

Camada de Rede (Encaminhamento) (Protocolos RIP, OSPF e BGP)

Redes e Serviços

**Licenciatura em Engenharia Informática
DETI-UA**



universidade de aveiro

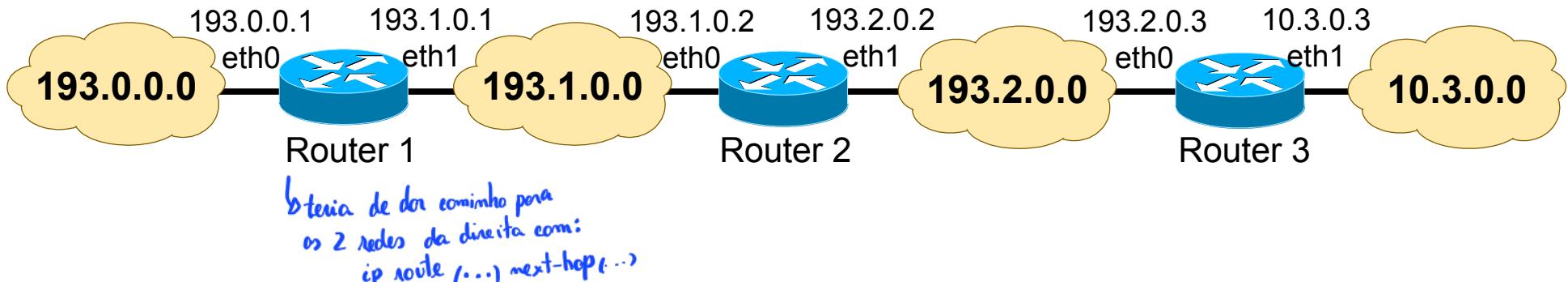
deti.ua.pt

Encaminhamento Estático vs. Dinâmico

- O encaminhamento estático é predefinido por configuração estática. → Para cada rede de destino iremos definir o next-hop!
 - ◆ Define-se o *next-hop* para atingir uma determinada rede.
 - ◆ O *next-hop* deverá ser o endereço do próximo *router* do caminho e deverá pertencer a uma rede que o *router* já conhece.
 - ◆ É necessária a definição de uma rota estática para cada rede para a qual se pretende conectividade.
 - Pode-se usar a rede **0.0.0.0/0** que representa todas as redes.
 - Quando se define uma rota estática usando a rede 0.0.0.0/0 chama-se rota por omissão (*default route*). Percebe as alterações! //
- O encaminhamento dinâmico pressupõe o uso de um protocolo de comunicação entre os nós da rede de modo a determinar as redes existentes e os melhores caminhos (nexp-hops) para as atingir.
- O encaminhamento dinâmico é preferível no entanto em cenários simples o encaminhamento estático pode ser aceitável.



Rotas Estáticas



- Sem qualquer encaminhamento definido os *routers* apenas conhecem as redes a que estão diretamente ligados.

- Exemplo 1

- ◆ Router2 não conhece as redes 193.0.0.0/24 e 10.3.0.0/24
 - ◆ Rotas estáticas necessárias:
 - ✚ 193.0.0.0/24 acessível via 193.1.0.1 (Router1)
 - ✚ 10.3.0.0/24 acessível via 193.2.0.3 (Router3)

- Exemplo 2

- ◆ Router1 não conhece as redes 193.2.0.0/24 and 10.3.0.0/24
 - ◆ Rotas estáticas necessárias:
 - ✚ 193.2.0.0/24 acessível via 193.1.0.2 (Router2)
 - ✚ 10.3.0.0/24 acessível via 193.1.0.2 (Router2)
- Faria sentido utilizar uma "default route"*
- OR
- ✚ Usando uma rota por omissão (*default route*): 0.0.0.0/0 acessível via 193.1.0.2 (Router2)



Encaminhamento Dinâmico

Algo parecido ao Spanning Tree dos switches

- O encaminhamento dinâmico permite à rede adaptar-se automaticamente a mudanças na topologia, sem envolvimento do administrador.
- Os routers trocam informação sobre as redes existentes e estado dos diferentes links/redes.
 - ◆ Os routers trocam informação apenas com routers a correr o mesmo protocolo de encaminhamento.
 - ◆ Quando a topologia da rede muda, a nova informação é dinamicamente propagada pela rede, e cada router atualiza a sua tabela de encaminhamento de modo a refletir as alterações.



Distância Administrativa

Ordem de preferência: OSPF → RIP

tem uma menor distância administrativa!

Se tivermos a correr vários protocolos
a correr ao mesmo tempo

→ Precisamos de:

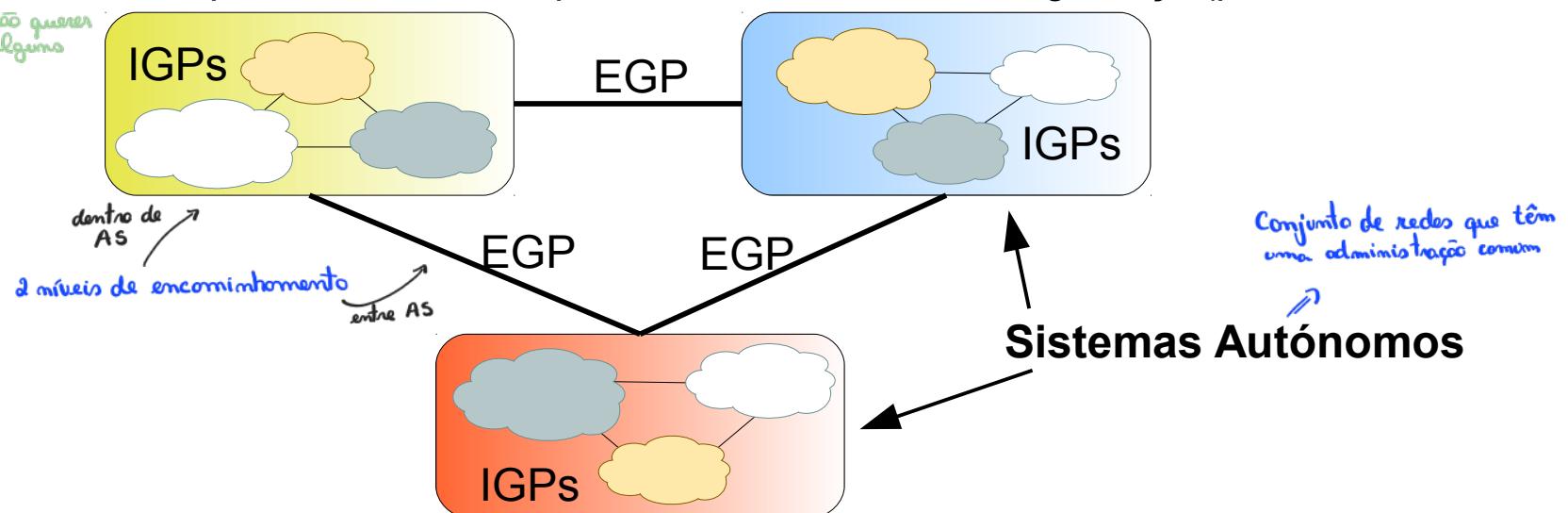
Distâncias Administrativas

- Os protocolos de encaminhamento possuem estruturas de métricas e algoritmos incompatíveis com outros protocolos.
- Numa rede com múltiplos protocolos de encaminhamento é crítico a existência de um mecanismo que permita selecionar o melhor caminho de rede de um conjunto fornecido por vários protocolos.
- Os routers possuem para cada caminho um valor chamado de distância administrativa para selecionar o melhor caminho para um destino (mesmo prefixo e máscara de rede) aprendido de vários protocolos.



Sistemas autónomos

- AS (Autonomous System) - conjunto de routers com uma política de encaminhamento própria, sob a responsabilidade de uma única administração
- Cada AS é identificado por um endereço único de 16 bits atribuído por um Internet Registry ou por um ISP
- Encaminhamento no interior dos ASs - realizado por IGPs (Interior Gateway Protocols) tais como o **RIP**, o **OSPF** e o **IS-IS**
- Encaminhamento entre ASs - realizado por EGPs (Exterior Gateway Protocols) tais como o **BGP**
- Os IGPs e os EGPs têm diferentes objectivos
 - ◆ IGPs: optimizar o desempenho → *Apenas o desempenho!,,*
 - ◆ EGPs: atender a questões de ordem política, económica e de segurança (para além do desempenho)
→ *Podemos não querer passar por alguns países ...*



definicoes →

Distance Vector vs. Link State

- **Distance vector** (ideia do Spomming tree) → vais sabendo informaçao à medida que te digem...
(vamos todos partilhando até convergir)
 - ◆ Cada router conhece a informação que os routers vizinhos que enviam periodicamente
 - ◆ Cada router determina os percursos de custo mínimo para todos os destinos baseando-se na versão distribuída e assíncrona do algoritmo de Bellman-Ford
 - ↳ Não precisa de saber informação sobre a rede toda ...
→ O Spomming Tree funciona assim! //
 - ◆ Exemplos: RIP, IGRP, EIGRP
- **Link state** → Cada router tem toda a informação!
(no inicio eles trocam as informações)
 - ◆ Os routers conhecem a topologia completa da rede e usam um algoritmo centralizado para determinar os percursos de custo mínimo para todos os destinos
 - ↳ Cada Router calcula tudo sozinho! //
 - ◆ A informação necessária para construir e manter em cada router a topologia da rede é obtida por um processo de inundação (flooding)
 - ◆ Exemplos: OSPF, IS-IS



RIP (Routing Information Protocol)

- É um protocolo do tipo distance vector ?
 - ↳ cada router mantém um vetor distância constituído por uma lista das redes IP que conhece e, para cada rede, a sua estimativa atual do melhor custo
 - ↳ cada router envia periodicamente o seu vetor distância para os seus vizinhos
 - ↳ cada router usa a informação enviada pelos vizinhos para atualizar o seu vector distância
- O custo de um percurso de um router para uma rede é dado pelo número de routers intermédios → Número de routers até chegar ao destino! // limitação
 - ↳ Considera percursos com um custo máximo 15 (16 = infinito)
- Cada router determina as entradas da sua tabela com base nos vetores distância recebidos dos vizinhos
 - ↳ Para cada rede existente, o router inclui na sua tabela de encaminhamento uma entrada para cada um dos vizinhos que lhe proporcionam um percurso de custo mínimo ☺



RIP Version 1

- A versão 1 do RIP (RIPv1) é um protocolo do tipo classful.
 - ◆ Não anuncia as (sub-)máscaras das redes.
- RIPv1 usa o endereço 255.255.255.255 para enviar os seus anúncios.
 - ◆ Todos os equipamentos, incluindo PC e servidores, têm de processar os pacotes.
• todos vão ter de processar ...
→ isto é muito mau! //
- Não suporta autenticação das mensagens
// O segredo!

Ainda não havia classes ...



RIP Version 2

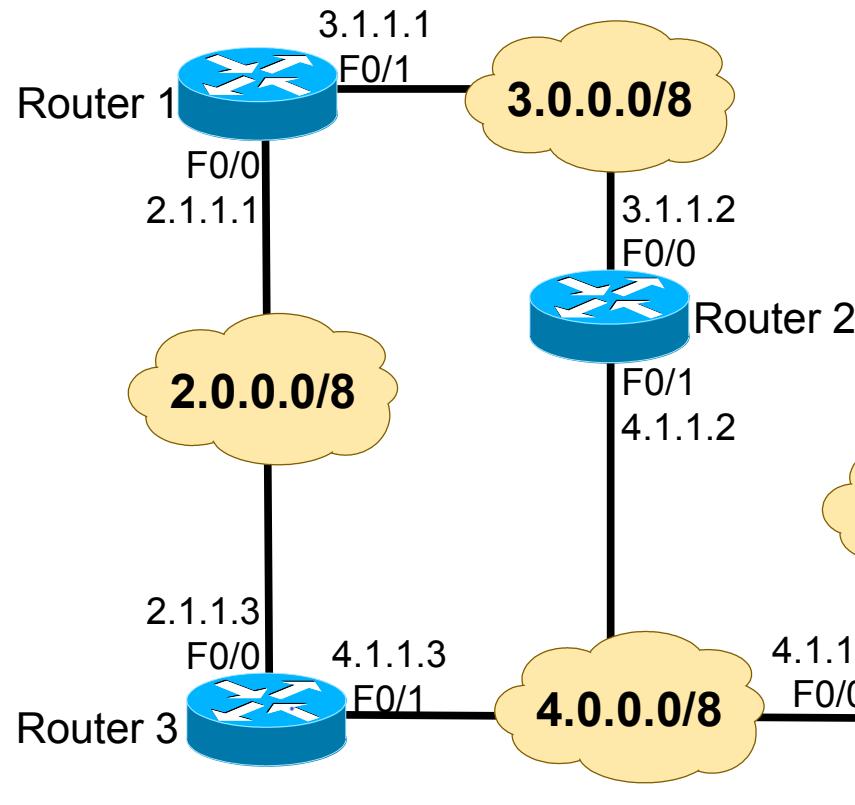
- A versão 2 do RIP (RIPv2) é um protocolo do tipo classless.
 - ◆ Os anúncios RIPv2 incluem o prefixo e (sub-)máscara da rede.
 - ◆ Suporta máscara de tamanho variável.
- RIPv2 usa o endereço multicast 224.0.0.9 para enviar os seus anúncios apenas para os routers a correr o protocolo RIPv2.
- RIPv2 suporta autenticação de mensagens usando *message-digest* ou autenticação em texto aberto.
+ Seguro

Com máscaras! //

só routers com RIP ativo!



Tabelas de Encaminhamento com RIPv1



Router 1	Diretamente conectada	C 2.0.0.0/8 is directly connected, FastEthernet0/0
	Através do RIP →	C 3.0.0.0/8 is directly connected, FastEthernet0/1
		R 4.0.0.0/8 [120/1] via 3.1.1.2, 00:00:10, FastEthernet0/1
		[120/1] via 2.1.1.3, 00:00:00, FastEthernet0/0
Router 2		R 5.0.0.0/8 [120/2] via 3.1.1.2, 00:00:08, FastEthernet0/1
		[120/2] via 2.1.1.3, 00:00:00, FastEthernet0/0
	Hierarquia dos Protocolos ⇒	prioridade/ distância administrativa custo!
		A quanto tempo foi aprendida?
Router 4	Só existe uma forma! o mínimo custo!	R 2.0.0.0/8 [120/1] via 4.1.1.3, 00:00:15, FastEthernet0/1
		[120/1] via 3.1.1.1, 00:00:07, FastEthernet0/0
		C 3.0.0.0/8 is directly connected, FastEthernet0/0
		C 4.0.0.0/8 is directly connected, FastEthernet0/1
Router 3		R 5.0.0.0/8 [120/1] via 4.1.1.4, 00:00:22, FastEthernet0/1

C	2.0.0.0/8 is directly connected, FastEthernet0/0
R	3.0.0.0/8 [120/1] via 4.1.1.2, 00:00:09, FastEthernet0/1
	[120/1] via 2.1.1.1, 00:00:08, FastEthernet0/0
C	4.0.0.0/8 is directly connected, FastEthernet0/1
R	5.0.0.0/8 [120/1] via 4.1.1.4, 00:00:20, FastEthernet0/1

Router 3



RIP - Pacotes trocados entre routers

• RIP Request (Opcional)

- Enviado por um router que foi ligado recentemente ou quando a validade da informação relativamente a determinado destino expira (timeout = 180 seg.)
- Pode pedir informação relativamente a um destino específico ou a todos os destinos

• RIP Response

→ Enviam com tudo o que sabem! //

- Contém um vector distância
- É enviado:
 - 1º – Periodicamente (30 segundos no máximo)
 - 2º – Opcionalmente, quando a informação é alterada (triggered updates)
 - "A minha rede mudou"
 - 3º – Em resposta a um RIP Request
 - Nos dois primeiros casos
 - Na versão 1 do RIP, é enviado para o endereço de broadcast → é processado por todos os dispositivos
 - Na versão 2 do RIP, é enviado para o endereço multicast 224.0.0.9 (Routers com RIP)
 - No terceiro caso, é enviado apenas para quem enviou o RIP Request

Podes pedir informação
ou esperar pela periodicidade
dos RIP response ...

Alteração ou
em periodicidade



RIPv1 vs. RIPv2 Responses

- Novos campos RIPv2 nas mensagens Response:

- Subnet mask
 - Suporta máscaras de tamanho variável.
 - Torna o RIPv2 um protocolo de encaminhamento *classless*.
- Route tag → *Marca uma rota, para os separar*
 - Atributo atribuído a uma rota que deve ser preservado e re-anunciado com a rota.
 - Fornece um método de separar rotas para redes dentro do domínio de encaminhamento RIP de rotas importadas do exterior.
- Next hop
 - Endereço IP para onde os pacotes deverão ser enviados.
 - 0.0.0.0 neste campo indica que os pacotes deverão ser enviados para o router que enviou esta mensagem.

