

Fundamentos de Redes de Comunicação

CTESP – Redes e Sistemas Informáticos

5 – Encaminhamento IP

António Godinho

Fundamentos de Redes de Comunicação



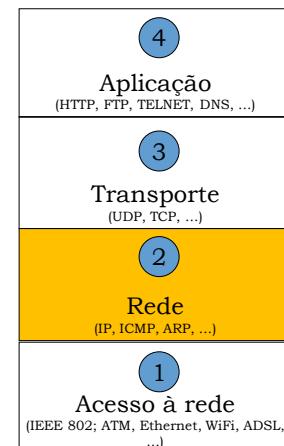
Encaminhamento IP

É neste nível que se situa o principal protocolo de redes e da Internet: o **Internet Protocol (IP)**

- Versão 4 (IPv4): ainda dominante, mas limitada
- Versão 6 (IPv6): implementação em curso. Resolve os problemas da versão 4.

Funções principais:

- Endereçamento
- **Encaminhamento:** é responsável por encaminhar os pacotes entre redes distintas até ao destino. Função desempenhada pelos **Routers**.



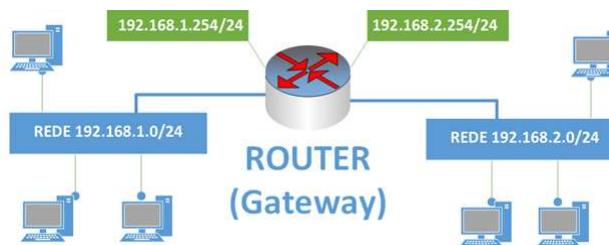
Fundamentos de Redes de Comunicação - Cap 5 Encaminhamento IP



Encaminhamento IP

Quando um sistema pretende comunicar com outro que esteja noutra rede, necessita de um serviço que conheça o caminho (rota) para essa rede e seja capaz de encaminhar (routing) os pacotes;

A função de encaminhamento é desempenhada por equipamentos específicos denominados Routers (também conhecidos como Encaminhadores ou Gateways).



Fundamentos de Redes de Comunicação - Cap 5 Encaminhamento IP

3

Router



O **Router** é o equipamento que interliga redes IP diferentes.

- Tem de ter pelo menos duas interfaces de rede.
- Cada uma das interfaces liga-se a uma rede diferente.
- O Router tem de ser configurado com um endereço IP em cada interface de Rede. O endereço de cada interface tem de ser da rede a que essa interface está ligada.
- De imediato, o router toma conhecimento das redes a ele ligadas e fica habilitado a encaminhar pacotes IP entre essas redes.
- Os Routers têm uma “**Tabela de encaminhamento**” – lista das redes para as quais conhecem uma rota e para onde conseguem encaminhar os pacotes.

Fundamentos de Redes de Comunicação - Cap 5 Encaminhamento IP

4

Encaminhamento IP

Para o **encaminhamento** funcionar:

- Existência de Routers conhecedores de uma rota para a rede de destino;
- Que os sistemas saibam o endereço IP do Router (Gateway) da sua rede que conheça o caminho para a rede de destino – **Default Gateway**;

Cada Router mantém na **tabela de encaminhamento** um conjunto de rotas com os seguintes campos:

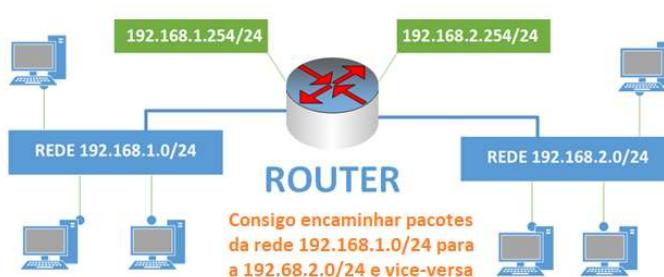
- Rede de destino e respetiva máscara
- Gateway (IP do encaminhador para essa rede - next-hop router) – se não for uma ligada diretamente
- Interface de rede através da qual o gateway (ou a rede se estiver ligada diretamente) é acessível
- Métrica: custo associado à rota

Fundamentos de Redes de Comunicação - Cap 5 Encaminhamento IP

5

Funcionamento do Router

Um router consegue encaminhar pacotes entre as redes a que esteja diretamente ligado desde que esteja configurado com um endereço IP válido em cada interface (**encaminhamento direto**):



