

# **Redes de Computadores**

## **Teoria e Prática**

**Douglas Rocha Mendes**

Copyright © 2007, 2016 da Novatec Editora Ltda.

Todos os direitos reservados e protegidos pela Lei 9610 de 19/02/1998.

É proibida a reprodução desta obra, mesmo parcial, por qualquer processo, sem prévia autorização, por escrito, do autor e da Editora.

Editor: Rubens Prates

Assistente editorial: Priscila A. Yoshimatsu

Revisão: Patrícia Zagni

Editoração Eletrônica: Camila Kuwabata

Capa: Camila Araújo e Marcelo Nardeli

ISBN: 978-85-7522-368-0

Histórico de impressões:

Novembro/2015	Segunda edição
Fevereiro/2013	Segunda reimpressão
Julho/2010	Primeira reimpressão
Julho/2007	Primeira edição

Novatec Editora Ltda.

Rua Luís Antônio dos Santos 110  
02460-000 – São Paulo, SP – Brasil

Tel.: +55 11 2959-6529

E-mail: [novatec@novatec.com.br](mailto:novatec@novatec.com.br)

Site: [www.novatec.com.br](http://www.novatec.com.br)

Twitter: [twitter.com/novateceditora](https://twitter.com/novateceditora)

Facebook: [facebook.com/novatec](https://facebook.com/novatec)

LinkedIn: [linkedin.com/in/novatec](https://linkedin.com/in/novatec)

# Sumário

<b>Agradecimentos.....</b>	<b>17</b>
<b>Sobre o autor .....</b>	<b>18</b>
<b>Prefácio .....</b>	<b>19</b>
<b>Capítulo 1 ■ Introdução às redes de computadores .....</b>	<b>20</b>
1.1 Introdução.....	20
1.2 Histórico da internet .....	22
1.3 Internet.....	24
1.3.1 Internet, Intranet e Extranet .....	24
1.3.2 Função do WWW .....	25
1.3.3 O que significa URL.....	26
1.3.4 Nomes de email.....	27
1.4 Por que estudar redes? .....	28
1.4.1 Vantagens do uso das redes.....	29
1.4.2 Desvantagens do uso das redes.....	31
1.5 Componentes de uma rede .....	32
1.5.1 Software de comunicação.....	32
1.5.2 Cliente de acesso .....	33
1.5.3 Servidor .....	33
1.5.4 Estação de trabalho .....	33
1.5.5 Meio de comunicação.....	34
1.5.6 Placa de rede .....	34
1.5.7 Cabeamento.....	34
1.5.8 Equipamentos ativos .....	34
1.6 Utilização das redes de computadores .....	35
1.7 Entidades de padronização .....	37
1.7.1 Importância da padronização .....	37
1.7.2 Entidades de padronização direcionadas à Internet .....	39
1.8 Exercícios do capítulo 1 .....	43
<b>Capítulo 2 ■ Arquitetura e topologias de redes .....</b>	<b>45</b>
2.1 Arquitetura Ethernet .....	45
2.1.1 Detectando colisões .....	47
2.1.2 Atenuação .....	48
2.1.3 Hub .....	48

2.2 Topologias de rede .....	48
2.2.1 Topologia estrela.....	49
2.2.2 Topologia linear .....	49
2.2.3 Topologia anel .....	50
2.3 Exercícios do capítulo 2.....	50

### **Capítulo 3 ■ Arquiteturas de redes .....53**

3.1 Introdução.....	53
3.2 Modelo de referência OSI .....	53
3.2.1 Camada de aplicação .....	55
3.2.2 Camada de apresentação .....	55
3.2.3 Camada de sessão .....	55
3.2.4 Camada de transporte .....	56
3.2.5 Camada de rede .....	56
3.2.6 Camada de enlace .....	57
3.2.7 Camada física .....	57
3.3 Modelo de referência TCP/IP .....	60
3.3.1 Camada de aplicação .....	60
3.3.2 Camada de transporte .....	60
3.3.3 Camada de Internet.....	64
3.3.4 Camada de rede.....	66
3.4 Comparação entre os modelos de referência OSI e TCP/IP .....	68
3.5 Exercícios do capítulo 3.....	69

