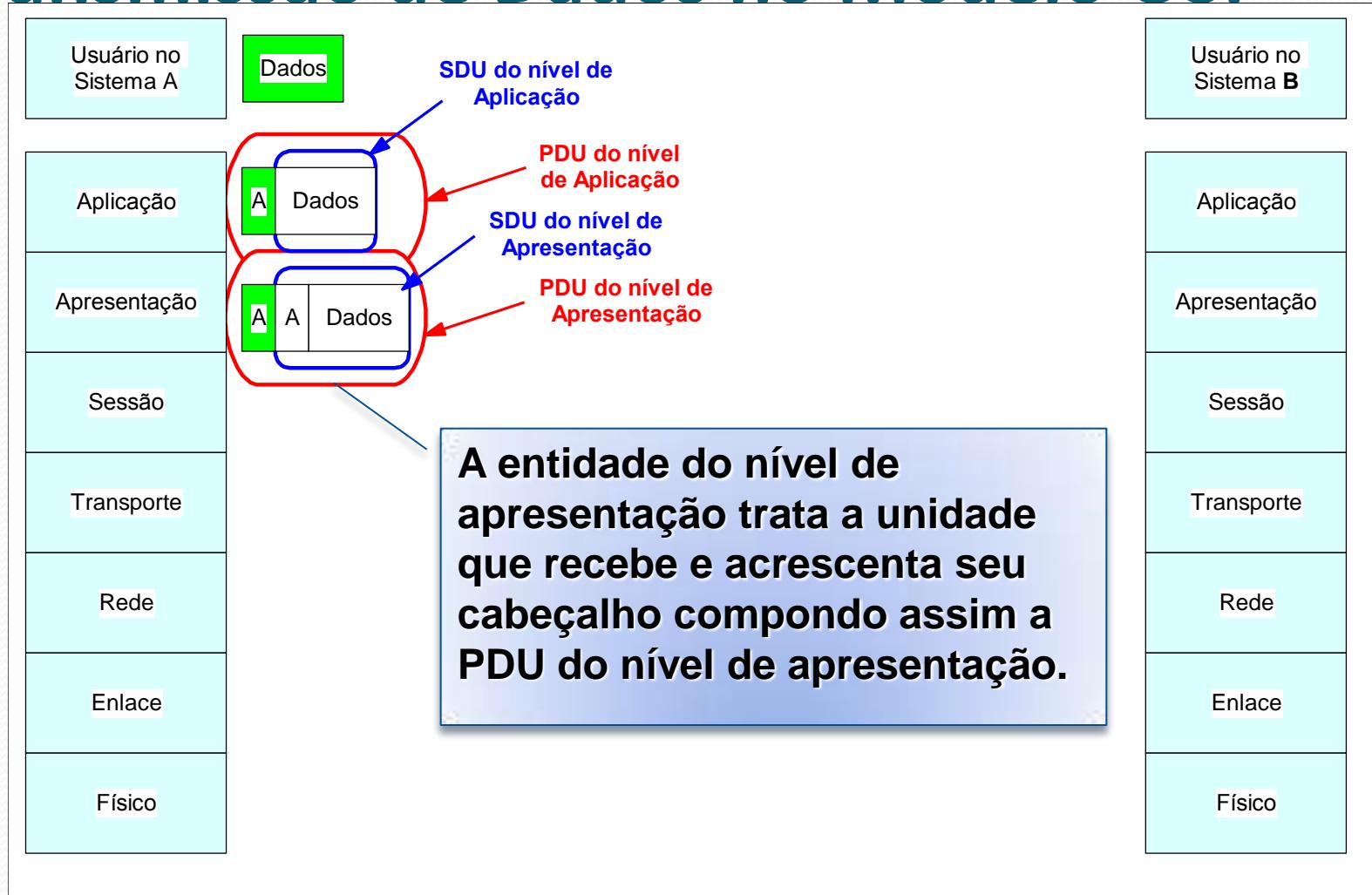
Transmissão de Dados no Modelo OSI



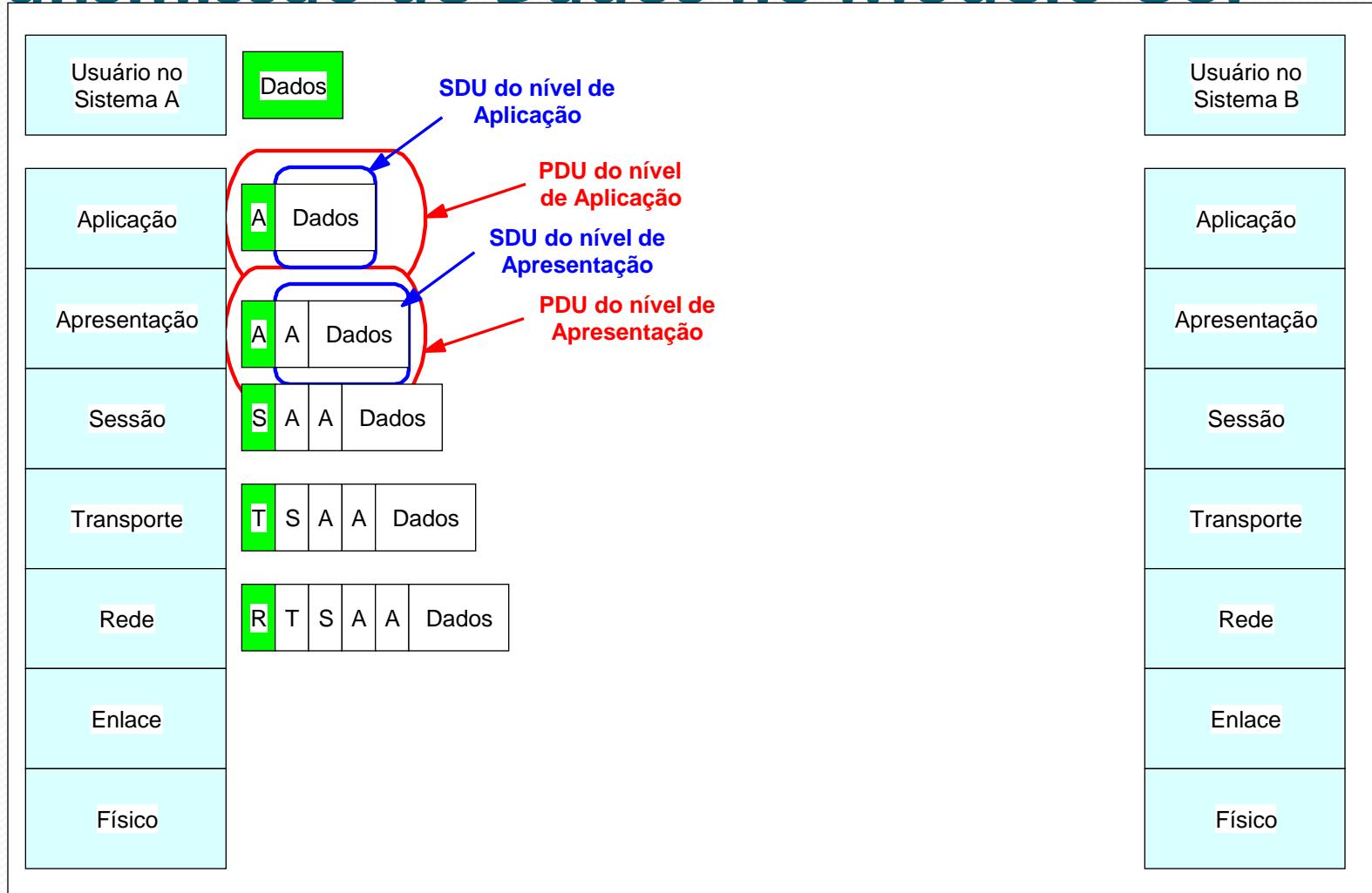
Transmissão de Dados no Modelo OSI



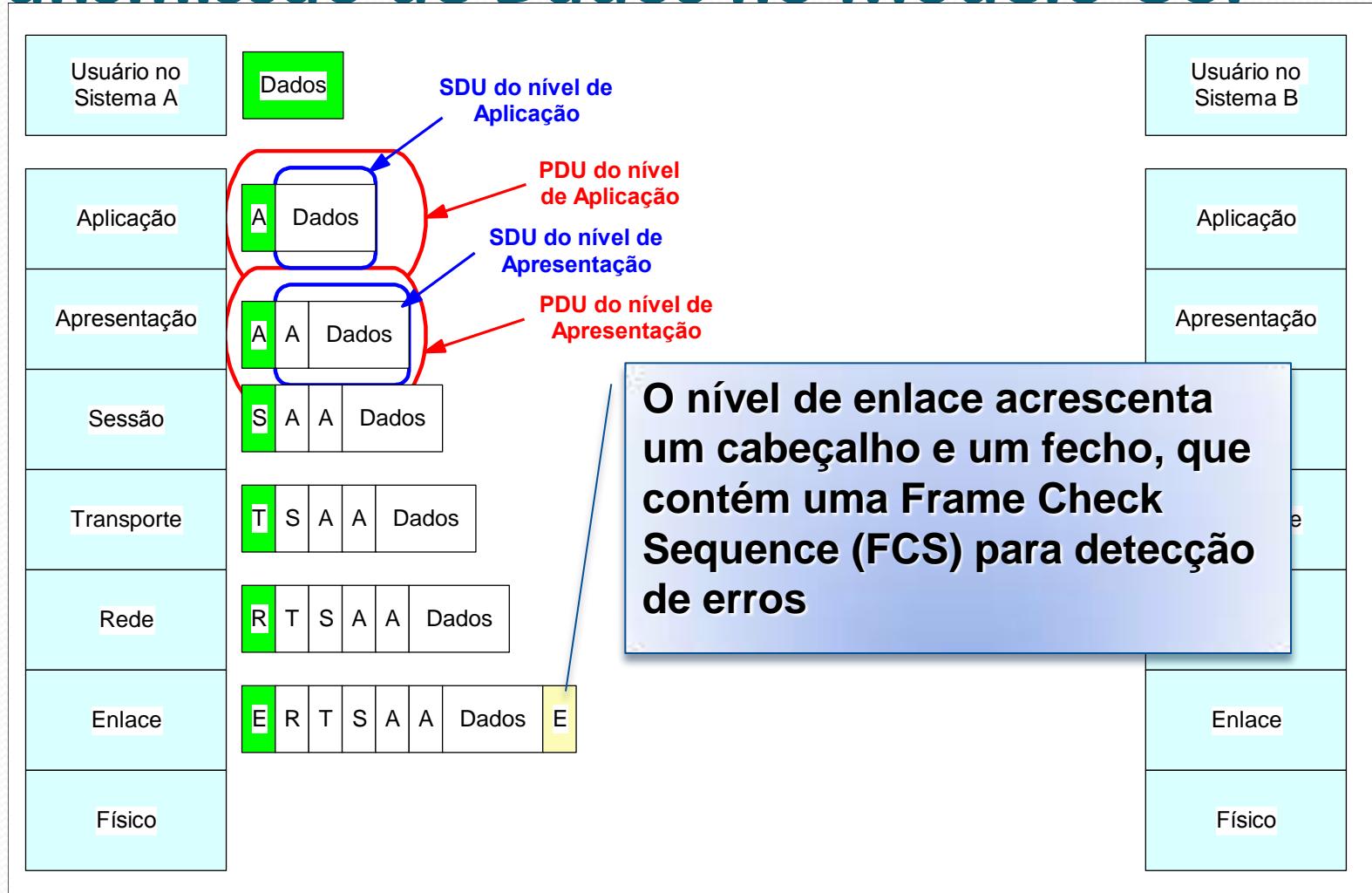
Transmissão de Dados no Modelo OSI



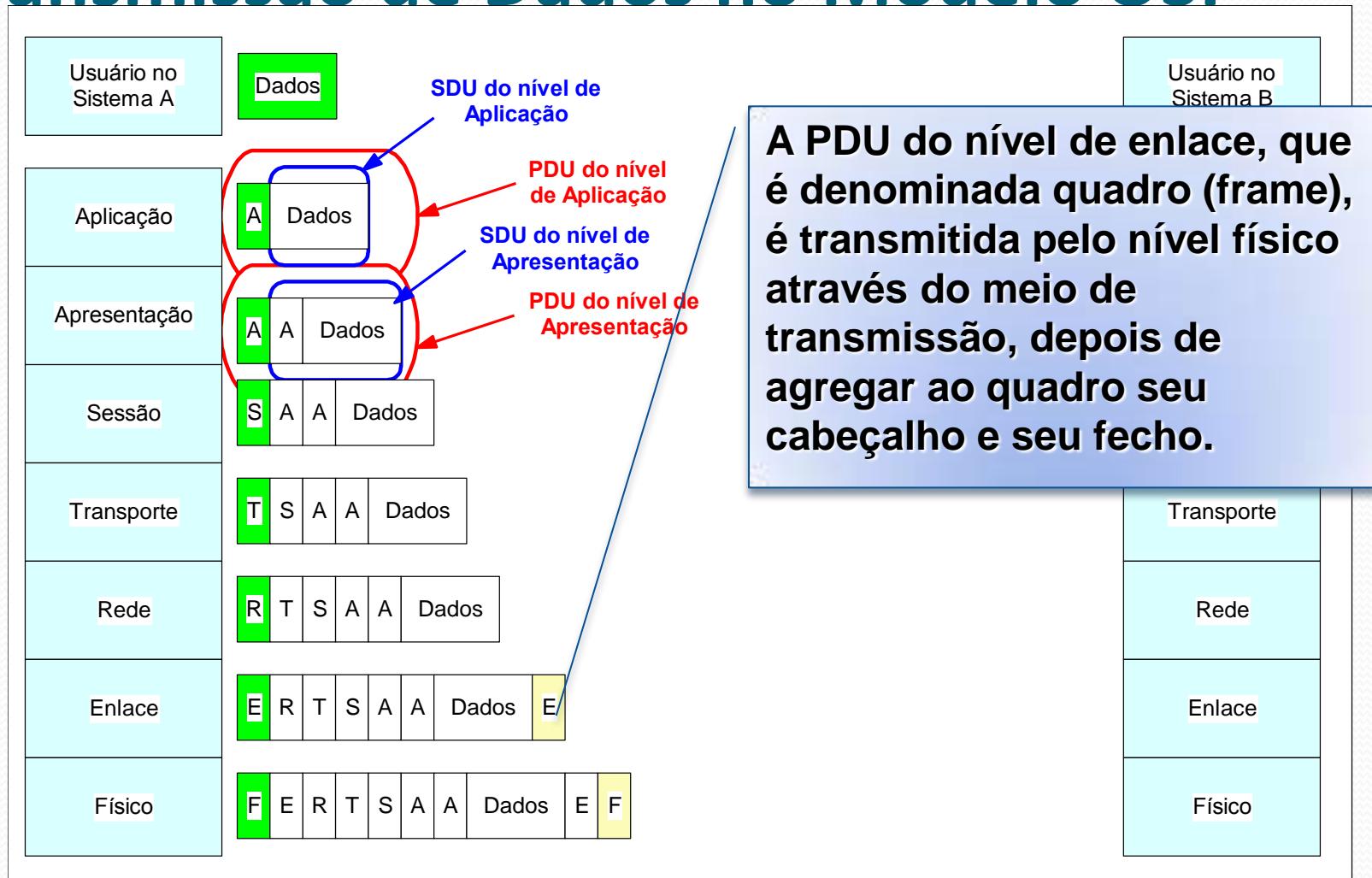
Transmissão de Dados no Modelo OSI



