

4. Roteamento IP

- Conceitos de roteamento
- Características dos principais protocolos

Prof. Edson Josias Cruz Gimenez
edsonjcg@inatel.br

Roteamento IP

Rota

- Caminho que guia um pacote IP de sua rede origem até sua rede destino.

Protocolos Roteados

- Fornecem informações que dão subsídios aos roteadores para implementar funções de camada 3 (roteamento).
- Exemplos: IP, IPX (Novell), XNS (Xerox), etc.

Protocolos de Roteamento

- Utilizado para troca de informações entre roteadores sobre rotas/redes conhecidas.
- RIP, OSPF, BGP, EIGRP, IS-IS, etc.

Roteamento IP

Rotas diretas (ou automáticas)

- Encontradas pelo protocolo de enlace, identifica a rede diretamente conectada no roteador.

Rotas estáticas

- Configurada manualmente pelo administrador.

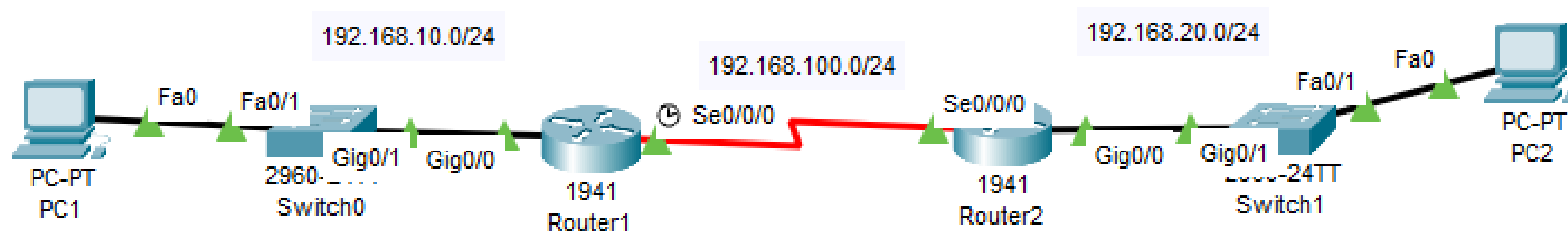
Rotas padrão

- Permite ao roteador encaminhar um pacote mesmo quando não se conhece uma rota para a rede destino do pacote.
- O pacote é encaminhado a um “gateway de último recurso”, ou seja, a um próximo salto (já configurado)

Rotas dinâmicas

- Descobertas através dos protocolos de roteamentos.

Roteamento estático – IPv4



- Configurando uma rota para a rede 192.168.20.0/24 no roteador Router1, através do roteador Router2:

```
Router1(config)# ip route 192.168.20.0 255.255.255.0 192.168.100.2
```

rede destino máscara próximo salto

Obs.: ao invés do endereço do próximo salto, pode-se colocar o nome da interface de saída do roteador (exemplo para Router0):

```
Router1(config)# ip route 192.168.20.0 255.255.255.0 s0/0/0
```

rede destino máscara interface
de saída

- Configurando uma rota padrão no roteador Router1, através do roteador Router2:

```
Router1(config)# ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 192.168.100.2
```

Roteamento estático – IPv4

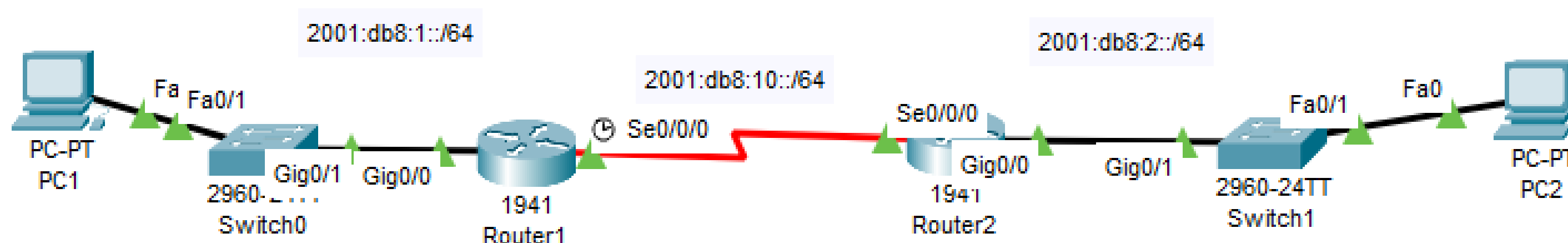
Tabela de roteamento IPv4:

```
Router#show 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 192.168.100.2 to network 0.0.0.0

    192.168.10.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
C       192.168.10.0/24 is directly connected, GigabitEthernet0/0
L       192.168.10.1/32 is directly connected, GigabitEthernet0/0
S       192.168.20.0/24 [1/0] via 192.168.100.2
    192.168.100.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
C       192.168.100.0/24 is directly connected, Serial0/0/0
L       192.168.100.1/32 is directly connected, Serial0/0/0
S*      0.0.0.0/0 [1/0] via 192.168.100.2
```


Roteamento estático – IPv6



- Configurando uma rota para a rede 2001:db8:2::/64 no roteador Router1, através do Router2:

```
Router1(config)# ipv6 route 2001:db8:2::/64 2001:db8:10::2/64
```

ou

```
Router1(config)# ipv6 route 2001:db8:2::/64 s0/0/0
```

rede destino / prefixo próximo salto

rede destino / prefixo Interface de saída

- Configurando uma rota padrão para o roteador Router1, através da interface s0/0/0

```
Router1(config)# ipv6 route ::/128 s0/0/0
```