As redes diretamente ligadas ficam automaticamente criadas na Tabela de Encaminhamento do Router

Fundamentos de Redes de Comunicação - Cap 5 Encaminhamento IP

6

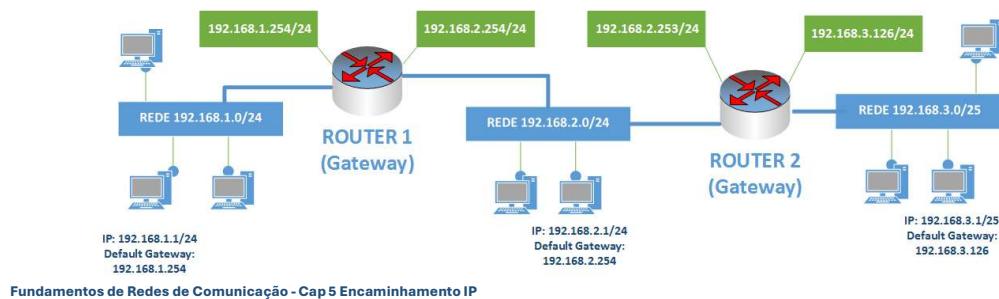
Funcionamento do Router

Nesta situação:

O Router 1 não conhece a rede 192.168.3.0/25;

O Router 2 não conhece a rede 192.168.1.0/24;

Ambos os Routers têm de aprender o caminho para as redes às quais não estão diretamente ligados – **Encaminhamento Indireto**



Fundamentos de Redes de Comunicação - Cap 5 Encaminhamento IP

7

Encaminhamento Estático vs Dinâmico

O encaminhamento Indireto Router (encaminhar pacotes para redes que não estejam diretamente ligadas) obriga a configuração do Router. Opções:

- Manualmente, introduzindo rotas com a rede de destino e o gateway, ou seja, o endereço IP do router seguinte – Next hop - no caminho para essa rede. Método do **Encaminhamento Estático**
- Automaticamente, através de troca de informação com os outros routers via Protocolos de Routing (OSPF, RIP, EIGP, etc.) – **Encaminhamento Dinâmico** – alvo de uma disciplina do segundo semestre

Também pode ser configurado com uma rota por defeito (Default Route) através de um default gateway.

Fundamentos de Redes de Comunicação - Cap 5 Encaminhamento IP

8

Tabelas de Encaminhamento

As **tabelas de encaminhamento** do Router são preenchidas:

1. Rotas de Encaminhamento direto: processo automático e imediato, quando são configurados os endereços IP nas interfaces de rede
2. Rotas de Encaminhamento indireto:
 1. Por programação manual da rota (**Encaminhamento Estático**) conforme exemplo:

Exemplo da sintaxe para Rota Estática num Router Cisco:

```
ip route 192.168.3.0 255.255.255.0 192.168.2.253
```

Comando de adição de rota	ID de rede e máscara da rede de destino	Endereço IP do Router seguinte (next-hop) para chegar à rede 192.168.3.0/24
---------------------------	---	---

2. Por protocolos de encaminhamento dinâmico como o RIP ou OSPF (**Encaminhamento Dinâmico**) – aprendizagem automática de rotas feita entre os Routers (alvo de outra disciplina no CTESP).

Rota Estática Padrão

Os Routers também podem ter uma rota por defeito (Default Route ou Rota Estática Padrão), ou seja, um default gateway para encaminhar pacotes de redes que não tenham uma rota específica na tabela de encaminhamento.

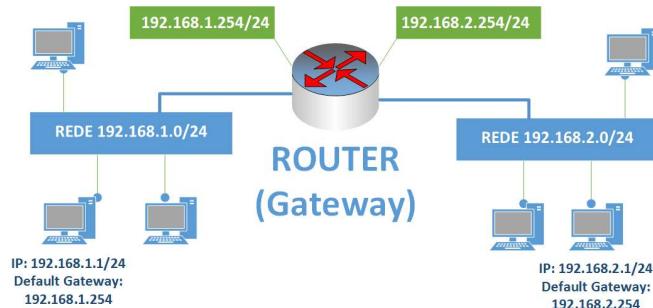
Um exemplo de comando para adicionar uma Rota Estática Padrão num Router Cisco é:

```
ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 192.168.11.253
```

