

ARTIGO Nº 8

Um Pouco de Modelo OSI

1 – OBJETIVO

O objetivo deste artigo é apresentar o significado e alguns conceitos relativos ao Modelo OSI (*Open Systems Interconnection*), que julgamos da maior importância para quem trabalha com redes de telecomunicações.

O Modelo OSI foi especificado pela ISO (*International Organization for Standardization*) no padrão ISO 7498, referendado posteriormente pela Recomendação X.200 do ITU-T.

Alguns profissionais do ramo declaram, erradamente em minha opinião, não ter o Modelo OSI mais validade, tendo sido obsoleto e substituído pelo TCP/IP.

Na realidade, a concepção e os conceitos OSI mantêm a sua grande importância, sendo o seu conhecimento imprescindível para o pleno entendimento das tecnologias de redes. O Modelo OSI permanece explicitamente aplicável pelos órgãos de padronização em diferentes redes, e de forma não explícita no TCP/IP.

O TCP/IP é, a rigor, uma adaptação mais simples do OSI. Não existe uma modelagem conceitual para o TCP/IP, sendo nele aplicado, sem uma clara explicitação, a concepção e a modelagem OSI. Uma significativa alteração do TCP/IP com relação ao OSI foi a eliminação das camadas 5 (camada de sessão) e da camada 6 (camada de apresentação).

2 – INTRODUÇÃO

O Modelo OSI é uma concepção aberta para conduzir a criação de redes de telecomunicações. É aberta pela possibilidade de uso público, em oposição às arquiteturas proprietárias que antes predominavam, como por exemplo a arquitetura SNA (*Systems Network Architecture*) da IBM.

O termo sistemas, que a rigor dizem respeito aos sistemas de telecomunicações, representa o conjunto de funções desempenhadas por unidades de terminação de redes, como estações finais, servidores, sistemas de grande porte e terminações de comutadores, por exemplo.

A ideia fundamental da modelagem OSI, e de outros modelos com o mesmo propósito, é a divisão do conjunto de funções dos sistemas modularmente em camadas, ou mesmo em subcamadas, de forma tal que, preservado o interfaceamento entre camadas, as funções de uma camada possam ser alteradas sem afetar as demais camadas.

Foi então definida a arquitetura OSI com sete camadas, como mostra a Figura 1.

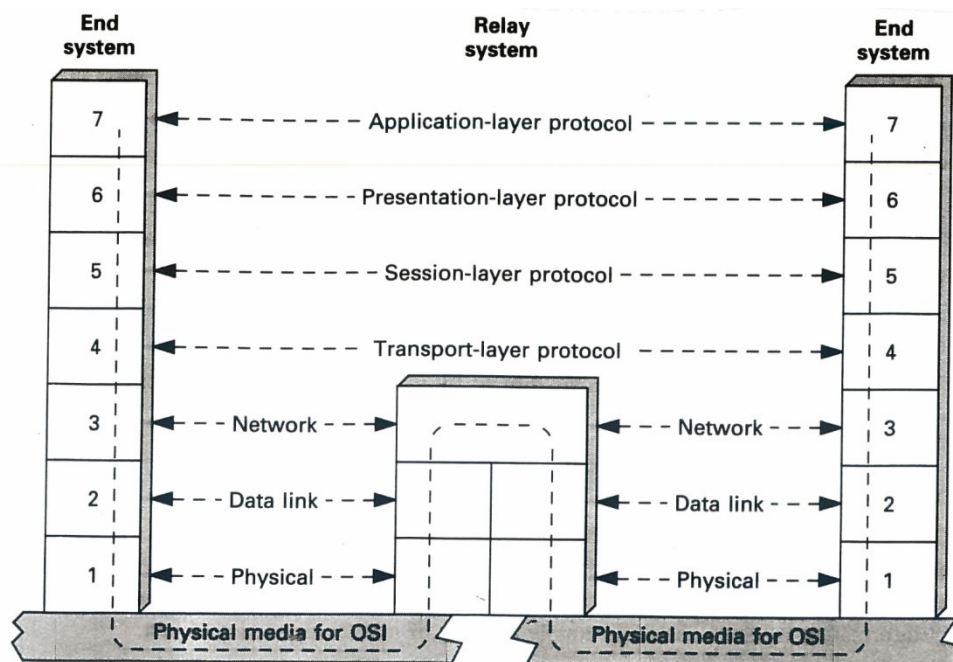


Figura 1 – Arquitetura OSI.

Com base nessa arquitetura, e utilizando os conceitos que a suportam, a ISO definiu uma série de protocolos para cada uma das camadas. O propósito é a utilização desses protocolos, ao máximo possível, em aplicações a serem implantadas, de forma tal que não sejam necessários novos protocolos, com suas onerosas implementações, a cada oportunidade.

Em face da prevalente utilização atual do TCP/IP, que adota apenas cinco camadas, a grande maioria dos protocolos OSI deixaram de ser utilizados, com raras exceções. Um importante exemplo de sobrevivência é o protocolo de roteamento IS-IS, utilizado em redes IP.

O protocolo IS-IS continua sendo uma opção no roteamento de redes MPLS, e, mediante adaptações, vem sendo aplicado em novas versões de redes Bridged Ethernet, como as redes SPB (*Shortest Path Bridging*), do IEEE, e as redes TRILL (*Transparent Interconnection of Lots of Links*), do IETF.

Reiteramos, contudo, que o rico embasamento conceitual da modelagem OSI, do qual apresentaremos uma abordagem sucinta a seguir neste artigo, é também a fundamentação do TCP/IP.

3 – CONCEITOS BÁSICOS NO MODELO OSI

Serão apresentados neste item os seguintes quesitos:

- Subsistemas, serviços, protocolos e funções;
- Entidades, Pontos de Acesso de Serviço (SAPs) e Subcamadas;
- Instâncias de entidade, Conexões e Pontos de Terminação de Conexão;
- Multiplexação e Demultiplexação Estatísticas;
- Splitting e Recombinação;
- Unidades de Dados.