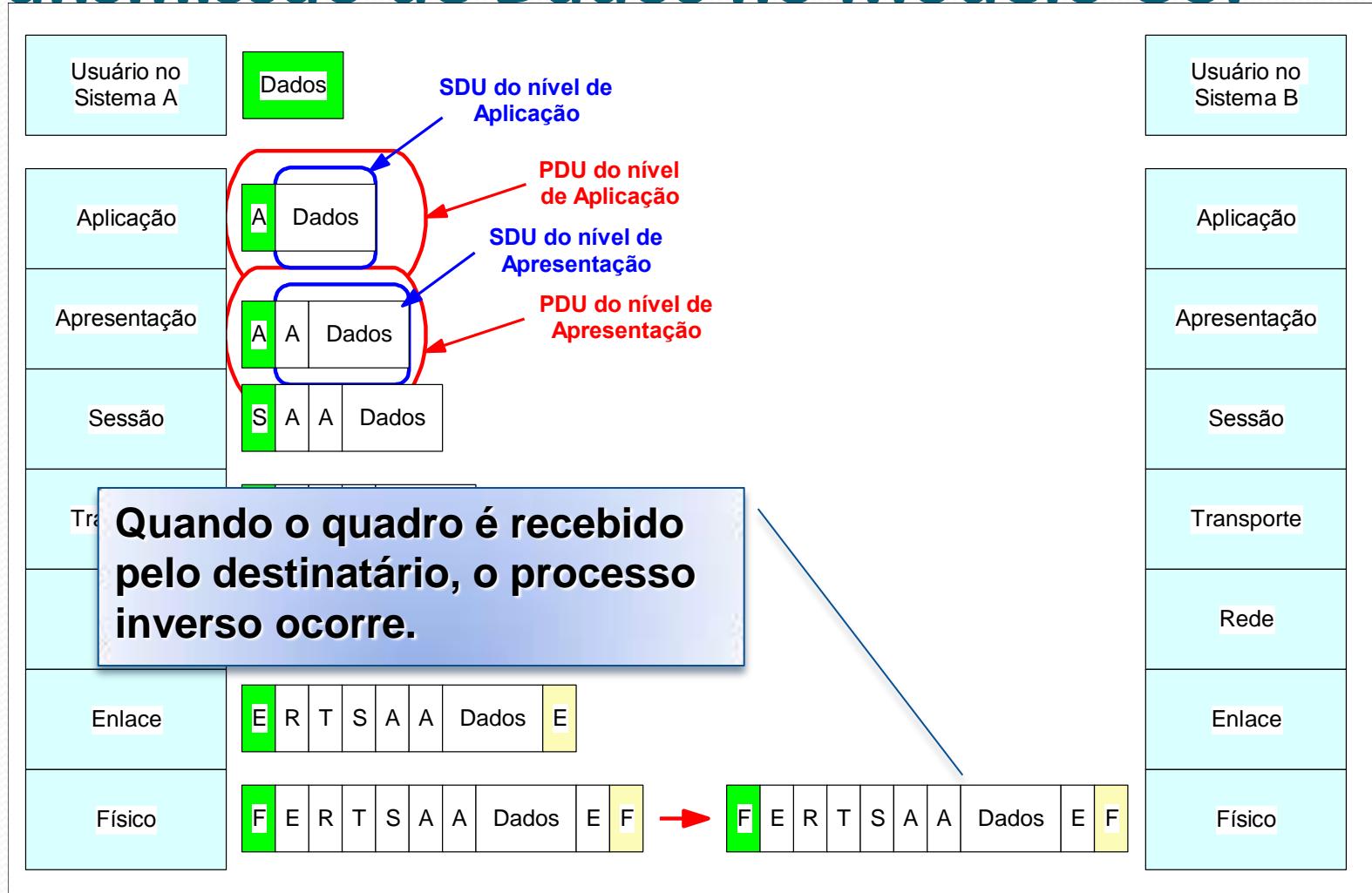
Transmissão de Dados no Modelo OSI



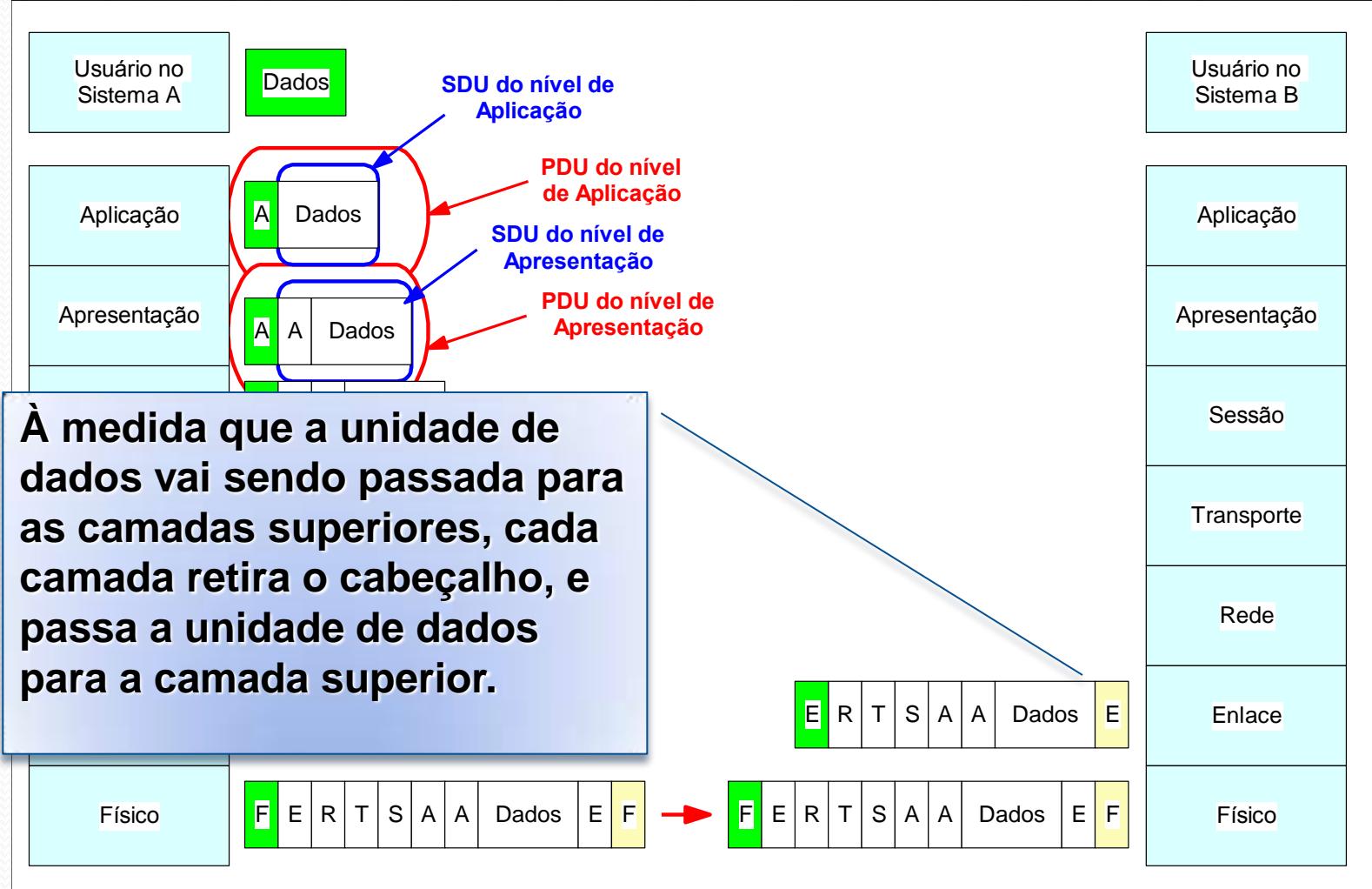
Transmissão de Dados no Modelo OSI



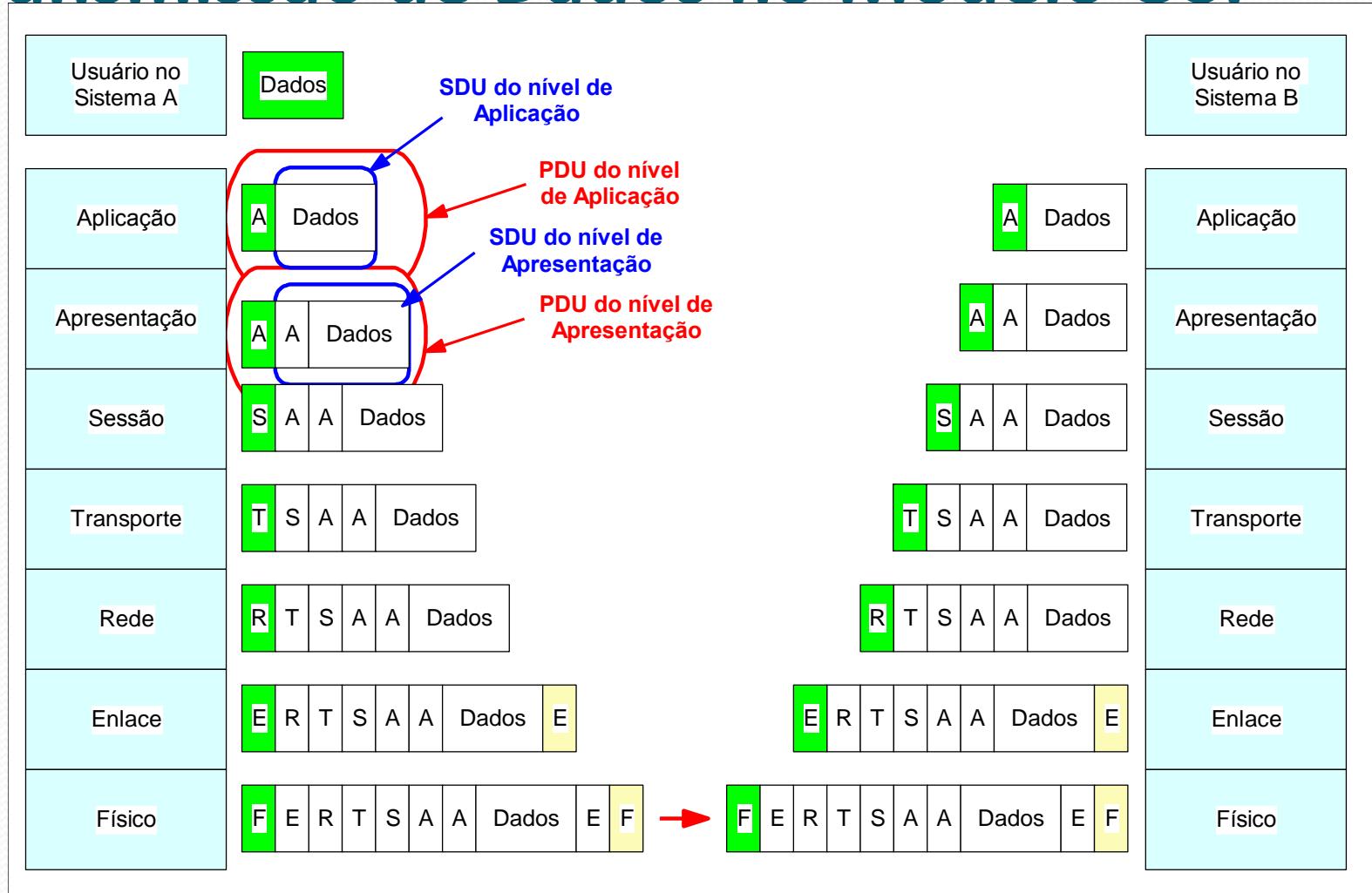
Transmissão de Dados no Modelo OSI



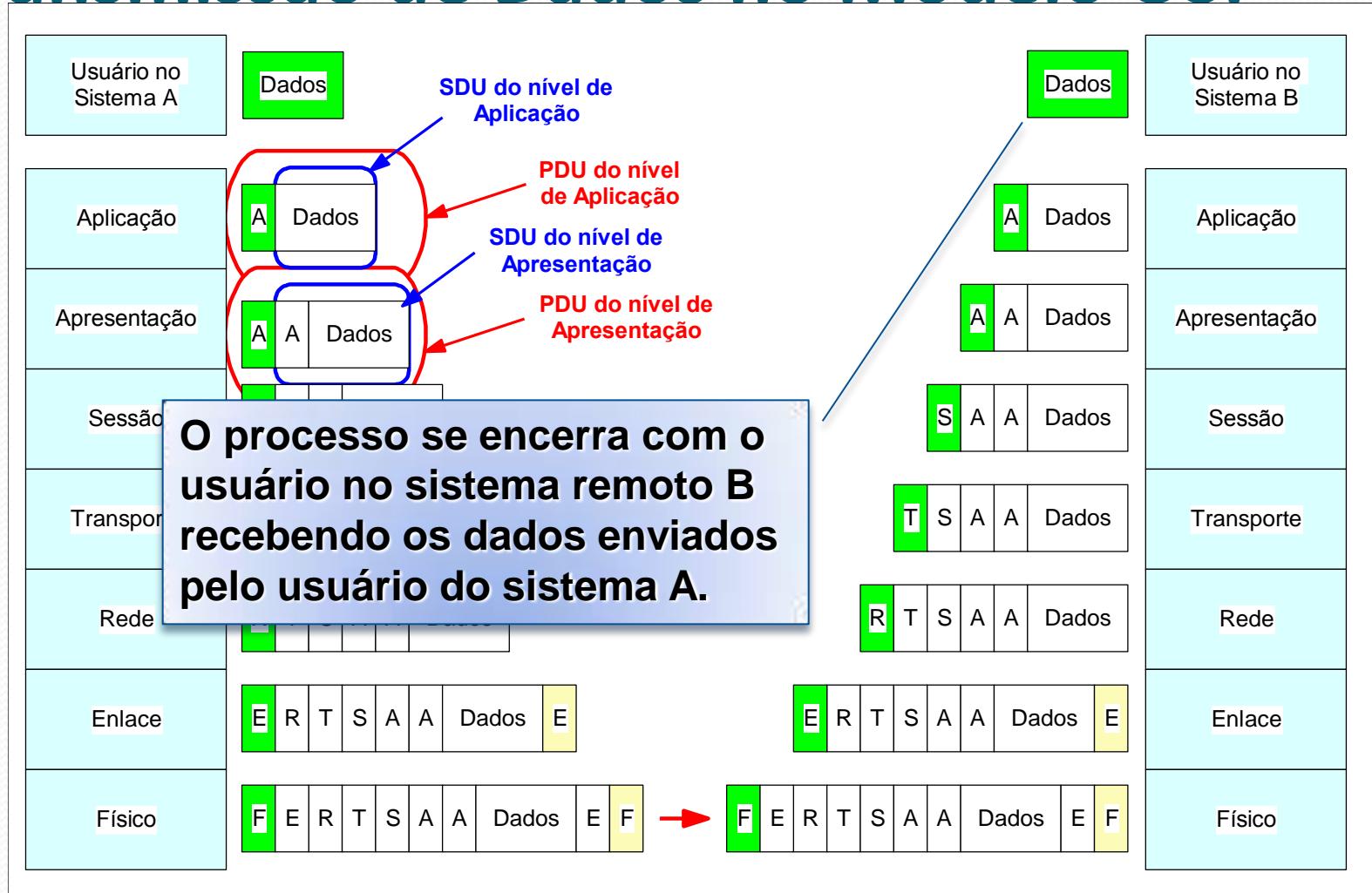
Transmissão de Dados no Modelo OSI