Isso serve para podermos utilizar vários algoritmos em redes diferentes

RIPv1

Bit	0	7	8	15	16	23	24	31
Route Entry	Command = 1 or 2	Version = 1			Must be zero			
			Address family identifier (2 = IP)		Must be zero			
				IP Address (Network Address)				
				Must be zero				
				Must be zero				
				Metric (Hops)				
	Multiple Route Entries, up to a maximum of 25							

RIPv2

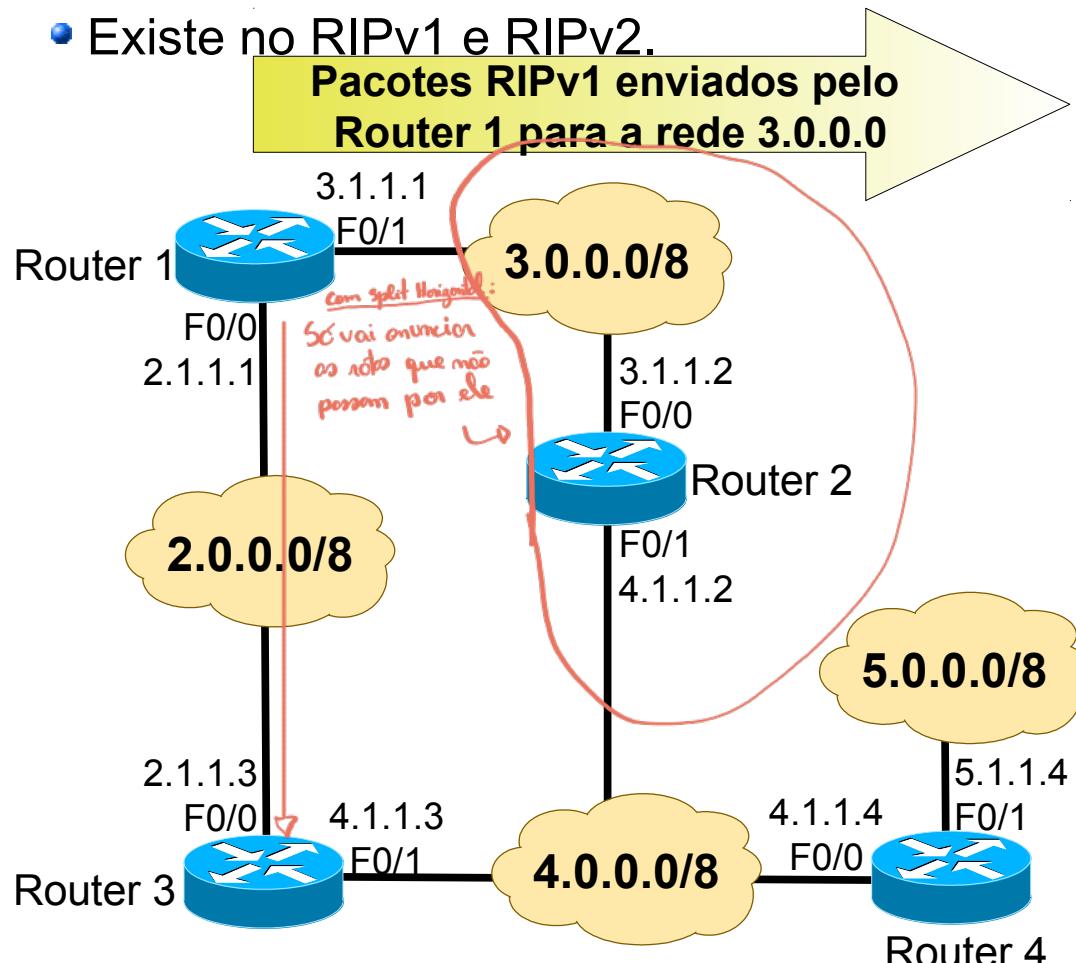
Bit	0	7	8	15	16	23	24	31
Route Entry	Command = 1 or 2	Version = 2			Must be zero			
			Address family identifier (2 = IP)		Route Tag			
				IP Address (Network Address)				
				Subnet Mask	{	Next Hop	}	
				Metric (Hops)				
	Multiple Route Entries, up to a maximum of 25							



Distance Vector & Split Horizon

• Podia demorar muito tempo a convergir!
 → Precisamos de distinguir as atualizações
 Ele pode已经开始 a receber de 2 routers informações diferentes

- Sem split horizon: cada router anuncia o vetor distância completo por todas as interfaces.
- Com split horizon: em cada interface, o router anuncia apenas as redes destino para as quais essa interface não é usada no encaminhamento dos pacotes de dados.
- O split horizon diminui o tempo de convergência das tabelas de encaminhamento quando há alterações de topologia.
- Existe no RIPv1 e RIPv2.



Sem split horizon (RIPv1)

```

> Internet Protocol, Src: 3.1.1.1 (3.1.1.1), Dst: 255.255.255.255 (255.255.255.255)
> User Datagram Protocol, Src Port: router (520), Dst Port: router (520)
> Routing Information Protocol
  Command: Response (2)
  Version: RIPv1 (1)
  ▶ IP Address: 2.0.0.0, Metric: 1
    Address Family: IP (2)
    IP Address: 2.0.0.0 (2.0.0.0)
    Metric: 1
  ▶ IP Address: 3.0.0.0, Metric: 1
    Address Family: IP (2)
    IP Address: 3.0.0.0 (3.0.0.0)
    Metric: 1
  ▶ IP Address: 4.0.0.0, Metric: 2
    Address Family: IP (2)
    IP Address: 4.0.0.0 (4.0.0.0)
    Metric: 2
  ▶ IP Address: 5.0.0.0, Metric: 3
    Address Family: IP (2)
    IP Address: 5.0.0.0 (5.0.0.0)
    Metric: 3
    minimo de routers para lá chegar
  
```

1 anuncia ao 2
Todos os redes, estou a dizer ao router 2 redes que ele já sabe que ele já sabe

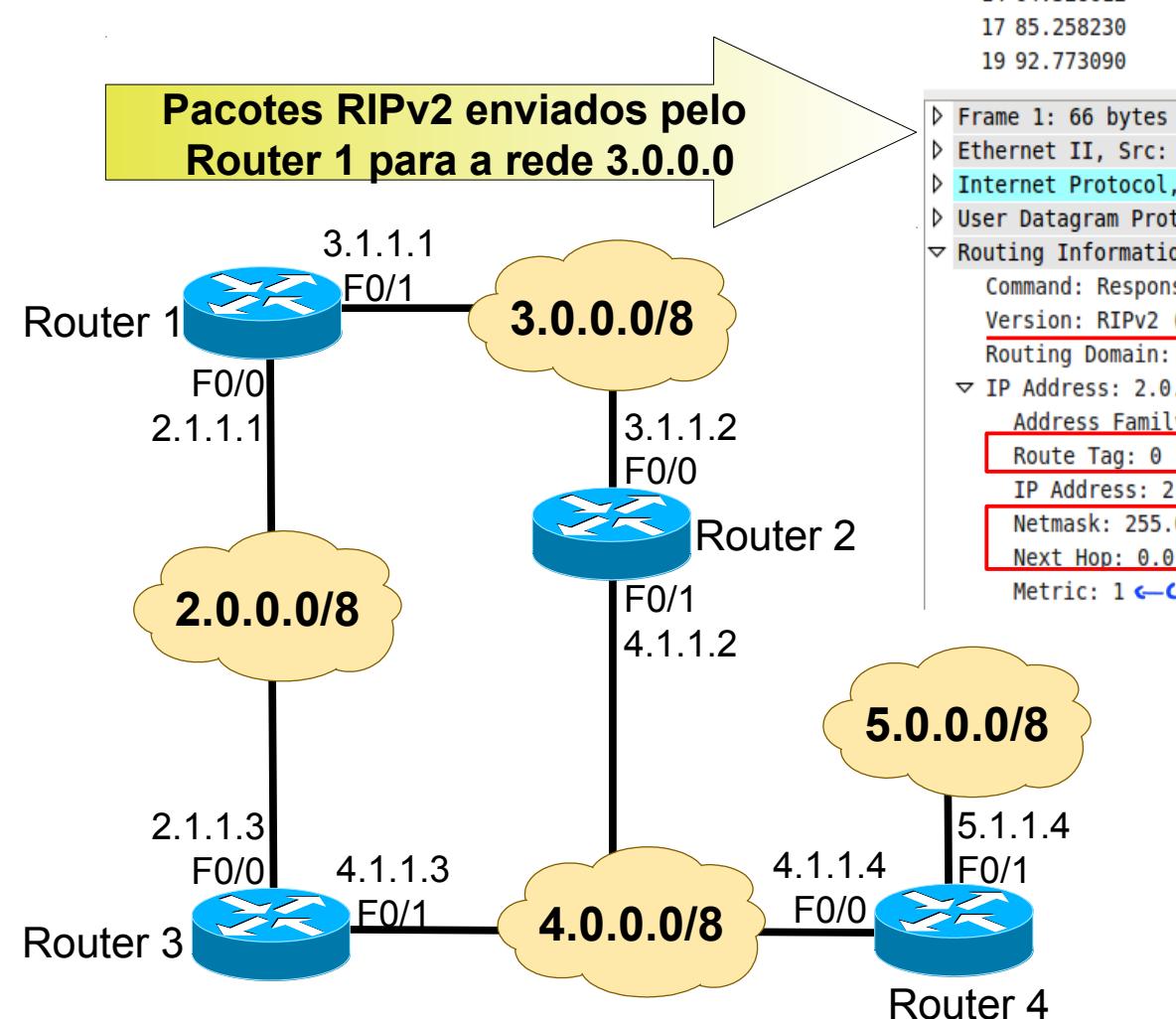
Com split horizon (RIPv1)

```

> Internet Protocol, Src: 3.1.1.1 (3.1.1.1), Dst: 255.255.255.255 (255.255.255.255)
> User Datagram Protocol, Src Port: router (520), Dst Port: router (520)
> Routing Information Protocol
  Command: Response (2)
  Version: RIPv1 (1)
  ▶ IP Address: 2.0.0.0, Metric: 1
    Address Family: IP (2)
    IP Address: 2.0.0.0 (2.0.0.0)
    Metric: 1
  
```

1 anuncia ao 2
Apenas as redes que para lá chegar não passa pelo router 2

RIPv2 Response

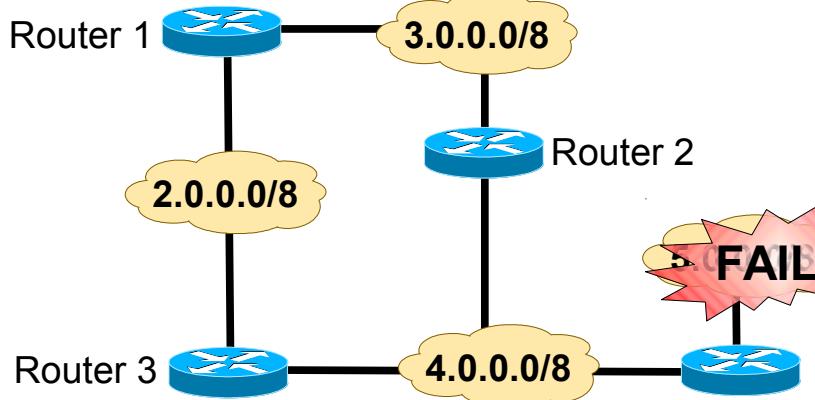


Com *split horizon*

			RIPv2	Response
1	0.000000	3.1.1.1	224.0.0.9	RIPv2 Response
3	7.936722	3.1.1.2	224.0.0.9	RIPv2 Response
6	27.017157	3.1.1.1	224.0.0.9	RIPv2 Response
8	36.912644	3.1.1.2	224.0.0.9	RIPv2 Response
13	56.403552	3.1.1.1	224.0.0.9	RIPv2 Response
14	64.328612	3.1.1.2	224.0.0.9	RIPv2 Response
17	85.258230	3.1.1.1	224.0.0.9	RIPv2 Response
19	92.773090	3.1.1.2	224.0.0.9	RIPv2 Response

```
> Frame 1: 66 bytes on wire (528 bits), 66 bytes captured (528 bits)
> Ethernet II, Src: c2:00:10:2a:00:01 (c2:00:10:2a:00:01), Dst: IPv4mcast_00:00:09 (01:00:5e:00:00:09)
> Internet Protocol, Src: 3.1.1.1 (3.1.1.1), Dst: 224.0.0.9 (224.0.0.9)
> User Datagram Protocol, Src Port: router (520), Dst Port: router (520)
> Routing Information Protocol
  Command: Response (2)
  Version: RIPv2 (2)
  Routing Domain: 0
  IP Address: 2.0.0.0, Metric: 1
    Address Family: IP (2)
    Route Tag: 0
    IP Address: 2.0.0.0 (2.0.0.0) ← Rode
    Netmask: 255.0.0.0 (255.0.0.0)
    Next Hop: 0.0.0.0 (0.0.0.0) ← Não existe next-hop
    Metric: 1 ← custo
```





Comportamento do RIP Após a Falha de um Link

→ Algo Falhou!
Router 4 envia um RIP Response para a esquerda!
→ A rede 5 "foi-se", custo = 10

1	0.0.000000	4.1.1.3	255.255.255.255	RIPv1	Response
6	8.912414	4.1.1.2	255.255.255.255	RIPv1	Response
7	9.153108	4.1.1.4	255.255.255.255	RIPv1	Response
10	29.471758	4.1.1.3	255.255.255.255	RIPv1	Response
12	37.902389	4.1.1.2	255.255.255.255	RIPv1	Response
13	38.501693	4.1.1.4	255.255.255.255	RIPv1	Response
17	58.210507	4.1.1.4	255.255.255.255	RIPv1	Response
18	58.264449	4.1.1.3	255.255.255.255	RIPv1	Response
19	60.217652	4.1.1.3	255.255.255.255	RIPv1	Response
20	60.220680	4.1.1.2	255.255.255.255	RIPv1	Response
24	66.876540	4.1.1.4	255.255.255.255	RIPv1	Response
25	66.877777	4.1.1.2	255.255.255.255	RIPv1	Response

```

> Frame 17: 66 bytes on wire (528 bits), 66 bytes captured (528 bits)
> Ethernet II, Src: c2:03:10:2a:00:00 (c2:03:10:2a:00:00), Dst: Broadcast (ff:ff:ff:ff:ff:ff)
> Internet Protocol, Src: 4.1.1.4 (4.1.1.4), Dst: 255.255.255.255 (255.255.255.255)
> User Datagram Protocol, Src Port: router (520), Dst Port: router (520)
> Routing Information Protocol
  Command: Response (2)
  Version: RIPv1 (1)
  > IP Address: 5.0.0.0, Metric: 16
    Address Family: IP (2)
    IP Address: 5.0.0.0 (5.0.0.0)
    Metric: 16 → 16=10
  
```

O comportamento do RIPv1 e RIPv2
é idêntico!



OSPF (Open Shortest Path First)

↳ Bem utilizado!

→ Cada Router conhece totalmente (uma base de dados) o seu AS

- É um protocolo do tipo **link state**
- Cada router contém uma base de dados com a topologia da rede
- A informação necessária à construção das bases de dados é trocada através de flooding
- Usa o algoritmo de Dijkstra para calcular os percursos de custo mínimo
 - ◆ É associado um custo a cada interface de cada router.
 - ◆ O custo de um percurso de um router para uma rede é dado pela soma dos custos das interfaces de saída no sentido do router para a rede.
- A informação topológica é enviada em Link State Advertisements (LSA), contidos nos pacotes **Link State Update**.

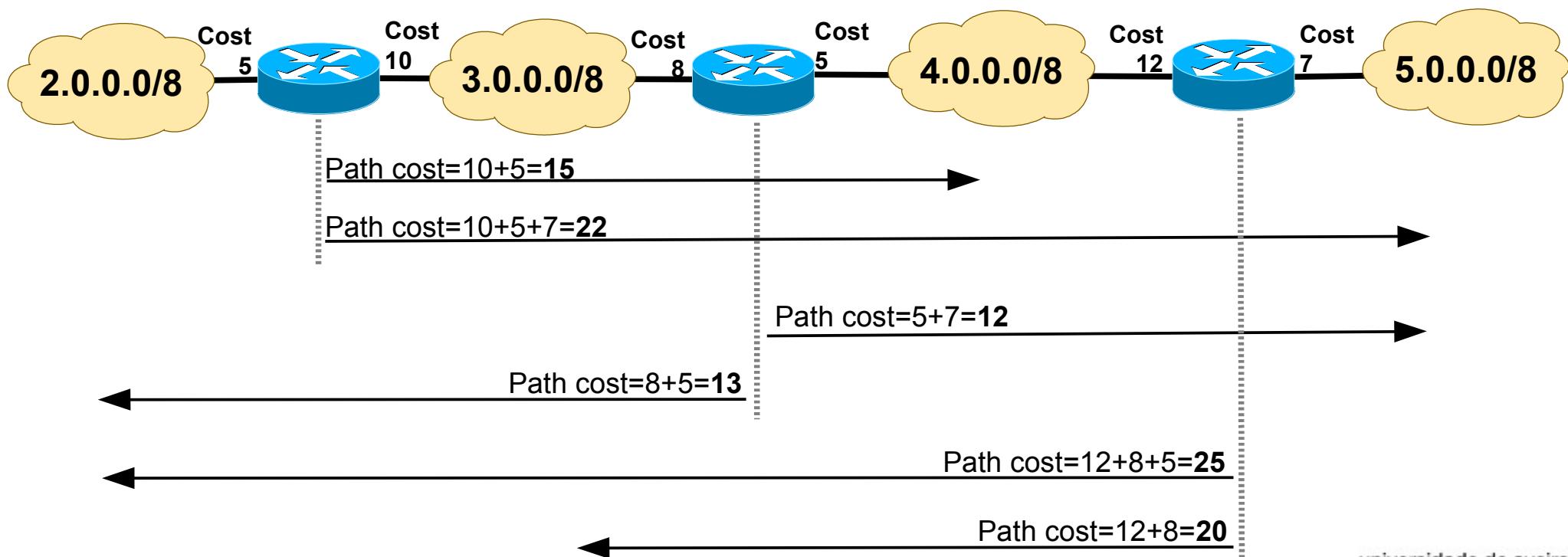
↑
No inicio funciona através de um flooding inicial!



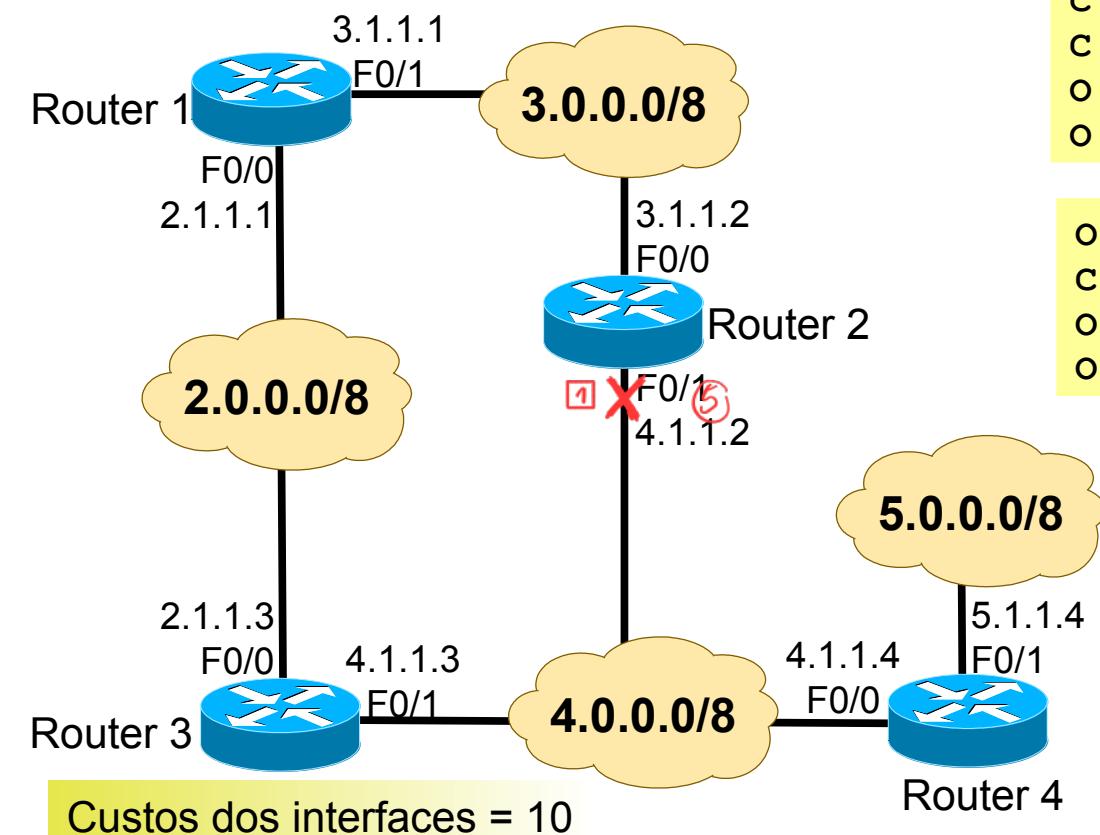
OSPF Path Cost (Custo de um Caminho)

Ele escolhe sempre o caminho direto, independente do custo

- Cada interface de um router tem associado um custo OSPF.
- O custo de um percurso de um router para uma rede é dado pela soma dos custos das interfaces de saída no sentido do router para a rede.
 - ◆ Os routers para aceder a redes diretamente ligadas nunca usam caminhos OSPF.