3.1 – Subsistemas, Serviços, Protocolos e Funções

3.1.1 – Subsistemas

Dois ou mais sistemas (abertos) comunicantes, que se comunicam por camadas, são ditos sistemas pares. Os sistemas pares são divididos em partes correspondentes a cada uma das camadas. Essas partes são denominadas subsistemas. Assim é que uma camada (N) engloba dois ou mais subsistemas(N) pares, cada um sendo contido no correspondente sistema.

3.1.2 – Serviços

Na teoria de interconexão de sistemas, uma camada (N) provê serviços (N) à camada (N+1), sucessivamente. A camada (N) é dita camada provedora dos serviços (N) e a camada (N+1) é dita camada usuária dos serviços (N). Tais serviços são prestados na interface (N), que separa a camada (N) da camada (N+1).

Serviços (N) são, portanto, capacitações da camada (N) e das camadas a ela inferiores que são providas à camada (N+1) na interface (N), mediante solicitação explícita da camada (N+1).

Os serviços (N) se efetivam pela troca de primitivas de serviço (N) entre a camada (N+1) e a camada (N), na interface (N).

A Figura 2 apresenta os tipos gerais e os sentidos de transmissão das primitivas de serviço definidas na Recomendação ITU-T X.210.

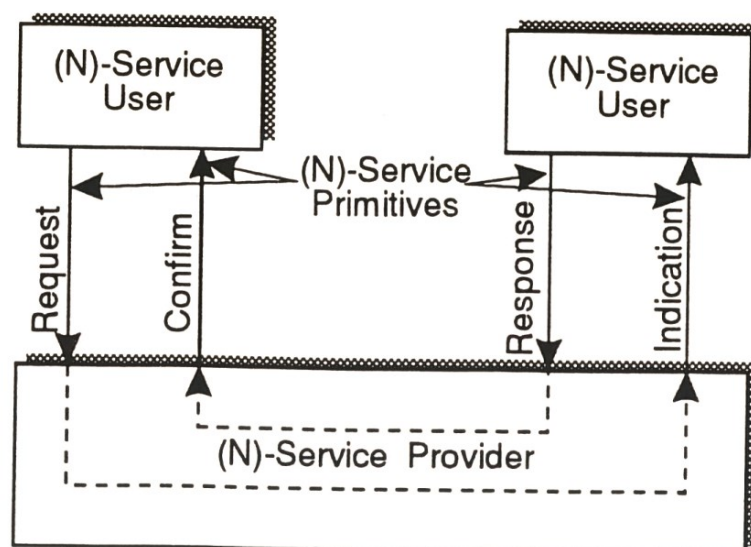


Figura 2 – Tipos gerais e sentidos de transmissão de primitivas de serviço.

A Figura 3 exibe os possíveis diagramas de sequência de tempo correspondentes aos tipos gerais de primitivas de serviço.

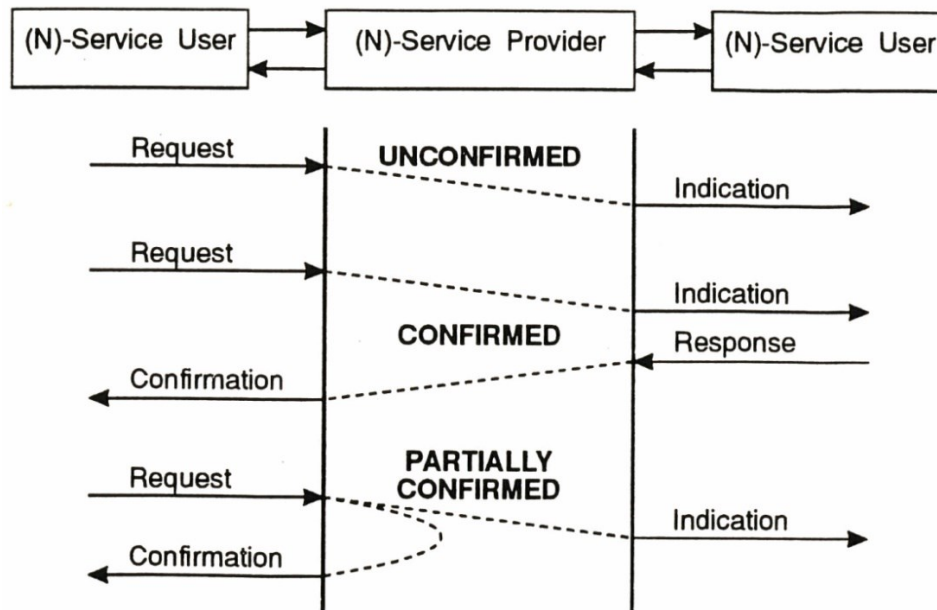


Figura 3 – Diagramas de sequência de tempo para primitivas de serviço.

Os serviços podem ser serviços orientados a conexão ou serviços sem conexão.

Nos serviços orientados a conexão, são utilizadas primitivas de serviço destinadas ao estabelecimento de conexões (primitivas **X-CONNECT** e **X-DISCONNECT**) e à transmissão de dados de forma normal (primitivas **X-DATA**) como também de forma expedita (primitivas **X-EXPEDITED-DATA**).

Nos serviços sem conexão as primitivas de serviço são destinadas exclusivamente à transmissão de dados na forma normal, sendo denominadas primitivas de serviço **X-UNITDATA**.

Assim, por exemplo, para a transmissão de um quadro de dados em um serviço sem conexão são utilizadas a primitiva de serviço **X-UNITDATA.request** (de N+! para N) no sistema transmissor e a primitiva de serviço **X-UNITDATA.indication** (de N para N+!) no sistema receptor.

As primitivas de serviço **X-CONNECT** são confirmadas, enquanto as demais primitivas de serviço são não-confirmadas.

