

# Unidade IV

Esta é a última unidade do livro-texto, que trata agora com facilidade das camadas mais inferiores da pilha de protocolos: as camadas de Enlace e Física. A preocupação dessas camadas é, na origem e no destino, entender como a informação é transportada entre os nós da rede e como é a transformação dos dados em informação nos meios físicos existentes.

## 7 CAMADA DE ENLACE

Também chamada de *Link* de Dados, a Camada de Enlace está localizada entre as camadas baixas na pilha de protocolos (figura 86) e é responsável por pegar os pacotes de dados recebidos da Camada de Rede e transformá-los em quadros (*frames*), que serão trafegados pela rede, adicionando informações como o endereço da placa de rede de origem, o endereço da placa de rede de destino, os dados de controle, os dados propriamente ditos e o identificador de verificação (*checksum*).

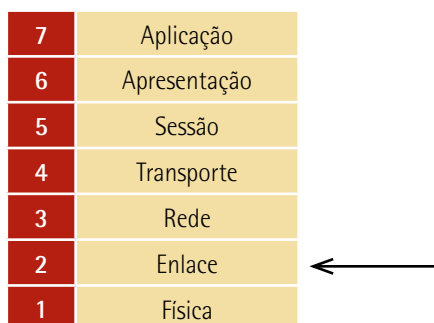


Figura 86 - Camada de Enlace (KOVACH, 2009)



### Lembrete

Lembre-se: é a Camada de Enlace a responsável pela delimitação dos quadros.

Na origem, o quadro criado pela Camada de Enlace é enviado à Camada Física, que o converte em sinais elétricos para serem enviados através do meio físico. Na origem, quando o receptor recebe um quadro, a sua Camada de Enlace confere se o dado chegou íntegro por meio do identificador de verificação (*checksum*). Se os dados estiverem íntegros, ele envia uma confirmação de recebimento, chamada *acknowledge*, ou simplesmente *ack*. Caso essa confirmação não seja recebida, a camada *Link* de Dados do transmissor reenvia o quadro, já que ele não chegou até o receptor ou então chegou com os dados corrompidos.



## Observação

Quando o fluxo de *bits* chega na Camada de Enlace, este é dividido em quadros. Estes são submetidos a uma soma de verificação denominada de *checksum*. Ao chegarem ao destinatário, este faz seu próprio *checksum* e compara-o com o do quadro enviado. Em caso de erro no teste, a Camada de Enlace deverá agir de forma que haja a correção ou o descarte daquele quadro defeituoso.

## 7.1 Enquadramento

Para oferecer serviços à Camada de Rede, a Camada de Enlace de dados deve usar o serviço fornecido a ela pela Camada Física. A Camada Física aceita um fluxo de *bits* bruto e tenta entregá-lo a seu destino. Não há uma garantia de que esse fluxo de *bits* seja livre de erros. A Camada de Enlace de dados é responsável por detectar e, se necessário, corrigir erros. Veja a seguir a estratégia adotada pela Camada de Enlace:

- dividir o fluxo de *bits* em quadros;
- calcular o *checksum* em relação a cada quadro;
- quando o quadro chega a seu destino, o *checksum* é recalculado;
- se o *checksum* recém-calculado for diferente do contido no quadro, a Camada de Enlace saberá que houve erro e tomará providências para corrigi-lo (CARVALHO, 2009).

## 7.2 Controle de erros

Como nos certificarmos de que todos os quadros serão entregues na Camada de Rede de destino e na ordem correta?

O protocolo solicita que o receptor retorne quadros de controle especiais com confirmações positivas ou negativas sobre os quadros recebidos. Se enviar uma confirmação positiva, o quadro foi recebido com segurança; se enviar uma confirmação negativa, algo saiu errado e o quadro deve ser retransmitido.

Problemas de *hardware* podem fazer com que um quadro desapareça completamente. Assim, o receptor não reagirá, pois não há motivo para isso. O quadro completamente perdido faz com que o protocolo fique aguardando confirmação e permaneça em suspense para sempre. Nesse caso, a solução é introduzir um temporizador na Camada de Enlace, que é ajustado para ser desativado após um intervalo suficientemente longo, após o quadro ter sido entregue ao destino. Em geral, a confirmação é acusada antes de o temporizador ser desativado. Se a confirmação ou o quadro se perderem, o temporizador será desativado. A solução agora é transmitir o quadro outra vez.

Existe ainda a possibilidade de o receptor aceitar o mesmo quadro duas ou mais vezes ou enviá-lo à Camada de Rede mais de uma vez. Nesse caso, é possível a atribuição de números de sequência nos quadros enviados, a fim de que o receptor possa distinguir as retransmissões dos originais.

### 7.3 Controle de fluxo

Um transmissor quer enviar quadros mais rapidamente do que o receptor é capaz de aceitá-los. Isso pode acontecer quando o transmissor está sendo executado em um computador rápido e o receptor utilizado é lento. Nesse caso, o transmissor fica bombeando os quadros em alta velocidade até o receptor ser totalmente "inundado". Mesmo que a transmissão não contenha erros, em um determinado ponto o receptor não será mais capaz de receber os quadros e começará a perder alguns deles.