Comando de adição de rota	ID e máscara a zeros na rede de destino significa “todas as redes”	Endereço IP do Router seguinte (next-hop) para todas as redes que não tenham uma entrada específica na tabela de encaminhamento
---------------------------	--	---

Default Gateway

Para poderem comunicar com outras redes, os sistemas têm de conhecer o endereço IP do Router que os liga a outras redes. O endereço IP desse router é colocado no parâmetro **default gateway** do sistema:



Fundamentos de Redes de Comunicação - Cap 5 Encaminhamento IP

11

Default Gateway

Para comunicarem com outras redes, os sistemas (PC, servidor, impressoras, etc.) têm de ter corretamente configurado o Default Gateway, que é o endereço IP de um Router da mesma rede e que esteja habilitado a encaminhar os pacotes para outras redes:

- O IP do Default Gateway tem de ser da mesma rede do sistema; tem de ser o endereço que o router tem na interface da rede do sistema;
- Qualquer pedido enviado pelo sistema para um endereço IP que não seja da sua rede é encaminhado para o Router Default Gateway.
- No sistema, para além do Default Gateway, é possível criar rotas específicas para direcionar pacotes para determinadas redes por outros routers que não o Default Gateway (pouco usado).

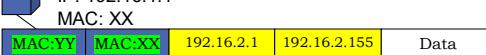
Fundamentos de Redes de Comunicação - Cap 5 Encaminhamento IP

12

Endereços IP e MAC no Encaminhamento

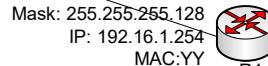
H1 pretende enviar um pacote IP a H2

H1
Mask: 255.255.255.0
IP: 192.16.1.1
MAC: XX



192.16.1.0/24

Mask: 255.255.255.128
IP: 192.16.1.254
MAC: YY



H1: IP de H2 não pertence à mesma rede;
H1: Consulta a tabela de rotas e identifica o gateway 192.16.1.254 como Router para lá chegar (next-hop);
H1: Envia trama Ethernet para MAC YY

H2
Mask: 255.255.255.0
IP: 192.16.2.1
MAC: WW

192.16.2.0/24

R1: Consulta a tabela de rotas e determina que o IP 192.16.2.1 é atingível pela interface MAC:ZZ (Direct routing)
R1:Envia o pacote IP para MAC WW

Ao longo do encaminhamento entre redes Ethernet, os endereços MAC das tramas vão sendo modificados quando passam de uma rede para outra. Os endereços IP da origem e destino mantêm-se.

Fundamentos de Redes de Comunicação - Cap 5 Encaminhamento IP

13

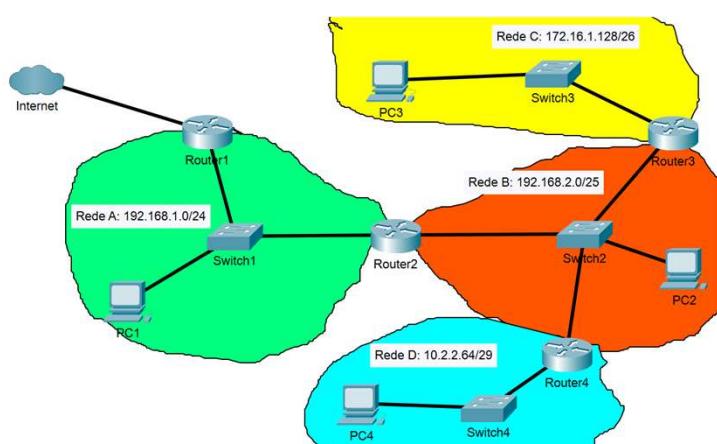
Encaminhamento Estático

Nos próximos slides será feita a configuração completa da rede da figura ao lado, com:

- Endereços IP/máscara nos sistemas (PC e Routers)
- Default Gateway nos PC
- Rotas estáticas nos Routers

Objetivo: estabelecer a conectividade entre todos os sistemas e também com a Internet.

Utilizar o ficheiro packet tracer disponível no moodle.



