

# TRABALHO PRÁTICO – Redes de Computadores II – 2017/2018

## Gestão do encaminhamento em sistemas autónomos emulados

---

### Introdução

A Internet está dividida em sistemas autónomos, que não são mais do que domínios independentes de encaminhamento. Correspondem a maior parte das vezes a um fornecedor de serviço (ISP). Dentro do sistema autónomo são utilizados protocolos de encaminhamento internos (Intra-domain Routing Protocols). Existem vários, e cada domínio pode optar por usar o protocolo interno que bem entender. O RIP (Routing Information Protocol, RFC 1058, RFC 2453) e o OSPF (Open Shortest Path First, RFC 2328). Por outro lado, para ligar os vários sistemas autónomos uns aos outros e disponibilizar conectividade global é necessário usar um protocolo de encaminhamento externo (Inter-domain Routing Protocol). Atualmente o mais usado a este nível (senão mesmo o único), é o protocolo BGP (Border Gateway Protocol, RFC 4271).

O RIP é baseado no algoritmo de “vetor de distância”. A versão 1 deste protocolo está especificada na RFC 1058 e foi especialmente concebida para ser utilizada como um protocolo de encaminhamento interno, em redes de pequena dimensão e de topologia simples. O OSPF é baseado no algoritmo de “estado de ligação”, ou seja, cada encaminhador divulga a informação que descreve o estado das suas próprias ligações. Essa informação começa por ser divulgada de um nó para todos os seus vizinhos em forma de LSA (Link State Advertisement). Por sua vez os vizinhos reenviam o LSA recebido para todos os seus vizinhos e assim sucessivamente até o LSA ter sido recebido por todos os nós do domínio de encaminhamento. O OSPF foi desenvolvido no seio do IETF (Internet Engineering Task Force) e é atualmente um *standard de facto* largamente usado ao nível do encaminhamento interno. Apresenta algumas vantagens em relação aos protocolos baseados em algoritmos de “vetor de distância”. Como cada nó possui um conhecimento completo da topologia da rede, a convergência do protocolo é muito mais rápida e não há o perigo de ciclos. O problema da contagem para o infinito nunca se verifica, nem o problema dos ciclos temporários. Adicionalmente, torna-se fácil de utilizar outras métricas que não o custo ou o número de saltos, podendo mesmo combinar-se múltiplas métricas. Suporta também o encaminhamento com múltiplos caminhos de igual custo. Como não poderia deixar de ser também apresenta alguns problemas. Guardar a informação sobre toda a topologia da rede e o estado de todas as ligações em cada um dos encaminhadores, assim como difundir para toda a rede os LSAs relativos a cada nó, limita a dimensão do domínio de encaminhamento e traz alguns problemas de escala. Estes problemas são minimizados através da divisão em áreas.