Exemplo - percursos mínimos no OSPF



```

C 2.0.0.0/8 is directly connected, F0/0
C 3.0.0.0/8 is directly connected, F0/1
O 4.0.0.0/8 [110/20] via 2.1.1.3, 00:01:13, F0/0
O 5.0.0.0/8 [110/30] via 2.1.1.3, 00:01:10, F0/0

```

Distância adm. Agora temos de considerar os custos de saída

```

O 2.0.0.0/8 [110/20] via 3.1.1.1, 00:01:13, F0/0
C 3.0.0.0/8 is directly connected, F0/0
O 4.0.0.0/8 [110/30] via 3.1.1.1, 00:01:13, F0/0
O 5.0.0.0/8 [110/40] via 3.1.1.1, 00:01:10, F0/0

```

Router 1 e Router 2 depois de desligar a F0/1 do Router 2

↑ Sempre por cima

```

C 2.0.0.0/8 is directly connected, F0/0
C 3.0.0.0/8 is directly connected, F0/1
O 4.0.0.0/8 [110/15] via 3.1.1.2, 00:01:13, F0/1
O 5.0.0.0/8 [110/25] via 3.1.1.2, 00:01:10, F0/1

```

Router 1, com o custo da F0/1 do Router 2 colocado a 5
↑
Só existe 1 caminho com custo mínimo

```

C 2.0.0.0/8 is directly connected, F0/0
C 3.0.0.0/8 is directly connected, F0/1
O 4.0.0.0/8 [110/20] via 3.1.1.2, 00:01:13, F0/1
      [110/20] via 2.1.1.3, 00:01:31, F0/0
O 5.0.0.0/8 [110/30] via 3.1.1.2, 00:01:10, F0/1
      [110/30] via 2.1.1.3, 00:01:10, F0/0

```

Cominhos de custo mínimo!

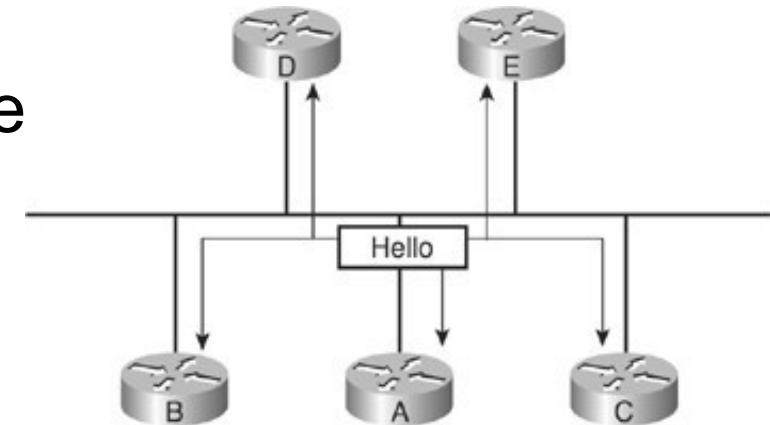
Tabela inicial do Router 1



No início →
→ Pacotes OSPF
do tipo "Hello"

Adjacências OSPF

- Um router a correr OSPF tem primeiro de estabelecer adjacências com os seus vizinhos. { Estabelecem uma relação de vizinhança
 - ◆ Trocado mensagens OSPF Hello.
- Dois routers OSPF numa ligação ponto-a-ponto série formam adjacências entre si.
→ Vão comunicar e criar relações de adjacência entre si, e no final definem um Designated Router e um Backup Designated Router
- No entanto, routers OSPF em redes broadcast (como LAN Ethernet), elegem um router com Designated Router (DR) e outro como Backup Designated Router (BDR).
→ Caso o "Designated" falhe



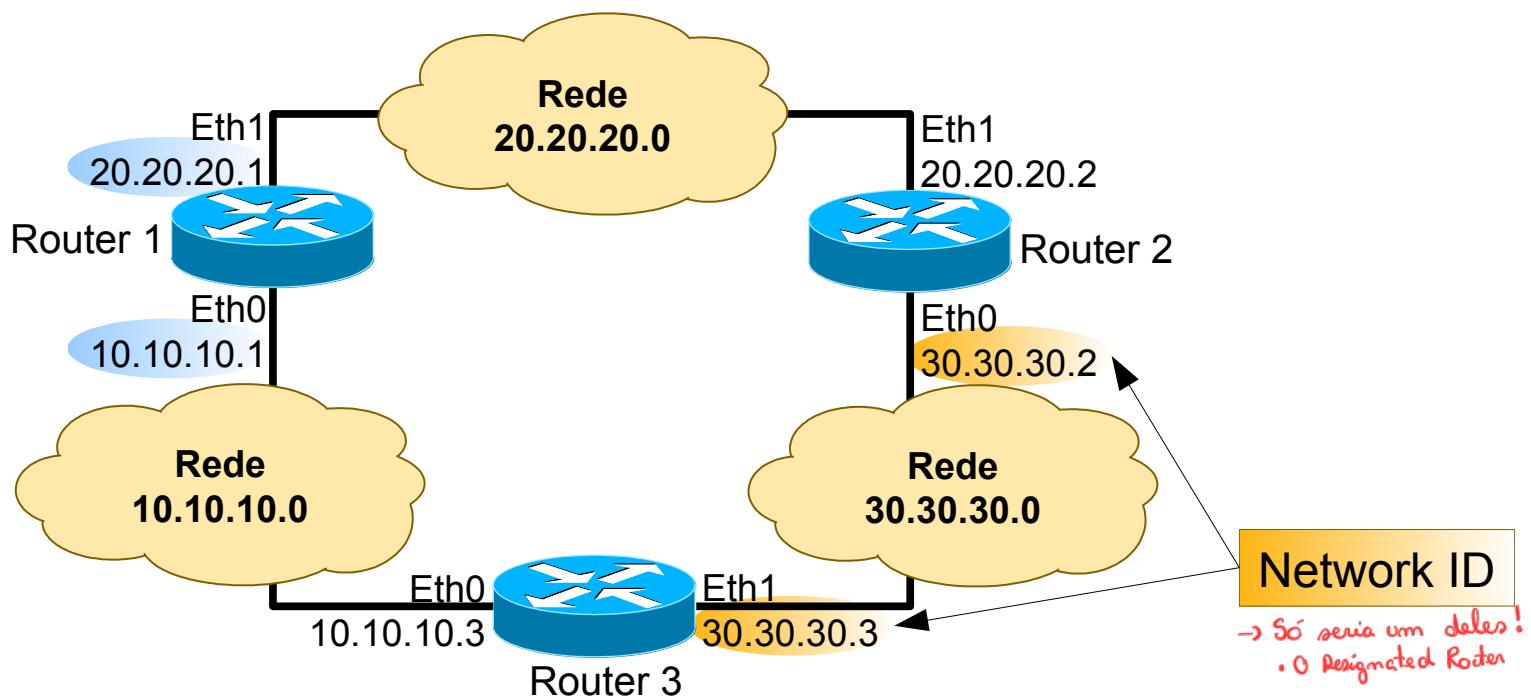
Eleição do DR e do BDR

- O primeiro router a ser ligado torna-se o DR e o segundo o BDR
- Caso múltiplos routers arranquem em simultâneo:
 - ◆ O DR será o router que, de entre os ligados à LAN, tiver a maior prioridade.
 - ◆ A prioridade OSPF é um valor definido administrativamente
 - Torna possível que seja o gestor da rede a determinar qual o DR e o BDR.
 - ◆ Em caso de empate será escolhido o router com maior RID
 - ◆ Router ID - identifica um router e corresponde (em alternativa)
 - Um valor definido administrativamente.
 - Ao endereço IPv4 mais elevado de todas as interfaces do router no momento da ativação do protocolo OSPF.
- Depois de um router ser eleito DR, nenhum outro router pode usurpar essa posição.
- Se o DR avariar, o BDR passará a ser o novo DR e será eleito um novo BDR.



Bases de dados OSPF: Identificação dos Routers e das Redes

- OSPF Router ID: endereço IP de uma das suas interfaces (o maior no instante de ativação do protocolo) ou um valor definido administrativamente.
→ O maior endereço IP de uma das interfaces
- OSPF Network/Link ID: endereço IP da interface do seu Designated Router (DR).



Bases de Dados OSPF

- As bases de dados estão organizadas em duas tabelas. Uma com informação relativa a todos os routers (Router Link States) e outra com informação relativa a todas as redes intermédias (Net Link States);
- As redes são identificadas pelo Network ID, os routers são identificados pelo Router ID;

Sumário:

OSPF Router with ID (20.20.20.1) (Process ID 1)					
<u>Router Link States (Area 0)</u>					
Link ID	ADV Router	Age	Seq#	Checksum	Link count
20.20.20.1	20.20.20.1	40	0x8000000A	0x00E7FB	2
30.30.30.2	30.30.30.2	69	0x80000006	0x002906	2
30.30.30.3	30.30.30.3	41	0x80000007	0x00283D	2

<u>Net Link States (Area 0)</u>					
Link ID	ADV Router	Age	Seq#	Checksum	
10.10.10.3	30.30.30.3	41	0x80000001	0x00051C	
20.20.20.2	30.30.30.2	70	0x80000001	0x00A164	
30.30.30.3	30.30.30.3	154	0x80000001	0x00A91C	

3 routers na rede

Endereço do Designated Router dessa rede!



Bases de Dados OSPF (exemplo)

- Relativamente a cada router é armazena informação relativa às várias redes que lhe estão directamente ligadas

Jato para 1 só Router! //

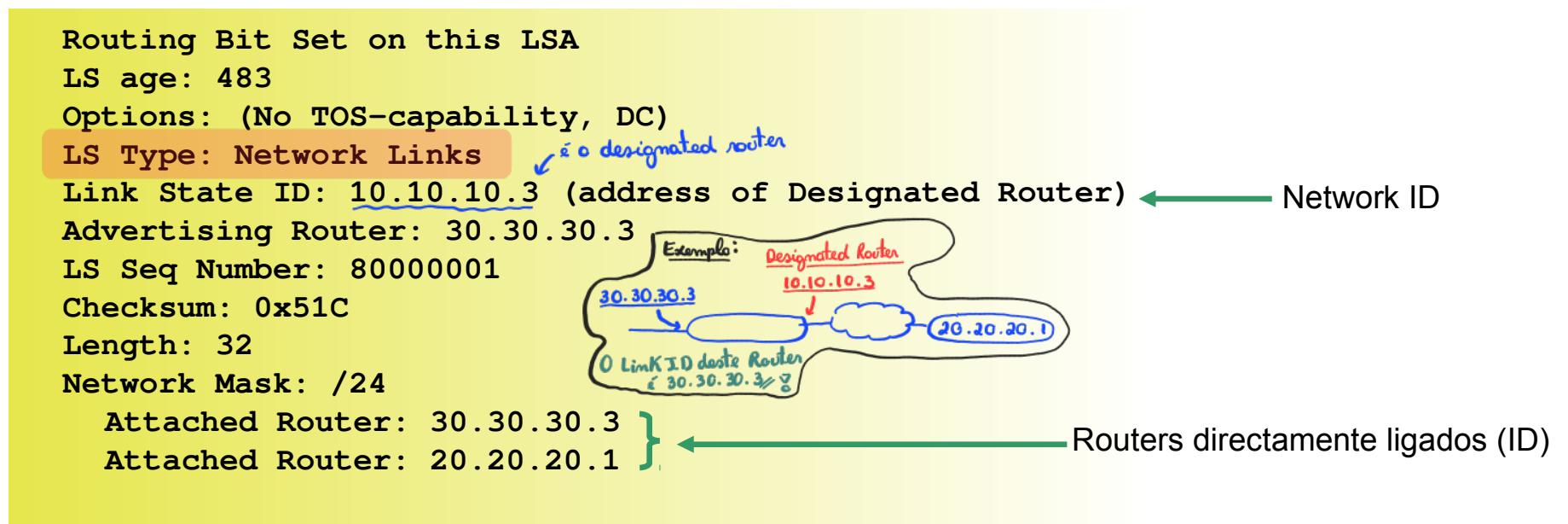
→ LS age: 321
Options: (No TOS-capability, DC)
LS Type: Router Links
Link State ID: 20.20.20.1 ← Identifica o router
Advertising Router: 20.20.20.1
LS Seq Number: 8000000A
Checksum: 0xE7FB
Length: 48
Number of Links: 2 ← Número de interfaces
Interfaces OSPF
Link connected to: a Transit Network ← Rede intermédia
(Link ID) Designated Router address: 20.20.20.2 ← Network ID
(Link Data) Router Interface address: 20.20.20.1 ← Endereço da Interface
Number of TOS metrics: 0
TOS 0 Metrics: 1 ← Custo da Interface
Custo da interface
Link connected to: a Transit Network
(Link ID) Designated Router address: 10.10.10.3
(Link Data) Router Interface address: 10.10.10.1 ← *também não é DR*
Number of TOS metrics: 0
TOS 0 Metrics: 1



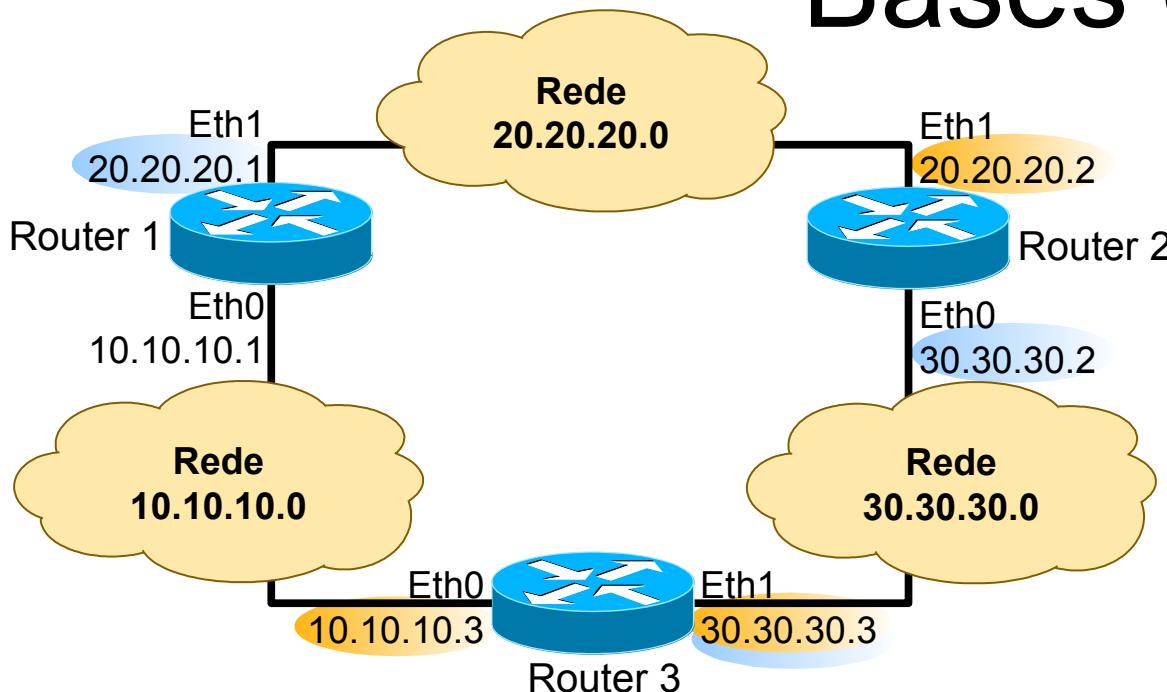
Bases de Dados OSPF (exemplo)

- Relativamente a cada rede intermédia é armazena informação relativa aos vários routers que lhe estão directamente ligados

Isto para 1
só rede →



Bases de dados OSPF



Routing Bit Set on this LSA

LS age: 208

Options: (No TOS-capability, DC)

LS Type: Network Links *Designated Router*

Link State ID: 20.20.20.2 (address of Designated Router)

Advertising Router: 30.30.30.2

LS Seq Number: 80000001

Checksum: 0xA164

Length: 32

Network Mask: /24

Attached Router: 30.30.30.2

Attached Router: 20.20.20.1

Corrponde ao mesmo Router mas como 30.30.30.2 o Link ID é 30.30.30.2

Network Link State relativo à rede 20.20.20.0

LS age: 321

Options: (No TOS-capability, DC)

LS Type: Router Links

Link State ID: 20.20.20.1 *→ Router 1*

Advertising Router: 20.20.20.1

LS Seq Number: 8000000A

Checksum: 0xE7FB

Length: 48

Number of Links: 2

Link connected to: a Transit Network

(Link ID) Designated Router address: 20.20.20.2

(Link Data) Router Interface address: 20.20.20.1

Number of TOS metrics: 0

TOS 0 Metrics: 1

Link connected to: a Transit Network

(Link ID) Designated Router address: 10.10.10.3

(Link Data) Router Interface address: 10.10.10.1

Number of TOS metrics: 0

TOS 0 Metrics: 1

DR da Rede de cima



DR da Rede de baixo



Router Link State relativo ao Router 1



Pacotes OSPF

construção inicial
dos adjacências

- **Hello** – Para descoberta de vizinhos, construção de adjacências com eles e eleição do DR/BDR. { No início para se conhecerem !
- **Database Description** (DBD) - Usado para a verificação do conteúdo e sincronização das bases de dados. → Verificam se está atualizado ...
- **Link-State Request** (LSR) – Usado para pedir um Link-State Advertisements (LSA) específico a outro router. → Pedir informação dos Routers ou Redes a outro Router
- **Link-State Update** (LSU) – Usando para enviar os Link-State Advertisements (LSA).
- **LSAck** – Confirma a correta receção dos pacotes.
Acknowledge

Trocar e construir a Base de Dados



Formato dos Pacotes OSPF

• Version Number

- ◆ 2 para OSPF Version 2 (OSPF para IPv4).
- ◆ 3 para OSPF Version 3 (OSPF para IPv6).