Fundamentos de Redes de Comunicação - Cap 5 Encaminhamento IP

14

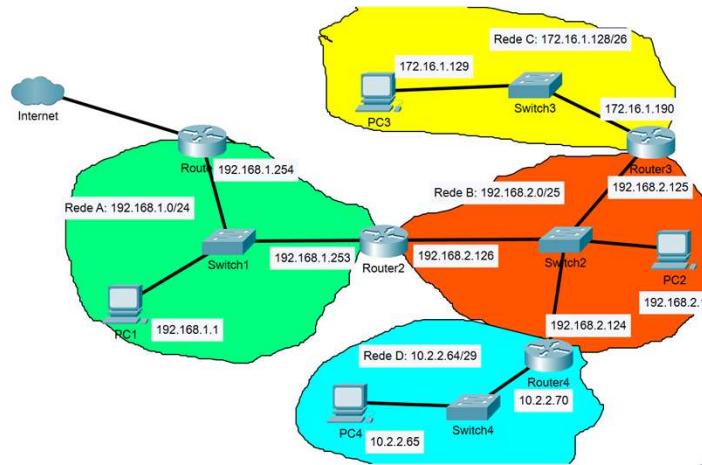
Encaminhamento Estático (1)

Atribuição de endereços IP aos sistemas.

- Nos PC, é usual atribuir os primeiros endereços em cada rede
- Nos Routers, é usual atribuir os últimos

São práticas comuns, mas não obrigatórias.

Na imagem, foram omitidas as máscaras por questões de espaço mas é obrigatório incluir na configuração.



Fundamentos de Redes de Comunicação - Cap 5 Encaminhamento IP

15

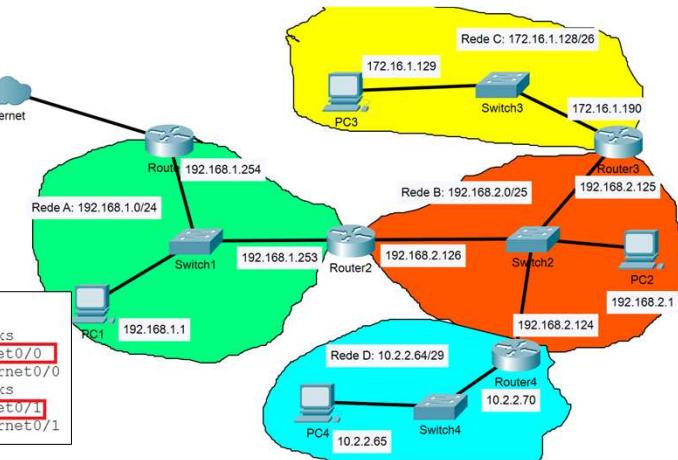
Encaminhamento Estático (1)

Encaminhamento Direto

Após a configuração dos endereços IP nas interfaces dos Routers, estes já têm as **rotas de encaminhamento direto** na Tabela de Encaminhamento.

Exemplo do Router 2:

```
Router#sh ip route
192.168.1.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
C 192.168.1.0/24 is directly connected, GigabitEthernet0/0
L 192.168.1.253/32 is directly connected, GigabitEthernet0/0
192.168.2.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
C 192.168.2.0/25 is directly connected, GigabitEthernet0/1
L 192.168.2.126/32 is directly connected, GigabitEthernet0/1
```



Fundamentos de Redes de Comunicação - Cap 5 Encaminhamento IP

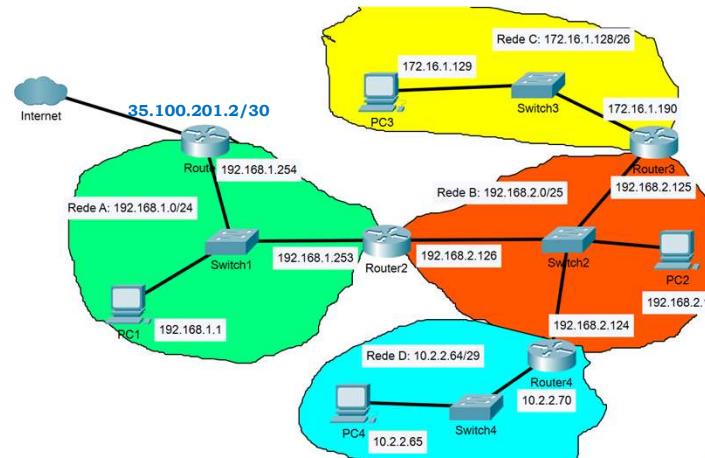
16

Encaminhamento Estático (2)

Atribuição de endereços IP aos sistemas.