Cada um dos tipos de primitiva de serviço transporta um conjunto próprio de parâmetros. Assim, por exemplo, a primitiva de serviço **X-UNITDATA.request** e a primitiva de serviço **X-UNITDATA.indication** transportam os parâmetros (endereço chamado, endereço chamador, QoS, dados do usuário)

3.1.3 – Protocolos

Dentro de uma camada (N), a comunicação entre os respectivos subsistemas (N) se processa por meio de protocolos (N).

Protocolos (N) são conjuntos de regras e de formatações (semânticas e sintáticas) que determinam o comportamento dos processos dos subsistemas (N) na comunicação entre eles.

A Figura 4 apresenta uma visualização dos conceitos de subsistemas (N), de serviços (N) e serviços (N-1) e de protocolos (N).

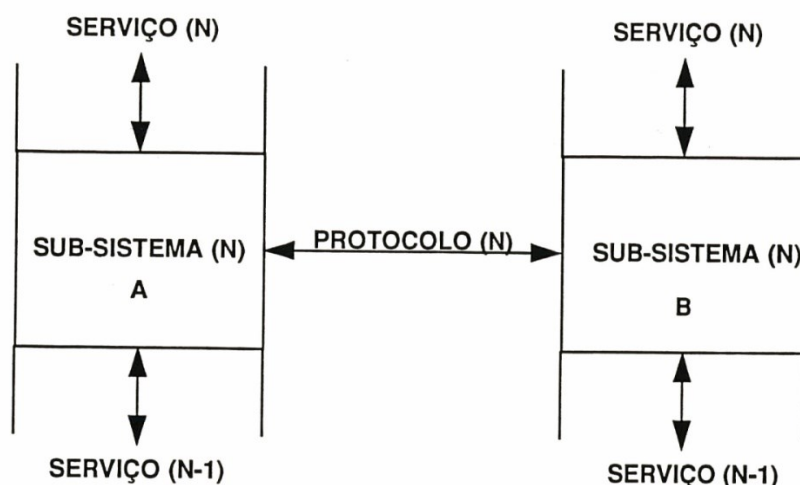


Figura 4 - Subsistemas (N), serviços (N), serviços (N-1) e protocolos (N).

Na realidade, a representação do funcionamento de protocolos nessa figura encontra-se de forma direta e simplificada. Como veremos adiante neste artigo, os protocolos operam de modo abstrato, sendo as respectivas unidades de dados transmitidas em uma sucessão de envelopamentos, cabendo a cada subsistema receptor identificar as unidades de dados de protocolo que lhe dizem respeito.

Um protocolo (N) é acionado por uma primitiva de serviço (N) em um dos subsistemas (N), o que desencadeia a execução de funções (N) nesse subsistema e a emissão de uma consequente primitiva de serviço (N-1) para o correspondente subsistema (N-1).

Dessa forma, as ações do protocolo (N) se propagam para o subsistema (N) par distante, que se incumba da execução de novas funções (N) e do envio de uma primitiva de serviço (N) para o correspondente subsistema (N+1).

Um protocolo (N), assim como um serviço (N), podem ser também orientados a conexão ou sem conexão, mas ambos devem ser do mesmo tipo na mesma camada (N).

Observa-se que a camada (N+1) deve ser capaz de solicitar serviços (N) orientados a conexão ou sem conexão, independentemente do tipo de serviço/protocolo utilizado na camada (N+1).

3.1.4 - Funções

Para o provimento dos serviços (N), os subsistemas (N) envolvidos na comunicação desempenham um conjunto de funções (N). Algumas dessas funções são

explicitamente acionadas pelas primitivas de serviço (N), enquanto outras funções são acionadas nos próprios subsistemas (N), para isso programados.

São exemplos de funções:

- Segmentação/remontagem;
- Blocagem/desblocagem;
- Concatenação/separação;
- Multiplexação/demultiplexação;
- *Splitting/recombining*;
- *Relaying*;
- Controle de erros;
- Controle de fluxos;
- Identificação de protocolos.

3.2 – Entidades, Pontos de Acesso de Serviço (SAPs) e Subcamadas

3.2.1 - Entidades

Entidades (N) são os conjuntos de processos de comunicação utilizados em cada um dos subsistemas (N). Duas ou mais entidades existentes em subsistemas pares são também referidas como entidades pares.

Um subsistema (N) deve conter no mínimo uma entidade (N). Múltiplas entidades (N) em mesmo subsistema (N) operam de modo hierarquizado, cada uma delas contida em uma das subcamadas (N) que constituem a camada (N). O conceito de subcamada será visto adiante neste item.

3.2.2 – Pontos de Acesso de Serviço (SAPs)

Um ponto de acesso de serviço (Service Access Point), referido como SAP, é o ponto na interface (N) no qual ocorre a sinalização para o provimento de serviços (N), ou seja, os serviços prestados pela camada (N) à camada (N+1).

O endereço de um ponto de acesso (SAP Address) na interface (N), referido como SAPA (N), indica a localização desse SAP (N) na interface (N).

A Figura 5 contempla a representação simbólica de entidades e de SAPs, em duas possíveis formas de correspondência.