Transmissão de Dados no Modelo OSI



Transmissão de Dados no Modelo OSI

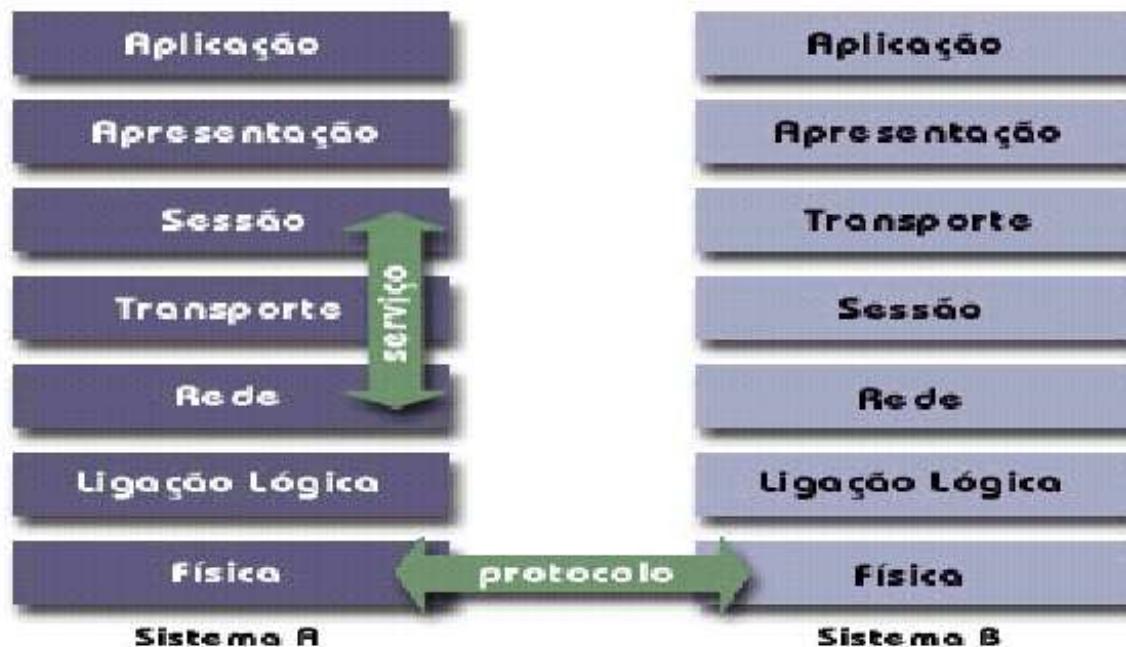


Cap 3. Arquiteturas de Redes de Computadores

- **Estruturação do projeto de redes**
 - Conceito de camadas
- **Arquiteturas Proprietárias e Abertas**
- **Arquitetura RM-OSI**
- **Arquitetura Internet**
- **Comparação entre RM-OSI e Internet**

• Arquitetura aberta da ISO

- International Organization for Standardization (ISO) definiu o modelo Reference Model for Open Systems Interconnection (OSI)
 - propõe uma estrutura com sete níveis como referencial para a arquitetura dos protocolos de redes de computadores