Existem diversos esquemas de controle de fluxo e a maioria utiliza o mesmo princípio. O protocolo contém regras bem-definidas sobre quando o transmissor pode enviar o quadro seguinte. Com frequência, essas regras impedem que os quadros sejam enviados até que o receptor tenha concedido permissão para transmissão, implícita ou explicitamente (CARVALHO, 2009).



#### Observação

O controle de fluxo é uma função executada tanto pela Camada de Enlace como pela Camada de Transporte. A diferença é que esta última faz o controle considerando fim a fim, ou seja, a origem e o destino, e a Camada de Enlace faz o controle considerando apenas o próximo nó da rede.

### 7.4 Problemas na transmissão

Durante as transmissões, os sinais estão sujeitos a problemas que podem ser gerados no próprio meio ou externamente. São estes os mais comuns:

- **Ruídos:** agora que já vimos o que é modulação, fica fácil entender o que é ruído. O ruído é qualquer sinal externo interferente no sistema de comunicação.
- **Distorção:** é qualquer mudança indesejada no formato da onda. Distorção por atenuação da onda: nesse caso, a onda tem sua amplitude diminuída, ou seja, atenuada. Dessa forma, a distorção acontece porque cada frequência é afetada diferentemente das outras. As frequências de limite (as menores e as maiores frequências) estão mais sujeitas à atenuação, o que resulta em um sinal diferente do emitido. Distorção por retardo: a fase da onda é modificada em alguns graus de maneira não linear, sendo que as frequências de limite sofrem mais distorção.
- **Crosstalk:** é também chamado de diafonia e acontece quando o sinal trafegado em um par trançado gera uma indução elétrica num cabo próximo. É a famosa linha cruzada, mais suscetível em frequências mais altas.

- **Eco:** um tipo de ruído semelhante ao eco acústico, nosso conhecido antigo, mas nesse caso o sinal emitido se encontra com o sinal transmitido anteriormente, o que afeta a sua captação na outra ponta. Isso pode ocorrer sempre que o meio de transmissão apresentar uma variação na sua impedância (medida da oposição ao fluxo de dados).
- **Jitter:** também chamado de *jitter* de fase, é um atraso que ocorre e altera o sinal da portadora, fazendo parecer que houve modulação. É ocasionado geralmente por problemas na rede elétrica, diferente do *jitter* que vimos anteriormente nas redes de computadores e na internet, que é um fenômeno de atraso entre os pacotes que chegam. Sabemos que para tráfego de dados não há problemas, já que a própria interface de rede é capaz de reordená-los. Exceto para o tráfego de voz e *streaming*, que é uma dificuldade, porque a ordem dos pacotes e o tempo que levam para chegar irão afetar a sua reprodução.

Existem três tipos de *jitter*:

- **Tipo A – *jitter* constante.** É um nível aproximadamente constante da variação de atrasos entre pacotes.
- **Tipo B – *jitter* passageiro.** É caracterizado por um aumento substancial do atraso que pode ocorrer em um único pacote.
- **Tipo C – variação de atraso em curto prazo.** É um aumento no atraso que persiste por alguns pacotes seguidos e pode ser acompanhado por um crescimento na variação do atraso entre pacotes.



### Lembrete

*Jitter* é o pior atraso que pode acontecer em uma transmissão, pois é uma **variação** do atraso.

## 7.5 Detecção e correção de erros

Erros são causados por atenuação do sinal e por ruído. O receptor é capaz de detectar a presença de erros. Após essa detecção, o receptor sinaliza ao remetente para retransmissão ou simplesmente descarta o quadro em erro.

Correção de erros é o mecanismo que permite que o receptor localize e corrija o erro sem precisar da retransmissão. Exemplos de técnicas de detecção de erros nos dados transmitidos são:

- verificações de paridade;
- métodos de soma e verificação;
- verificações de redundância cíclica (CRC).

### 7.6 Protocolos elementares

O canal de comunicação entre as camadas de enlace de dados na origem e no destino pode ser feito de diversas maneiras.

#### 7.6.1 Simplex

A comunicação *simplex* é aquela em que somente um dos lados está apto a enviar informações. A transmissão é unidirecional exclusiva, como nas transmissões de rádio e TV. Em redes é muito pouco utilizada.

#### 7.6.2 Duplex

A transmissão *duplex* é composta por dois interlocutores e ambos estão aptos a enviar e receber informações. Pode ser chamada também de bidirecional. É importante dizer que, se houver mais do que dois elementos se comunicando, a transmissão não poderá ser chamada de duplex. Dentro do conceito de duplex, temos duas possibilidades o *Half-duplex* e o *Full-duplex*.

- *Half-duplex*: também conhecido como *semi-duplex*, é chamada assim porque, apesar de ambos os emissores poderem enviar e receber informações, isso não pode ocorrer simultaneamente. Um bom exemplo é o *walkie-talkie*, enquanto um fala, o outro ouve e vice-versa.
- *Full-duplex*: pode ser chamada apenas de *duplex*. Nesse caso, podemos enviar e receber dados simultaneamente, cada elemento tem seu próprio canal de envio. Podemos dizer que um canal *full-duplex* equivale a dois canais *half-duplex*. Como exemplos, podemos citar o telefone e as redes de dados.