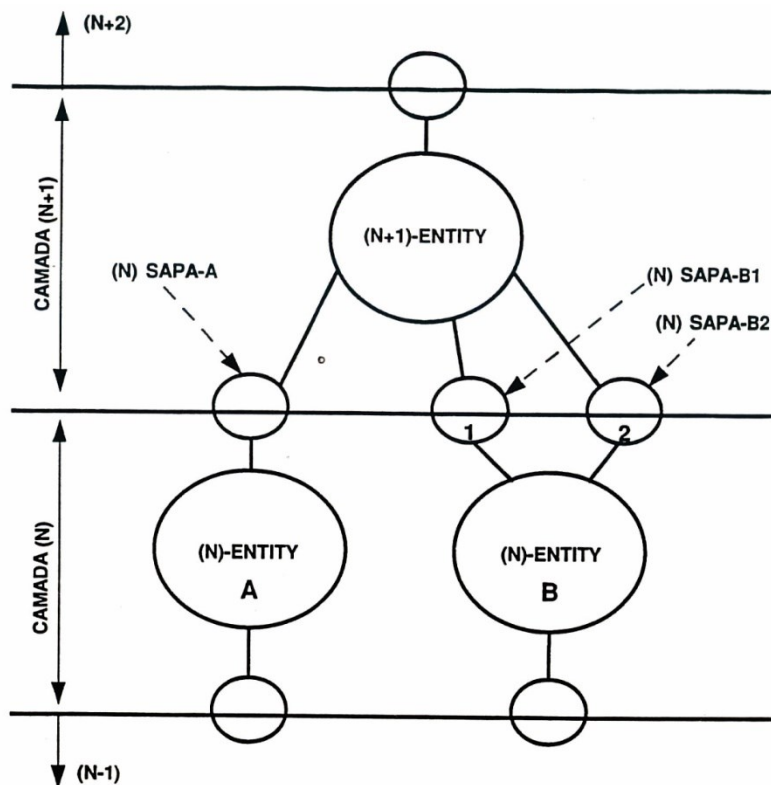


Figura 5 – Entidades e SAPs.

No lado esquerdo da figura, verifica-se a correspondência entre a entidade (N+1) A e a entidade (N) A por meio de um único SAP (N) A, cujo endereço é (N) SAPA A-A.

No lado direito, a correspondência se verifica por meio de dois SAPs, com endereços (N) SAPA A-B1 e (N) SAPA A-B2. Isso se deve ao fato de que a entidade (N) B está dividida nos subconjuntos de processos B1 e B2, endereçados por meio de seus próprios endereços (SAPAs).

3.2.3 - Subcamadas

Conforme menção anterior neste ítem, os subsistemas (N) de uma camada (N) podem conter mais que uma entidade (N). As múltiplas entidades (N) podem localizar-se em paralelo (paridade0 no mesmo nível ou podem constituir uma hierarquia vertical.

Quando em hierarquia vertical, cada nível hierárquico de entidades (N) passa a constituir uma subcamada (NX), onde X indica o nível hierárquico da subcamada.

Decorre então que uma subcamada (N), assim como uma camada(N) sem divisão em subcamadas, pode conter uma única entidade (N) assim como também conter múltiplas entidades (N) pares.

A Figura 6 ilustra a divisão de uma camada (N) na subcamada (NA) e na subcamada (NB). Observa-se que a subcamada (NA) utiliza três entidades pares (A-1, A-2 e A-3), enquanto a subcamada (NB) utiliza apenas a (N)-entity B.

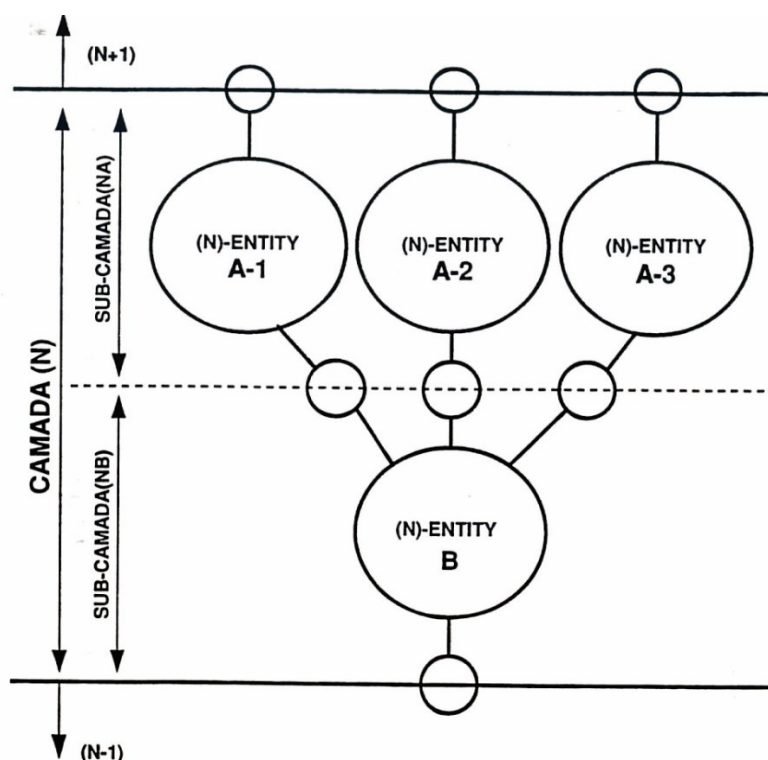


Figura 6 – Constituição de subcamadas (N) em uma camada (N).

Observa-se que a denominação SAP não é utilizada nas interfaces entre subcamadas.

O uso de subcamadas é particularmente importante na camada de aplicação (camada 7). A existência de níveis inferiores de subcamada nessa camada possibilita a definição de protocolos padronizados nesses níveis, ficando a necessidade de criação de novos protocolos apenas para o topo da hierarquia.

3.3 – Instâncias de Entidade, Conexões e Pontos de Terminação de Conexão

3.3.1 – Instâncias de Entidade

Uma instância de entidade (N) de uma dada entidade (N) é uma invocação, um exemplo de concretização, dessa entidade. A entidade representa na realidade uma classe, e uma instância dessa entidade é um indivíduo que pertence a essa classe. Quem se comunica efetivamente são as instâncias de entidade, tanto em protocolos orientados a conexão quanto em protocolos sem conexão.

3.3.2 – Conexões e Pontos de Terminação de Conexão (CEs)

Uma conexão (N) é uma associação estabelecida, para fins de comunicação, entre duas ou mais instâncias de entidade (N) pares, situadas em diferentes subsistemas (N). Para que uma conexão (N) seja estabelecida, é necessário que o protocolo (N) e o serviço (N) sejam orientados a conexão, ou seja, que a camada (N) seja orientada a conexão.