### **Capítulo 4 ■ Arquitetura Ethernet .....76**

4.1 História da arquitetura Ethernet .....	76
4.2 A origem das redes Ethernet .....	77
4.3 Padrão IEEE 802.3.....	77
4.4 O que é Ethernet? .....	78
4.5 Modos de transmissão de dados em redes Ethernet .....	78
4.5.1 Simplex .....	78
4.5.2 Half-duplex .....	79
4.5.3 Full-duplex .....	79
4.6 Sinalização nas redes Ethernet .....	80
4.6.1 Sinalização analógica .....	81
4.6.2 Sinalização digital .....	81
4.6.3 Camadas LLC e MAC.....	82
4.7 Fast Ethernet .....	88
4.8 Gigabit Ethernet .....	88
4.8.1 Padrão 10 Gigabit Ethernet .....	90
4.8.2 Padrões 40 e 100 Gigabit Ethernet.....	92

4.9 Formas de codificação de dados.....	97
4.9.1 Codificação Manchester .....	97
4.9.2 NRZI.....	99
4.9.3 Codificação 4B/5B.....	99
4.9.4 Codificação 4D-PAM5.....	100
4.9.5 Codificação 8B/10B .....	101
4.9.6 Codificação DSQ128/PAM-16 .....	102
4.9.7 Codificação 64B/66B.....	102
4.9.8 Identificação automática da taxa de transmissão nas placas de rede ...	104
4.10 Tipos de transmissão .....	104
4.10.1 Baseband .....	104
4.10.2 Broadband.....	105
4.11 Exercícios do capítulo 4.....	105

## **Capítulo 5 ■ Sistema de cabos Ethernet ..... 107**

5.1 Cabo par trançado .....	107
5.2 Padrão 10BASET .....	107
5.3 Padrão 100BASETX .....	109
5.4 Padrão 1000BASET .....	109
5.5 Padrão 10GBASET .....	110
5.6 Padrão 10BASE2 .....	110
5.6.1 Impedância.....	110
5.7 Fibra óptica.....	111
5.8 Padrão 100BASEFX .....	113
5.9 Padrão 1000BaseLX.....	113
5.10 Como surgiu a fibra óptica?.....	114
5.10.1 Tipos de fibra óptica .....	114
5.11 Detalhes do cabo par trançado .....	115
5.11.1 Pinagem do cabo par trançado em redes Ethernet e Fast Ethernet .....	115
5.11.2 Padrões de cabeamento.....	117
5.11.3 TIA/EIA T568A.....	118
5.11.4 TIA/EIA T568B .....	119
5.11.5 Pinagem do cabo par trançado em redes Gigabit Ethernet .....	119
5.11.6 Imunidade a ruídos no cabo par trançado .....	120
5.11.7 Cabo par trançado cross-over .....	120
5.11.8 Preparação do cabo par trançado.....	121
5.11.9 Instalação do cabo .....	121
5.12 Patch panel .....	123
5.12.1 Cabeamento estruturado .....	124
5.13 Exercícios do capítulo 5.....	126

<b>Capítulo 6 ■ Equipamentos ativos .....</b>	<b>130</b>
6.1 Introdução .....	130
6.2 Bridge.....	131
6.3 Switch.....	131
6.3.1 Protocolos que removem loops em redes com switches ligados em anel.....	132
6.3.2 Spanning Tree Protocol (STP).....	134
6.3.3 Rapid Spanning Tree Protocol (RSTP).....	144
6.3.4 Protocolo Ethernet Automatic Protection Switching (EAPS).....	146
6.3.5 VLAN (Virtual LAN) .....	154
6.3.6 QinQ.....	162
6.4 Roteador .....	168
6.4.1 Endereços IP.....	169
6.4.2 Mapeamento de endereços IP em endereços de rede.....	174
6.5 Exercícios do capítulo 6.....	176
 <b>Capítulo 7 ■ Modems .....</b>	 <b>180</b>
7.1 Introdução.....	180
7.2 Modulação e demodulação .....	181
7.3 Relação de Nyquist.....	182
7.4 Taxa de transmissão .....	183
7.4.1 Relação entre o sinal e o ruído .....	184
7.5 Lei de Shannon .....	186
7.5.1 Aplicação do teorema de Shannon .....	186
7.6 Conclusão dos teoremas .....	187
7.7 Baud rate .....	187
7.8 Comandos Hayes .....	187
7.9. Tipo de modem quanto à sincronização .....	189
7.9.1 Modem assíncrono.....	189
7.9.2 Como o método assíncrono é sincronizado.....	189
7.9.3 Modem síncrono .....	190
7.10 Multiplexação .....	191
7.10.1 Multiplexação por divisão de frequências.....	192
7.10.2 Multiplexação por divisão de comprimento de onda.....	193
7.10.3 Multiplexação por divisão de tempo.....	193
7.11 Exercícios do capítulo 7 .....	194
 <b>Capítulo 8 ■ Protocolos da camada de inter-rede .....</b>	 <b>195</b>
8.1 Protocolo IP .....	195
8.1.1 Endereço IP .....	196
8.1.2 Classes de endereçamento.....	197
8.1.3 Endereços reservados.....	204
8.1.4 Máscara de rede.....	206