## 8 CAMADA FÍSICA

A Camada Física é a camada mais baixa da pilha de protocolos, o que pode ser observado na figura 85. Ela é responsável especialmente por pegar os quadros enviados pela Camada de Enlace e os transformar em sinais compatíveis com o meio pelo qual os dados deverão ser transmitidos. Se o meio for elétrico, essa camada converte os *bits* 0 e 1 dos quadros em sinais elétricos a serem transmitidos pelo cabo; se o meio for óptico, essa camada converte os *bits* 0 e 1 dos quadros em sinais luminosos, e assim por diante, dependendo do meio de transmissão de dados.

Essa camada especifica, portanto, a maneira pela qual os *bits* 0 e 1 dos quadros serão enviados para a rede (ou recebidos da rede, no caso da recepção de dados). Ela não sabe o significado dos *bits* que está recebendo ou transmitindo. Por exemplo, no caso da recepção de um quadro, a Camada Física converte os sinais do cabo em *bits* 0 e 1 e os envia para a Camada de Enlace, que montará o quadro e verificará se ele foi recebido corretamente. O papel dessa camada é efetuado pela placa de rede dos dispositivos conectados em rede.

7	Aplicação
6	Apresentação
5	Sessão
4	Transporte
3	Rede
2	Enlace
1	Física

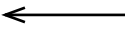


Figura 87 - Camada Física (KOVACH, 2009)

Agora que já mencionamos que a Camada Física é responsável pela conversão dos sinais digitais em sinais que possam ser compreendidos pelos meios físicos, vamos falar de tais meios que a sustentam.

Para definir bem o que vem a ser meio físico, imagine um *bit* sendo transmitido por um sistema final, ele irá passar por um *modem*, que em seguida o enviará para o ISP que, conectado ao roteador de borda, o encaminhará à nuvem. Dentro da nuvem, o *bit* será transmitido de roteador a roteador até que chegue ao roteador de borda do receptor, que direcionará o nosso *bit* viajante até o *modem* do receptor e, por último, o encaminhará para a placa de rede do servidor, que lê aquele *bit* e pronto! Chegou. Simples, mas veja quantas conexões foram necessárias até que o nosso *bit* alcançasse seu destino, a cada troca de equipamento havia um meio físico dando o suporte.

Esses meios físicos podem ser de duas categorias: os meios guiados ou os meios não guiados. Nos meios guiados, os *bits* de informação são direcionados ao longo de um meio sólido, como o cabo de cobre trançado ou a fibra óptica. Já nos meios não guiados, as ondas são propagadas na atmosfera ou no espaço através de ondas eletromagnéticas, a exemplo das redes *wireless* ou das transmissões via satélite.

## 8.1 Par de fios de cobre

É o meio de transmissão guiado mais barato e mais utilizado em redes de curto e médio alcance. Há mais de 100 anos, 99% das redes de telefonia são compostas de cabos de par trançado de cobre.

Eles são feitos com fios de cobre de aproximadamente 1 milímetro. No caso da telefonia, um par e, no caso das redes de computadores, 3 pares. São produzidos em espiral, dessa forma a indução eletromagnética gerada é atenuada.

Quando surgiram as fibras ópticas, muitos acreditavam que os fios de cobre seriam extintos, devido à sua taxa de transmissão relativamente baixa. Mas isso nunca aconteceu, surgiram novas tecnologias de cabos, por exemplo, o UTP categoria 5, que é mais comumente utilizado nas redes locais de computadores. O UTP Cat5, como é conhecido, pode alcançar até 100 Mbps nas taxas de transmissão em algumas centenas de metros. Em distâncias mais curtas, pode atingir até velocidades maiores.

Outro fator para o grande sucesso do cobre é o seu custo, que é muitas vezes menor do que o de qualquer outro meio de transmissão.

### 8.2 Cabo coaxial

Como no cabo de par trançado, o cabo coaxial possui dois condutores de cobre, com a diferença de estarem de forma concêntrica e não paralelos. Dessa forma, com um isolamento especial, podem atingir maiores taxas de transmissão, já que sua estrutura é mais imune a interferências. Amplamente utilizado pelas empresas de televisão a cabo e, mais recentemente, também para envio de internet através da tecnologia HFC.

O cabo coaxial pode ser usado como meio compartilhado, podendo abrigar diversos canais de tráfego simultaneamente.

### 8.3 Fibra óptica

A fibra óptica possui um filamento interno produzido a partir de material vítreo ou plástico revestido por uma camada de silicone ou acrilato, por sua característica de baixo índice refratário.

É bastante flexível e capaz de conduzir pulsos de luz por longas distâncias sem perdas. Cada pulso representa um *bit*, e sua taxa de transmissão pode chegar a centenas de *gigabits* por segundo. As fibras são imunes a interferências magnéticas, como os meios são a base de cobre, e em distâncias de até cem quilômetros, não sofrem atenuação. Por isso, elas são os meios mais difundidos para transmissões de longa distância das redes *backbones*.

Entretanto, o alto custo dos equipamentos de transmissão e a dificuldade da implantação tornam pouco interessante o seu uso em curtas distâncias ou para usuários residenciais.

A tendência é que haja uma queda nos preços dos equipamentos envolvidos nas transmissões ópticas.