Caso a camada (N-1) seja também orientada a conexão, a conexão (N-1) deve preceder a conexão (N). A solicitação para a conexão (N-1) pode conduzir (*embedding*) ou não a solicitação para a conexão (N).

Uma conexão (N) pode ser ponto a ponto (entre duas instâncias de entidade pares distantes) ou multiponto (envolvendo três ou mais instâncias de entidade pares distantes).

Dependendo do modo pelo qual o protocolo tenha sido implementado, a conexão pode ser estabelecida administrativamente ou por um processo automático de sinalização.

Os pontos de terminação de conexão (*connection end-points*), referidos como CEs, são identificados pelos respectivos CEIs (*connection end-point identifier*). Os CEs (N) são contidos nos SAPs(N) respectivos, localizando-se, portanto, nas interfaces (N). Assim, os SAPs (N) são parte integrante dos respectivos CEIs.

A Figura 7 permite a visualização dos conceitos de instância de entidade (N), conexão (N) e CEI (N).

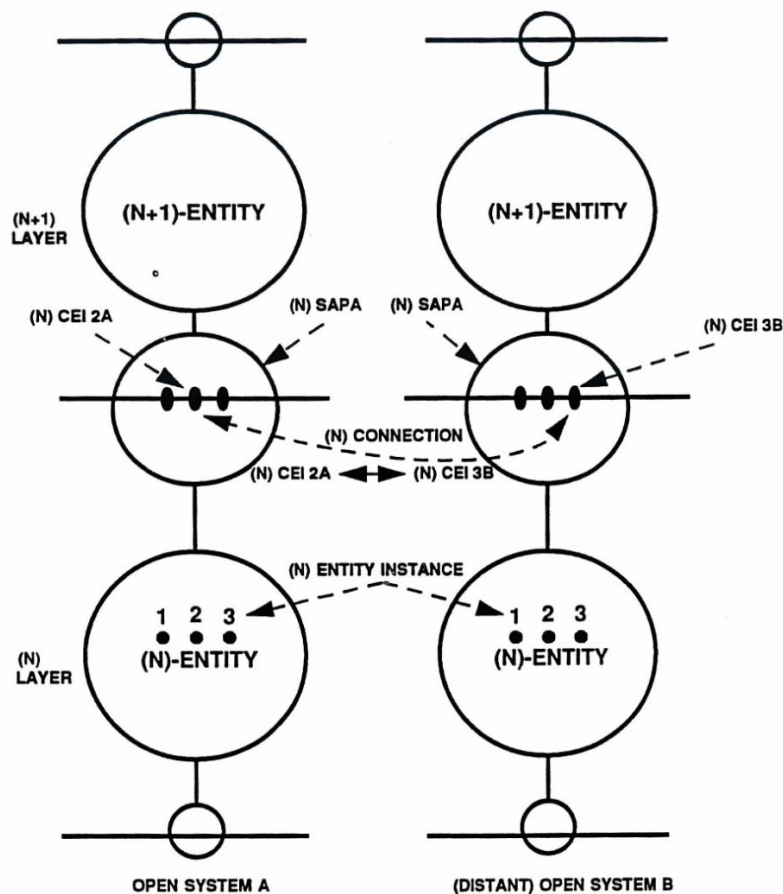


Figura 7 – Instâncias de entidade (N), conexão (N) e CEIs (N).

Verifica-se, nessa figura, a existência de uma conexão (N) entre a instância de entidade (N) CEI 2A, no sistema aberto A, e a instância de entidade (N) CEI 3B, no sistema aberto B.

3.4– Multiplexação e Demultiplexação Estatísticas

Ocorre multiplexação estatística em uma camada (N) quando uma instância de entidade (N-1) é compartilhada por quadros de informação originados em diferentes instâncias de entidade (N).

Quando as camadas (N-1) e (N) são orientadas a conexão, a multiplexação na camada (N) realiza-se pela concatenação de duas ou mais conexões (N) com uma única conexão (N-1), como mostra a Figura 8.

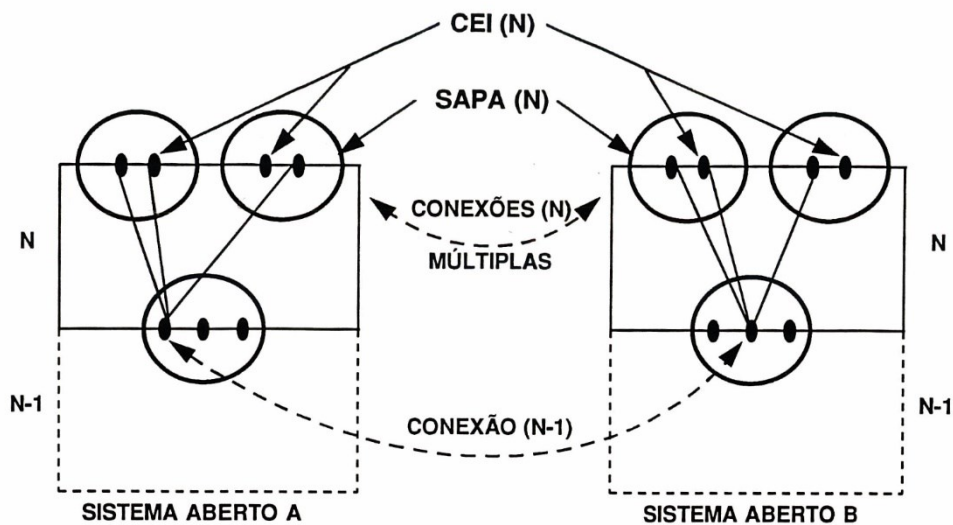


Figura 8 – Multiplexação na camada (N) com protocolos orientados a conexão.