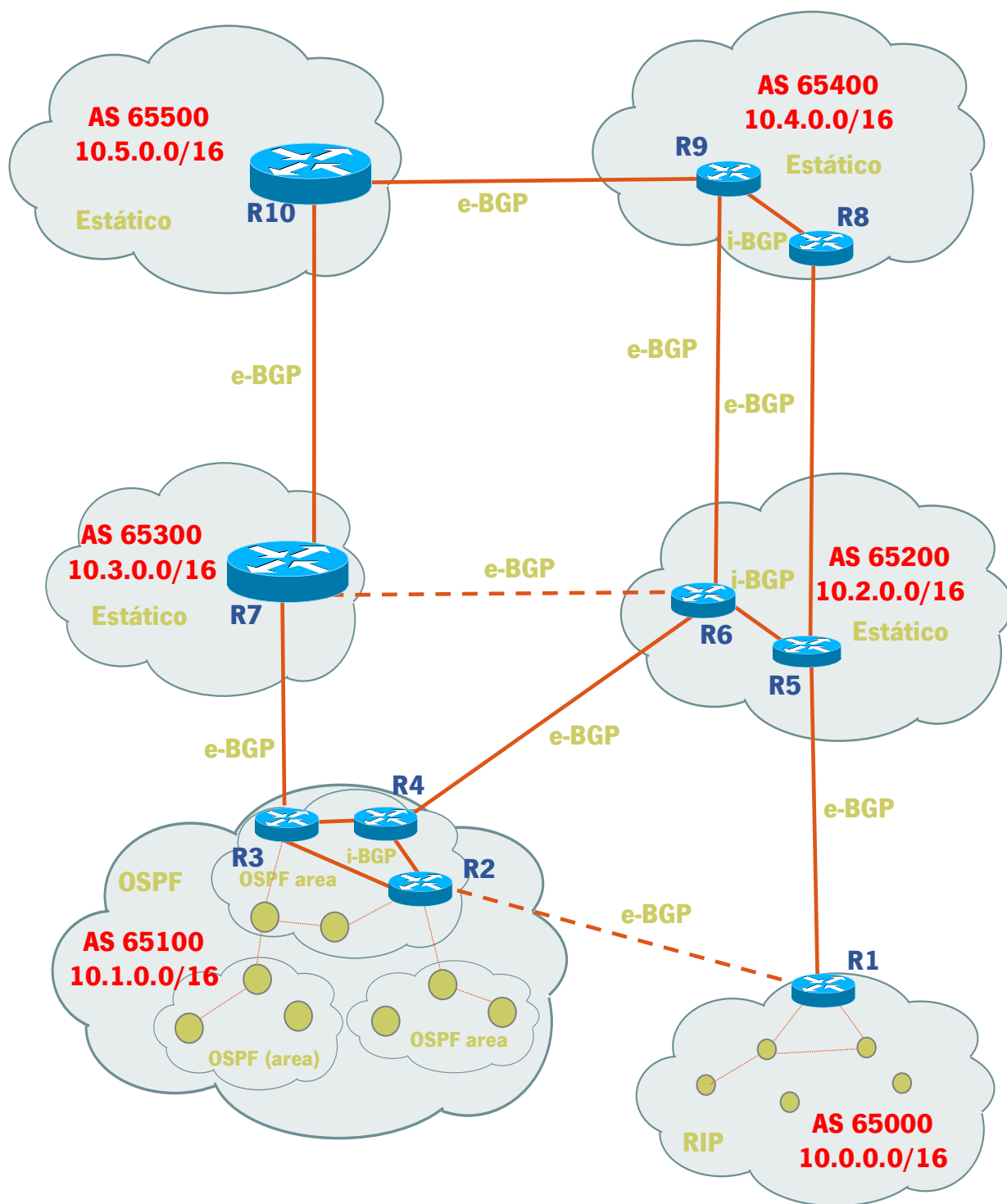
Por último, o BGP é um protocolo de encaminhamento externo baseado em “vetores de caminhos” que divulga anúncios de rotas que incluem o caminho completo para chegar ao destino de forma a evitar os ciclos de encaminhamento e a contagem para o infinito. Os routers recebem e armazenam múltiplos anúncios com caminhos alternativos para cada destino e deverão depois selecionar os melhores usando critérios de escolha não dependem apenas de constrangimentos de desempenho, mas principalmente de constrangimentos relacionados com relações comerciais e políticas entre ISPs. O BGP é assim um protocolo de configuração complexa.

### Objetivos

- Sintetizar e implementar soluções de encaminhamento intra e inter-domínio
- Configuração de encaminhamento interno Estático, RIP e OSPF
- Configuração de encaminhamento externo BGPv4
- Definição de políticas de encaminhamento
- Diagnóstico de problemas de encaminhamento intra e inter-domínio

**Requisitos:**

- Ubuntu com Core
- Manuais do *Quagga* (<http://www.quagga.net/>)