A porta que liga o Router 1 à Internet terá um endereço IP público, indicado pelo operador de Internet.

Neste exemplo, vamos supor que o operador atribuiu o endereço 35.100.201.2/30.



Fundamentos de Redes de Comunicação - Cap 5 Encaminhamento IP

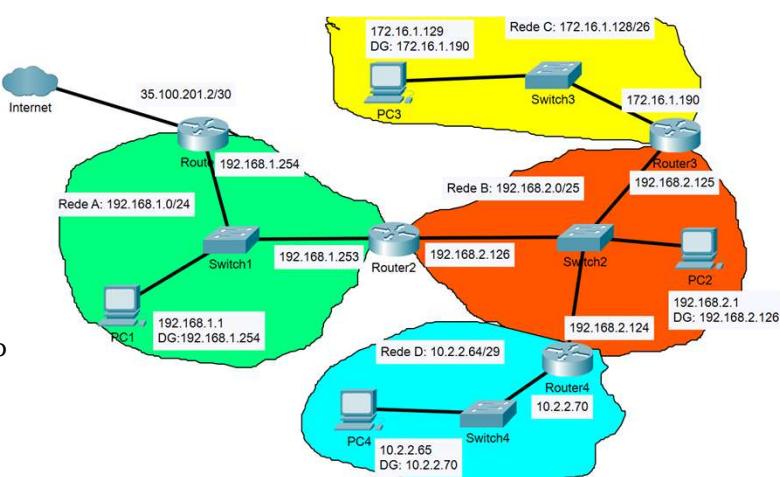
17

Encaminhamento Estático (3)

Configurar os Default Gateways(DG) nos PC

Após a definição dos endereços IP nos Routers, é possível determinar os Default Gateway nos PC.

No caso dos PC1 e 2, que têm mais do que um router ligado nas suas redes, é boa prática escolher para DG o endereço do Router que esteja no caminho para a Internet.



Fundamentos de Redes de Comunicação - Cap 5 Encaminhamento IP

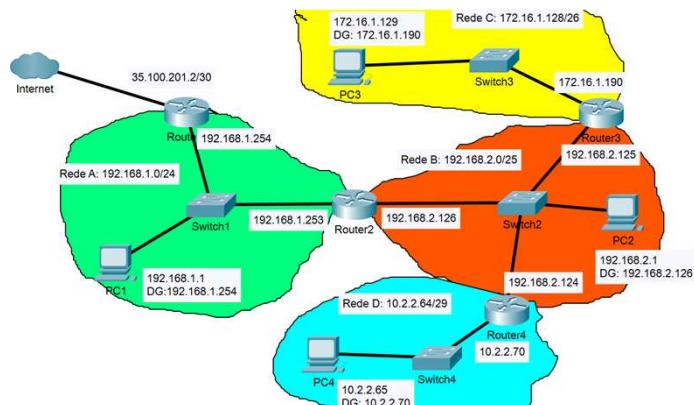
18

Encaminhamento Estático (4)

Configurar Rotas Estáticas nos Routers:

No Router 1, configurar rotas para as redes não ligadas diretamente e para a Internet:

- Uma rota para a rede B cujo gateway (next-hop) é o Router 2
- Uma rota para a rede C cujo gateway (next-hop) é o Router 2
- Uma rota para a rede D cujo gateway (next-hop) é o Router 2
- Rota por defeito para a Internet. O operador tem de nos indicar o endereço IP do Router ao qual o Router 1 deve encaminhar os pedidos para a internet. Neste caso vamos supor que é o 35.100.201.1