#### Saiba mais

Conheça o processo de fabricação das fibras ópticas pelo vídeo *Fibra Óptica - Processo de Fabricação*. Acesse:

<<http://vimeo.com/32171567>>.

### 8.4 Transmissão via rádio terrestre

Na transmissão via rádio, o meio de propagação é o ar. Sinais eletromagnéticos são gerados e se propagam carregando consigo os *bits*. As características variam de acordo com o tipo de transmissão e o local.

Podemos classificar os sinais de rádio em duas categorias: os de pequeno alcance, desde poucos metros até algumas centenas; e os de longo alcance, que podem alcançar algumas dezenas de quilômetros.

Os sistemas de transmissão WiFi utilizam os canais de pequeno alcance, enquanto o sistema celular, os de longo alcance.

### 8.5 Transmissão via rádio satélite

Há mais de 40 anos, utilizam-se os satélites em sistemas de telecomunicações. O satélite recebe as informações de uma estação em terra e, usando um repetidor, envia em outra faixa de frequência o sinal com destino a outra estação em solo. Tudo com taxas que podem atingir *gigabits* por segundo.

Podemos classificar os satélites quanto à sua altitude e, por consequência, à sua órbita.

Os mais utilizados comercialmente são os GEOS (Geostationery Earth Orbit Satelities – Satélite em Órbita Geoestacionária da Terra). São classificados como satélites geoestacionários. Sua órbita é circular, equatorial e estática com relação à Terra, ou seja, sua velocidade de translação é a mesma da Terra, isso faz com que o satélite esteja permanentemente sobre o mesmo ponto na Terra. Para conseguir isso, ele deve ser colocado a uma altitude de 36.000 quilômetros do solo. Essa distância toda gera um atraso significativo de até 280 milissegundos. Apesar do atraso, esse tipo de satélite é o mais utilizado para transmissão de telefonia intercontinental.

Os LEOS (Low Earth Orbit Satelities – Satélites em Baixa Órbita da Terra) estão localizados mais próximos da Terra e sua translação é diferente da translação Terra. Portanto, eles não permanecem sobre o mesmo ponto, exatamente como a Lua. Eles podem se comunicar entre si e com estações terrestres. É necessário um grande número de LEOS em órbita para cobrir continuamente uma determinada área.

Esse tipo de satélite é muito usado em sistemas de georreferenciamento, auxílio à navegação, sensoriamento remoto, fins militares e outros. Como exemplo, podemos citar o sistema Globalstar, que oferece serviços de telecomunicações (dados, voz e *paging*) através de 48 LEOS em oito órbitas, numa altitude de 1.410 quilômetros.



#### Saiba mais

Conheça a constelação de satélites no mundo. Veja a movimentação deles em tempo real acessando:

<<http://www.n2yo.com/>>.





### Resumo

Nesta unidade tratamos das duas camadas de mais baixo nível, a de Enlace e a Física.

A **Camada de Enlace**, também conhecida com Link de Dados, é a responsável por transformar em **quadros** os pacotes de dados recebidos pela Camada de Rede. A Camada de Enlace encaminha a Camada Física, que converte o quadro em sinais elétricos para serem trafegados através do meio físico. Importante lembrar aqui que as ações tomadas por essa camada não consideram a transmissão fim a fim, apenas a **transmissão até o próximo nó** da rede.

Lembre-se do **identificador de verificação** (*checksum*) que é utilizado para confirmação da integridade da informação e, se tudo estiver de acordo, é enviada a confirmação de recebimento, chamada *acknowledge* ou *ack*.

A Camada de Enlace é responsável por **detectar erros** na transmissão da Camada Física. Para isso, ela divide o fluxo de *bits* em quadros, realiza o *checksum* em cada quadro (no envio e na recepção) e tenta corrigir um quadro. Caso não seja possível, solicita retransmissão.

Para **controle de erros**, o protocolo de Camada de Enlace solicita quadros especiais, com a informação que confirma ou não o recebimento adequado da informação. Outra possibilidade é de que o quadro desapareça na nuvem, nesse caso o protocolo tem um temporizador que avalia se o quadro pode ter sido realmente perdido e, neste caso, o reenvia.

Algumas técnicas de detecção:

- Verificações de paridade;
- Métodos de soma e verificação;
- Verificações de redundância cíclica (CRC).

Vamos nos lembrar agora dos **protocolos elementares**, que são os canais de comunicação entre as camadas de enlace de dados na origem e destino.

Esses canais podem ser do tipo **Simplex**, onde somente um dos lados está apto a transmitir; **Half-Duplex** ou **Semi-Duplex**, onde ambos os

lados podem transmitir, mas isso não pode ocorrer simultaneamente. E o canal **Duplex** ou **Full-Duplex**, onde ambos os lados podem transmitir ao mesmo tempo.

A **Camada Física** é a mais baixa na pilha de protocolos, sua responsabilidade é pegar os quadros da Camada de Enlace e enviá-los pelo meio de transmissão, **adequando-os de acordo com cada meio**, fios de cobre, fibra óptica etc. Essa camada não faz diferenciação do que será transmitido, ela recebe os *bits* e os envia, depois verifica se chegaram intactos.

Os meios utilizados podem ser do tipo guiado, onde os *bits* são direcionados em um meio sólido, ou os não guiados, onde a propagação ocorre na atmosfera, sem fio, como por exemplo os sistemas *WiFi*.