Modelo RM-OSI da ISO

- **Não é uma especificação completa**
 - RM-OSI fornece um esquema conceitual
 - que permite que equipes de especialistas trabalhem de forma independente no desenvolvimento de padrões para cada uma das camadas
- **Não garante interoperabilidade**
 - Fato de dois sistemas distintos seguirem o RM-OSI não garante que eles possam trocar informações entre si
 - pois o modelo permite que sejam usadas diferentes opções de serviços/protocolos para as várias camadas
 - porque as opções adotadas são incompatíveis
 - Para garantir interoperabilidade
 - é necessário que escolham opções compatíveis de serviço/protocolo para todas as camadas do modelo

Arquitetura da Internet TCP/IP

• Base da Arquitetura

- um serviço de transporte orientado à conexão, fornecido pelo **Transmission Control Protocol** (TCP)
- um serviço de rede não-orientado à conexão (datagrama não confiável), fornecido pelo **Internet Protocol** (IP)



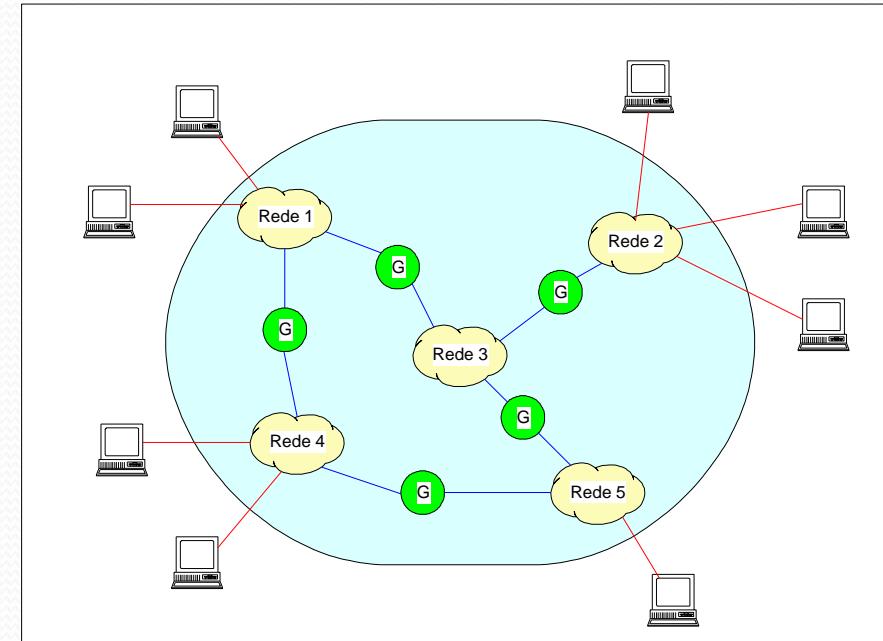
Arquitetura da Internet TCP/IP

- Arquitetura Internet TCP/IP dá ênfase à interligação de diferentes tecnologias de redes
 - Ideia baseia-se na seguinte constatação: não existe nenhuma tecnologia de rede que atenda aos anseios de toda a comunidade de usuários
 - Alguns precisam de redes de alta velocidade que cobrem uma área geográfica restrita
 - Outros se contentam com redes de baixa velocidade que conectam equipamentos distantes milhares de quilômetros uns dos outros

Arquitetura da Internet TCP/IP

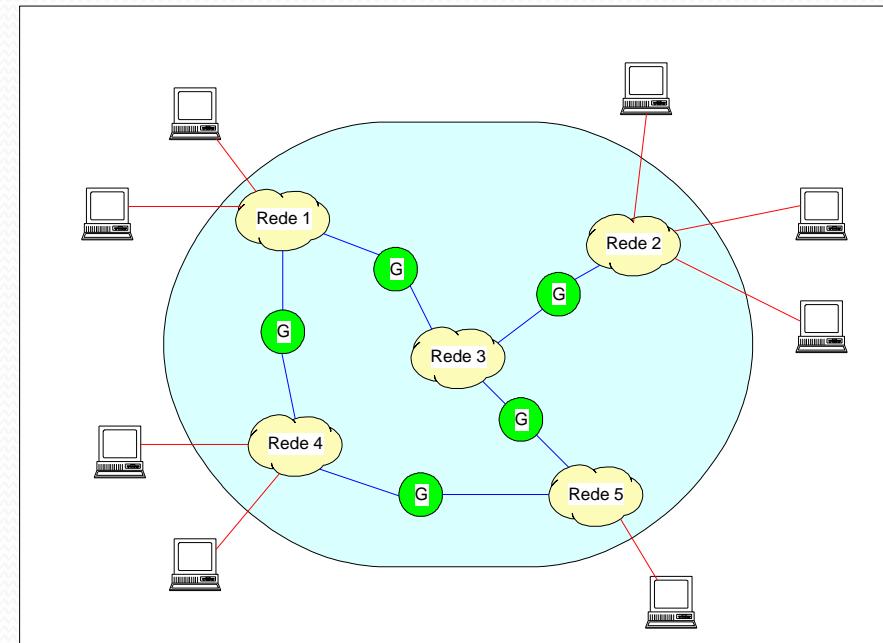
• Inter-rede

- Única forma de permitir que um grande volume de usuários possa trocar informações é interligar as redes às quais eles estão conectados
 - Formando uma inter-rede
- Para interligar duas redes distintas
 - É necessário conectar uma máquina a ambas as redes
 - Máquina fica responsável pela tarefa de transferir mensagens de uma rede para a outra
 - Máquina que conecta duas ou mais redes é denominada Internet gateway ou Internet router (**roteadores**)



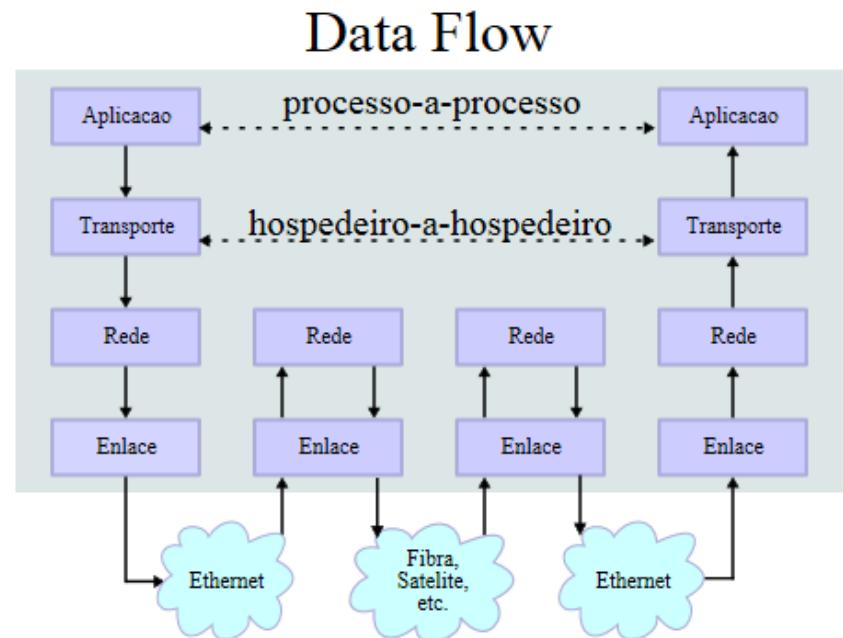
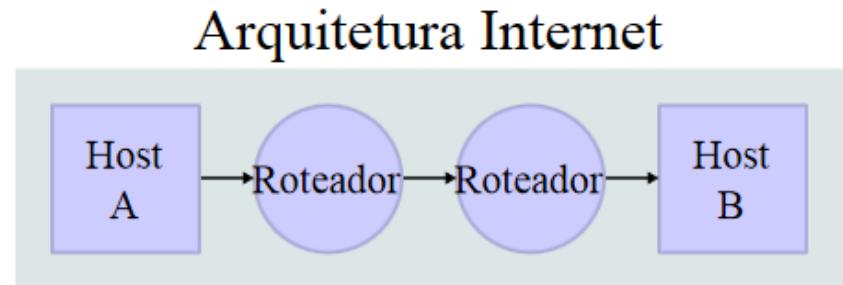
Arquitetura da Internet TCP/IP

- Usuários vêem a inter-rede como uma rede virtual única
 - à qual todas as máquinas estão conectadas
 - não importando a forma física de interconexão