Roteamento estático – IPv6

Tabela de roteamento IPv6:

```
Router#show ipv6 route
IPv6 Routing Table - 7 entries
Codes: C - Connected, L - Local, S - Static, R - RIP, B - BGP
        U - Per-user Static route, M - MIPv6
        I1 - ISIS L1, I2 - ISIS L2, IA - ISIS interarea, IS - ISIS summary
        ND - ND Default, NDp - ND Prefix, DCE - Destination, NDr - Redirect
        O - OSPF intra, OI - OSPF inter, OE1 - OSPF ext 1, OE2 - OSPF ext 2
        ON1 - OSPF NSSA ext 1, ON2 - OSPF NSSA ext 2
        D - EIGRP, EX - EIGRP external
S   ::/128 [1/0]
    via Serial0/0/0, directly connected
C   2001:DB8:1::/64 [0/0]
    via GigabitEthernet0/0, directly connected
L   2001:DB8:1::1/128 [0/0]
    via GigabitEthernet0/0, receive
S   2001:DB8:2::/64 [1/0]
    via Serial0/0/0, directly connected
    via 2001:DB8:10::2
C   2001:DB8:10::/64 [0/0]
    via Serial0/0/0, directly connected
L   2001:DB8:10::1/128 [0/0]
    via Serial0/0/0, receive
L   FF00::/8 [0/0]
    via Null0, receive
```

Protocolos de Roteamento

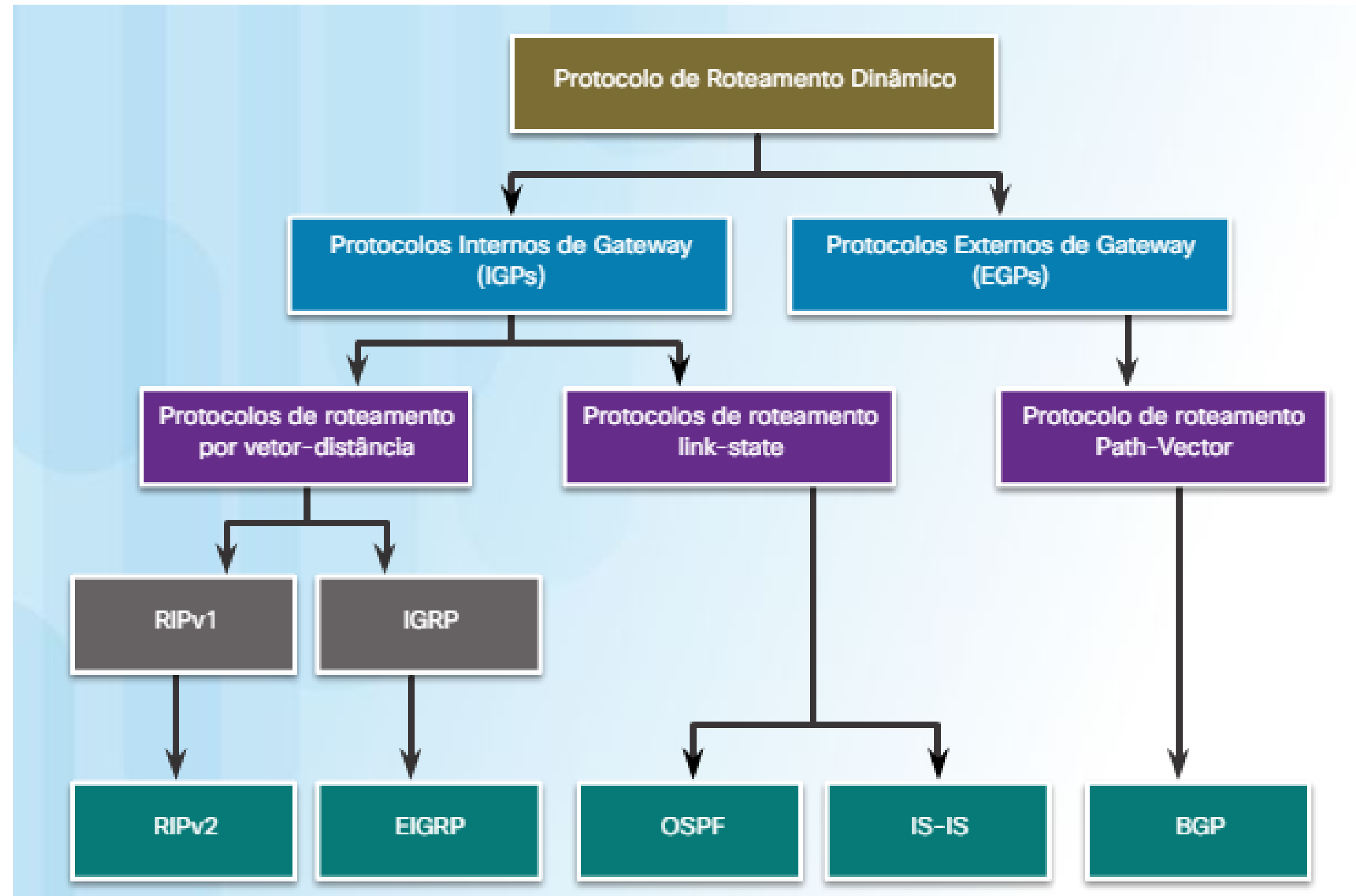
Conjunto de processos, algoritmos e mensagens usado pelos roteadores para a troca de informações de roteamento, com as seguintes finalidades:

- Descoberta de novas redes.
- Atualização das informações de roteamento.
 - RIB – Routing Information Base → todas as rotas.
- Seleção do melhor caminho para uma rede de destino.
 - FIB – Forwarding Information Base → a melhor rota.