Os principais meios de transmissão que vimos aqui são:

- Par de fios de cobre;
- Cabo coaxial;
- Fibra óptica;
- Transmissão via rádio terrestre;
- Transmissão via rádio satélite.



### Exercícios

**Questão 1** (adaptada de: Forouzan, Behrouz A. *Comunicação de dados e redes de computadores*). Podemos afirmar:

I. No controle do enlace de dados, temos a montagem e a delimitação de *frames* (*framing*) e a implementação de mecanismos de controle de fluxo e de erros por meio de protocolos de comunicação de dados implementados via *software*, os quais possibilitam uma transmissão confiável dos *frames* entre os nós.

II. A Camada de Enlace precisa empacotar *bits* em *frames* de modo que cada *frame* seja distinguível um do outro. Nosso sistema de correio pratica uma espécie de *framing*.

III. O *framing*, na camada de receptor de dados, separa uma mensagem, de uma origem a um destino, de outras mensagens a outros destinos, acrescentando o endereço do emissor e do destino. O endereço do receptor define para onde o pacote deve ser encaminhado; o endereço do emissor ajuda o receptor a confirmar o recebimento do pacote.

IV. A Camada de Enlace faz o controle de congestionamento e qualidade de serviços. São duas questões tão intimamente ligadas que a melhoria de uma delas significa a melhoria da outra e ignorar uma delas normalmente implica ignorar a outra.

Está(ão) correta(s) a(s) afirmativa(s):

- A) Somente a IV.
- B) I e II.
- C) I e IV.
- D) I, II e III.
- E) I, II, III e IV.

Resposta correta: alternativa D.

**Análise da afirmativa incorreta:**

IV) Afirmativa incorreta.

Justificativa:

É a Camada de Transporte que faz o controle de congestionamento e qualidade de serviços, não a Camada de Enlace.

**Questão 2** (Forouzan, Behrouz A. *Comunicação de dados e redes de computadores*). Um meio de transmissão, em termos gerais, pode ser definido como:

- A) Qualquer coisa capaz de transportar informações de uma origem a um destino.
- B) O meio de transmissão geralmente pode ser o espaço livre.
- C) Entre os meios de transmissão guiados temos: cabos de par trançado.
- D) A fibra óptica é um cabo que aceita e transporta sinais na forma de luz e pode ser considerada um meio de transmissão.
- E) Todas as afirmativas acima estão corretas.

**Resolução desta questão na Plataforma.**

## FIGURAS E ILUSTRAÇÕES

### Figura 13

KUROSE, J. F.; ROSS, K. R. *Redes de computadores e a internet: uma abordagem top-down*. 5. ed. São Paulo: Pearson, 2010.

### Figura 14

TANENBAUM, A. S. *Redes de computadores*. 4. ed. Rio de Janeiro: Campus, 2003.

### Figura 15

TANENBAUM, A. S. *Redes de computadores*. 4. ed. Rio de Janeiro: Campus, 2003.

### Figura 16

KOVACH, S. *Arquitetura TCP/IP*. MBA em Inovação Tecnológica em Comunicação e Redes. Departamento de Computação e Sistemas Digitais. Escola Politécnica. Universidade de São Paulo, 2009.

### Figura 27

KOVACH, S. *Arquitetura TCP/IP*. MBA em Inovação Tecnológica em Comunicação e Redes. Departamento de Computação e Sistemas Digitais. Escola Politécnica. Universidade de São Paulo, 2009.

### Figura 28

KOVACH, S. *Arquitetura TCP/IP*. MBA em Inovação Tecnológica em Comunicação e Redes. Departamento de Computação e Sistemas Digitais. Escola Politécnica. Universidade de São Paulo, 2009.

### Figura 29

KOVACH, S. *Arquitetura TCP/IP*. MBA em Inovação Tecnológica em Comunicação e Redes. Departamento de Computação e Sistemas Digitais. Escola Politécnica. Universidade de São Paulo, 2009.

### Figura 30

KUROSE, J. F.; ROSS, K. R. *Redes de computadores e a internet: uma abordagem top-down*. 5. ed. São Paulo: Pearson, 2010.

### Figura 31

Disponível em: <<http://marketshare.hitslink.com/report.aspx?qprid=0>>. Acesso em: 27 abr. 2012.

### **Figura 32**

KUROSE, J. F.; ROSS, K. R. *Redes de computadores e a internet: uma abordagem top-down*. 3. ed. São Paulo: Pearson, 2006.

### **Figura 33**

KUROSE, J. F.; ROSS, K. R. *Redes de computadores e a internet: uma abordagem top-down*. 3. ed. São Paulo: Pearson, 2006.

### **Figura 34**

KOVACH, S. *Arquitetura TCP/IP*. MBA em Inovação Tecnológica em Comunicação e Redes. Departamento de Computação e Sistemas Digitais. Escola Politécnica. Universidade de São Paulo, 2009.

### **Figura 35**

KUROSE, J. F.; ROSS, K. R. *Redes de computadores e a internet: uma abordagem top-down*. 3. ed. São Paulo: Pearson, 2006.