• Type

- ◆ Tipo do pacote OSPF.

• Packet Length

• Router ID

- ◆ Identifica o router emissor.

• Area ID

- ◆ Identifica a área OSPF onde o pacote teve origem.

• Checksum

- ◆ Usado para verificar a integridade do pacote.

• Authentication Type

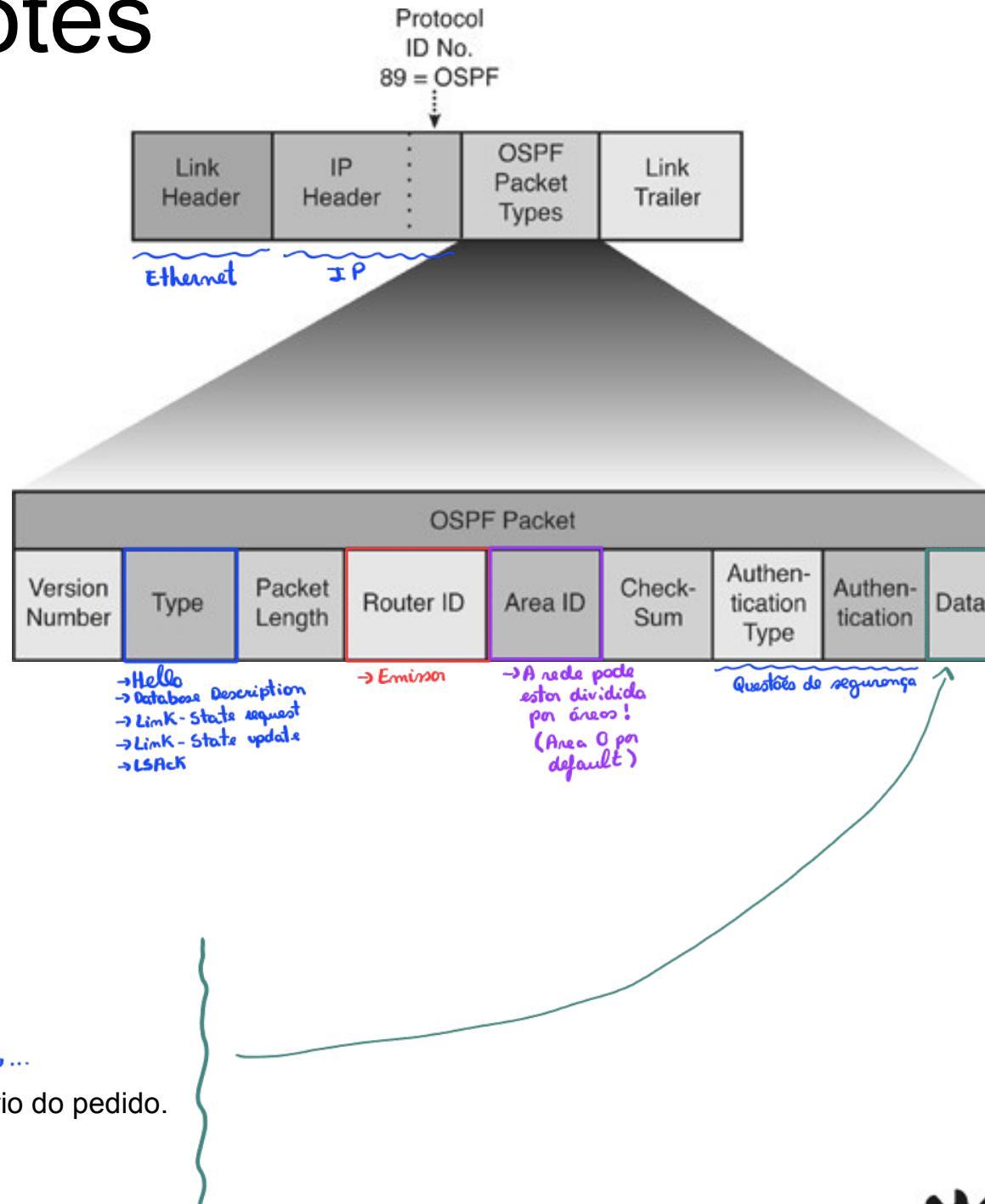
- ◆ Define o tipo de autenticação.

• Authentication

- ◆ Dados de autenticação.

• Data

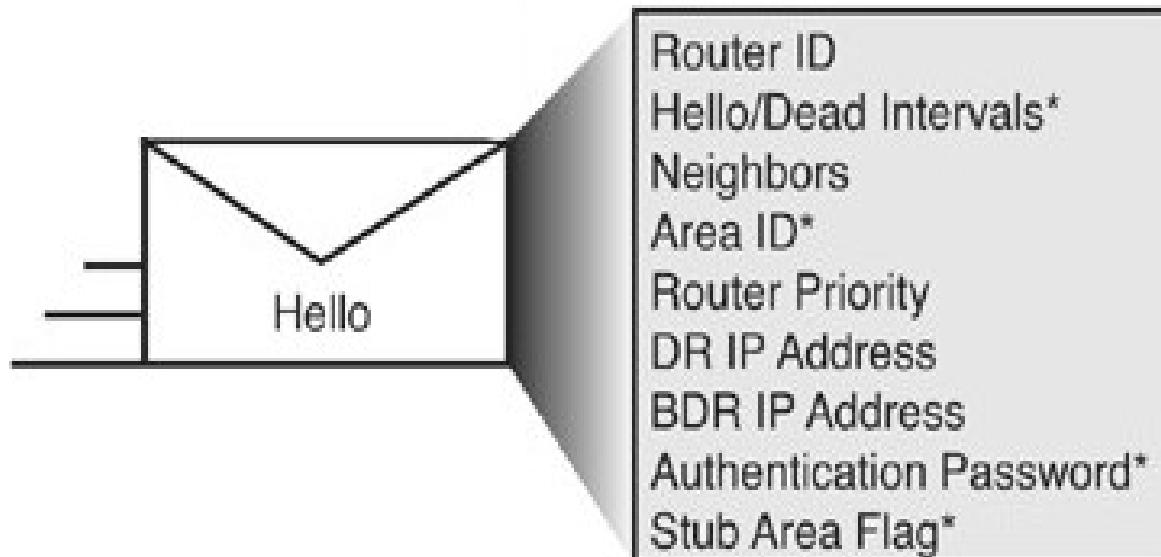
- ◆ Contem os dados concretos
- ◆ Hello – Lista de vizinhos.
- ◆ DBD – Sumário da base de dados. *O que está a ser pedido ...*
- ◆ LSR – Tipo de LSA pretendido e router ID do destinatário do pedido.
- ◆ LSU – LSA completos. Pode conter múltiplos LSA.
- ◆ LSAck – Sem dados.



Pacotes Hello

Ld construir os adjacências
→ Eleger o DR e o BDR

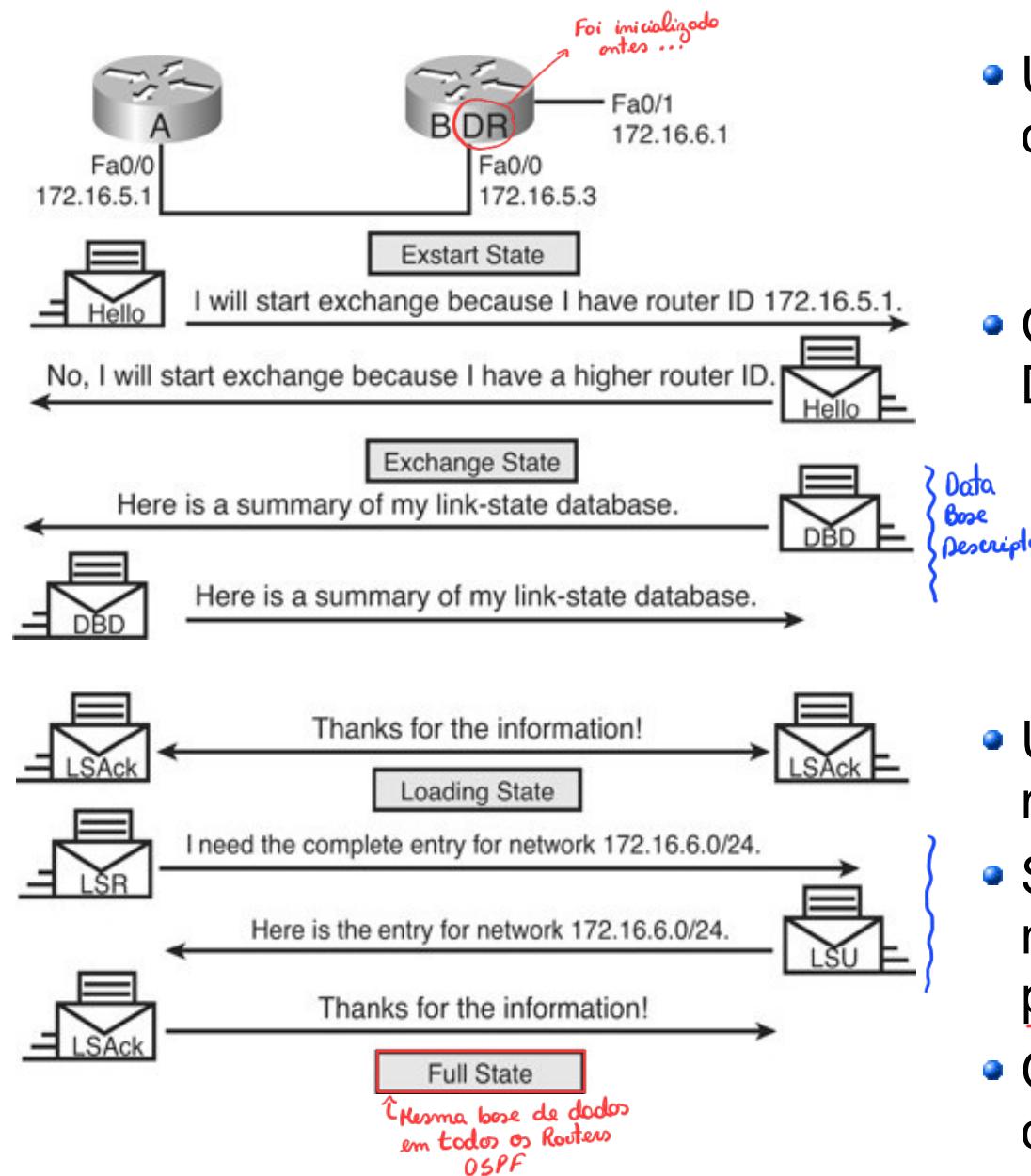
- Estes pacotes são utilizados:
 - ◆ Para descobrir quem são os vizinhos em cada interface
 - ◆ Para eleger e descobrir o DR e o BDR de cada rede
- Por omissão, são enviados de 10 em 10 segundos
 - ◆ Objectivo: detectar falha de conectividade
- Não transportam informação de encaminhamento
 - ◆ A sua recepção não altera as bases de dados pelo que não requer processamento das tabelas de encaminhamento



*Entry Must Match on Neighboring Routers



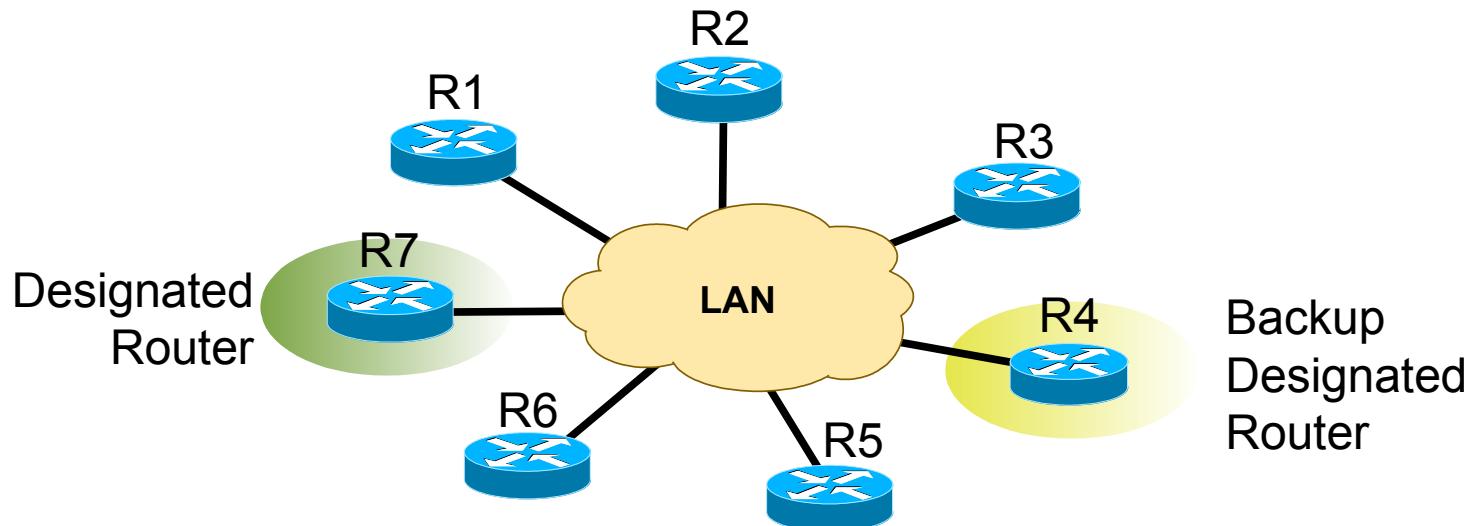
Troca de Informação de Topologia



- Uma relação mestre/escravo é criada entre cada router e o DR (e BDR) adjacente.
 - ◆ Apenas o DR troca e sincroniza informação de link-states com os routers.
- Os routers trocam um ou mais pacotes DBD.
 - ◆ Os DBD incluem um sumário da base de dados OSPF.
 - ◆ Os routers usam um número de sequência para determinar qual a informação de link-state mais recente.
- Usando LSAck os routers confirmam a receção dos DBD.
- Se os DBD indicam que há informação mais recente, o router envia um LSR a pedir essa nova informação.
- O outro router responde com um LSU que contem toda a informação (LSA) pedida.
- Usando LSAck os routers confirmam a receção da informação.



Propagação de LSA em LANs



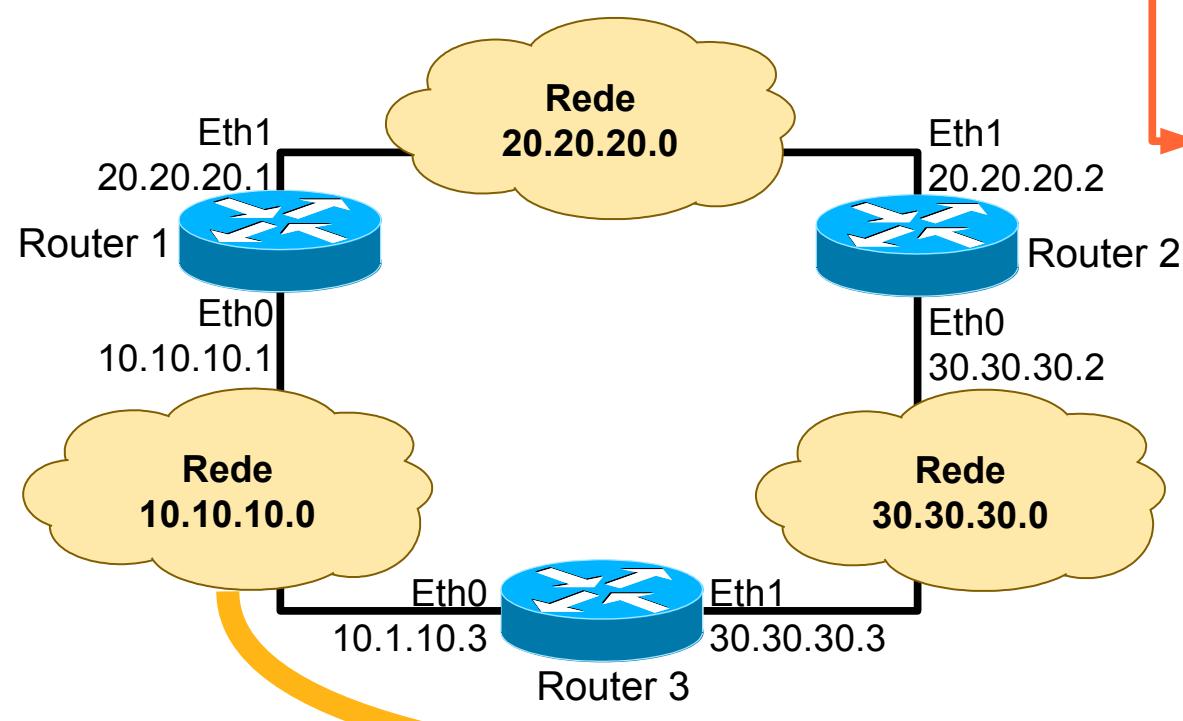
Objectivo: Assegurar que o envio de um LSA numa LAN é efectivamente recebido por todos os routers vizinhos; assegurar que as bases de dados de todos os routers estão sincronizadas

Método:

- R3 tem um LSA para ser enviado para a LAN
- R3 envia o LSA usando o endereço de multicast allDrouters (224.0.0.6) *{só o DR é o BDR
all Designated Routers}*
- DR e BDR recebem o LSA
- DR envia o LSA usando o endereço de multicast allOSPFrouters (224.0.0.5)
- Se todos os routers recebem o LSA correctamente, BDR, R1, R2, ..., R6 enviam um LSACK usando o endereço multicast allDrouters *{Eles esperam por confirmação!}*
- Se o DR não receber ACKs de R2, R5 e BDR dentro de um timeout, o DR retransmite o LSA 3 vezes, para R2, R5 e BDR



Exemplo pacotes OSPF



Pacotes Hello

Time	Source	Destination	Protocol Info
0.000000	10.10.10.1	224.0.0.5	OSPF Hello Packet
10.002318	10.10.10.1	224.0.0.5	OSPF Hello Packet
20.003116	10.10.10.1	224.0.0.5	OSPF Hello Packet