Na camada (N) no destino, ocorre a correspondente demultiplexação.

3.5 – Splitting e Recombinação

Ocorre *splitting* na camada (N) quando mais de uma instância de entidade (N-1) são utilizadas para escoar o tráfego originado em uma única instância de entidade (N). No outro extremo da comunicação ocorre a recombinação (*recombining*) das instâncias de entidade (N-1), como mostra a Figura 9.

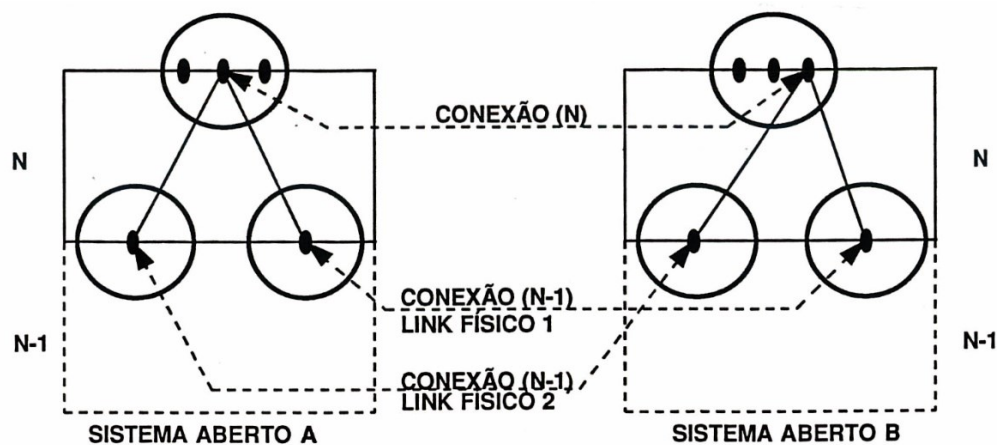


Figura 9 – Splitting e recombining na camada (N).

Essas operações representam uma importante forma de distribuição (e balanceamento) de tráfego quando as instâncias de entidade (N-1) correspondem a links físicos independentes.

3.6 – Unidades de Dados

Unidades de dados são os blocos de informações transmitidos no interior de um sistema aberto ou entre sistemas abertos pares.

Foram definidos os seguintes tipos de unidade de dados:

- Unidade de dados de serviço (SDU);
- Unidade de dados de interface (IDU);
- Unidade de dados de protocolo PDU).

As unidades de dados, além da possibilidade de sua transmissão de modo inalterado, podem ser também segmentadas, blocadas ou concatenadas para transmissão.

3.6.1 – Unidade de Dados de Serviço (SDU)

Uma unidade de dados de serviço (N), ou seja, uma SDU (N), é o bloco de informações que a entidade (N+1) no sistema aberto de origem entrega à correspondente entidade (N), para transmissão intacta no sentido da(s) entidade(s) (N) par(es) de destino no(s) sistema(s) aberto(s) distante(s).

No destino, a entidade (N) par receptora repassa a SDU (N) recebida intacta para a correspondente entidade (N+1).

A relação entre a SDU (N) e as IDU (N) e PDU (N) será vista nos dois subitens a seguir.

3.6.2 – Unidade de Dados de Interface (IDU)

Uma unidade de dados de interface (N), ou seja, uma IDU (N), é o bloco de informações que a entidade (N+1) de origem efetivamente entrega à entidade (N) de origem.

A IDU (N) contém a SDU (N), em adição a um conjunto de informações de controle denominado informação de controle de interface (N), ou seja, ICI (N).

Quando a entidade (N) no subsistema (N) de origem recebe a IDU (N) da entidade (N+1), a IDU (N) é imediatamente dividida na SDU (N) e na ICI (N).

A ICI (N) no sistema aberto de origem permite à entidade (N+1) enviar à camada (N) os parâmetros da primitiva de serviço (N) em uso, parâmetros esses a serem utilizados na transmissão da SDU (N).

Uma vez cumprida a sua função no subsistema (N) de origem, a ICI (N) é desfeita, restando apenas a SDU (N) para transmissão para o(s) subsistema (s) (N) par(es) de destino. Como veremos adiante neste artigo, a SDU (N) se torna o payload da PDU (N).

No destino, a entidade (N) par receptora acrescenta uma nova ICI (N) à SDU (N) recebida, formando uma nova IDU (N) que é passada para a camada (N+1), que retira e processa a ICI (N) recebida e dá continuidade ao tratamento da SDU (N).

Na origem, a entrega da IDU (N) pela entidade (N+1) à entidade (N) se efetiva por meio de uma primitiva de serviço *request* ou de uma primitiva de serviço *response* (só em serviço orientado a conexão).

No destino, a entrega da IDU (N) pela entidade (N) para a entidade (N+1) ocorre por meio de uma primitiva de serviço *indication* ou de uma primitiva de serviço *confirmation* (só em serviço orientado a conexão).

No caso de primitivas de serviço de conexão (N) e de desconexão (N), pode não haver uma SDU (N) contida na IDU (N), sendo a IDU (N) constituída apenas pela ICI (N).

3.6.3 – Unidade de Dados de Protocolo (PDU)

Uma unidade de dados de protocolo (N), ou seja, uma PDU (N), é o bloco de informações montado pela entidade (N) de origem, adicionando à SDU (N) o overhead do protocolo (N).

Esse overhead é representado pelo conjunto de informações de controle referido como *protocol control Information*, ou seja, como PCI (N). A PCI (N) pode ser constituída por um cabeçalho, por um trailer ou por ambos, que representa o overhead do quadro de dados do protocolo (N), ou seja, da PDU (N).

A PCI (N) é montada na entidade (N) de origem e processada na entidade (N) par distante receptora.