Podem ser classificados por:

- Finalidade: IGP (Interior Gateway Protocol) ou EGP (Exterior Gateway Protocol).
- Operação: vetor de distância (distance vector), estado de enlace (link state) ou vetor de caminho (path vector).
- Comportamento: consideram ou não as classes de endereçamento classful (classe cheia) ou classless (sem classe).

Protocolos de Roteamento



Adaptado: CCNA - Cisco/Inatel

Protocolos de Roteamento

Protocolos de roteamento IPv4:

- RIP – Routing Information Protocol
- OSPF – Open Shortest Path First
- IS-IS – Intermediate System-to-Intermediate System
- EIGRP – Enhanced Interior Gateway Routing Protocol
- BGP – Border Gateway Protocol

Protocolos de roteamento IPv6:

- RIPng (RIP nova geração)
- OSPFv3
- IS-IS
- EIGRP
- MP-BGP (ou MBGP) – Multiprotocol BGP → extensão do BGP-4

Protocolos de Roteamento Vetor de Distância

Características:

- As rotas são anunciadas com duas características:
 - Distância: indica a distância da rede destino (custo)
 - Vetor: especifica a direção (interface ou próximo salto) para chegar a rede destino.
- Os anúncios ocorrem periodicamente, independente da convergência ou não do protocolo.
- O roteador “envia/recebe” anúncios apenas “para/de” seus vizinhos.
 - Não possui uma visão de toda a topologia da rede.
- Convergência lenta (desvantagem)
- Pouco uso de recursos computacionais (vantagem)
- Exemplos: RIPv1, RIPv2, IGRP, EIGRP

Protocolos de Roteamento Estado de enlace

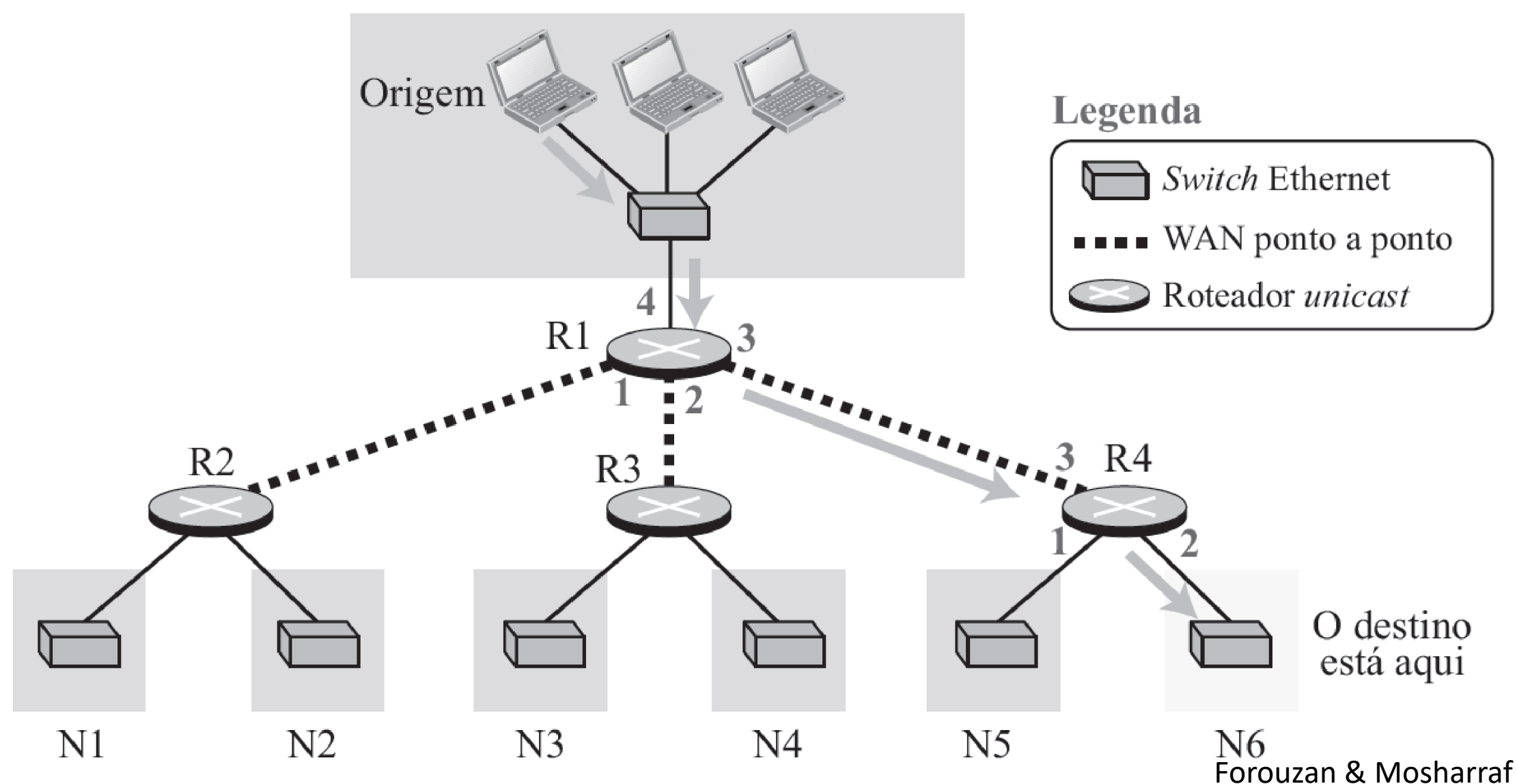
Características:

- Cada roteador descobre seus vizinhos (mensagens Hello), monta pacotes LSP (link-state packet), com informações de seus vizinhos e os custos para chegar até eles, e envia-os aos demais roteadores da topologia. Assim, cada roteador possui uma visão topológica da rede.
- Executando o algoritmo SPF (Shortest Path First – algoritmo de Dijkstra), cada roteador calcula sua árvore de caminho mais curto.
- Tomando como base sua árvore de caminho mais curto, atualiza sua tabela de rotas.
- Os anúncios não ocorrem periodicamente, e sim na inicialização e depois, somente quando ocorre alguma alteração na topologia da rede.
- Convergência mais rápida (vantagem)
- Maior uso de recursos computacionais (desvantagem)
- Exemplos: OSPF e IS-IS.

Roteamento Unicast x Multicast

Roteamento Unicast

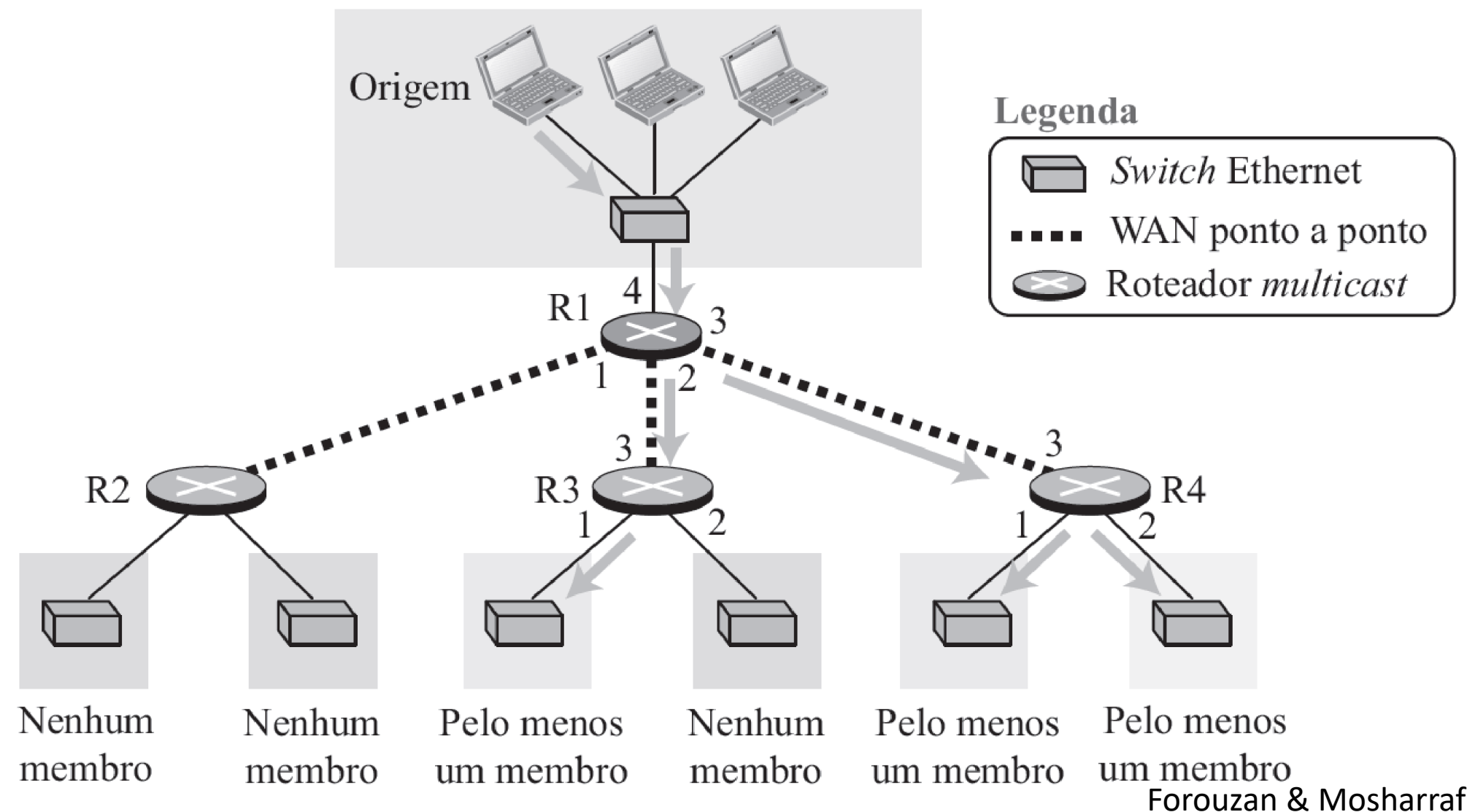
- Tem-se apenas uma rede de origem e uma rede de destino.
- Endereço de origem (unicast) / Endereço de destino (unicast)
- Roteador encaminha o pacote para uma saída apenas.