### **Figura 36**

Disponível em: <<http://www.campaignmonitor.com/stats/email-clients/>>. Acesso em: 27 abr. 2012.

### **Figura 37**

KUROSE, J. F.; ROSS, K. R. *Redes de computadores e a internet: uma abordagem top-down*. 3. ed. São Paulo: Pearson, 2006.

### **Figura 39**

KUROSE, J. F.; ROSS, K. R. *Redes de computadores e a internet: uma abordagem top-down*. 5. ed. São Paulo: Pearson, 2010.

### **Figura 40**

KUROSE, J. F.; ROSS, K. R. *Redes de computadores e a internet: uma abordagem top-down*. 5. ed. São Paulo: Pearson, 2010.

### **Figura 41**

KUROSE, J. F.; ROSS, K. R. *Redes de computadores e a internet: uma abordagem top-down*. 5. ed. São Paulo: Pearson, 2010.

### **Figura 42**

Disponível em: <<http://www.root-servers.org/>>. Acesso em: 8 out. 2011.

### **Figura 43**

KOVACH, S. *Arquitetura TCP/IP*. MBA em Inovação Tecnológica em Comunicação e Redes. Departamento de Computação e Sistemas Digitais. Escola Politécnica. Universidade de São Paulo, 2009.

### **Figura 45**

KOVACH, S. *Arquitetura TCP/IP*. MBA em Inovação Tecnológica em Comunicação e Redes. Departamento de Computação e Sistemas Digitais. Escola Politécnica. Universidade de São Paulo, 2009.

### **Figura 46**

KOVACH, S. *Arquitetura TCP/IP*. MBA em Inovação Tecnológica em Comunicação e Redes. Departamento de Computação e Sistemas Digitais. Escola Politécnica. Universidade de São Paulo, 2009.

### **Figura 51**

KOVACH, S. *Arquitetura TCP/IP*. MBA em Inovação Tecnológica em Comunicação e Redes. Departamento de Computação e Sistemas Digitais. Escola Politécnica. Universidade de São Paulo, 2009.

### **Figura 52**

KOVACH, S. *Arquitetura TCP/IP*. MBA em Inovação Tecnológica em Comunicação e Redes. Departamento de Computação e Sistemas Digitais. Escola Politécnica. Universidade de São Paulo, 2009.

### **Figura 53**

KUROSE, J. F.; ROSS, K. R. *Redes de computadores e a internet: uma abordagem top-down*. 5. ed. São Paulo: Pearson, 2010.

### **Figura 54**

KOVACH, S. *Arquitetura TCP/IP*. MBA em Inovação Tecnológica em Comunicação e Redes. Departamento de Computação e Sistemas Digitais. Escola Politécnica. Universidade de São Paulo, 2009.

### **Figura 55**

KOVACH, S. *Arquitetura TCP/IP*. MBA em Inovação Tecnológica em Comunicação e Redes. Departamento de Computação e Sistemas Digitais. Escola Politécnica. Universidade de São Paulo, 2009.

### **Figura 56**

KOVACH, S. *Arquitetura TCP/IP*. MBA em Inovação Tecnológica em Comunicação e Redes. Departamento de Computação e Sistemas Digitais. Escola Politécnica. Universidade de São Paulo, 2009.

### **Figura 57**

KOVACH, S. *Arquitetura TCP/IP*. MBA em Inovação Tecnológica em Comunicação e Redes. Departamento de Computação e Sistemas Digitais. Escola Politécnica. Universidade de São Paulo, 2009.

### **Figura 58**

KOVACH, S. *Arquitetura TCP/IP*. MBA em Inovação Tecnológica em Comunicação e Redes. Departamento de Computação e Sistemas Digitais. Escola Politécnica. Universidade de São Paulo, 2009.

### **Figura 59**

KOVACH, S. *Arquitetura TCP/IP*. MBA em Inovação Tecnológica em Comunicação e Redes. Departamento de Computação e Sistemas Digitais. Escola Politécnica. Universidade de São Paulo, 2009.

### **Figura 60**

KOVACH, S. *Arquitetura TCP/IP*. MBA em Inovação Tecnológica em Comunicação e Redes. Departamento de Computação e Sistemas Digitais. Escola Politécnica. Universidade de São Paulo, 2009.

### **Figura 62**

KOVACH, S. *Arquitetura TCP/IP*. MBA em Inovação Tecnológica em Comunicação e Redes. Departamento de Computação e Sistemas Digitais. Escola Politécnica. Universidade de São Paulo, 2009.

### **Figura 63**

KOVACH, S. *Arquitetura TCP/IP*. MBA em Inovação Tecnológica em Comunicação e Redes. Departamento de Computação e Sistemas Digitais. Escola Politécnica. Universidade de São Paulo, 2009.

### **Figura 64**

KOVACH, S. *Arquitetura TCP/IP*. MBA em Inovação Tecnológica em Comunicação e Redes. Departamento de Computação e Sistemas Digitais. Escola Politécnica. Universidade de São Paulo, 2009.

### **Figura 65**

KOVACH, S. *Arquitetura TCP/IP*. MBA em Inovação Tecnológica em Comunicação e Redes. Departamento de Computação e Sistemas Digitais. Escola Politécnica. Universidade de São Paulo, 2009.