80.000000	10.10.10.3	224.0.0.5	OSPF Hello Packet
83.683033	10.10.10.3	224.0.0.5	OSPF LS Update
83.715683	10.10.10.3	224.0.0.5	OSPF Hello Packet
83.717864	10.10.10.1	10.10.10.3	OSPF Hello Packet
83.726166	10.10.10.3	10.10.10.1	OSPF DB Descr.
83.726258	10.10.10.3	10.10.10.1	OSPF Hello Packet
83.728433	10.10.10.1	10.10.10.3	OSPF DB Descr.
83.732590	10.10.10.3	10.10.10.1	OSPF DB Descr.
83.734733	10.10.10.1	10.10.10.3	OSPF DB Descr.
83.738942	10.10.10.3	10.10.10.1	OSPF LS Request
83.741083	10.10.10.1	10.10.10.3	OSPF LS Update
84.240362	10.10.10.3	224.0.0.5	OSPF LS Update
86.245792	10.10.10.3	224.0.0.5	OSPF LS Acknowledge
86.380876	10.10.10.1	224.0.0.5	OSPF Hello Packet
86.741036	10.10.10.1	224.0.0.5	OSPF LS Acknowledge
93.721376	10.10.10.3	224.0.0.5	OSPF Hello Packet
96.380005	10.10.10.1	224.0.0.5	OSPF Hello Packet

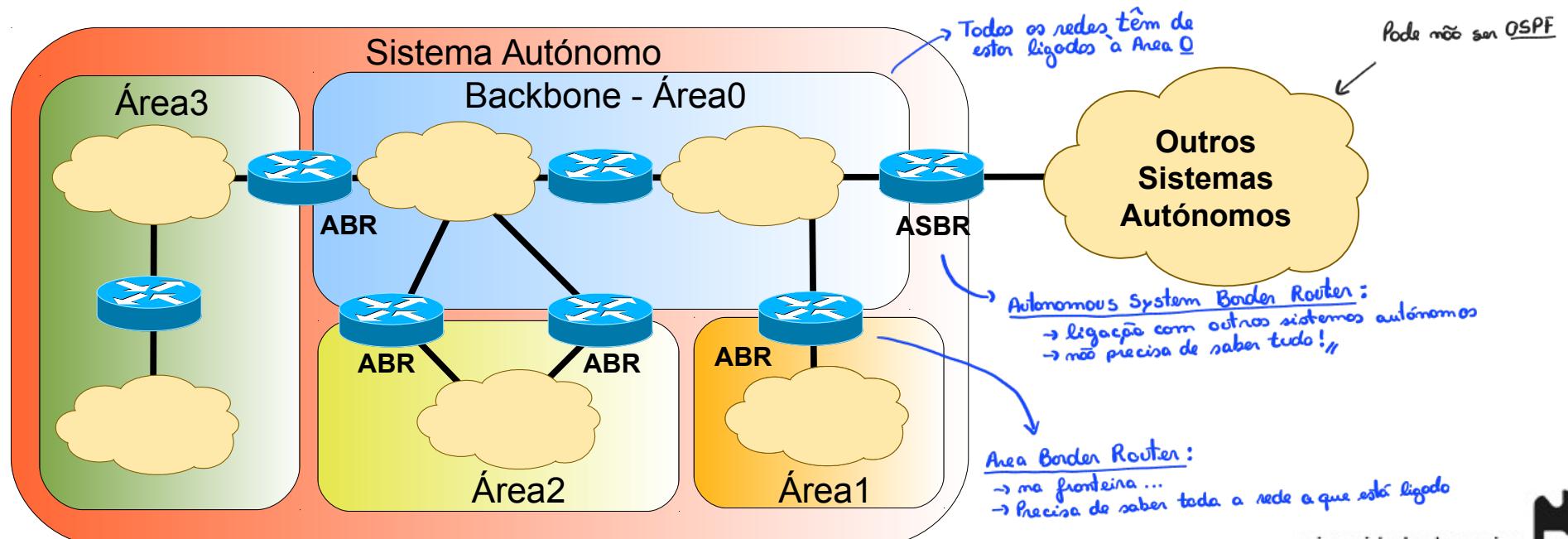
213.780338	10.10.10.3	224.0.0.5	OSPF Hello Packet
216.542473	10.10.10.1	224.0.0.5	OSPF Hello Packet
216.568852	10.10.10.1	224.0.0.5	OSPF LS Update
217.048427	10.10.10.1	224.0.0.5	OSPF LS Update
217.084909	10.10.10.1	224.0.0.5	OSPF LS Update
219.067748	10.10.10.3	224.0.0.5	OSPF LS Acknowledge
219.650308	10.10.10.1	224.0.0.5	OSPF LS Update
222.150349	10.10.10.3	224.0.0.5	OSPF LS Acknowledge
223.779492	10.10.10.3	224.0.0.5	OSPF Hello Packet
224.284149	10.10.10.3	224.0.0.5	OSPF LS Update
224.789598	10.10.10.1	224.0.0.5	OSPF LS Update
224.789775	10.10.10.3	224.0.0.5	OSPF LS Update
226.545718	10.10.10.1	224.0.0.5	OSPF Hello Packet
226.785254	10.10.10.1	224.0.0.5	OSPF LS Acknowledge
227.294756	10.10.10.3	224.0.0.5	OSPF LS Acknowledge
233.779863	10.10.10.3	224.0.0.5	OSPF Hello Packet
236.544658	10.10.10.1	224.0.0.5	OSPF Hello Packet



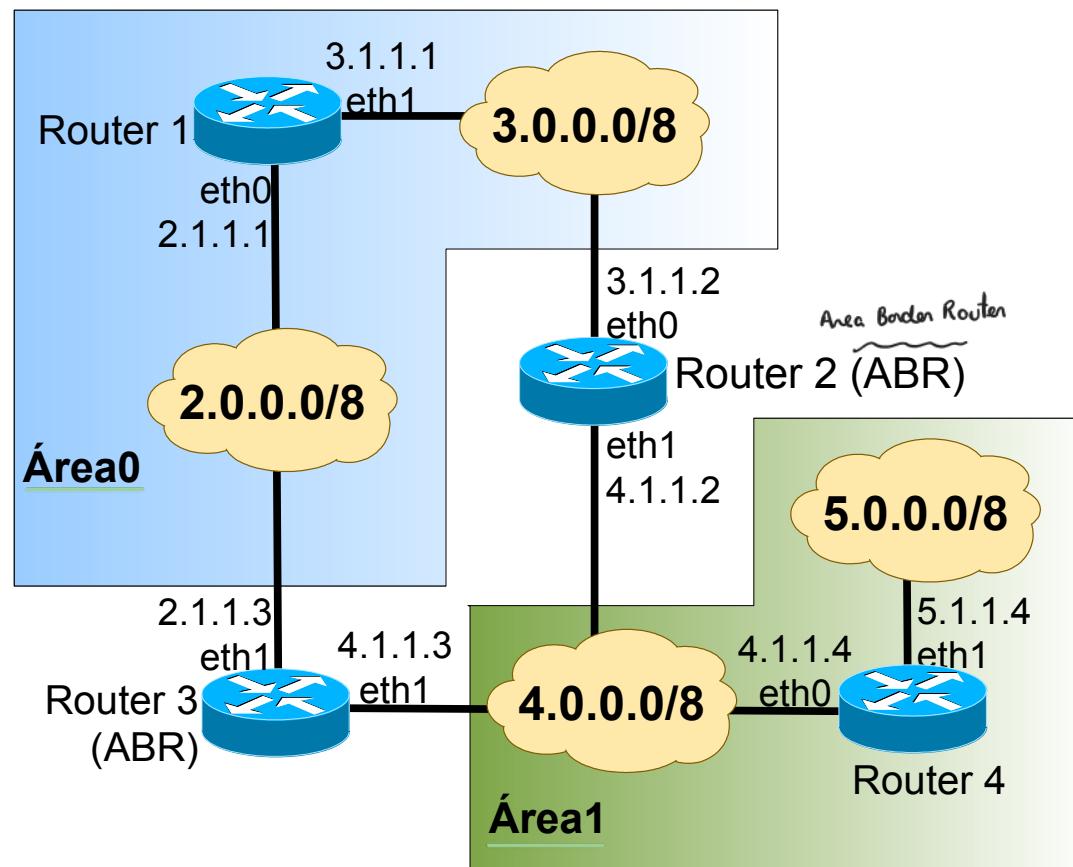
Áreas no OSPF

↳ Para rede muito grande! //

- Objetivo: tornar o protocolo escalável para sistemas autónomos grandes.
- Um router interior conhece apenas a topologia da sua área.
- Todas as áreas tem de estar (fisicamente ou virtualmente) ligadas à Área0.
- Um router fronteira entre áreas é chamado de Area Border Router (ABR).
 - ↳ Um ABR conhece a topologia das áreas a que está ligado.
- Um router fronteira do domínio OSPF é chamado de Autonomous System Border Router (ASBR).



Encaminhamento hierárquico OSPF



Link State ID: <u>2.1.1.3</u>	Link State ID: <u>3.1.1.2</u>
Network Mask: /8	Network Mask: /8
Attached Router: 3.1.1.1	Attached Router: 3.1.1.1
Attached Router: 4.1.1.3	Attached Router: 4.1.1.2

Net Link States do Router 1

• Para o Router 1 chegar ao Router 4 ele tem de saber da existência da rede - "Summary Link State"

Advertising Router: <u>4.1.1.2</u>	Number of Links: 1
Router Interface address: 3.1.1.2	TOS 0 Metrics: 10
Advertising Router: <u>3.1.1.1</u>	Number of Links: 2
Router Interface address: 3.1.1.1	TOS 0 Metrics: 10
Advertising Router: <u>4.1.1.3</u>	Number of Links: 1
Router Interface address: 2.1.1.1	TOS 0 Metrics: 10
Advertising Router: <u>4.1.1.3</u>	Number of Links: 1
Router Interface address: 2.1.1.3	TOS 0 Metrics: 10

Router Link States do Router 1

Redes de outros árees ... (sumário)

Link State ID: <u>4.0.0.0</u>	Link State ID: <u>5.0.0.0</u>
Advertising Router: <u>4.1.1.2</u>	Advertising Router: 4.1.1.2
Network Mask: /8	Network Mask: /8
TOS: 0 Metric: <u>10</u>	TOS: 0 Metric: 20
Link State ID: 4.0.0.0	Link State ID: 5.0.0.0
Advertising Router: <u>4.1.1.3</u>	Advertising Router: 4.1.1.3
Network Mask: /8	Network Mask: /8
TOS: 0 Metric: <u>10</u>	TOS: 0 Metric: 20

Summary Net Link States do Router 1



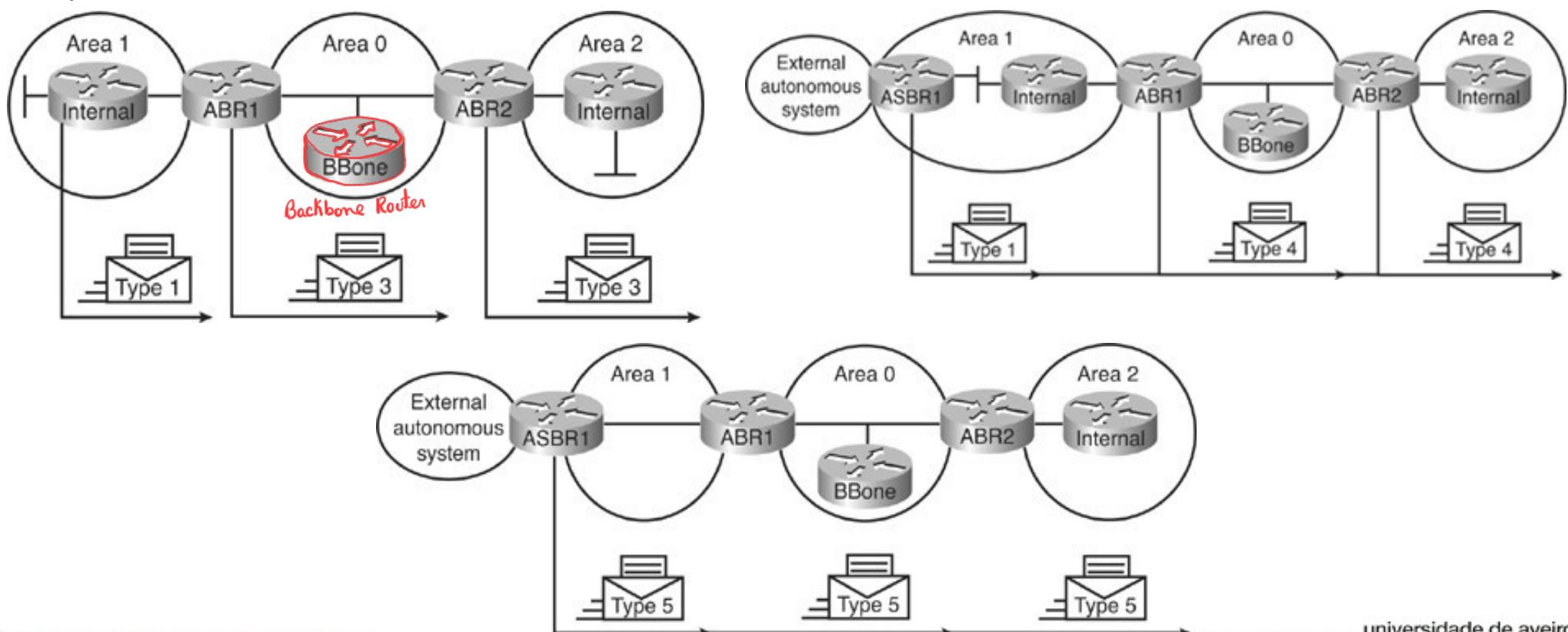
Oz Link State Update voo
bem organizados!
↓

Tipos de OSPF LSA

Link State Advertisement

- Type 1 (Router LSA) – Informação sobre routers.
- Type 2 (Network LSA) – Informação sobre redes.
- Type 3 (Summary LSA) – Sumários de redes de outras áreas.
- Type 4 (Summary LSA) – Sumário de rotas para os routers fronteira do domínio OSPF (os ASBR).
- Type 5 (AS external LSA) – Informação sumariada de redes externas ao domínio OSPF.

(...) Existem de ipv6,



RIP vs. OSPF

• RIP

- ◆ Protocolo mais simples.
- ◆ Encaminhamento baseado em número de saltos. → Número de Routers
- ◆ Não é escalável (infinito = 16).
- ◆ Processamento contínuo de tabelas de encaminhamento. → Informação com vetores distâncias!

• OSPF

- ◆ Protocolo complexo (para sincronizar bases de dados distribuídas).
- ◆ Escalável (para redes grandes, a solução é o encaminhamento hierárquico).
- ◆ Maior flexibilidade de encaminhamento (baseado em custos configuráveis). ! Muito importante ...
- ◆ Processamento pontual das tabelas de encaminhamento.
- ◆ Utilização intensa da rede apenas quando há alterações da topologia da rede (processo de flooding). → Depois é só Hello's - sem topologia de rede!,,
- ◆ Processo de convergência das tabelas de encaminhamento mais rápido.



Encaminhamento IPv6



universidade de aveiro

deti.ua.pt

RIPng

Next Generation

- Similar ao RIPv2,
 - ◆ É um protocolo distance-vector, máximo de 15 saltos, split-horizon, etc.
- Diferenças entre o RIPv2 e RIPng,
 - ◆ Usa IPv6 para o transporte.
 - ◆ Anuncia prefixos de rede IPv6 e o next-hop é um endereço IPv6.
 - ◆ Usa o endereço multicast IPv6 FF02::9 (all-RIP-routers) como endereço de destino dos anúncios RIP.
em ipv6 não existem broadcast ...



OSPFv3

- Baseado no OSPFv2, com melhoramentos,
 - ◆ Usa IPv6 para o transporte.
 - ◆ Distribui prefixos de rede IPv6.
 - ◆ Usa os endereços IPv6 multicast FF02::5 (OSPF IGP) e FF02::6 (OSPF IGP Designated Routers).
↳ Para anúncio mudanças na topologia!»
- A base de dados com a descrição da topologia não é específica do IPv6.
 - ◆ Router ID, Area ID, Link ID continua a ser um identificador de 4 bytes.
 - ◆ Os vizinhos são identificados por um Router ID de 4 bytes.
 - ◆ Apenas existe uma tabela adicional na base de dados que mapeia um identificador de rede (link) num determinado prefixo e máscara de rede IPv6
↳ Mapeia um Link-ID para uma rede ipv6
→ Para não ser muito difícil de ler pois IPv6 tem 128 bits...
- São usados os endereços IPv6 Link-Local com origem dos anúncios.
- Novos Tipos de LSA:
 - ◆ Link LSA (Type 8)
 - ◆ Contem informação sobre os endereços IPv6 Link-Local e prefixos IPv6.
 - ◆ Intra-Area Prefix LSA (Type 9)
 - ◆ Associa um prefixo IPv6 com uma rede ou router.