Pilha de protocolos Internet

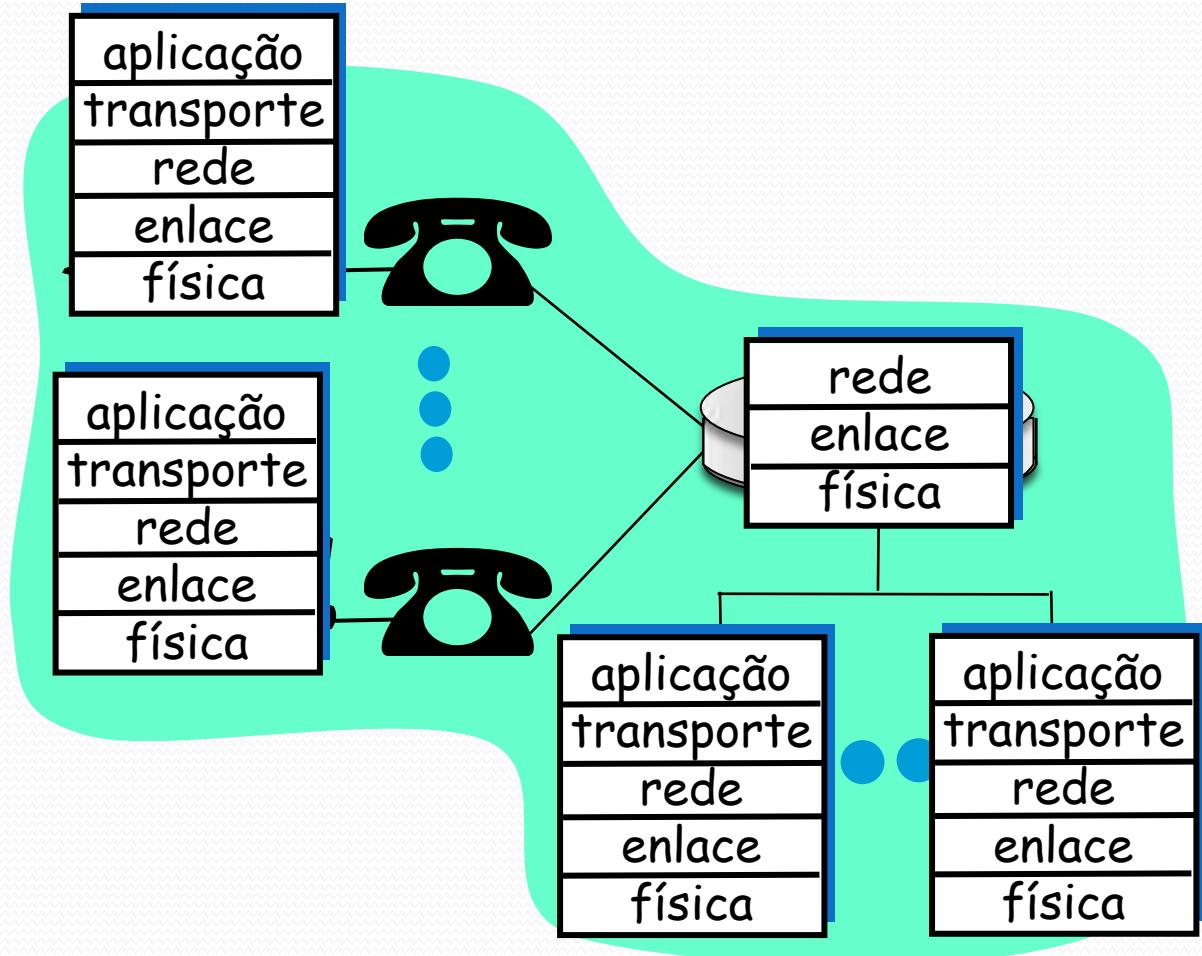
- **Aplicação:** dá suporte a aplicações de rede
 - FTP, SMTP, HTTP
- **Transporte:** transferência de dados host-a-host
 - TCP, UDP
- **Rede:** roteamento de datagramas da origem até o destino
 - IP, protocolos de roteamento
- **Enlace:** transferência de dados entre elementos de rede vizinhos
 - PPP, Ethernet
- **Física:** bits “no fio”



Camadas: comunicação lógica

Cada camada:

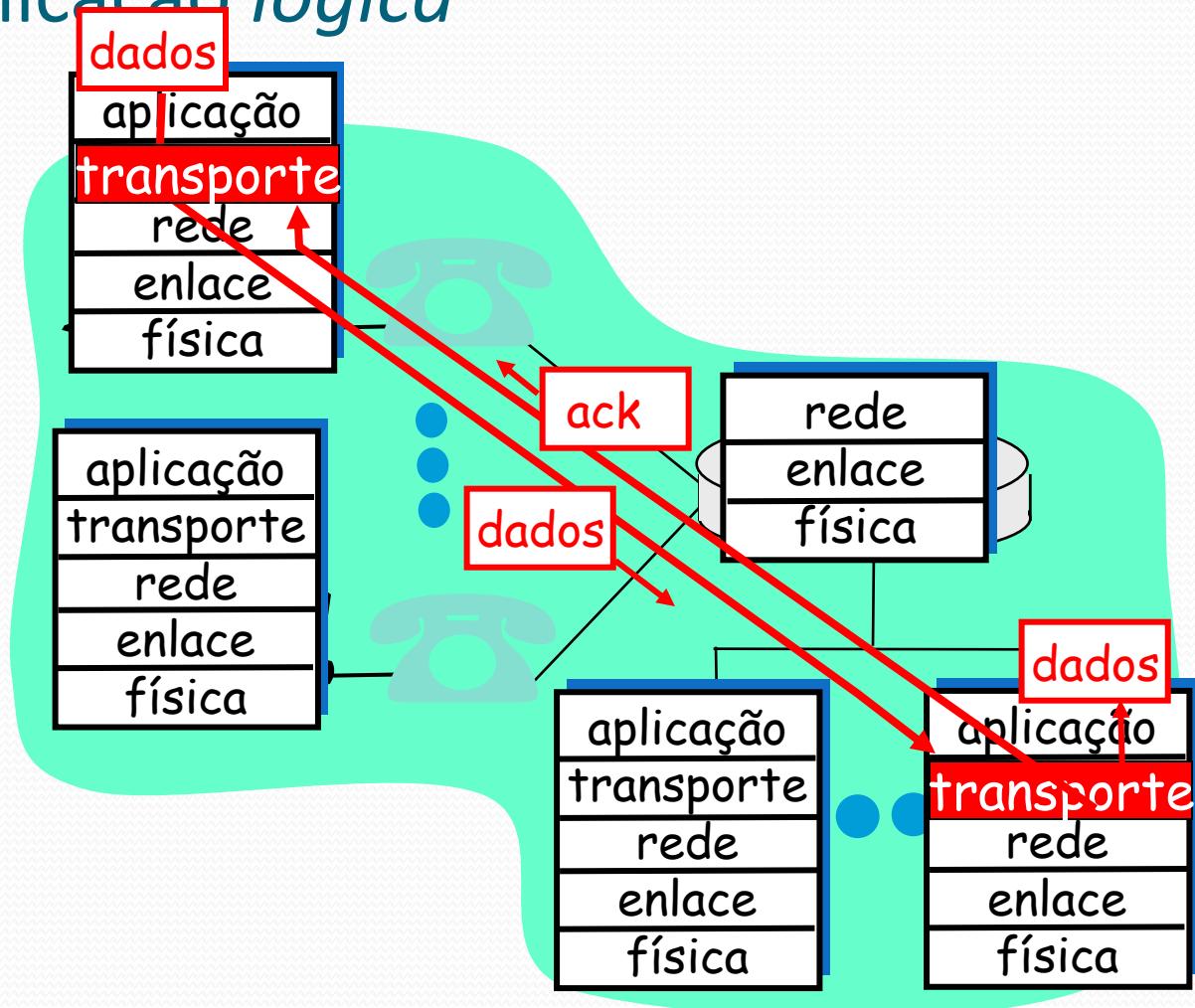
- distribuída
- as “entidades” implementam as funções das camadas em cada nó
- as entidades executam ações, trocam mensagens entre parceiras