Roteamento Unicast x Multicast

Roteamento Multicast

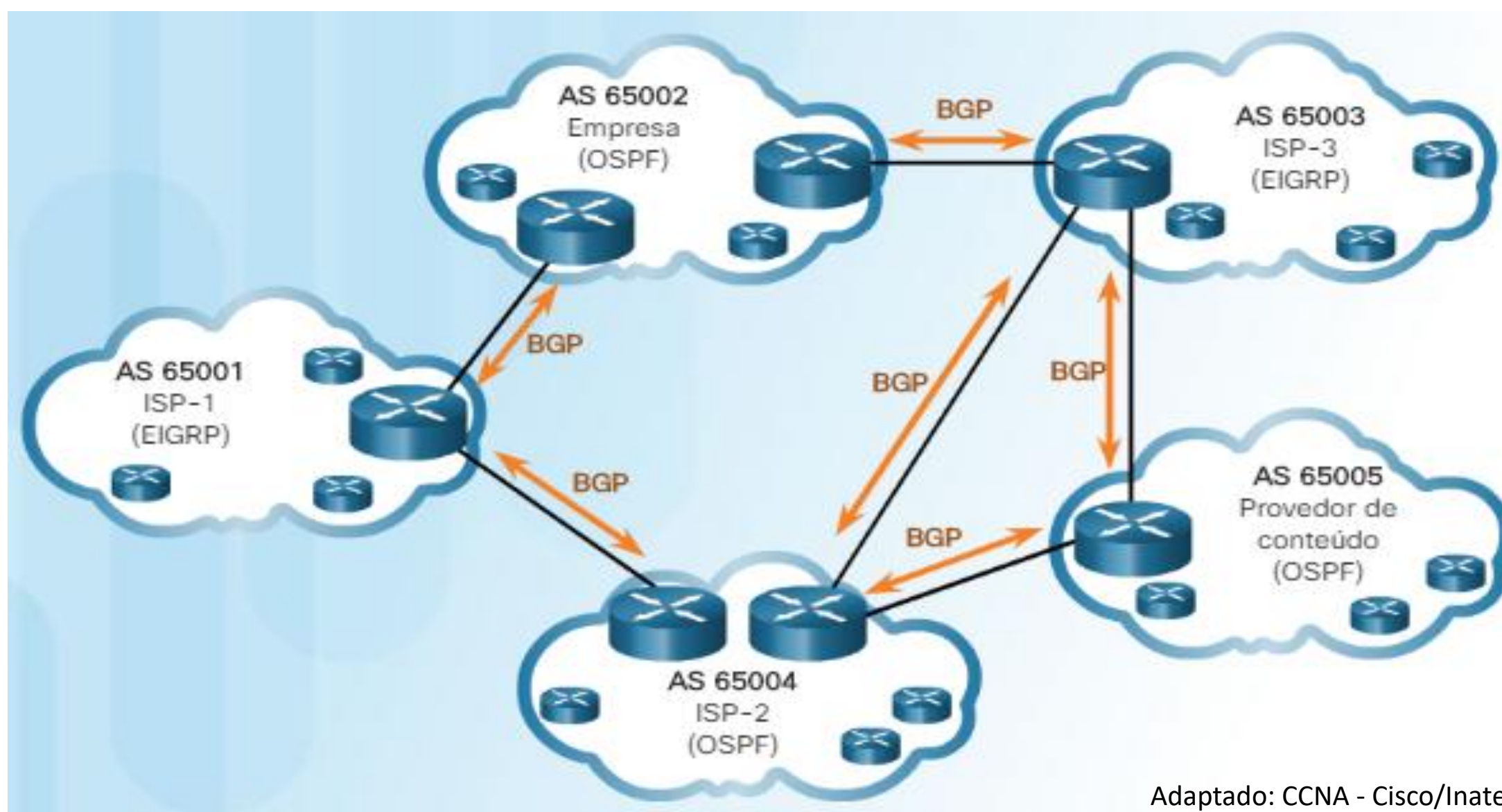
- Tem-se uma rede de origem e um grupo de destinos, podendo os componentes deste grupo pertencerem a diferentes redes de destino.
- Endereço de origem (unicast) / Endereço de destino (multicast)
- Roteador pode encaminhar o pacote multicast para diferentes saídas.



Sistemas Autônomos (Autonomous Systems – AS)

Conjunto de redes sob uma mesma administração e compartilhando uma estratégia de roteamento comum.