Fundamentos de Redes de Comunicação - Cap 5 Encaminhamento IP

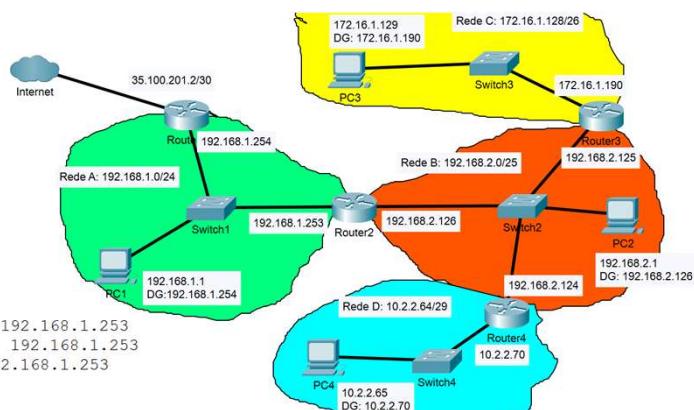
19

Encaminhamento Estático (4)

Configurar Rotas Estáticas nos Routers:

Seriam estes os comandos a efetuar no Router 1:

```
Router(config)#ip route 192.168.2.0 255.255.255.128 192.168.1.253
Router(config)#ip route 172.16.1.128 255.255.255.192 192.168.1.253
Router(config)#ip route 10.2.2.64 255.255.255.248 192.168.1.253
Router(config)#ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 35.100.201.1
Router(config) #
```



Fundamentos de Redes de Comunicação - Cap 5 Encaminhamento IP

20

Encaminhamento Estático (4)

Consulta da Tabela de Encaminhamento

Esta seria a Tabela de encaminhamento do Router 1 após a configuração das rotas.

C – Rotas de encaminhamento direto. Redes ligadas diretamente ao Router

L - Endereço IP do Router nas redes ligadas diretamente

S – Rotas Estáticas

S* - Rota por defeito

```

Router1#sh ip route
Codes: L - local, C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP
D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E - EGP
i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, ia - IS-IS inter area
* - candidate default, U - per-user static route, o - ODR
P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is 35.100.201.1 to network 0.0.0.0

      10.0.0.0/29 is subnetted, 1 subnets
S        10.2.2.64/29 [1/0] via 192.168.1.253
C        35.0.0.0/8 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
C          35.100.201.0/30 is directly connected, GigabitEthernet0/0
L          35.100.201.2/32 is directly connected, GigabitEthernet0/0
          172.16.0.0/26 is subnetted, 1 subnets
S            172.16.1.128/26 [1/0] via 192.168.1.253
          192.168.1.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
C            192.168.1.0/24 is directly connected, GigabitEthernet0/1
L            192.168.1.254/32 is directly connected, GigabitEthernet0/1
          192.168.2.0/25 is subnetted, 1 subnets
S            192.168.2.0/25 [1/0] via 192.168.1.253
S*          0.0.0.0/0 [1/0] via 35.100.201.1
  
```

Fundamentos de Redes de Comunicação - Cap 5 Encaminhamento IP

21

Encaminhamento Estático (4)

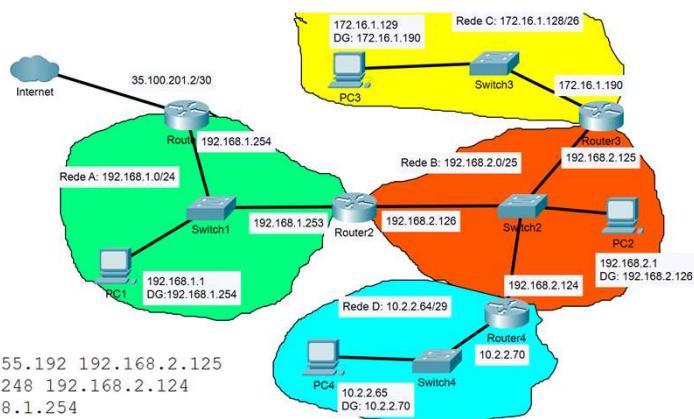
Configurar Rotas Estáticas nos Routers:

No Router 2:

- Uma rota para a rede C cujo gateway (next-hop) é o Router 3
- Uma rota para a rede D cujo gateway (next-hop) é o Router 4
- Rota por defeito cujo gateway é o Router 1

```

Router2(config)#ip route 172.16.1.128 255.255.255.192 192.168.2.125
Router2(config)#ip route 10.2.2.64 255.255.255.248 192.168.2.124
Router2(config)#ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 192.168.1.254
Router2(config)#
  
```



Fundamentos de Redes de Comunicação - Cap 5 Encaminhamento IP

22

Encaminhamento Estático (4)

Configurar Rotas Estáticas nos Routers:

No Router 3:

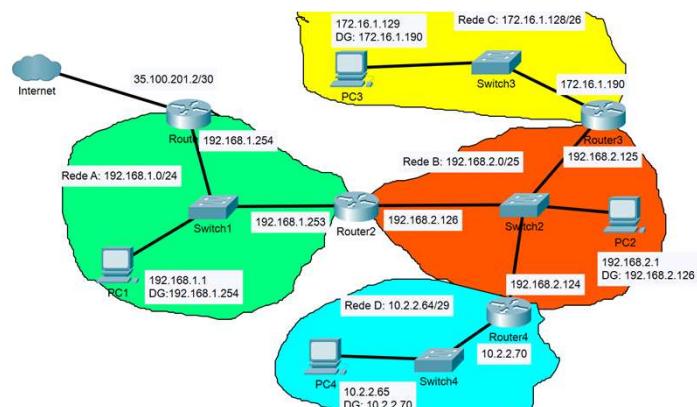
- Uma rota para a rede D cujo gateway (next-hop) é o Router 4
- Rota por defeito cujo gateway é o Router 2

No Router 4:

- Uma rota para a rede C cujo gateway (next-hop) é o Router 3
- Rota por defeito cujo gateway é o Router 2

Reparam que não é necessária Rota específica para a Rede A nestes dois routers. A rota por defeito também inclui o caminho para essa rede.

- Nos casos em que um router tem de encaminhar todas as rotas para o mesmo Next-hop, basta ter uma rota por defeito para esse Next-hop.



Fundamentos de Redes de Comunicação - Cap 5 Encaminhamento IP

23

Encaminhamento: ferramentas úteis

Protocolo ICMP - Internet Control Message Protocol

- Parte integrante do protocolo IP
- Serve principalmente para enviar mensagens de erro ou outras condições que mereçam atenção
- Normalmente usado para reportar erros ocorridos no processamento de pacotes IP
- Ferramentas principais:
 - **Ping**
 - **Traceroute**

Fundamentos de Redes de Comunicação - Cap 5 Encaminhamento IP

24

Encaminhamento: ferramentas úteis

Os pings e traceroutes são duas ferramentas importantes na gestão de redes.

- O **ping** é utilizado para testar se conseguimos ter conectividade com uma outra máquina
- O **traceroute** serve para descobrirmos os endereços IP dos vários Routers ao longo do caminho até ao destino
- O traceroute permite também perceber em que ponto de rede está a falha da conectividade

Os pings e traceroutes podem ser inibidos em alguns sistemas por questões de segurança. Por exemplo, a Firewall do Windows não permite a sua utilização.

Sintaxe na linha de comandos de um Sistema Windows:

- ping 192.168.1.1
- tracert 192.168.1.1

Fundamentos de Redes de Comunicação - Cap 5 Encaminhamento IP

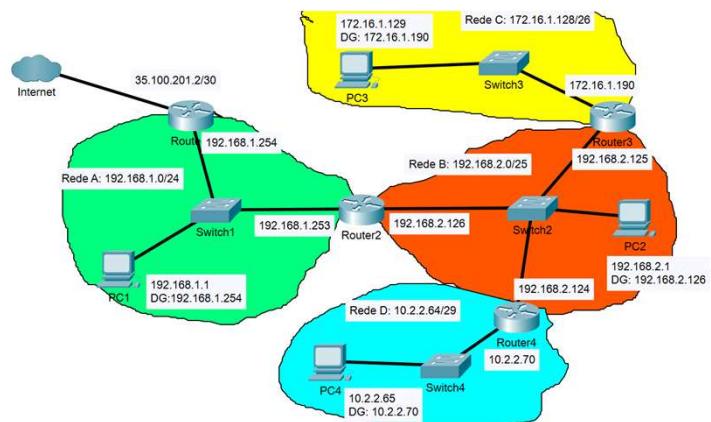
25

Encaminhamento: ferramentas úteis

Exemplo de um traceroute

Se no PC1 fizermos um traceroute para o PC3, teremos as seguintes linhas de resposta:

- 192.168.1.253 (Router 2)
- 192.168.2.125 (Router 3)
- 172.16.1.129 (PC3)



Fundamentos de Redes de Comunicação - Cap 5 Encaminhamento IP

26