### **Figura 66**

KOVACH, S. *Arquitetura TCP/IP*. MBA em Inovação Tecnológica em Comunicação e Redes. Departamento de Computação e Sistemas Digitais. Escola Politécnica. Universidade de São Paulo, 2009.

### **Figura 67**

KOVACH, S. *Arquitetura TCP/IP*. MBA em Inovação Tecnológica em Comunicação e Redes. Departamento de Computação e Sistemas Digitais. Escola Politécnica. Universidade de São Paulo, 2009.

### **Figura 68**

KOVACH, S. *Arquitetura TCP/IP*. MBA em Inovação Tecnológica em Comunicação e Redes. Departamento de Computação e Sistemas Digitais. Escola Politécnica. Universidade de São Paulo, 2009.

### **Figura 69**

KOVACH, S. *Arquitetura TCP/IP*. MBA em Inovação Tecnológica em Comunicação e Redes. Departamento de Computação e Sistemas Digitais. Escola Politécnica. Universidade de São Paulo, 2009.

### **Figura 70**

KOVACH, S. *Arquitetura TCP/IP*. MBA em Inovação Tecnológica em Comunicação e Redes. Departamento de Computação e Sistemas Digitais. Escola Politécnica. Universidade de São Paulo, 2009.

### **Figura 71**

KOVACH, S. *Arquitetura TCP/IP*. MBA em Inovação Tecnológica em Comunicação e Redes. Departamento de Computação e Sistemas Digitais. Escola Politécnica. Universidade de São Paulo, 2009.

### **Figura 72**

KOVACH, S. *Arquitetura TCP/IP*. MBA em Inovação Tecnológica em Comunicação e Redes. Departamento de Computação e Sistemas Digitais. Escola Politécnica. Universidade de São Paulo, 2009.

### **Figura 73**

KUROSE, J. F.; ROSS, K. R. *Redes de computadores e a internet: uma abordagem top-down*. 5. ed. São Paulo: Pearson, 2010.

### **Figura 79**

KOVACH, S. *Arquitetura TCP/IP*. MBA em Inovação Tecnológica em Comunicação e Redes. Departamento de Computação e Sistemas Digitais. Escola Politécnica. Universidade de São Paulo, 2009.



### **Figura 81**

KOVACH, S. *Arquitetura TCP/IP*. MBA em Inovação Tecnológica em Comunicação e Redes. Departamento de Computação e Sistemas Digitais. Escola Politécnica. Universidade de São Paulo, 2009.

### **Figura 84**

KOVACH, S. *Arquitetura TCP/IP*. MBA em Inovação Tecnológica em Comunicação e Redes. Departamento de Computação e Sistemas Digitais. Escola Politécnica. Universidade de São Paulo, 2009.

### **Figura 85**

KOVACH, S. *Arquitetura TCP/IP*. MBA em Inovação Tecnológica em Comunicação e Redes. Departamento de Computação e Sistemas Digitais. Escola Politécnica. Universidade de São Paulo, 2009.

### **Figura 86**

KOVACH, S. *Arquitetura TCP/IP*. MBA em Inovação Tecnológica em Comunicação e Redes. Departamento de Computação e Sistemas Digitais. Escola Politécnica. Universidade de São Paulo, 2009.

### **Figura 87**

KOVACH, S. *Arquitetura TCP/IP*. MBA em Inovação Tecnológica em Comunicação e Redes. Departamento de Computação e Sistemas Digitais. Escola Politécnica. Universidade de São Paulo, 2009.

## **REFERÊNCIAS**

### **Audiovisuais**

GUERREIROS da internet. Produção de Thomas Stephanson e Monte Reid. Disponível em: <[www.warriorsofthe.net](http://www.warriorsofthe.net)>. Acesso em: 8 nov. 2011.

### **Textuais**

BARROS, F. Cloud Computing: prepare-se para a nova onda em tecnologia. *Computerworld*. São Paulo, abr. 2008. Disponível em: <<http://computerworld.uol.com.br/gestao/2008/04/17/cloud-computing-prepare-se-para-a-nova-onda-em-tecnologia/>>. Acesso em: 8 nov. 2011.

CARVALHO, T. C. M. B. *Princípios de comunicação*. MBA em Inovação Tecnológica em Comunicação e Redes. Departamento de Computação e Sistemas Digitais. Escola Politécnica. Universidade de São Paulo, 2009.

FILIPPETTE, M. A. *CCNA 4.1 - guia completo de estudo*. Florianópolis: Visual Books, 2008.

GUPTA, M.; PARIHAR, M.; LASALLE, P.; SCRIMGER, R. *TCP/IP: a bíblia*. Rio de Janeiro: Editora Campus/Elsevier, 2002.

KOVACH, S. *Arquitetura TCP/IP*. MBA em Inovação Tecnológica em Comunicação e Redes. Departamento de Computação e Sistemas Digitais. Escola Politécnica. Universidade de São Paulo, 2009.

KUROSE, J. F.; ROSS, K. R. *Redes de computadores e a internet: uma abordagem top-down*. 3. ed. São Paulo: Pearson, 2006.

\_\_\_\_\_. *Redes de computadores e a internet: uma abordagem top-down*. 5. ed. São Paulo: Pearson, 2010.