No processo de entrega das informações da camada (N) para a camada (N-1) na origem, a PDU (N) passa a denominar-se SDU (N-1). Ainda na camada (N) de origem, a ICI (N-1) é montada e adicionada à SDU (N-1), formando a IDU (N-1), que será entregue à camada (N-1).

Uma vez recebida a IDU (N-1), a entidade (N) de destino realiza a sua divisão na ICI (N-1) e na SDU (N-1), e processa os parâmetros contidas na ICI (N-1).

A SDU (N-1) que restou passa a ser considerada como a PDU (N), que é então dividida no PCI (N) e na SDU (N). A entidade (N) processa então a PCI (N), vale dizer, o protocolo (N).

A entidade (N) de destino monta então a ICI (N) e a agrega à SDU (N) disponível, formando então a IDU (N) de destino, que é então enviada para entidade (N+1) correspondente.

A Figura 10 apresenta todo o tratamento dado às unidades de dados IDU (N), SDU (N), PDU (N), SDU (N-1) e IDU (N-1) no interior da camada (N).

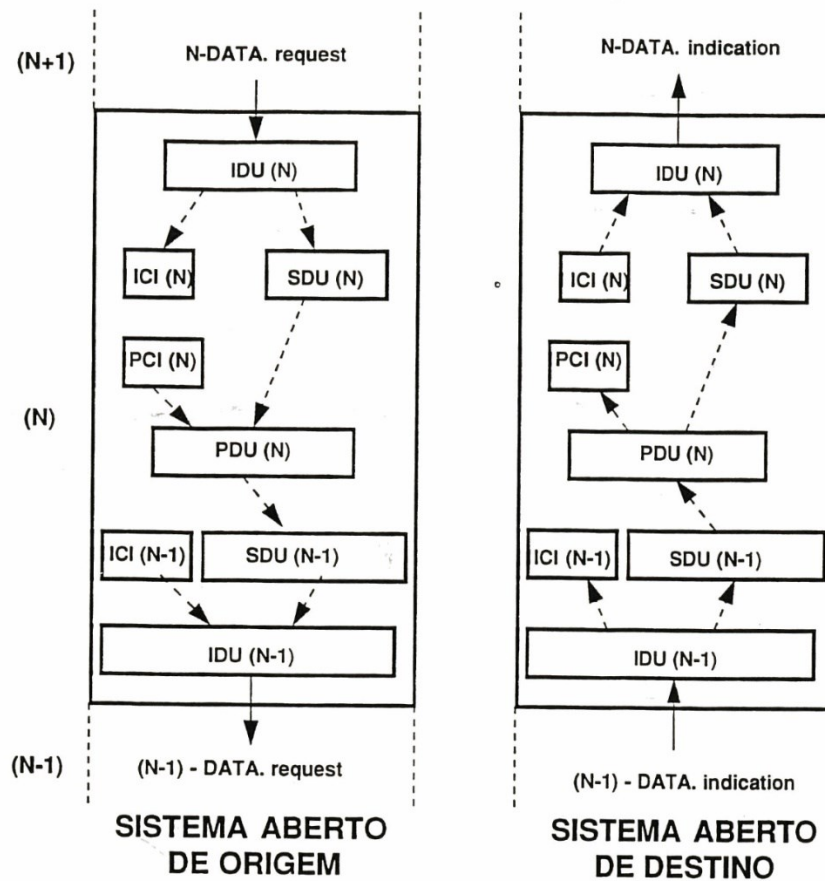


Figura 10 – SDUs (N), IDUs (N) e PDUs (N) na camada (N).

A Figura 11 mostra o tratamento global dado às unidades de dados na arquitetura OSI, tratamento esse extensível a outras arquiteturas modulares, com os devidos ajustes, como por exemplo a arquitetura TCP/IP.

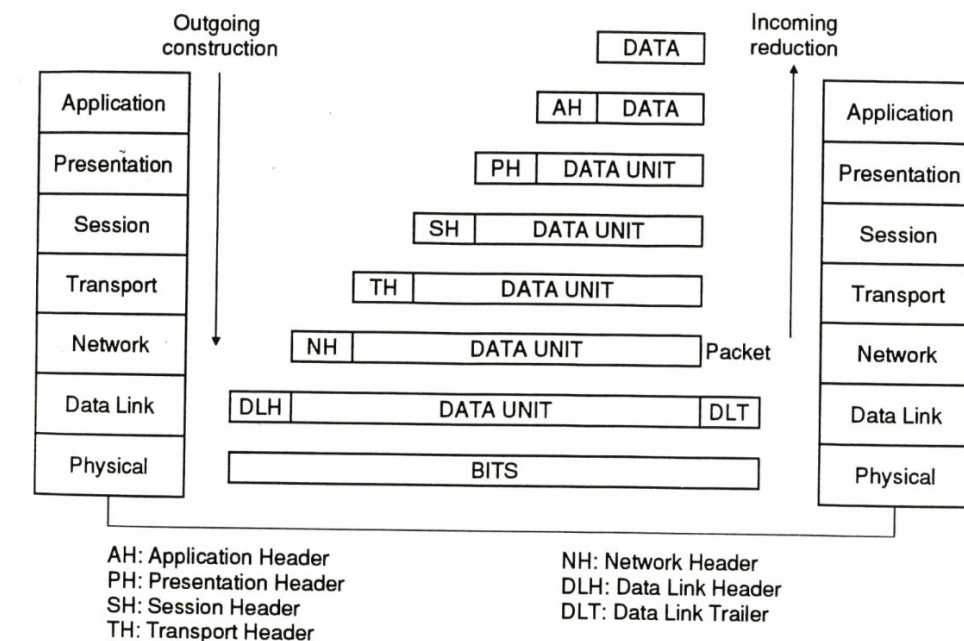


Figura 11 – Fluxo de SDUs e PDUs nas camadas OSI.

Essa figura deixa bem claros os conceitos de SDU (N) e de PDU (N), evidenciando o fato de que a PDU (N) e a SDU (N-1) representam o mesmo bloco de dados, porém com significados diferentes para seus campos.