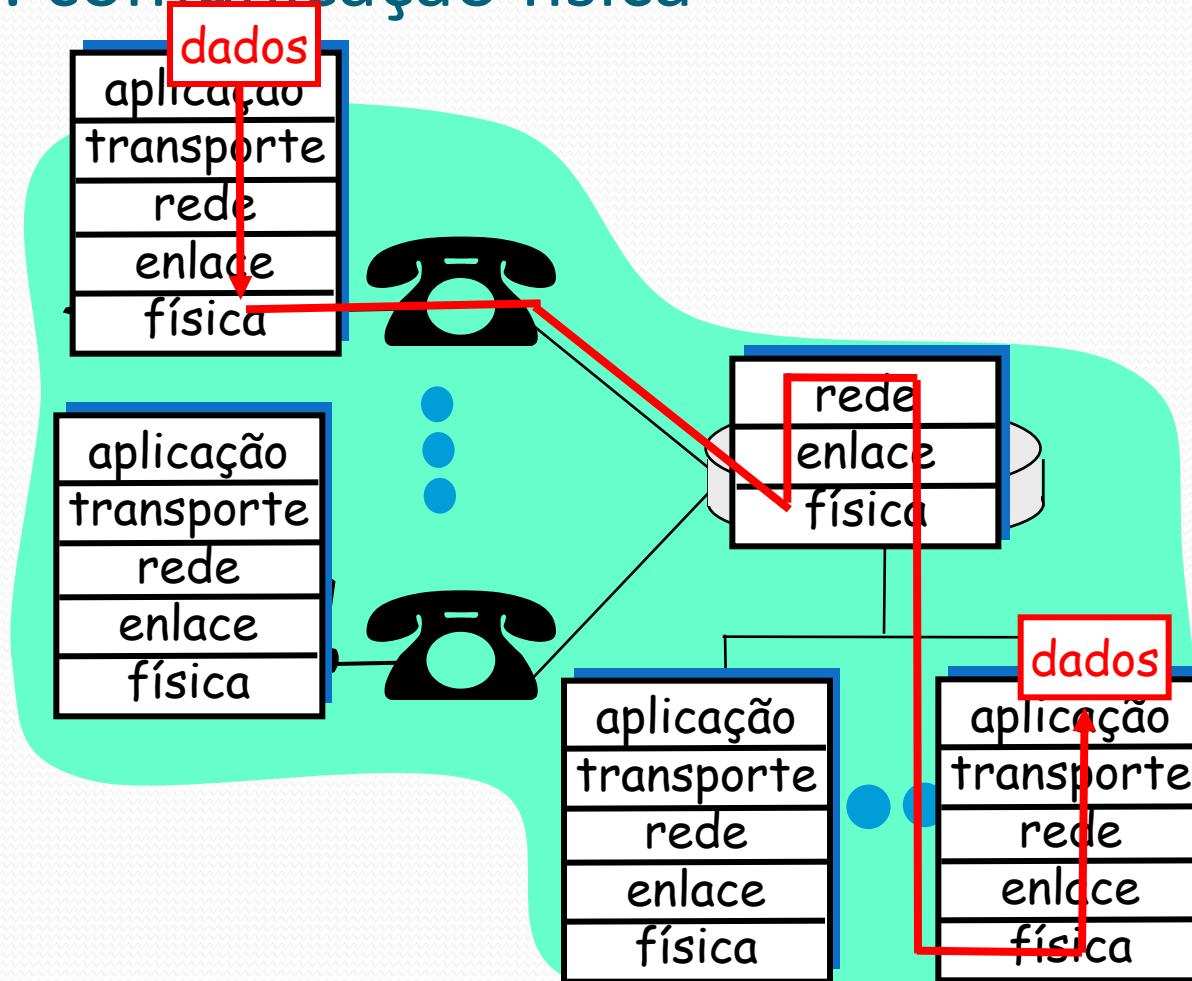
Camadas: comunicação lógica

Ex.: transporte

- recebe dados da aplicação
- adiciona endereço e verificação de erro para formar o “datagrama”
- envia o datagrama para a parceira
- espera que a parceira acuse o recebimento (ack)
- analogia: correio