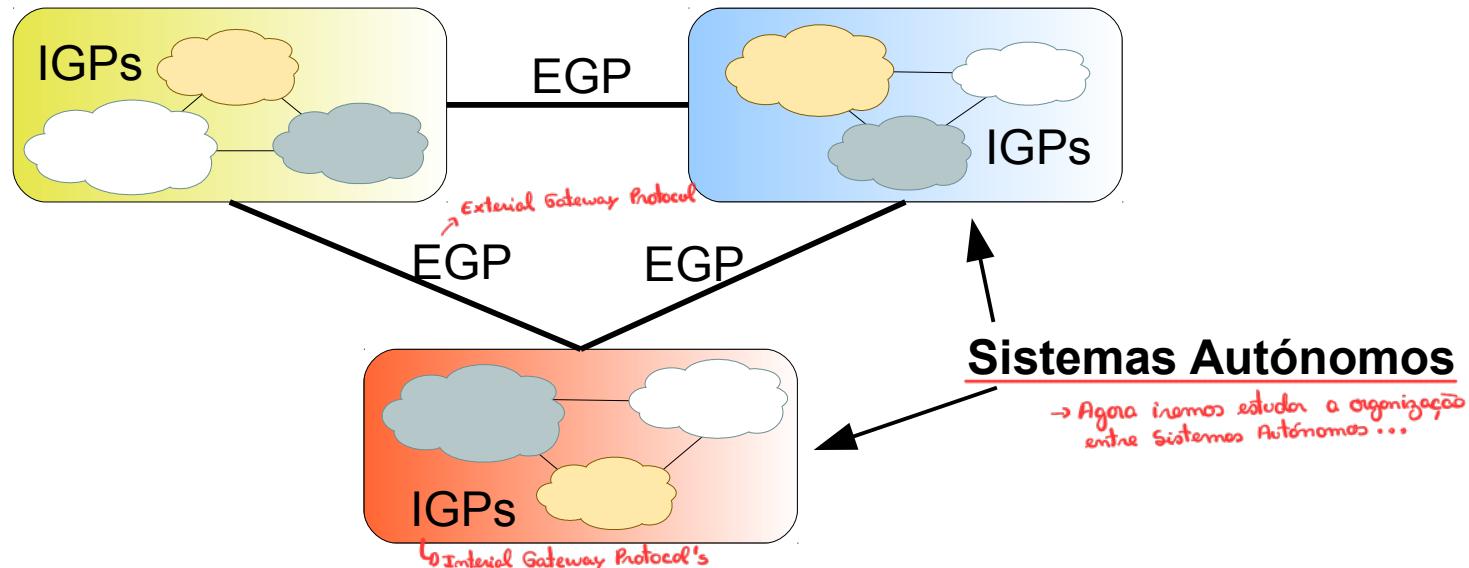


BGP

→ Utilizado entre operadores

Border Gateway Protocol (BGP)

↳ Mais parâmetros...
→ Mais políticos

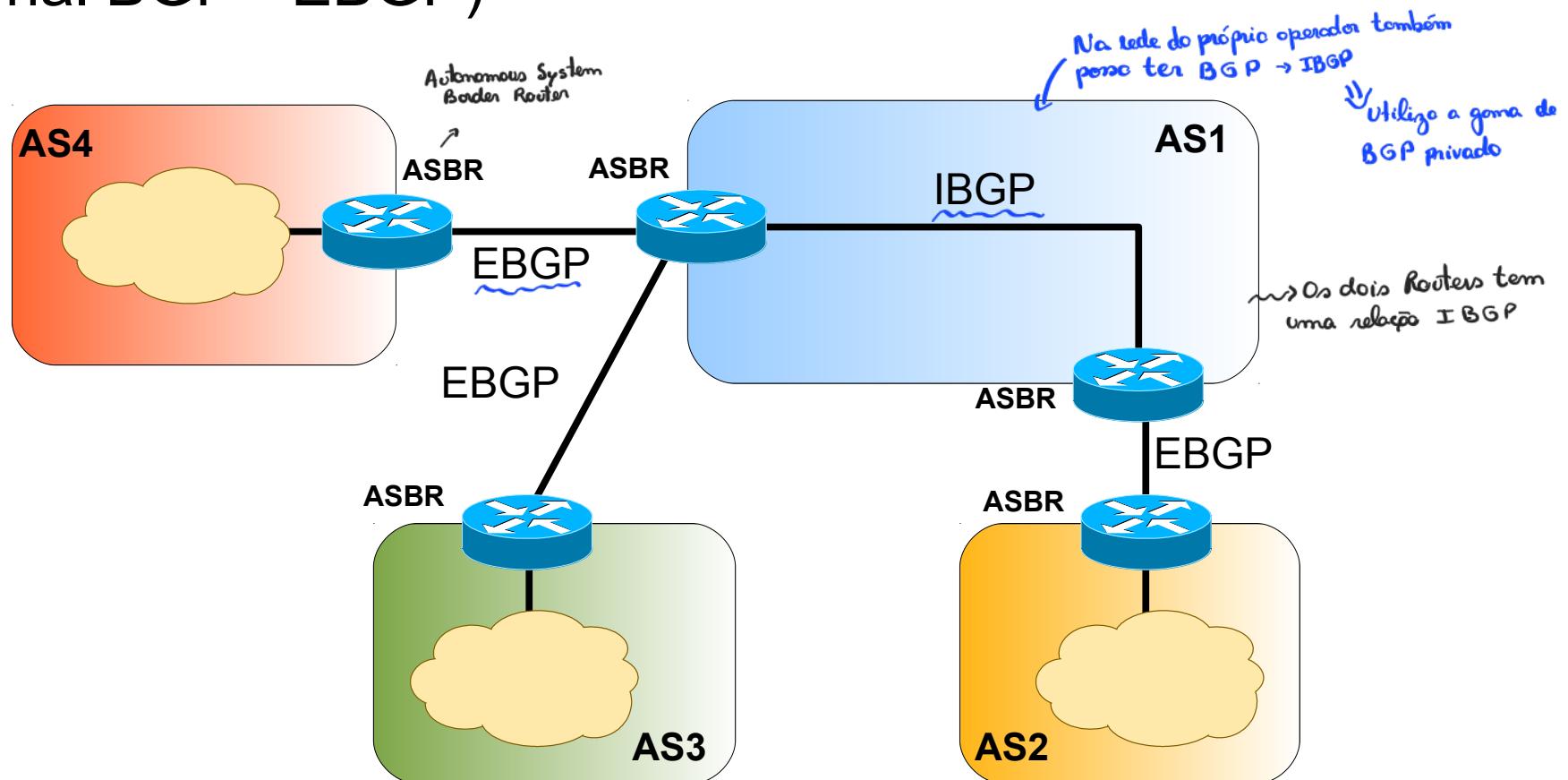


- Protocolo para o encaminhamento entre diferentes Sistemas Autónomos (do tipo EGP)
- O BGP usa como protocolo de transporte o TCP e o número de porto 179
- Número AS definido com 2-bytes → Antigamente ↳ Nível 4 do modelo OSI
 - AS Públicos= 1 a 64511
 - AS Privados= 64512 a 65535 { Não se ve na internet! }
 - Os números de AS de 2-bytes disponíveis estão quase esgotados
- O número do AS passou de 2-bytes para 4-bytes → Com IPv6
 - Permite 4.294.967.295 AS
↳ Muito mais...
 - Transição gradual



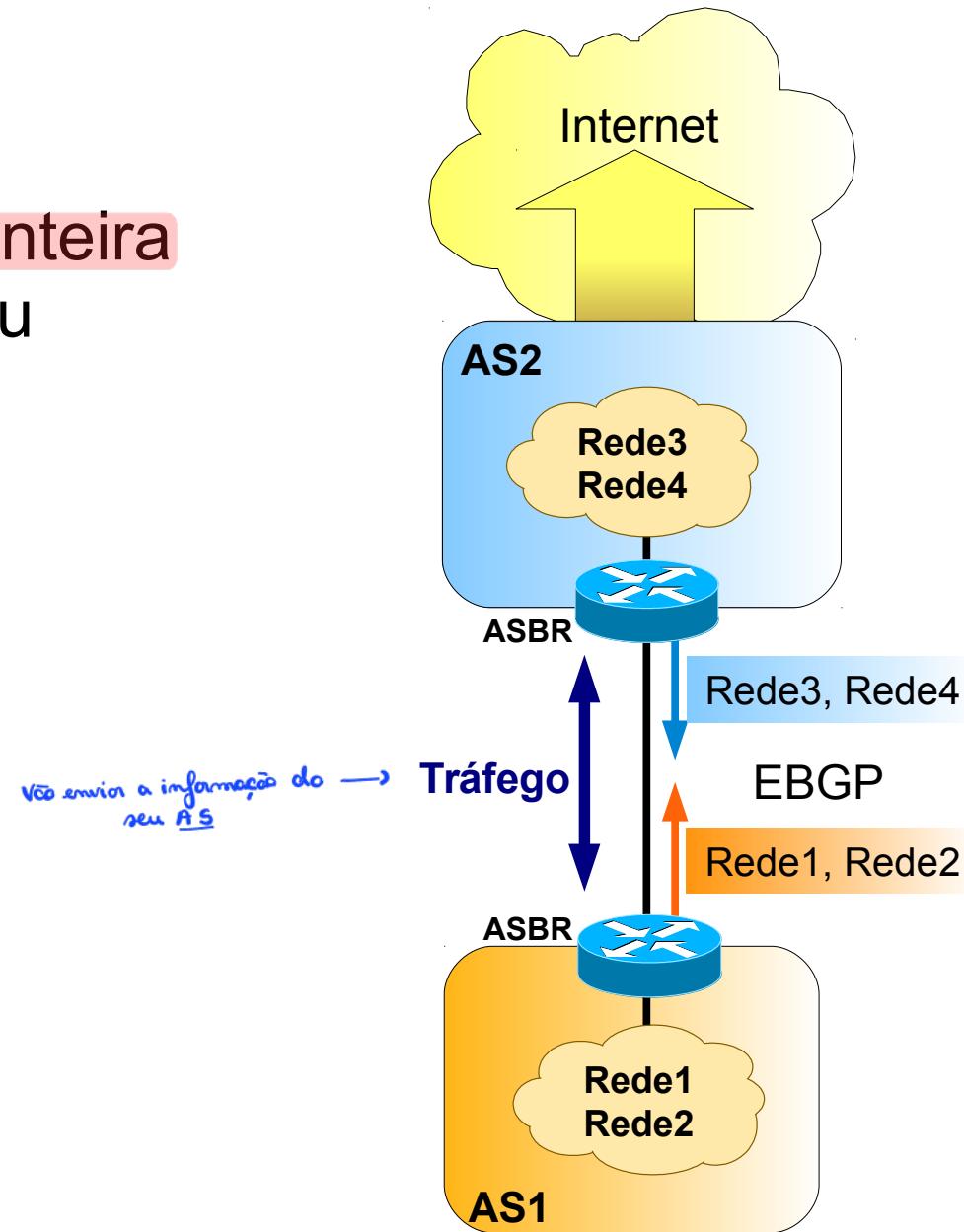
BGP Interno (IBGP) e BGP Externo (EBGP)

- As relações de vizinhança podem ser estabelecidas entre routers de um mesmo SA (Internal BGP - IBGP) ou de diferentes SA (External BGP - EBGP)



Sistema Autônomo single-homed

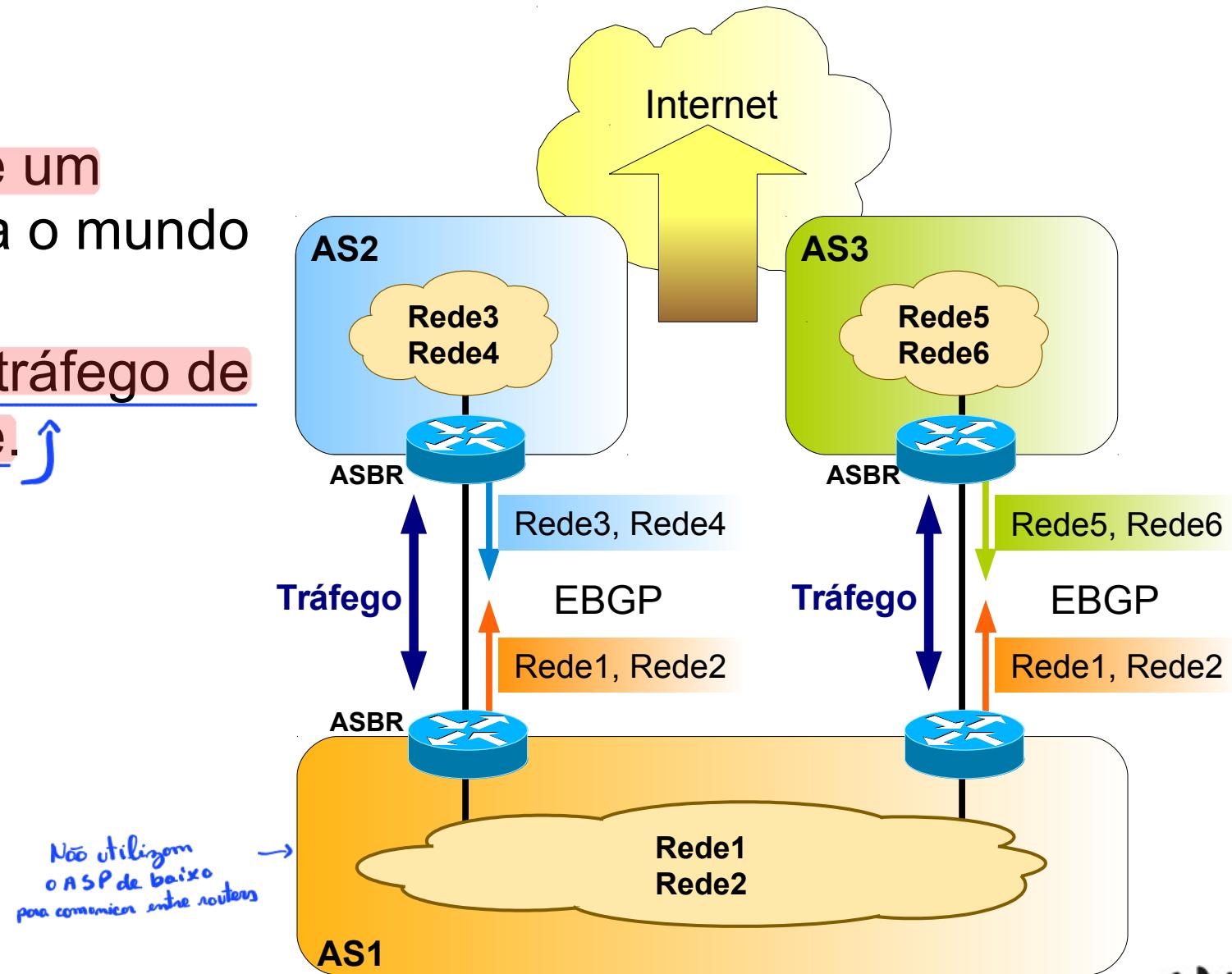
- Possui apenas um *router fronteira* para atingir redes fora do seu domínio administrativo



Sistema Autónomo non-transit multi-homed

- Possui **mais do que um router fronteira** para o mundo exterior.
- Não permite que o tráfego de trânsito o atravesse.

Non-transit

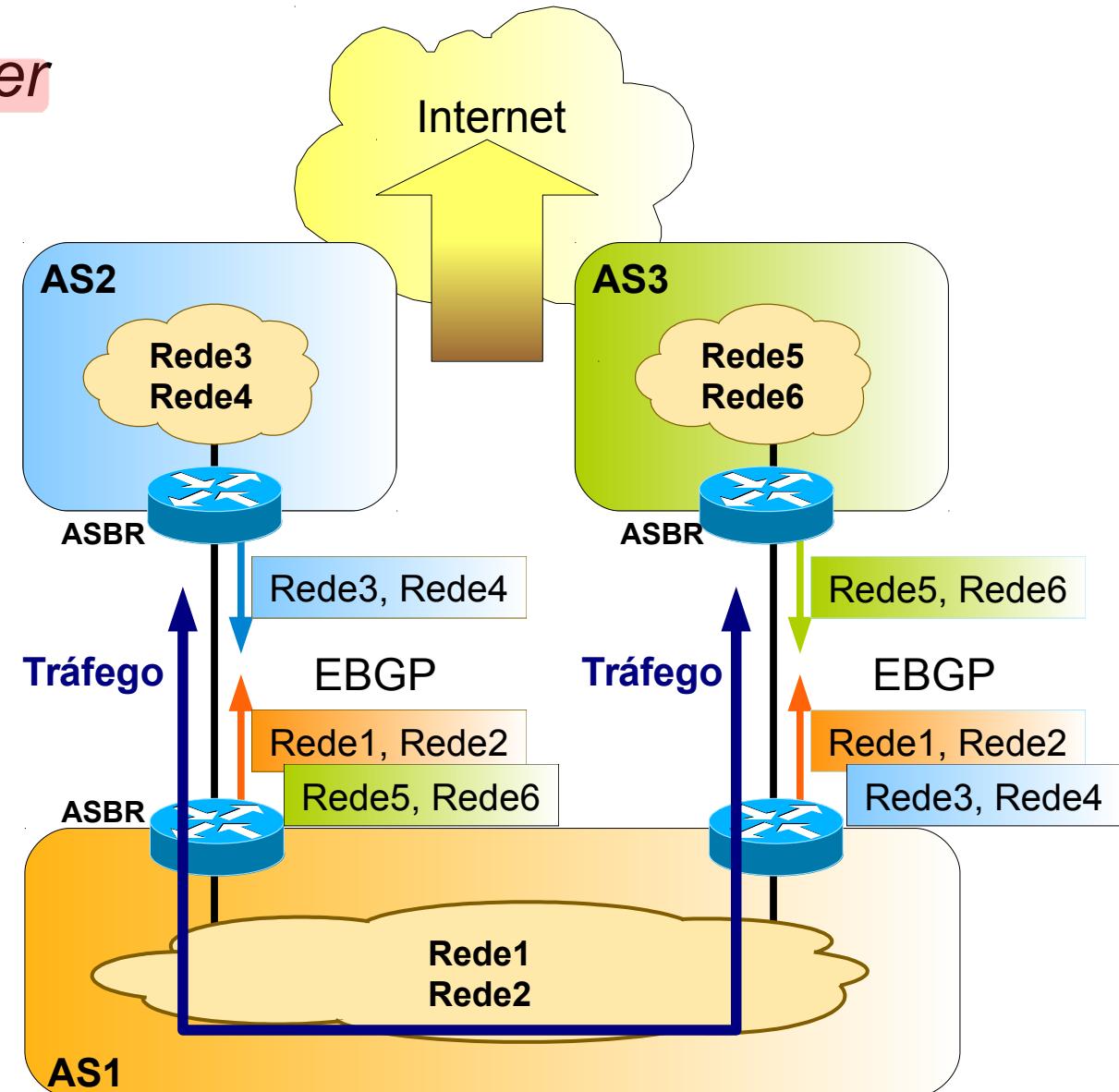


Sistema Autónomo transit multi-homed

- Possui **mais do que um *router* fronteira para o mundo exterior.**
- **Suporta tráfego de trânsito.**

Caso geral!