8.1.5 CIDR (Classless Inter-Domain Routing) .....	207
8.1.6 Exemplos do uso da especificação CIDR.....	210
8.1.7 Formato do datagrama IP .....	219
8.2 Protocolo ARP .....	222
8.2.1 Programa arp.exe.....	226
8.2.2 ARP cache .....	226
8.2.3 Formato do pacote ARP.....	227
8.3 Protocolo RARP.....	228
8.4 Protocolo BOOTP .....	228
8.5 Protocolo ICMP .....	228
8.6 Exercícios do capítulo 8.....	229

## **Capítulo 9 ■ Roteamento .....237**

9.1 Introdução.....	237
9.2 Roteamento IP.....	238
9.2.1 Tabela de roteamento .....	239
9.2.2 Processo de roteamento .....	239
9.2.3 Exemplos de tabela de roteamento .....	241
9.2.4 Roteamento estático e roteamento dinâmico .....	243
9.2.5 Tipos de roteadores .....	246
9.2.6 Protocolo RIP.....	251
9.2.7 Protocolo RIP2 .....	256
9.2.8 Introdução ao protocolo OSPF .....	258
9.2.9 O algoritmo SPF.....	259
9.2.10 LSA – Link State Advertisement.....	270
9.2.11 IS-IS .....	284
9.2.12 Sistemas autônomos.....	287
9.3 Estudo de caso sobre roteamento .....	288
9.4 Exercícios do capítulo 9 .....	290

## **Capítulo 10 ■ Protocolos da camada de transporte.....292**

10.1 Introdução .....	292
10.2 Protocolo TCP .....	293
10.2.1 Características do protocolo TCP .....	295
10.2.2 Segmento TCP .....	296
10.2.3 Protocolo UDP .....	298
10.2.4 Segmento UDP .....	299
10.3 Exercícios do capítulo 10 .....	300

## **Capítulo 11 ■ Resolução de nomes .....302**

11.1 Introdução .....	302
11.2 Arquivo hosts .....	303
11.3 Arquivo lmhosts.....	304

11.4 Protocolo DNS .....	304
11.4.1 Consulta DNS .....	305
11.5 Exercícios do capítulo 11 .....	305

## **Capítulo 12 ■ NAT – Network Address Translation .....307**

12.1 Introdução .....	307
12.2 Diferença entre roteador tradicional e um roteador utilizando NAT .....	309
12.3 Tabela gerada pelo NAT .....	309
12.4 Tipos de NAT .....	310
12.4.1 NAT dinâmico.....	310
12.4.2 NAT estático.....	311
12.5 Diferenças entre NAT, PAT e Proxy.....	312
12.5.1 Funcionamento do NAT .....	313
12.5.2 Funcionamento do PAT .....	313
12.5.3 Funcionamento do Proxy .....	314
12.6 Exercícios do capítulo 12 .....	314

## **Capítulo 13 ■ Sockets.....315**

13.1 Introdução .....	315
13.2 Modos de operação .....	316
13.2.1 Modo orientado à conexão .....	316
13.2.2 Modo sem conexão.....	316
13.3 API socket .....	317
13.3.1 Funções auxiliares .....	317
13.3.2 Funções socket.....	320
13.4 Arquivo de header.....	327
13.5 Programa cliente.....	328
13.6 Programa servidor .....	330

## **Capítulo 14 ■ Protocolos da camada de aplicação .....332**

14.1 Introdução .....	332
14.2 Protocolo FTP .....	332
14.3 Protocolo TFTP .....	335
14.4 Protocolo Telnet.....	335
14.5 Protocolo SMTP .....	336
14.5.1 Formato de um endereço SMTP .....	338
14.5.2 Como enviar uma mensagem SMTP via Telnet.....	338
14.6 Protocolo POP .....	340
14.7 Protocolo IMAP.....	340
14.8 MIME .....	340



14.9 Protocolo HTTP .....	341
14.9.1 Funcionamento do HTTP .....	341
14.9.2 Resposta HTTP .....	342
14.10 Protocolo DHCP .....	344
14.10.1 Funcionamento do DHCP .....	344
14.11 Protocolo SNMP .....	345
14.12 Exercícios do capítulo 14 .....	345