NAUGLE, M. *Guia ilustrado do TCP/IP*. São Paulo: Editora Berkeley Brasil, 2001.

NEVES, J. S. das; TORRES, W. R. O Protocolo OSPF. Departamento de Engenharia de Telecomunicações. Universidade Federal Fluminense. Niterói. Disponível em: <<http://www.midiacom.uff.br/~debora/redes1/pdf/trab042/OSPF.pdf>>. Acesso em: 8 nov. 2011.

PINHEIRO, J. M. S. Afinal, o que é qualidade de serviço? *Projeto de Redes*. São Paulo, mar. 2004. Disponível em: <[http://www.projetoederedes.com.br/artigos/artigo\\_qualidade\\_servico.php](http://www.projetoederedes.com.br/artigos/artigo_qualidade_servico.php)>. Acesso em: 8 nov. 2011.

SVERZUT, J. U. *Redes convergentes - entenda a evolução das redes de telecomunicações a caminho da convergência*. São Paulo: Artliber Editora, 2008.

TANENBAUM, A. S. *Redes de computadores*. 4. ed. Rio de Janeiro: Campus, 2003.

TORRES, G. *Redes de computadores: curso completo*. 3. ed. Rio de Janeiro: Axcel Books, 2001.

VAQUERO, L. M.; MERINO-RODERO, L.; CACERES, J.; LINDNER, M. *A break in the clouds: towards a cloud definition*. ACM SIGCOMM Computer Communication Review, 39(1): 50-55, janeiro 2009.

WOOD, R. *Next-generation network services*. Cisco Press, 2005.

### **Sites**

<<http://www.ftthcouncil.org>>

<<http://www.teleco.com.br/internet.asp>>

<<http://www.teleco.com.br/blarga.asp>>

<[http://www.teleco.com.br/3g\\_brasil.asp](http://www.teleco.com.br/3g_brasil.asp)>

<<http://www.mc.gov.br/images/pnbl/o-brasil-em-alta-velocidade1.pdf>>  
<<http://www.campaignmonitor.com>>  
<<http://www.campaignmonitor.com/stats/email-clients/>>  
<[http://diariodigital.sapo.pt/news.asp?section\\_id=18&tid\\_news=417591](http://diariodigital.sapo.pt/news.asp?section_id=18&tid_news=417591)>  
<<http://www.root-servers.org>>  
<<http://www.inteligensis.pt/bc/bc.htm>>  
<<http://www.centro.org/main/6200-CTR/5418-CTR.html>>  
<<http://www.lucalm.hpg.ig.com.br/osi.htm>>  
<[http://www.projetoderedes.com.br/artigos/artigo\\_modelo\\_osi.php](http://www.projetoderedes.com.br/artigos/artigo_modelo_osi.php)>  
<<http://penta2.ufrgs.br/rc952/trab2/sessao2.html>>  
<<http://www.n2yo.com/>>  
<<http://vimeo.com/32171567>>  
<<http://vimeo.com/32171111>>  
<<http://vimeo.com/32170600>>  
<<http://marketshare.hitslink.com/report.aspx?qprid=0>>

## Exercícios

Unidade II – Questão 2: FOROUZAN, B. A. *Comunicação de dados e redes de computadores*. 4. ed. Porto Alegre: McGraw-Hill Artmed, 2008. p. 1096.

Unidade III – Questão 1: FOROUZAN, B. A. *Comunicação de dados e redes de computadores*. 4. ed. Porto Alegre: McGraw-Hill Artmed, 2008. p. 34.

Unidade III – Questão 2: FOROUZAN, B. A. *Comunicação de dados e redes de computadores*. 4. ed. Porto Alegre: McGraw-Hill Artmed, 2008. p. 539.

Unidade IV – Questão 1: FOROUZAN, B. A. *Comunicação de dados e redes de computadores*. 4. ed. Porto Alegre: McGraw-Hill Artmed, 2008. p. 746.

Unidade IV – Questão 2: FOROUZAN, B. A. *Comunicação de dados e redes de computadores*. 4. ed. Porto Alegre: McGraw-Hill Artmed, 2008. p. 188.



Handwriting practice lines consisting of 30 horizontal lines. Each line is preceded by a small blue dot on the left margin, serving as a starting point for letter formation. The lines are evenly spaced and extend across the width of the page.



Lined writing area with horizontal lines.



Handwriting practice lines consisting of 30 horizontal lines. Each line is preceded by a small blue dot, serving as a starting point for letter formation. The lines are evenly spaced and extend across the width of the page.



Handwriting practice lines consisting of 30 horizontal blue lines. Each line is preceded by a small blue dot, serving as a starting point for letter formation. The lines are evenly spaced and extend across the width of the page.



Handwriting practice lines consisting of 30 horizontal lines. Each line is preceded by a small blue dot on the left margin, serving as a starting point for letter formation. The lines are evenly spaced and extend across the width of the page.





A series of horizontal lines for writing, consisting of 30 lines in total, evenly spaced across the page.



Handwriting practice lines consisting of 30 horizontal lines. Each line set includes a solid top line, a dashed midline, and a solid bottom line, providing a guide for letter height and placement.



Lined writing area with horizontal lines.





# Interativa

Informações:  
[www.sepi.unip.br](http://www.sepi.unip.br) ou 0800 010 9000