- Identificado inicialmente por um número exclusivo de 16 bits (RFC1930 – março/1996); ampliado posteriormente para 32 bits (RFC4893 – maio/2007 e RFC6793 – dezembro/2012)



Adaptado: CCNA - Cisco/Inatel

Inatel

**CAMINHOS
QUE CONECTAM
COM O FUTURO**

Sistemas Autônomos (Autonomous Systems – AS)

Protocolos de Roteamento Internos e Externos

- Interior Gateway Protocols (IGPs) – Intra-AS:
 - Protocolos de roteamento que trocam anúncios dentro de um mesmo AS, internamente.
 - Exemplos: RIP, IGRP, EIGRP, OSPF, IS-IS
- Exterior Gateway Protocols (EGPs) – Inter-AS
 - Protocolos de roteamento que trocam anúncios entre dois ASs
 - Exemplos: EGP e **BGP**

Protocolos de Roteamento

RIP v1– Routing Information Protocol - version 1

- Protocolo baseado em vetor de distância, faz uso o algoritmo Bellman-Ford (RFC1058 – junho/1988)
- Distância (custo) baseada em nº de saltos, até um horizonte de 15 saltos; acima disso, é considerada infinita (valor 16).
- Envia mensagens de anúncio RIP a cada 30 seg., em modo broadcast, para todas as redes configuradas.
- Cada anúncio pode conter até 25 rotas (ou 512 bytes), sendo encapsulados no protocolo UDP, com identificador de porta 520.
- Trabalha no modo classfull; não enviando informações sobre máscaras de rede.

Protocolos de Roteamento

RIP v2 – Routing Information Protocol - version 2

- Atualização do RIPv1 (RFC1388 – jan./1993) e atualizações.
- Protocolo de roteamento classless (sem classe); enviando informações das máscaras de rede em seus anúncios.
 - Suporta VLSM e CIDR
 - Suporta resumo de rotas (sumarização) manual em qualquer interface.
- Envia anúncios a cada 30 seg., porém não mais em broadcast; faz uso do endereço multicast 224.0.0.9.
- Permite configurar autenticação na troca de atualizações

RIPng – Routing Information Protocol next generation

- Atualização do RIPv2, para IPv6 – (RFC2080 – janeiro/1997)

Protocolos de Roteamento

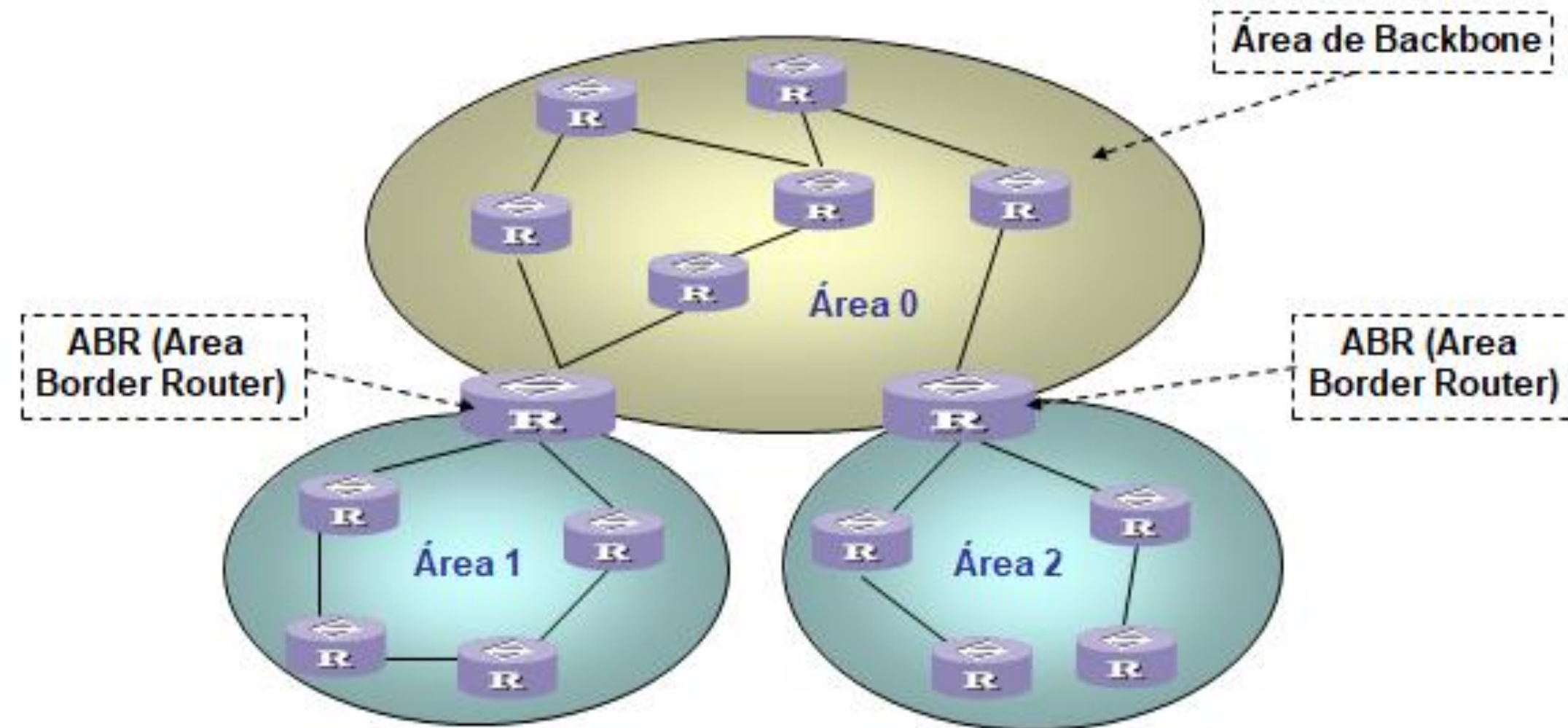
OSPF – Open Shortest Path First

- Protocolo de roteamento link-state, classless.
→ Suporta VLSM e CIDR, do IPv4.
- Apresenta rápida convergência, propagando rapidamente alterações na rede.
- Confiável, sendo OSPFv2 compatível com SHA (Secure Hash Algorithm) / MD5 (Message-Digest algorithm 5) e OSPFv3 com o IPsec.
- OSPFv1: RFC1311 (outubro/1989)
- OSPFv2: RFC1247 (julho/1991) → RFC2328 – abril/1998)
- OSPFv3, atualização para redes IPv6: RFC 2740 (dezembro/1999) → RFC5340 (julho/2008)