## **Capítulo 15 ■ Protocolo IPv6 .....351**

15.1 Introdução .....	351
15.2 Diferenças entre IPv4 e IPv6 .....	353
15.3 Formato do endereço IPv6.....	354
15.4 Tipos de endereço .....	356
15.4.1 Endereço unicast .....	356
15.4.2 Endereço anycast .....	364
15.4.3 Endereço multicast .....	365
15.4.4 Endereço multicast derivado de um prefixo unicast .....	368
15.4.5 URLs em IPv6 .....	369
15.4.6 Transição do IPv4 para o IPv6.....	370
15.4.7 Formato do pacote IPv6 em relação ao IPv4 .....	377
15.5 Exercícios do capítulo 15 .....	385

## **Capítulo 16 ■ Comunicação sem fio .....388**

16.1 Introdução .....	388
16.2 Origem das redes sem fio .....	389
16.3 Topologia das redes sem fio .....	390
16.3.1 Infraestruturada ou cliente/servidor.....	390
16.3.2 Ad-hoc .....	390
16.4 O padrão 802.11 .....	391
16.4.1 Funcionamento do protocolo CSMA/CA.....	392
16.4.2 Padrão 802.11b.....	393
16.4.3 Padrão 802.11a .....	393
16.4.4 Padrão 802.11g .....	393
16.4.5 Padrão 802.11e .....	394
16.4.6 Padrão 802.11i .....	394
16.4.7 Padrão 802.11n .....	394
16.4.8 Padrão 802.11ac.....	394
16.5 Bluetooth .....	395
16.5.1 Como surgiu o Bluetooth .....	396
16.5.2 Funcionamento do Bluetooth .....	396
16.6 Precauções em redes sem fio.....	397
16.7 Exercícios do capítulo 16 .....	397

<b>Capítulo 17 ■ Redes GPON.....</b>	<b>399</b>
17.1 Introdução ao padrão PON .....	399
17.2 Equipamentos de uma rede PON.....	402
17.3 PON e WDM.....	404
17.4 Implementações da tecnologia PON.....	404
17.4.1 Rede GPON .....	404
17.4.2 Download em redes GPON .....	405
17.4.3 Modelo de referência OSI e a estrutura do GPON.....	409
17.4.4 Detalhes do quadro GTC no sentido de download .....	420
17.4.5 Detalhes do quadro GTC no sentido de upload .....	432
17.4.6 DBA – Dynamic Bandwidth Allocation .....	437
17.4.7 FEC (Forward Error Correction).....	441
17.4.8 OMCI (Optical network termination Management and Control Inter- face) .....	442
17.5 Tecnologias GPON e EPON .....	444
17.6 Exercícios do capítulo 17.....	444
 <b>Capítulo 18 ■ BGP – Border Gateway Protocol.....</b>	 <b>445</b>
18.1 Introdução ao protocolo BGP.....	445
18.2 Algoritmo vetor de caminho (path vector) .....	447
18.3 IGP e EGP .....	449
18.4 iBGP e eBGP.....	450
18.5 Atributos BGP .....	456
18.6 Prefixo de rede mais específico .....	457
18.7 Características dos atributos BGP.....	459
18.7.1 Atributo Next Hop .....	460
18.7.2 Atributo local preference.....	462
18.7.3 Atributo AS-PATH.....	464
18.7.4 Atributo origin.....	465
18.7.5 Atributo MED .....	465
18.8 Mensagens BGP.....	467
18.9 eBGP multihop.....	471
18.10 Exercícios do capítulo 18.....	472
 <b>Apêndice A ■ Estudo de caso .....</b>	 <b>473</b>
A.1 Título .....	473
A.2 Objetivo.....	473
A.3 Ambiente a ser utilizado para o desenvolvimento do projeto .....	473
A.4 Proposta para o desenvolvimento do projeto.....	474
A.5 Observações finais.....	474

<b>Apêndice B ■ Respostas dos exercícios .....</b>	<b>475</b>
Capítulo 1.....	475
Capítulo 2.....	479
Capítulo 3.....	482
Capítulo 4.....	489
Capítulo 5.....	491
Capítulo 6.....	495
Capítulo 7.....	500
Capítulo 8.....	501
Capítulo 9.....	511
Capítulo 10 .....	513
Capítulo 11.....	515
Capítulo 12 .....	515
Capítulo 14 .....	516
Capítulo 15 .....	521
Capítulo 16 .....	524
Capítulo 17 .....	527
Capítulo 18 .....	527