- Sistema Autónomo de Trânsito:
→ permite que possam por ele trocar de informação entre outros AS's (sendo nós que informamos esses AS's)



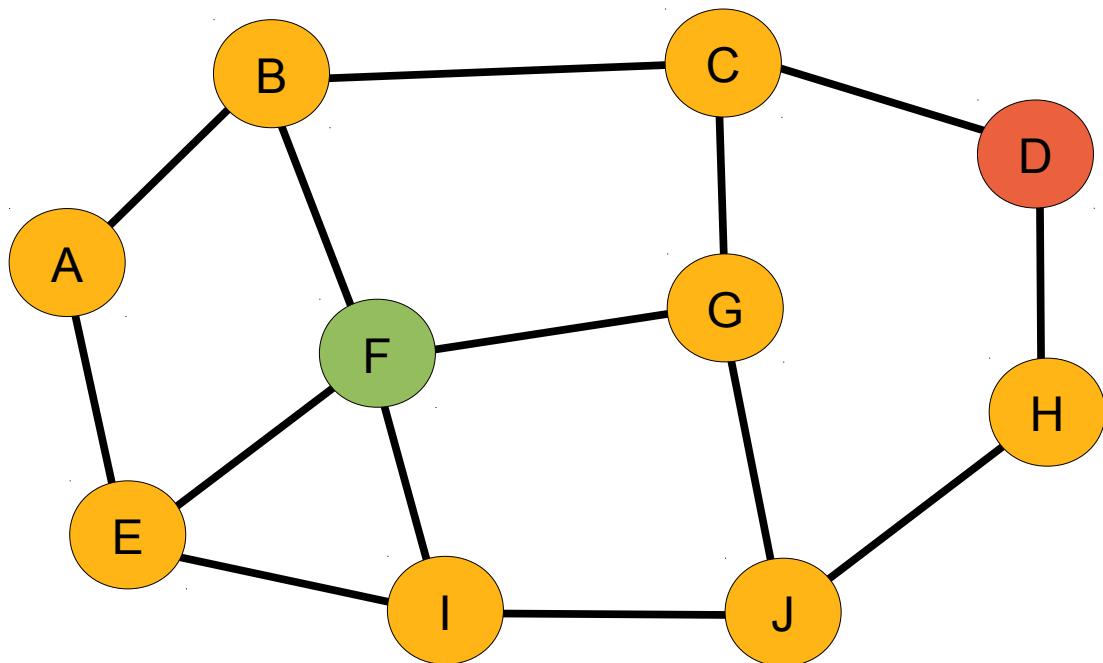
Pacotes BGP

↳ Utiliza para transporte, o protocolo TCP

- Os routers BGP começam por estabelecer relações de vizinhança usando mensagens **Open** (declaram, por exemplo, o número do seu AS) 1
- Inicialmente são trocadas todas as rotas BGP; a informação de encaminhamento é sempre transportada nas mensagens **Update** 2 3 4
↳ têm as redes que anunciam
Em TCP, precisamos de ter SEMPRE conectividade → para isso usamos o Keep Alive ...
↳ tipicamente de erro
- Não havendo qualquer alteração de rotas, os routers trocam apenas mensagens **Keepalive** (são enviadas periodicamente entre vizinhos BGP para manter a relação de vizinhança)
- As mensagens **Notification** são transmitidas para reportar situações de erro e para terminar uma ligação



Path vectors



- F recebe dos seus vizinhos o caminho para as redes de D:
 - ◆ De B: “Eu uso BCD”
 - ◆ De G: “Eu uso GCD”
 - ◆ De I: “Eu uso IFGCD”
 - ◆ De E: “Eu uso EFGCD”

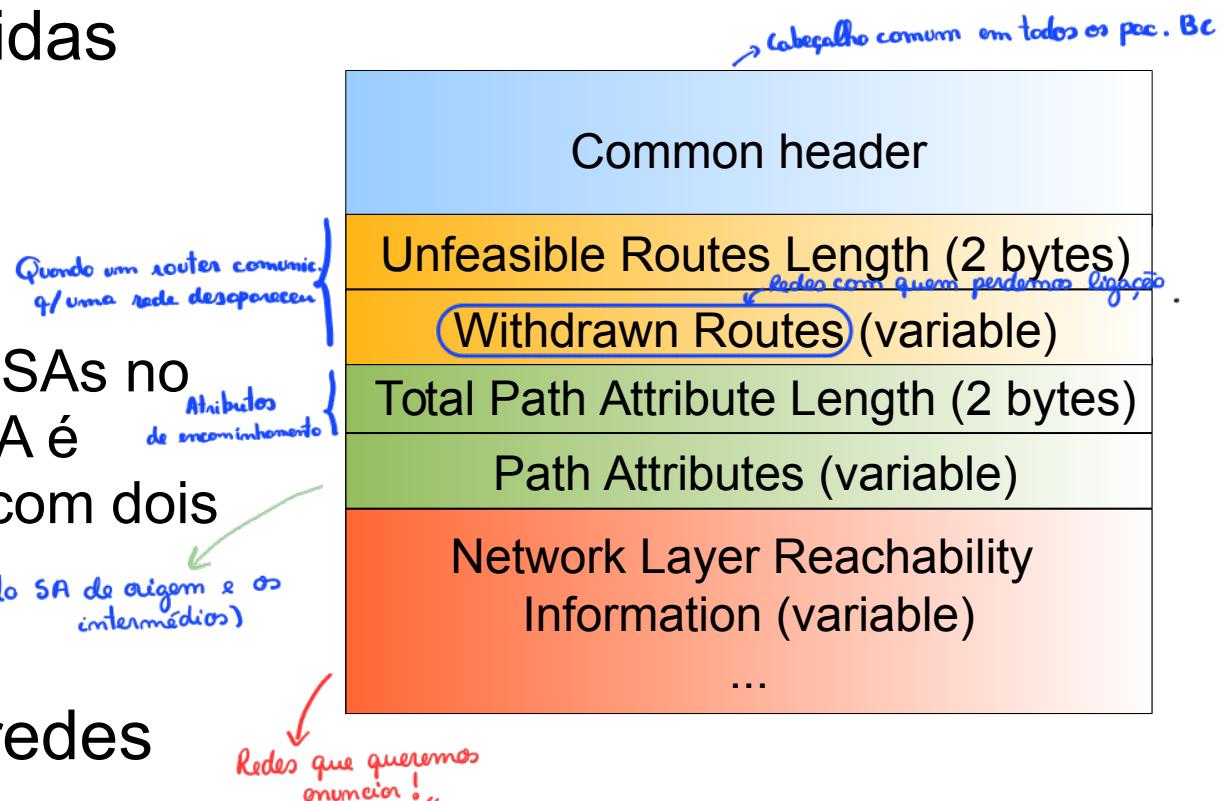
*• Semelhante com o RIP: Usando equações de Bellman-Ford!
Do tipo Distance Vector*

*• Se não houver parâmetros de transito configurados,
o algoritmo roda em volta dos custos mínimos*



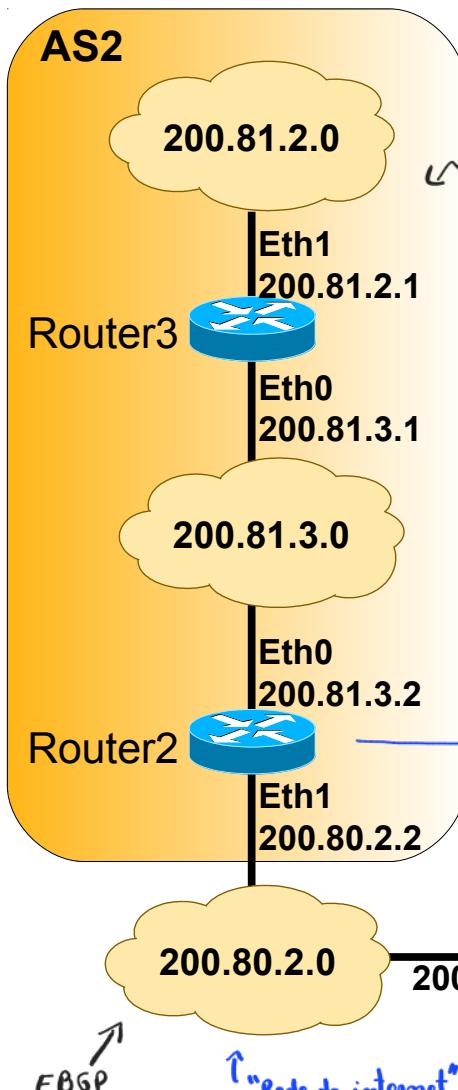
Mensagens Update

- Widrawn routes – lista de redes IP que já não podem ser atingidas
- Path attributes – permite implementar políticas de encaminhamento
 - AS_PATH: enumeração dos SAs no percurso para o destino; o SA é identificado por um número com dois octetos
Cominho por onde passou até chegar ali! (tem info do SA de origem e os intermédios)
- Network layer reachability information – listagem das redes destino anunciadas



Exemplo

\$ show ip route



O protocolo Internal Gateway Protocol é o OSPF

São aprendidos
através de BGP Updates

BGP

Anunciou, através de um UPDATE,
os duas redes para o Router 1 //

C 200.81.3.0/24 is directly connected, Ethernet0
 O 200.81.2.0/24 [110/20] via 200.81.3.1, 00:01:12
 C 200.80.2.0/24 is directly connected, Ethernet1
 B 200.80.1.0/24 [20/0] via 200.80.2.1, 00:00:29

Tabela de encaminhamento do Router 2

Distância administrativa
Custo

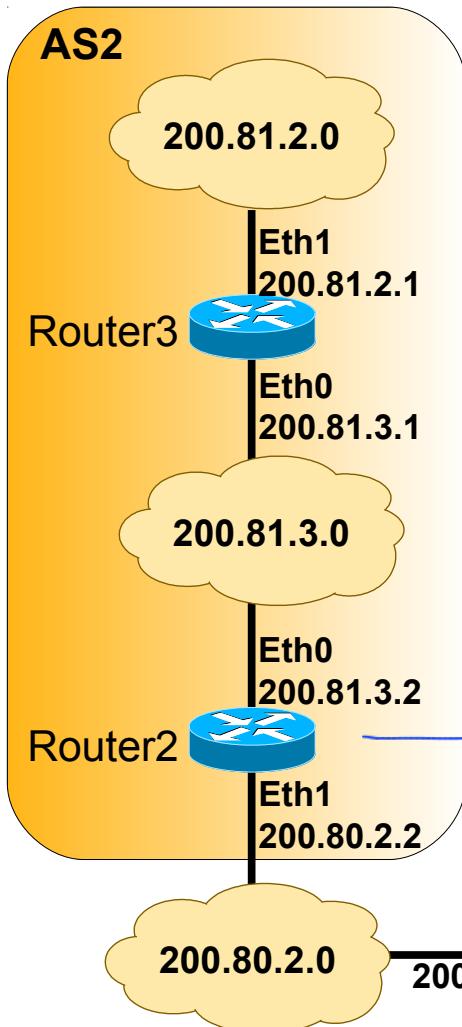
B 200.81.3.0/24 [20/0] via 200.80.2.2, 00:01:58
 B 200.81.2.0/24 [20/0] via 200.80.2.2, 00:01:57
 C 200.80.2.0/24 is directly connected, Ethernet1
 C 200.80.1.0/24 is directly connected, Ethernet0

Tabela de encaminhamento do Router 1



Exemplo - agregação BGP

Antes da AGREGAÇÃO



Queremos agrregar estes dois redes
↓
Como existem muitas redes, precisaremos de poupar no envio das redes. Precisamos de tabelas de encaminhamento mais pequenos

- B 200.81.3.0/24 [20/0] via 200.80.2.2, 00:01:58
- B 200.81.2.0/24 [20/0] via 200.80.2.2, 00:01:57
- C 200.80.2.0/24 is directly connected, Ethernet1
- C 200.80.1.0/24 is directly connected, Ethernet0

Router 1

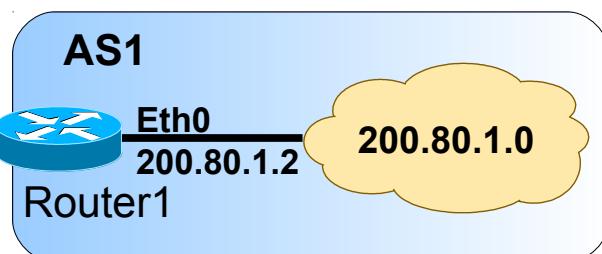
Depois da AGREGAÇÃO

200.81.0000001x.xxxx xxxx
↑
/23

Este router vai saber distinguir os redes!

- B 200.81.2.0/23 [20/0] via 200.80.2.2, 00:01:06
- C 200.80.2.0/24 is directly connected, Ethernet1
- C 200.80.1.0/24 is directly connected, Ethernet0

Router 1



→ Pode ser MUITO vantajoso com muitas redes

Desvantagem:

- No caso de avaria de uma das redes da agregação o Router 1 não vai saber desse problema
- Pois, o Router 2 assume que a agregação continua a funcionar...



Atributos BGP

↪ "Path Attributes"

- Um atributo BGP, ou path attribute, é uma métrica usada para descrever as características de um caminho BGP.
- Os atributos ^{→ Maior complexidade do BGP} estão incluídos nas mensagens update que são trocadas pelos peers BGP para anunciar rotas. Existem 4+1 categorias de atributos BGP.

- ◆ Well-known Mandatory (incluídas nos updates BGP)
? Obligatórios
→ Pertença ao mesmo AS!
 - AS-path, Next-hop, Origin.
Lista de AS pelo q. passou → prox. roteador para chegar ao destino
- ◆ Well-known Discretionary (podem ou não estar incluídas nos updates BGP)
 - Local Preference, Atomic Aggregate.
- ◆ Optional Transitive (podem não ser suportadas por todas as implementações BGP)
 - Aggregator, Community.
 - AS4_Aggregator, AS4_path *{Para compatibilidade com IPv6}*
 - Usados na transição de números de AS de 2-bytes para 4-bytes
- ◆ Optional Non-transitive (podem não ser suportadas por todas as implementações BGP)
 - Se o vizinho não suportar este atributo, ele é apagado
 - Multi-exit-discriminator (MED).
- ◆ Cisco-defined (local ao router, não é anunciado)
 - Weight *{Apenas routers da Cisco}*



Obrigatórios!

Atributos AS-path e Origin

• AS-path → Lista de SAs que já passou // Importante

- Quando o anúncio de uma rota passa através de um Sistema Autónomo, o número do SA é adicionado a uma lista ordenada de números de SAs correspondente aos sistemas que o anúncio já atravessou.

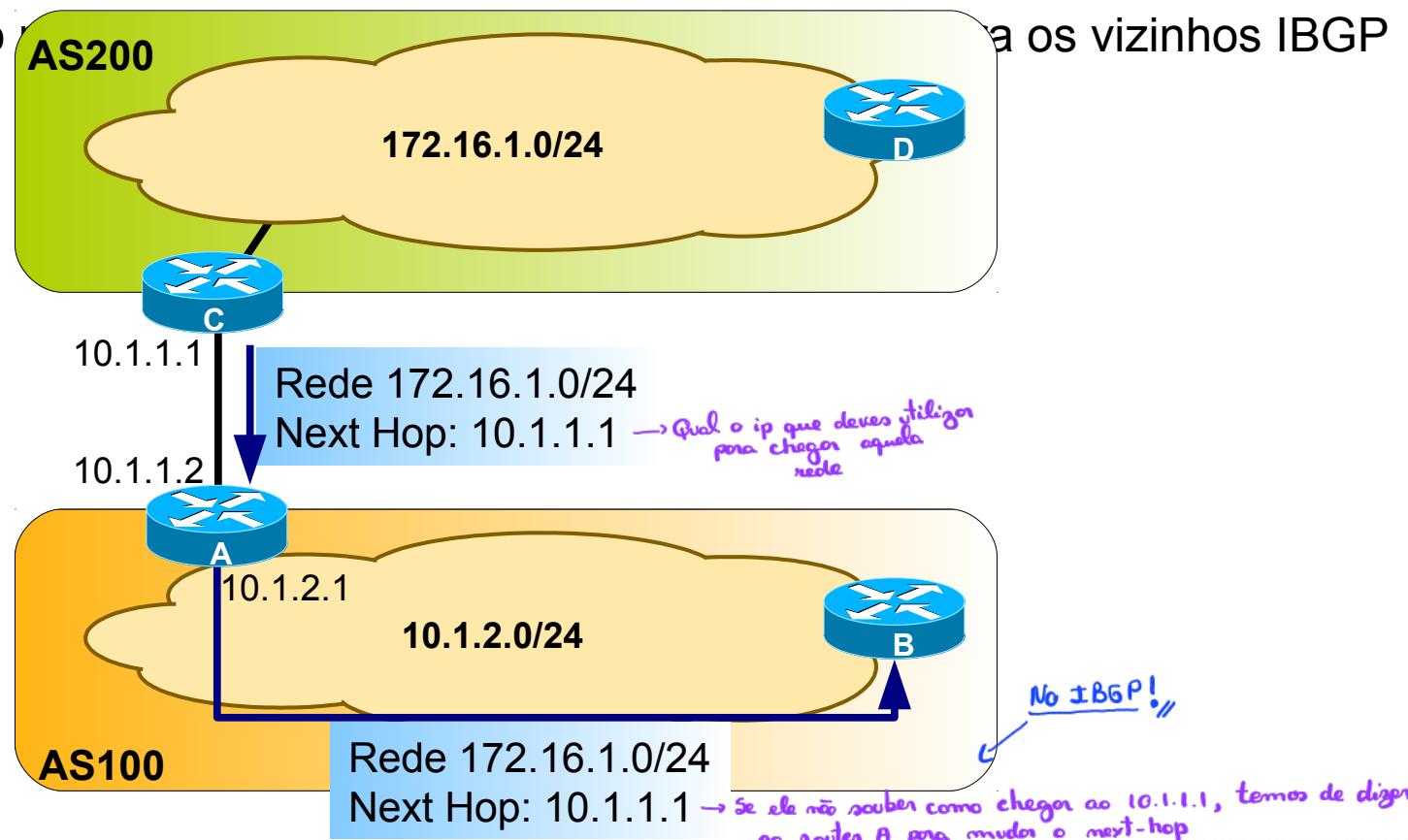
• Origin

- Indica como é que o BGP aprendeu a informação relativa a uma determinada rota.
 - IGP — A rota é interior ao SA de origem.
 - Desta rede
 - De um router externo
 - EGP — A rota é aprendida através do Exterior Border Gateway Protocol (EBGP).
 - Incomplete — A origem da rota é desconhecida ou foi aprendida de qualquer outra forma.
 - Ele não sabe bem