Evidencia também que no sistema aberto de origem ocorre o envelopamento sucessivo de PDUs em SDUs até a camada 2, quando a PDU (2) é entregue à camada física. Na camada física, as informações são transmitidas como uma sequência de bits.

A partir da camada (2) no sistema aberto de destino, as estruturas das unidades de dados em cada camada são recompostas, ocorrendo então uma sucessão de desenvolvimentos de SDUs no sentido ascendente.

A Figura 11, embora elucidativa, peca por não exibir as IDUs, o que altera a forma de transmissão de unidades de dados, mas não a sua essência.

Os endereços de estações e processos de destino, definidos nos aplicativos, são utilizados pelas devidas camadas e sucessivamente repassados para as camadas inferiores. Na camada 2, pode ocorrer a necessidade de resolução de endereços a partir dos endereços de camada 3, como ocorre, por exemplo, no caso de redes IP sobre Frame Relay, ATM e Ethernet, quando são utilizados os protocolos da família ARP (*Address Resolution Protocol*).

3.6.4 – Segmentação e Remontagem

As PDUs (N) a ser transmitidas podem conter um número de octetos superior à capacidade admitida pela camada (N-1) para conduzir SDUs (N-1). Para a solução desse problema, utiliza-se na origem a função segmentação das SDUs (N) em dois ou mais blocos, criando-se assim múltiplas PDUs (N) de tamanhos adequados.

A Figura 12 ilustra a segmentação de uma SDD (N) em múltiplas PDUs (N).

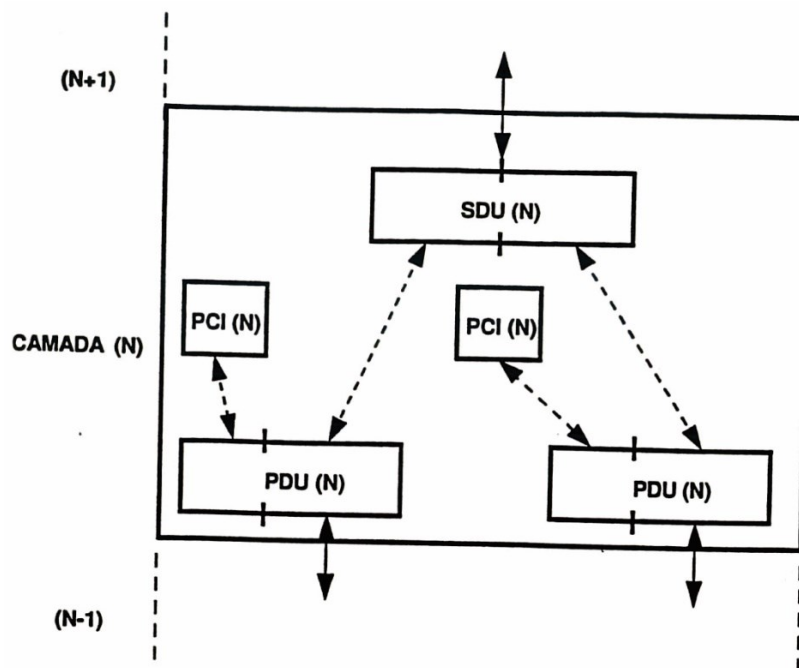


Figura 12 - Segmentação de SDUs (N) para criação de múltiplas PDUs (N).

No sistema aberto de destino, graças a parâmetros conduzidos nas PCIs (N), ocorre a função remontagem das SDUs (N) a partir das múltiplas PDUs (N) resultantes das respectivas segmentações.

3.6.5 – Blocagem e Desblocagem

Em circunstâncias inversas às descritas no subitem anterior, pode ocorrer que a capacidade da camada (N-1) de conduzir SDUs (N-1) seja superior ao tamanho das PDUs (N) a transmitir, o que torna vantajosa a blocagem de múltiplas PDUs (N) em uma única PDU (N), como mostra a Figura 13.

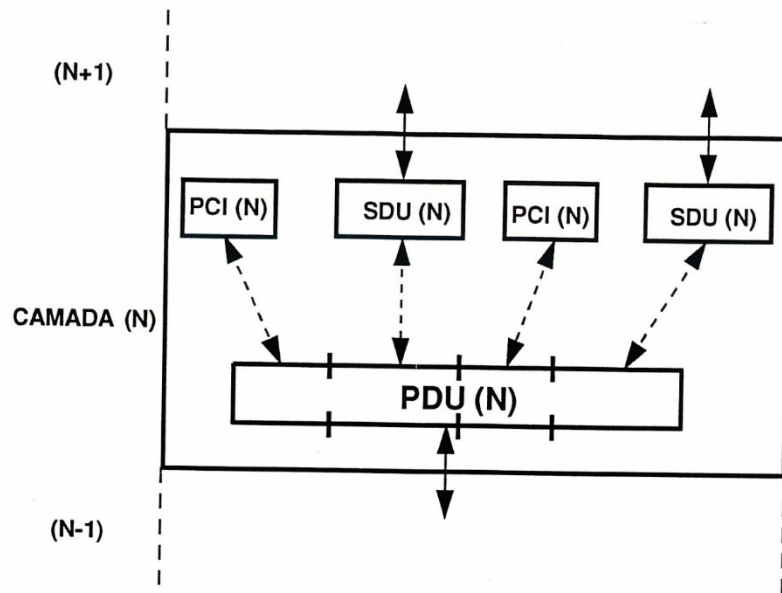


Figura 13 – Blocação de múltiplas PDUs (N) em uma PDU (N) maior.

No sistema aberto de destino, graças a parâmetros conduzidos na PCI (N), ocorre a desbloqueagem da PDU (N), permitindo a sua divisão nas correspondentes múltiplas SDUs (N) e PCIs (N).