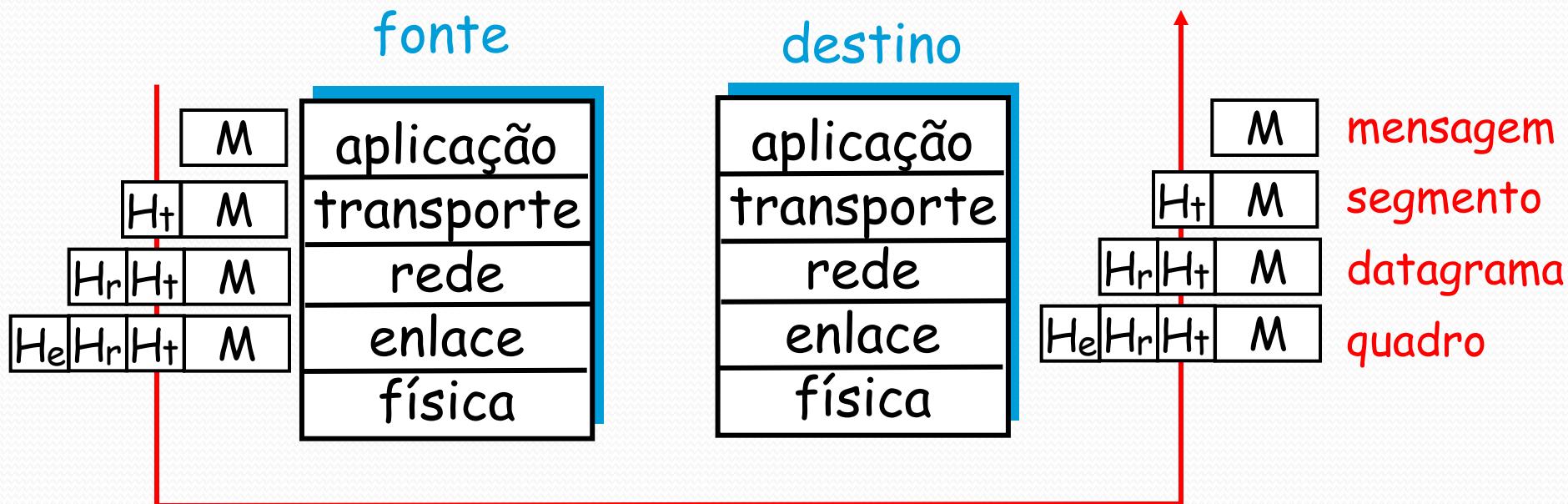
Camadas: comunicação física



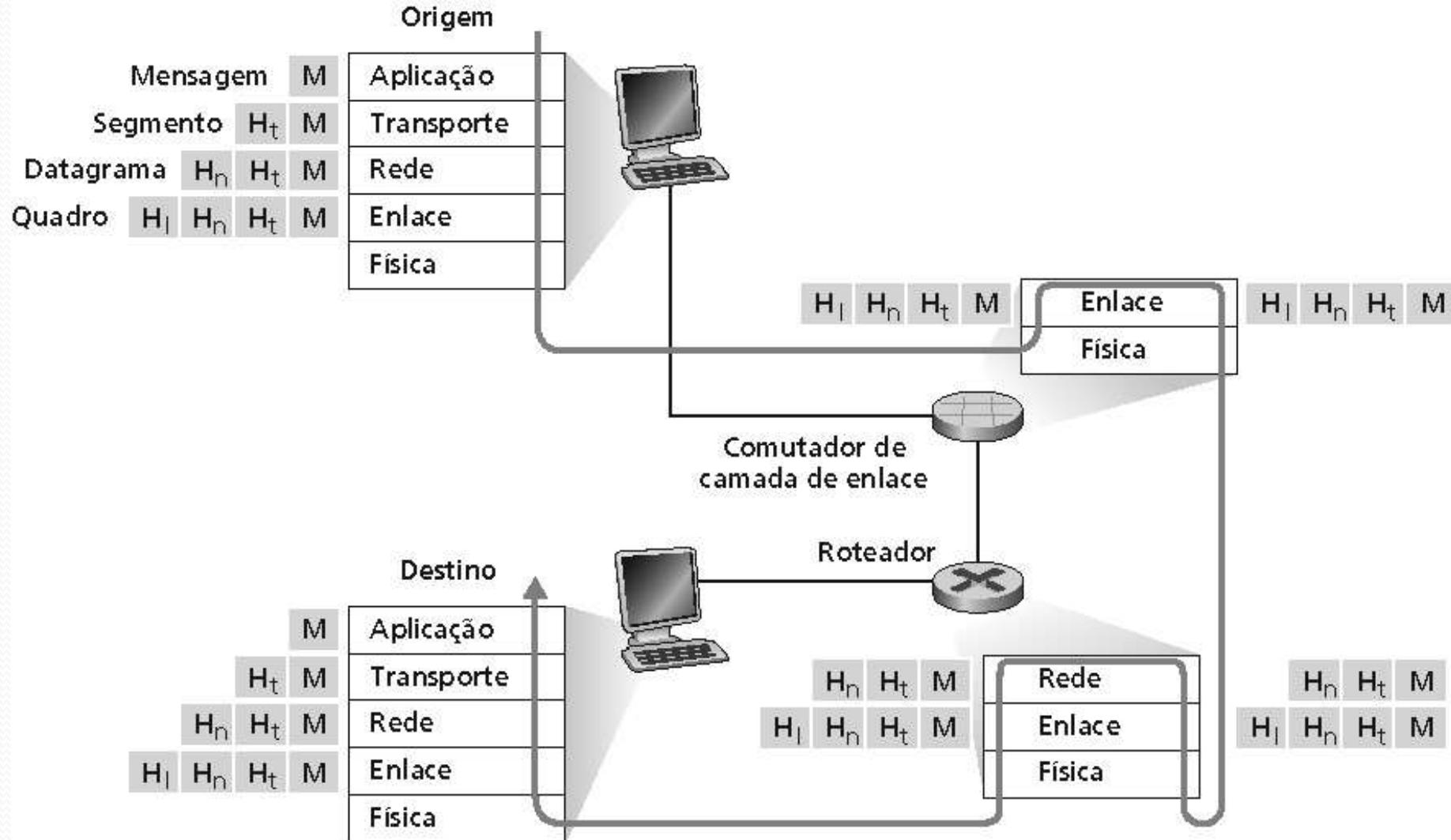
Camadas de protocolos e dados

Cada camada recebe dados da camada superior

- adiciona informação no cabeçalho para criar uma nova unidade de dados
- passa a nova unidade de dados para a camada inferior



Camadas de protocolos e dados



Arquitetura da Internet TCP/IP

• Interoperabilidade

- Arquitetura Internet TCP/IP não faz nenhuma restrição às redes que são interligadas para formar a inter-rede
 - qualquer tipo de rede pode ser ligada
- Bastando que seja desenvolvida uma interface que compatibilize a tecnologia específica de rede com o protocolo IP
- Compatibilização é a função do nível de interface de rede
 - endereços IP, que são endereços lógicos, são traduzidos para os endereços físicos dos hosts ou gateways conectados à rede

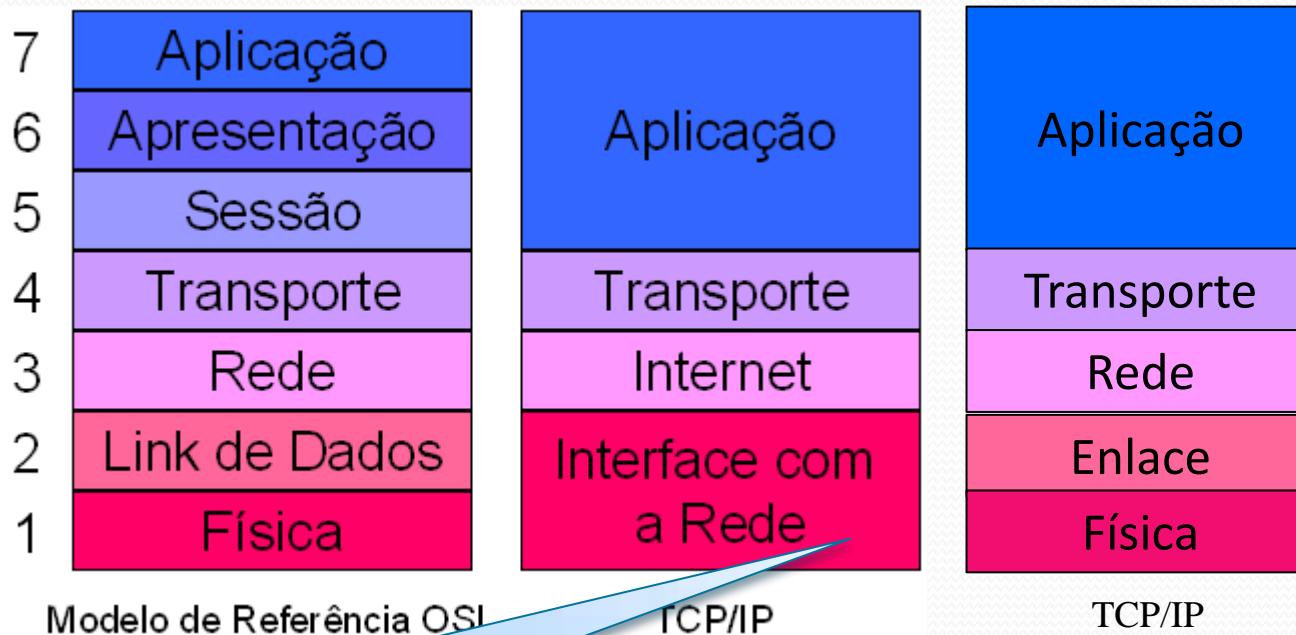
Comparação entre Arquiteturas OSI e TCP/IP

- A primeira diferença entre as arquiteturas OSI e Internet TCP/IP está no número de camadas.
 - arquitetura OSI tem sete camadas
 - arquitetura TCP/IP tem cinco camadas, ou quatro, ou três?

RFC 1122	Tanenbaum	Cisco Academy	Kurose, Forouzan	Comer, Kozierok	Stallings	Arpanet Reference Model 1982 (RFC 871)
Quatro camadas	Quatro camadas	Quatro camadas	Cinco camadas	4+1Camadas	Cinco camadas	Três camadas
"Internet model"	"TCP/IP reference model"	"Internet model"	"Five-layer Internet model" or "TCP/IP protocol suite"	"TCP/IP 5-layer reference model"	"TCP/IP model"	"Arpanet reference model"
Aplicação	Aplicação	Aplicação	Aplicação	Aplicação	Aplicação	Aplicação/Processo
Transporte	Transporte	Transporte	Transporte	Transporte	Host-a-host ou transporte	Host-to-host
Internet	Internet	Interrede	Rede	Internet	Internet	
Enlace	Host-para-rede	Interface de rede	Enlace	Enlace (Interface de rede)	Acesso de rede	Interface de rede
			Física	(Hardware)	Física	

Comparação entre Arquiteturas OSI e TCP/IP

- Relação entre camadas



Agrupa: níveis físico, de enlace e os aspectos do nível de rede do RM-OSI, relativos à transmissão de dados em uma única rede

Comparação entre Arquiteturas OSI e TCP/IP

- **Propósito geral dos modelos**

- RM-OSI

- Define formalmente os serviços de cada camada, interface entre camadas e os protocolos
 - Alguns dos serviços definidos para as camadas são opcionais
 - flexibilidade tem aspectos positivos, mas pode levar a situações onde dois sistemas em conformidade com a arquitetura OSI não consigam se comunicar

- Arquitetura TCP/IP

- Objetivo é resolver um problema prático: interligar redes com tecnologias distintas
 - Foi desenvolvido um conjunto específico de protocolos
 - que resolveu o problema de forma bastante simples e satisfatória.

Comparação entre Arquiteturas OSI TCP/IP

- Inflexibilidade da arquitetura Internet TCP/IP é uma das principais razões de seu sucesso
 - Camada de Rede é o protocolo IP: fato de um sistema utilizar ou não o protocolo IP foi usado inclusive para distinguir os sistemas que “estão na Internet” dos que não estão
 - Camada de transporte: Protocolos TCP e UDP
 - São equivalentes aos protocolos orientado e não-orientado à conexão do nível de transporte OSI.

Comparação entre Arquiteturas OSI TCP/IP

- **Camada de Sessão e Apresentação do RM-OSI**

- Na arquitetura Internet as funções destas camadas foram levadas para o aplicativo (camada aplicação)
 - Desenvolvedor é responsável por implementar funcionalidades
 - Se não são necessárias reduz a sobrecarga destas camadas
 - Reduz o atraso de encaminhamento e taxa de bits
- Desconsiderando a sobrecarga das camadas
 - Abordagem da ISO é mais razoável, no sentido em que permite uma maior reutilização de esforços durante o desenvolvimento de aplicações distribuídas

Comparação entre Arquiteturas OSI e TCP/IP

- Os protocolos da arquitetura Internet TCP/IP oferecem uma solução simples para o problema da interconexão de sistemas abertos
 - porém bastante funcional
- Arquitetura Internet é um padrão de fato
 - pelo fato de implementações de seus protocolos terem sido a primeira opção de solução não-proprietária para a interconexão de sistemas
- Arquitetura ISO é um padrão de direito (de jure)
 - Estrutura organizacional da ISO com membros representando vários países
 - aumenta o tempo de desenvolvimento dos padrões
 - confere aos mesmos uma representatividade bem maior