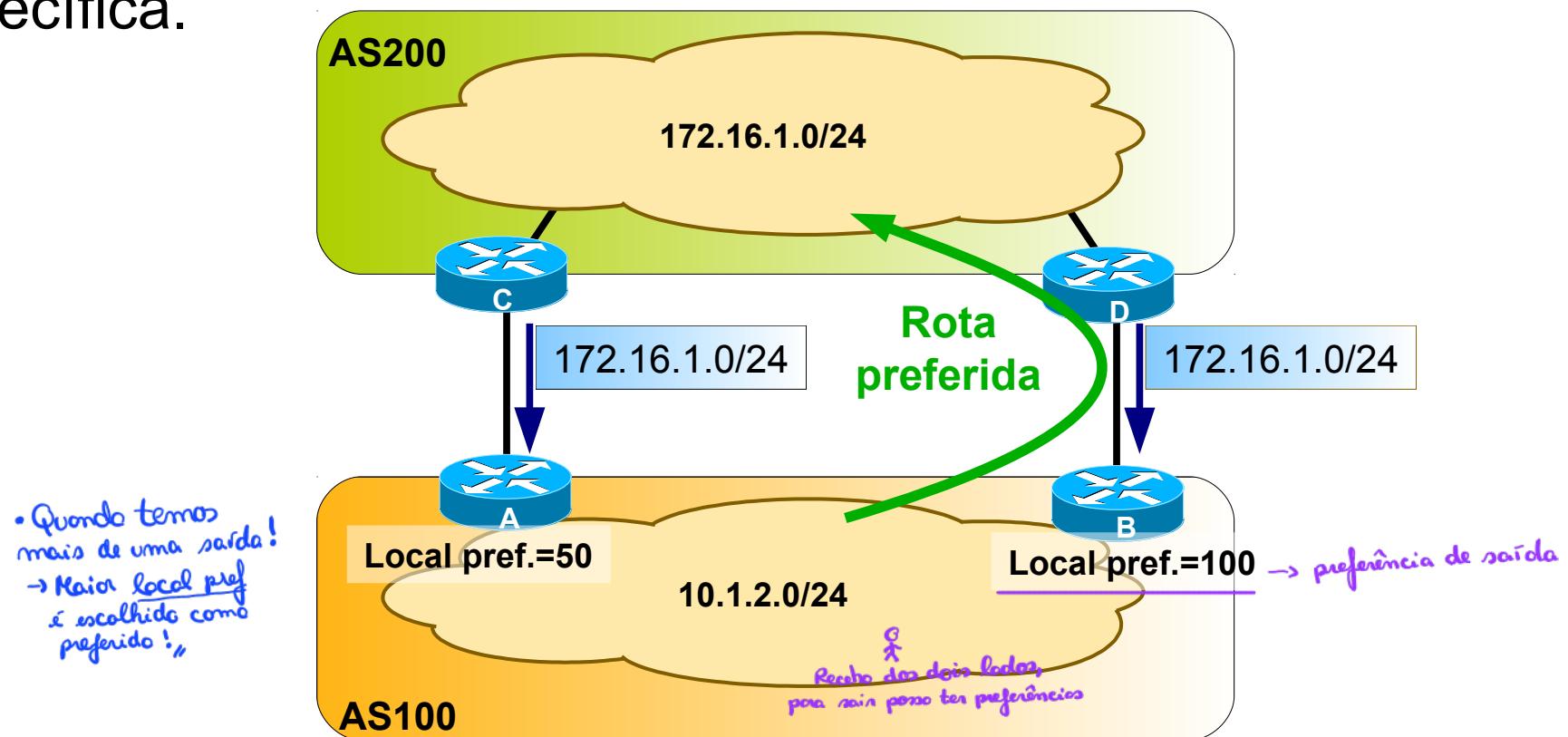
Atributo Next-Hop

- O atributo next-hop do EBGP é o endereço IP que é usado para alcançar o router anunciante.
Ip do anunciante
- Para o EBGP, o endereço next-hop é o endereço IP da ligação entre os peers.
- Para o IBGP, o endereço next-hop EBGP é transportado para dentro do SA local
 - ◆ Por configuração, o



Atributo Local Preference

- Este atributo é usado para escolher um ponto de saída do SA local.
- Este atributo é propagado por todo o SA local.
- Se existirem múltiplos pontos de saída do SA, o atributo local preference é usado para selecionar o ponto de saída para uma rota específica.



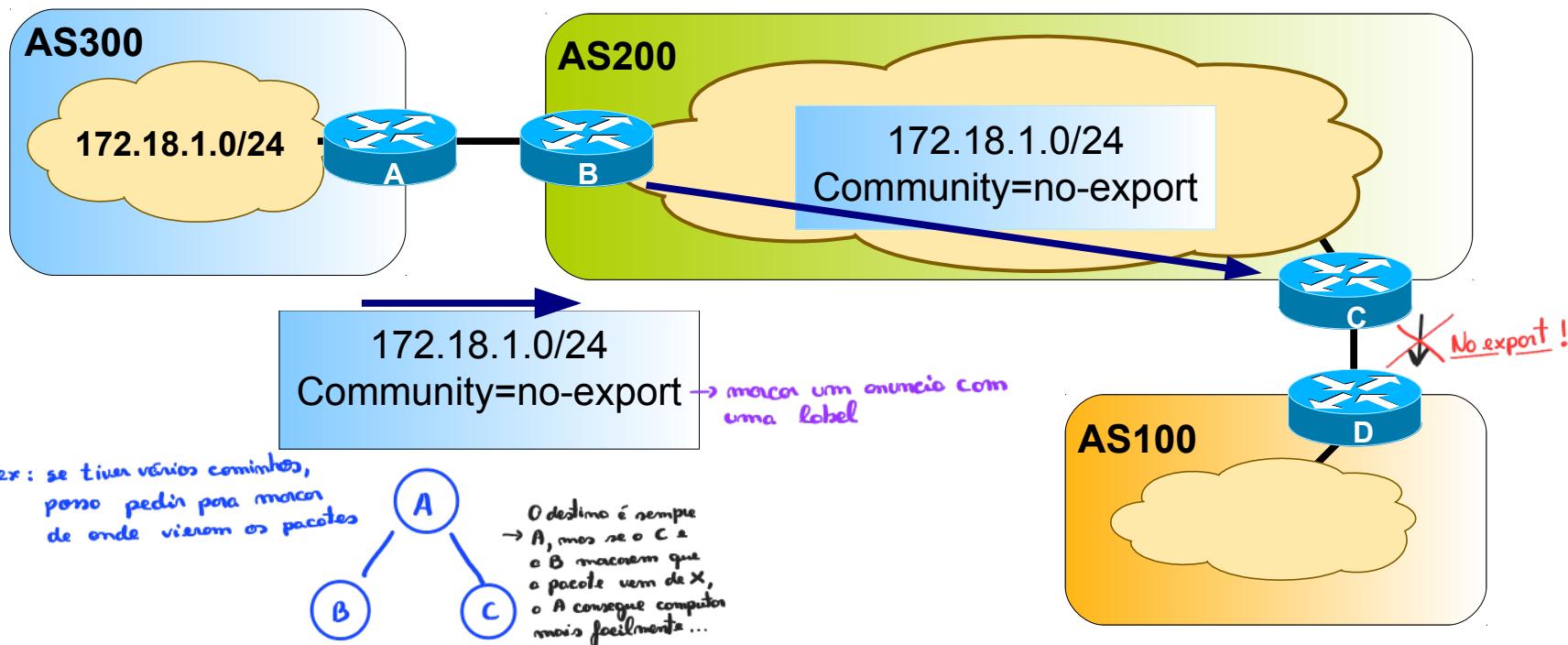
Atributos Atomic Aggregate e Aggregator

- **Atomic Aggregate** → Aviso quando faz a agregação
→ junta m redes...
- É usado para alertar os routers que certas rotas específicas foram agregadas numa rota menos específica.
- Quando este tipo de agregação acontece, são perdidas as rotas mais específicas.
- **Aggregator** → Qual foi o router que fez a agregação (router da fronteira)
 - Fornece informação relativamente ao SA que realizou a agregação.
 - E o endereço IP do router que originou o agregado.



Atributo Community

Definir negros para vários rotas, mas temos de criar primeiro uma comunidade de redes, para dizer "esta comunidade leva este tratamento"



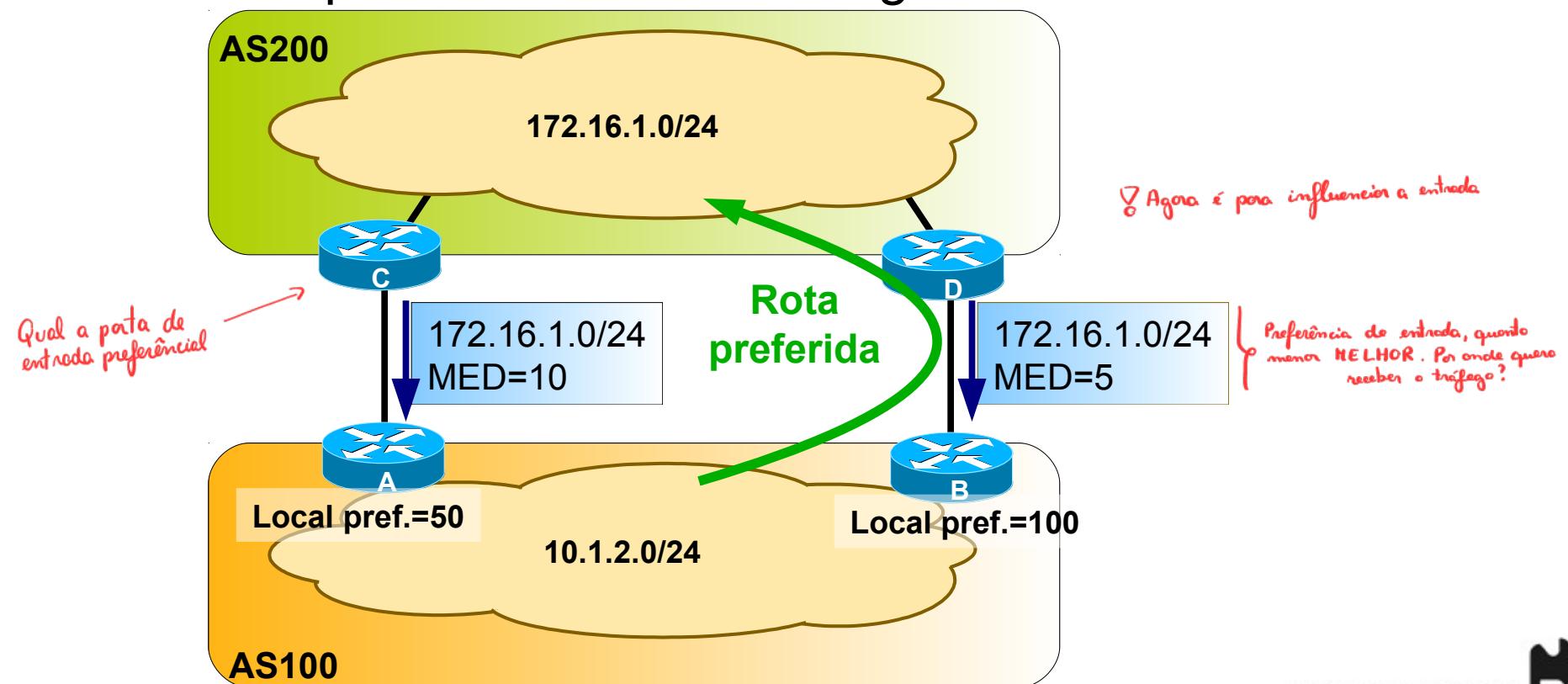
- Usado para agregar rotas que partilham propriedades comuns de tal forma que possam ser aplicadas políticas ao nível do agregado
- Os atributos community pré-definidos são:
 - ◆ no-export – não anunciar esta rota aos peers EBGP.
 - ◆ no-advertise - não anunciar esta rota a nenhum peer.
 - ◆ internet – anunciar esta rota à comunidade Internet; todos os routers da rede pertencem a ela.



Atributo Multi-Exit Discriminator (MED)

↳ Um complemento ao Local Pref., mas vindo da AS a que queremos chegar!

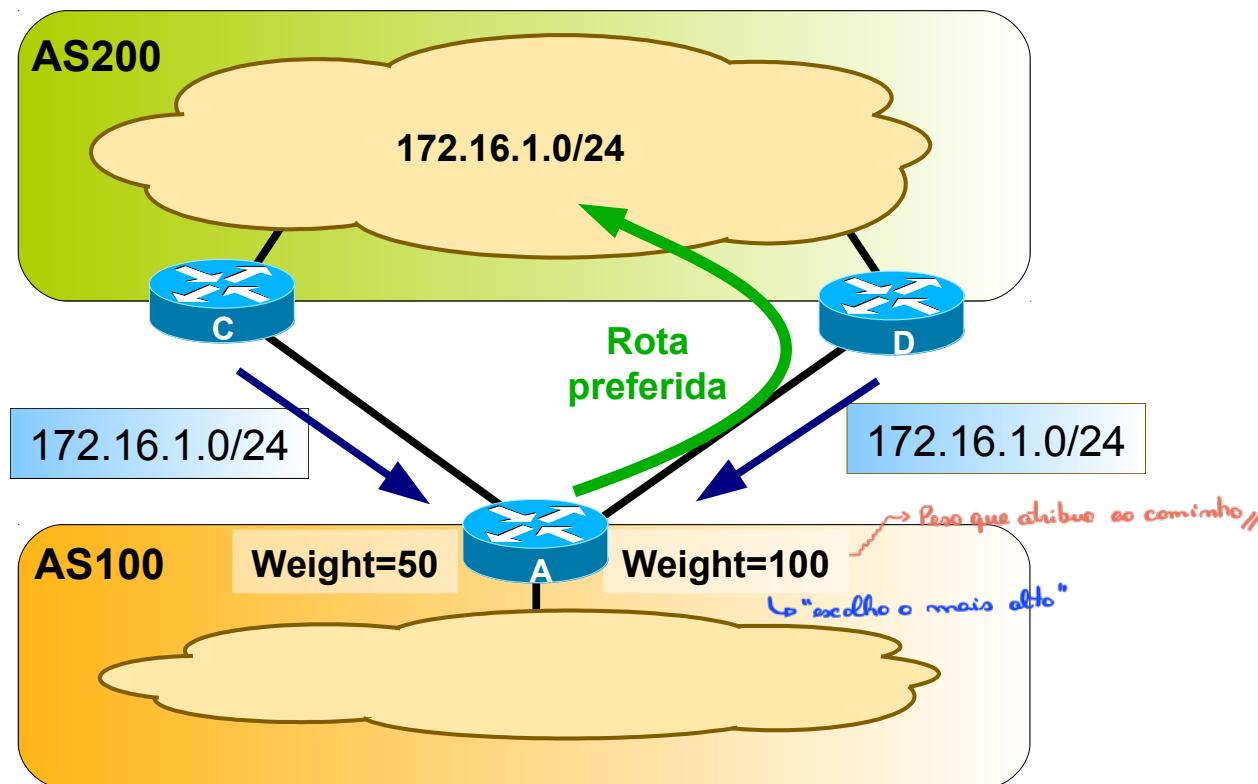
- O atributo MED é usado como sugestão a dar a um SA externo.
- O SA externo que está a receber os MEDs pode estar a usar outros atributos BGP para a seleção das rotas.
- O valor mais baixo da métrica é o preferido.
- MED foi idealizado para influenciar o tráfego de entrada.



Atributo Weight

Otro complemento...

- Weight é um atributo definido pela Cisco e é local a um router.
- Não é anunciado aos routers vizinhos.
- Se o router aprender mais do que uma rota para o mesmo destino, a rota com o weight mais elevado é a preferida.



Seleção de caminhos BGP

- BGP pode receber múltiplos anúncios para uma mesma rota a partir de múltiplas fontes.
- BGP seleciona apenas um caminho como o melhor.
- BGP coloca o caminho selecionado na tabela de encaminhamento IP e propaga-o aos seus vizinhos.
- BGP utiliza os seguintes critérios, por ordem:
 - Maior weight (apenas para a Cisco)
 - Maior local preference
 - Caminho que foi originado localmente
 - Shortest path
 - Menor tipo de origem (IGP menor do que EGP, EGP menor do que incompleto)
 - Menor atributo MED
 - Prefere o caminho externo sobre o caminho interno
 - Vizinho IGP mais próximo

// Hierarquia!

Preferimos os anúncios vindos do interior (IGP)



Filtragem BGP e Route Maps

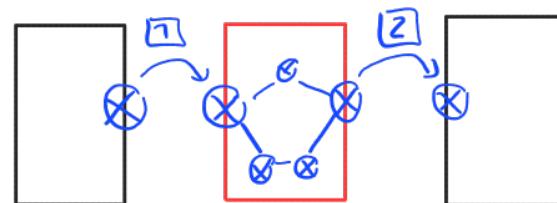
- O envio e a recepção de updates BGP pode ser controlado usando diferentes métodos de filtragem.
↳ Posso não receber todos / não processar todos / ...
- Os updates BGP podem ser filtrados com base em
 - ◆ Informação da rota
 - ◆ Informação do caminho
 - ◆ Comunidades*↳ Permitem fazer uma seleção (ex: `um_if`)*
Bom para processar os etiquetas "community"
- Route maps são usados com BGP para
 - ◆ Controlar e modificar a informação de encaminhamento
 - ◆ Definir as condições de acordo com as quais as rotas são redistribuídas entre domínios de encaminhamento*↳ Posso definir exatamente o encaminhamento manualmente para definir os meus negócios!*



Sincronização BGP

Ou seja, somos um AS de transito!

- A sincronização diz que, se o seu SA encaminha tráfego de outro SA para um terceiro SA, o BGP não deve anunciar uma rota antes que todos os routers do seu SA tenham aprendido essa rota via IGP.
- O BGP espera até que o IGP tenha propagado a rota no interior do SA. Então, anuncia a rota aos peers externos.



Só vamos fazer [2] quando
todos os routers do meu Sistema
autónomo tiverem conhecimento ☺



MP-BGP

Também funciona com ipre

→ Acaba por ser a mesma coisa ☺

- Extension to the BGP protocol
- Carries routing information about other protocols:
 - ◆ IPv6 Unicast
 - ◆ Multicast (IPv4 and IPv6)
 - ◆ 6PE - IPv6 over IPv4 MPLS backbone
 - ◆ Multi-Protocol Label Switching (MPLS) VPN (IPv4 and IPv6)
- Exchange of Multi-Protocol Reachability Information (NLRI)
 - ◆ New non-transitive and optional attributes
 - MP_REACH_NLRI → *Compo que tem as redes acessíveis*
 - Redes novas ipv6*
 - Carry the set of reachable destinations together with the next-hop information to be used for forwarding to these destinations
 - MP_UNREACH_NLRI → *Redes não acessíveis*
 - Redes perdidas ipv6*
 - Carry the set of unreachable destinations
 - ◆ Attribute contains one or more triples
 - Address Family Information (AFI) with Sub-AFI
 - Identifies protocol information carried in the Network Layer Reachability Information
 - Next-hop information
 - Next-hop address must be of the same family