Protocolos de Roteamento

OSPF – Open Shortest Path First

- Escalável, funcionando bem em redes de pequeno e grande porte, permitindo agrupar seus roteadores em áreas hierárquicas.
 - Área única: todos os roteadores pertencem à área de backbone (área 0).
 - Multiárea: todas as áreas devem se conectar à área de backbone (área 0); os roteadores interconectando as áreas são denominados Area Border Routers (ABRs).



Protocolos de Roteamento

OSPF – Open Shortest Path First

- O custo de cada link (interface) está relacionado à sua largura de banda; quanto maior a BW, menor é o custo OSPF do link.
 - $\text{Custo} = 10^8 / \text{largura de banda da interface}$.
- Roteadores fazem uso de mensagens Hello para descobrir os vizinhos e seus estados.
- Envia pacotes LSPs, contendo o estado de cada link, através do endereço multicast 224.0.0.5 (IPv4) e FF02::5 (IPv6).
- Seleciona a melhor rota a partir do algoritmo SPF (algoritmo de Dijkstra), garantindo assim um roteamento sem loops.

Protocolos de Roteamento

IS-IS – Intermediate System-to-Intermediate System

- Desenvolvido pela ISO e padronizado pelo IETF em fevereiro/1990 (RFC1142), para protocolos roteados diferentes do IP.
- Atualizado para uso com pilha TCP/IP em dezembro/1990 (RFC1195).
- Protocolo de roteamento de estado de enlace.

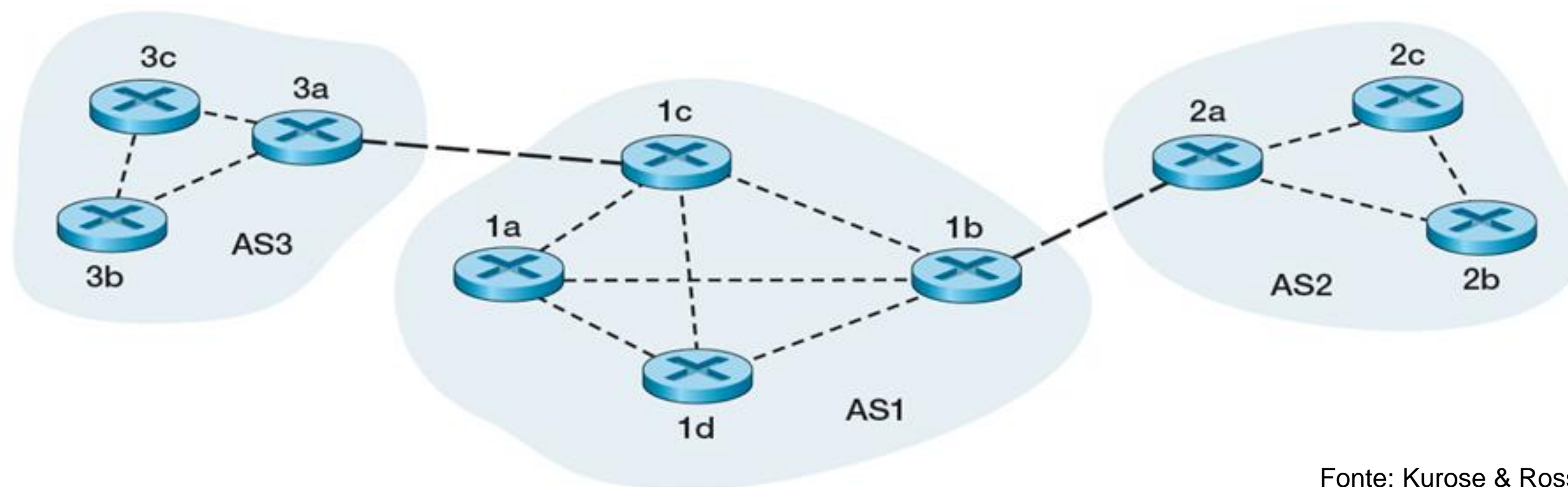
IGRP – Interior Gateway Routing Protocol

- Protocolo de roteamento vetor de distância, desenvolvido pela Cisco (1992),
- Substituído pelo EIGRP (Enhanced IGRP) e disponibilizado como padrão aberto, sendo padronizado pelo IETF em maio/2016 (RFC7868).

Protocolos de Roteamento

BGP – Border Gateway Protocol

- Protocolo EGP, permite a troca de informações de roteamento entre sistemas autônomos (ASs), entre os roteadores de borda, permitindo a um AS divulgar suas redes e as redes aprendidas de outros ASs.



Fonte: Kurose & Ross

- BGP-4: RFC1654 (jul./1994) → RFC4271 (jan./2006) mais atualizações.
- MBGP (MultiProtocol BGP): RFC4760 (jan./2007)
 - Extensão do BGP-4 → suporte a múltiplos protocolos, incluindo IPv6.