**Cenário Experimental:**

**Descrição Detalhada:**

1. O Sistema Autónomo 65000 é um sistema autónomo *stub*. Como tal, mantém relações de peering BGP exterior com um único sistema autónomo vizinho que lhe garante o acesso externo: o AS 65200. No entanto, para comunicar com o Sistema Autónomo 65100, o AS 65000 utiliza preferencialmente uma ligação (parceria) que mantém com este sistema autónomo. Pretende-se implementar neste sistema, de forma coerente e bem justificada, a seguinte política de encaminhamento interno e externo:
  - O sistema autónomo 65000 usa internamente endereços IPv4 da gama 10.0.0.0/16;
  - Internamente o sistema autónomo 65000 utiliza o protocolo de encaminhamento RIP.
  - As redes dos outros sistemas autónomos são distribuídas internamente no sistema autónomo AS 65000 (via BGP $\leftrightarrow$ RIP);
  - A estratégia de encaminhamento interna deve estar imune a falsos anúncios de falsos encaminhadores.
  - Pretende garantir-se conectividade global às redes da gama 10.0.0.0/16;
  - O sistema autónomo 65000 tem um único *border router* (R1) através do qual mantém uma ligação ao sistema autónomo vizinho AS 65200, o seu ISP, e uma ligação ao sistema autónomo vizinho AS 65100, seu parceiro.
  - Apesar da conectividade exterior ser mantida através do AS 65200, o AS 65000 tem um contrato de parceria com o AS 65100 que lhe permite encaminhar diretamente o tráfego interno para ele. Esta ligação deverá ser a preferida. No entanto, quando esta ligação não está disponível, a ligação entre os dois sistemas autónomos, AS 65000 e AS65100 deve ser conseguida através do AS65200.
2. O Sistema Autónomo 65100 é um sistema autónomo *multihomed*. Como tal, mantém relações de peering BGP exterior com os dois sistemas autónomos vizinhos que lhe garantem acesso externo: o AS 65200 e o AS 65300. Pretende-se implementar neste sistema, de forma coerente e bem justificada, a seguinte política de encaminhamento interno e externo:
  - O sistema autónomo 65100 usa internamente endereços IPv4 da gama 10.1.0.0/16;
  - Internamente o sistema autónomo 65100 utiliza o protocolo de encaminhamento OSPF, estruturado em áreas (pelo menos duas áreas além da área 0, com três routers no mínimo em cada);
  - O sistema autónomo 65100 tem três border routers (R2, R3 e R4), que mantém entre eles ligações i-BGP. Um dos borders routers (R2) do sistema autónomo 65100 é responsável pela ligação de parceria ao sistema autónomo 65000 e os outros dois (R3 e R4) mantêm as ligações aos ISPs do AS 65100, ou seja ao AS 65200 e ao AS 65300.
  - As redes dos outros sistemas autónomos são distribuídas internamente no sistema autónomo AS 65100 (via BGP $\leftrightarrow$ OSPF);
  - A estratégia de encaminhamento interna deve estar imune a falsos anúncios de falsos encaminhadores;
  - Pretende garantir-se conectividade global às redes da gama 10.1.0.0/16;
  - O sistema autónomo 65100 é um sistema multihomed mas não é um sistema autónomo de trânsito ou seja, os AS 65300 e 65200 não podem encaminhar tráfego através dele.
  - Como já foi referido, a parceria entre o sistema autónomo AS 65100 e o sistema autónomo 65000, permite-lhes encaminhar diretamente entre eles, tráfego interno. Ou seja, apesar da conectividade exterior ser mantida através dos AS 65200 e 65300, o AS 65100 tem um contrato de parceria com o AS 65000 que lhe permite encaminhar diretamente o tráfego interno para ele. Esta ligação deverá ser a preferida, e a ligação para o AS 65000 através do AS65200 deverá usada como backup.
  - Para atingir o sistema autónomo AS 65500 deverá ser preferida a rota via sistema autónomo 65200 em detrimento da rota via sistema autónomo 65300 (no caso de estarem disponíveis as duas ligações de saída). Para todos os outros destinos, a rota mais curta deve ser a preferida.