Protocolos de Roteamento

BGP – Border Gateway Protocol

Quanto às conexões com outros AS, podem ser classificado em:

- AS stub:
 - Possui uma única conexão com outro AS.
 - Ex.: rede de um cliente.
- AS multihomed:
 - Pode ter mais de uma conexão com outros AS, mas não permite que o tráfego de dados passe por ele.
 - Ex.: um cliente (AS) usando serviço de dois ou mais provedores (AS), sem permitir que dados sejam transferidos por ele.
- AS de trânsito:
 - Conectado a mais de um AS, permitindo que o tráfego de dados passe por ele.
 - Ex.: redes de provedores e backbones.

Protocolos de Roteamento

BGP – Border Gateway Protocol

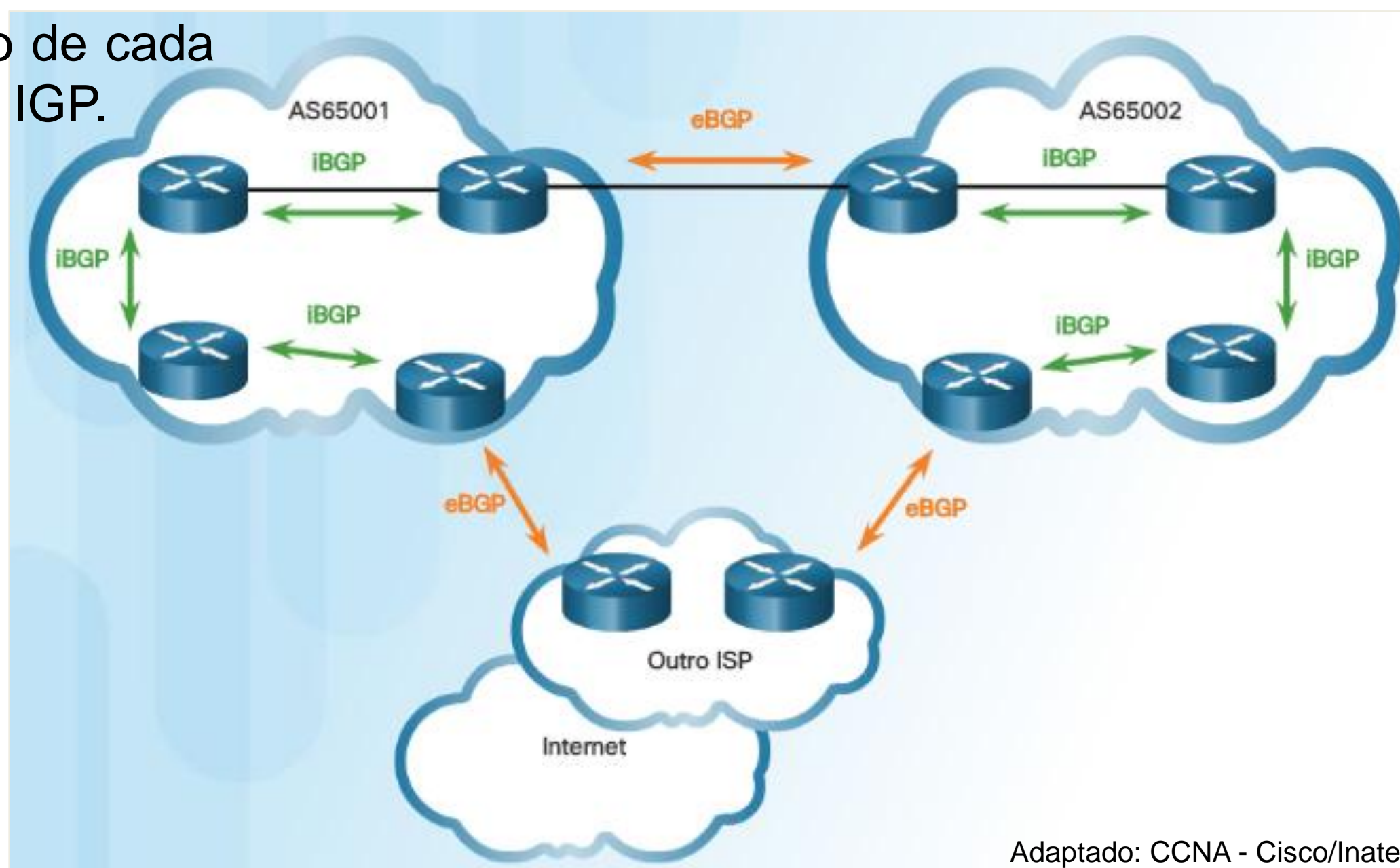
- Roteamento baseado em vetor de caminhos.
 - Permitem a um AS anunciar redes que se originam dentro do AS, ou ainda a acessibilidade à redes de outros ASs.
 - As atualizações são encapsuladas no TCP, usando a porta 179, permitindo confiabilidade na troca de informações entre os dois roteadores, que estabelecem uma relação de pareamento (peering).

Protocolos de Roteamento

BGP – Border Gateway Protocol

- Permitem dois tipos de sessões BGP:
 - eBGP (external BGP) – entre roteadores de ASs diferentes.
 - iBGP (internal BGP) – entre roteadores no mesmo AS.

Obs.: dentro de cada AS roda um IGP.



Atividade 04 – Roteamento