- Entre os dois border routers do AS 65100, R3 e R4, R4 deverá ser o router escolhido como router de saída para o tráfego destinado às redes do AS 65400, e R3 o router escolhido como router de saída para o tráfego destinado às redes do AS63000.
3. Os sistemas autónomos 65200, 65300, 65400 e 65500 são essencialmente sistemas autónomos de trânsito. Como tal não é necessário configurar um protocolo de encaminhamento interno em cada um deles. No entanto devem garantir que em cada um destes sistemas autónomos, existem sistemas terminais nas redes 10.2.0.0/16, 10.3.0.0/16, 10.4.0.0/16 e 10.5.0.0/16, para poderem fazer testes de conectividade. Para isso deverão recorrer a encaminhamento estático, utilizando rotas por defeito para atingir os outros sistemas autónomos.
- O sistema autónomo 65200 usa internamente endereços IPv4 da gama 10.2.0.0/16. O sistema autónomo 65300 usa internamente endereços IPv4 da gama 10.3.0.0/16. O sistema autónomo 65400 usa internamente endereços IPv4 da gama 10.4.0.0/16. O sistema autónomo 65400 usa internamente endereços IPv4 da gama 10.5.0.0/16. Deverá ser garantida para estas redes conectividade global.
  - O sistema autónomo 65200 é cliente do sistema autónomo 65400, e o sistema autónomo 65300 é cliente do sistema autónomo 65500. São por isso estes sistemas autónomos (os AS 65400 e AS 65500) que são responsáveis pela conectividade global das redes dos AS 65200 e AS 65300 e dos seus clientes. No entanto, existe uma ligação de parceria entre os sistemas autónomos 65200 e 65300 que deverá ser usada apenas como backup quando as ligações destes sistemas autónomos com os seus ISPs, não estiver disponível. Esta ligação pode ser usada em caso de backup, não só para os sistemas autónomos 65200 e 65300 comunicarem entre si, mas também, para que os clientes destes (65000 e 65100) comuniquem entre si.
  - O sistema autónomo 65200 é o ISP dos sistemas autónomos 65000 e 65100. Como tal deverá aceitar as rotas por eles anunciadas e divulgá-las. Por outro lado, como o AS 65200 não é ISP do AS 65300, não deverá divulgar ao AS 65400, as rotas que passam por este sistema autónomo. Desta forma o AS 65400 não pode usar o AS 65200 para atingir o AS 65300, em nenhuma circunstância.
  - Por sua vez, o AS 65300 é ISP do sistema autónomo 65100. Deverá por isso aceitar e divulgar as rotas por ele anunciadas. Por outro lado, como o AS 65300 não é ISP do AS 65000, nem do AS 65200, não deverá divulgar ao AS 65500, as rotas para estes sistemas autónomos. Desta forma o AS 65500 não pode usar o AS 65300 para atingir o AS 65200 e o 65000, em nenhuma circunstância.
  - O sistema autónomo 65200 tem dois border routers (R5 e R6), que mantêm entre eles uma ligação i-BGP, sendo cada um deles responsável por uma ligação e-BGP ao ISP do AS 65200, o AS 65400. Para atingir o AS 65400, deve ser preferido o router R5, em vez do R6. Para todos os outros destinos deve ser preferido o R6.
  - Além disso, o AS 65200 deverá procurar influenciar a escolha de rotas do AS 65400: o AS 65200 prefere que o AS 65400 utilize o router R6 tanto para chegar ao AS 65000, como para chegar ao 65100 e o R5 para chegar a ele próprio.
  - O sistema autónomo 65400 tem dois border routers (R8 e R9), que mantêm entre eles uma ligação i-BGP, sendo cada um deles responsável por uma ligação e-BGP ao AS 65200. Entre os dois border routers do AS 65400, R8 e R9, R9 deverá ser o router escolhido como router de saída para o tráfego destinado às redes do AS 65200. Relativamente às redes que pertencem aos clientes do AS 65200, o AS 65400, aceita as sugestões do AS 65200. Ou seja, todo o tráfego que sai do AS 65400 para o AS 65200 deve usar a ligação entre o R9 e o R6.
  - Os sistemas autónomos 65400 e 6500 divulgam entre eles todas as rotas que estão a usar. O sistema autónomo 65400 recebe assim duas rotas alternativas para atingir o 65100 e prefere usar a rota via AS 65000, se estiverem as duas ativas.

**Entrega do trabalho:**

Elabore um pequeno relatório que descreva o trabalho realizado e justifique as principais decisões tomadas. Não se esqueça de incluir no relatório:

- Uma explicação das configurações OSPF, RIP e routing estático efetuadas.
- A identificação dos routers fronteira e ABR do OSPF, justificando as respectivas configurações.
- Uma explicação detalhada da forma como as várias políticas de encaminhamento externo (BGP) foram implementadas.
- Exemplos comentados das tabelas de encaminhamento dos diferentes border routers e também nos casos em que se justificar dos routers internos.
- Distinção entre sistemas autônomos de trânsito, stub e multi-homed, através das configurações feitas.

O trabalho deve ser realizado em grupo, tendo cada grupo entre dois a três elementos e deverá ser entregue (demonstração e relatório em papel), na aula de **28 de Maio de 2018**. Os ficheiros imn e respetivos relatórios em pdf devem também ser submetidos, na plataforma de elearning, até **26 de Maio de 2018**.