

## TP3: Encaminhamento de Tráfego [Protocolo OSPF]

João Guedes (PG47329), Paulo Sousa (PG47556), and Renata Teixeira (PG47603)

Universidade do Minho, Braga, Portugal  
Mestrado em Engenharia Informática  
Interligação de Redes IP  
Grupo 9  
12 de Abril de 2022

- 1 **Questão 1:** Defina uma topologia de uma rede de interligação envolvendo vários *routers*, os respectivos links, e redes cliente, com os mesmos requisitos da topologia do trabalho TP2.

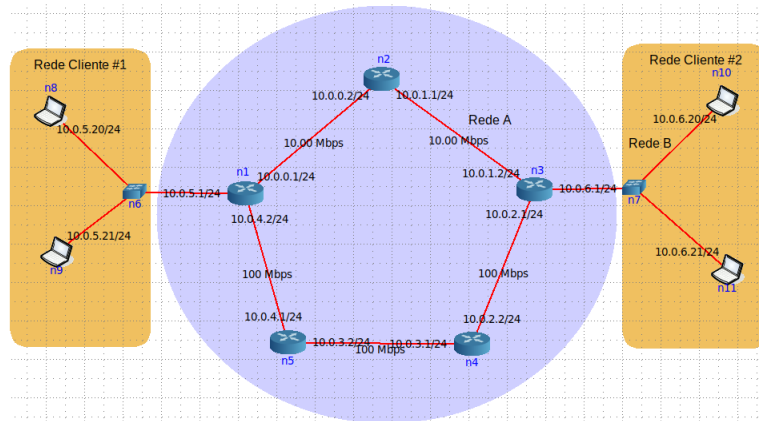


Figura 1: Topologia Criada

Esta topologia, como suposto, contém duas situações distintas de redundância: o *router* n5, por exemplo, tem dois caminhos alternativos com o mesmo custo mínimo para atingir a rede A; e no caso do *router* n5, por exemplo, existem dois caminhos de custo diferente para atingir a rede A.

- 2 **Questão 2:** Na topologia que definiu configure alguns dos links com uma *bandwidth* de 10 Mbps e outros com 100 Mbps.

Como observável na Figura 1 alguns *links* foram configurados com *bandwidth* de 10 Mbps ou de 100 Mbps. Para tal, abrimos as configurações de cada um dos *links* alterando os valores para os desejados, como se pode observar na Figura 2.

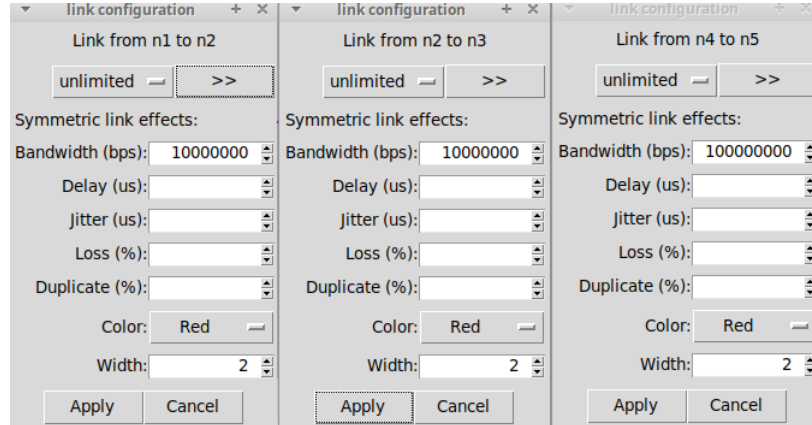


Figura 2: Configuração dos *Links*

- 3 **Questão 3:** Configure, na interface gráfica, todos os *routers* da topologia para usarem o protocolo OSPF para difusão de todas as redes de interligação e redes clientes. Deverá ser definida uma única área OSPF (e.g. área 0) para todos os equipamentos.

Abrindo a configuração de cada *router* onde se pode seleccionar os protocolos usados pelo dispositivo (Figura 3), mantivemos a seleção no Zebra, sendo este um pacote de software de *routing* que fornece serviços de *routing* baseados em TCP/IP com suporte a protocolos de *routing* como RIP, OSPF e BGP, e desativamos os protocolos indesejados. Verificamos que os *routers* utilizam OSPFv3, sendo este protocolo que não tencionamos usar no contexto deste problema, este é por isso desativado e, por sua vez, mantemos o protocolo OSPFv2 em todos os *routers* de forma a estes usarem este protocolo para difusão de todas as redes de interligação e redes clientes.



Figura 3: Configuração dos *Routers*

É possível verificar pelo ficheiro do Zebra que, como esperado, é definida uma única área OSPF para todos os equipamentos (Figura 4).

```

router ospf
  router-id 10.0.0.1
  network 10.0.0.1/24 area 0
  network 10.0.4.2/24 area 0
  network 10.0.5.1/24 area 0

```

Figura 4: Área OSPF Definida (area 0)

- 4 **Questão 4:** Ative a topologia e proceda a testes de conectividade (e.g. ping, etc.) entre os diversos equipamentos. Verifique também as rotas utilizadas pelo tráfego que circula na rede.

```

root@n9:/tmp/pycore.37807/n9.conf# traceroute 10.0.6.20
traceroute to 10.0.6.20 (10.0.6.20), 30 hops max, 60 byte packets
 1 10.0.5.1 (10.0.5.1)  0.041 ms  0.005 ms  0.003 ms
 2 10.0.0.2 (10.0.0.2)  0.210 ms  0.314 ms  0.768 ms
 3 10.0.1.2 (10.0.1.2)  1.170 ms  1.260 ms  1.225 ms
 4 10.0.6.20 (10.0.6.20) 1.310 ms  1.630 ms  1.597 ms
root@n9:/tmp/pycore.37807/n9.conf#

```

Figura 5: traceroute n9 para n10

De forma a verificar a conectividade entre os equipamentos, executámos um **traceroute** de n9 para n10, que retorna o endereço IP dos equipamentos pertencentes ao caminho entre dois dispositivos, permitindo verificar também por onde é feita a sua rota.

```

n1# show ip route
Codes: K - kernel route, C - connected, S - static, R - RIP,
       O - OSPF, o - OSPF6, I - IS-IS, B - BGP, A - Babel,
       > - selected route, * - FIB route

O  10.0.0.0/24 [110/10] is directly connected, eth0, 00:03:50
C>* 10.0.0.0/24 is directly connected, eth0
O>* 10.0.1.0/24 [110/20] via 10.0.0.2, eth0, 00:03:43
O>* 10.0.2.0/24 [110/30] via 10.0.0.2, eth0, 00:03:37
                        via 10.0.4.1, eth1, 00:03:37
O>* 10.0.3.0/24 [110/20] via 10.0.4.1, eth1, 00:03:43
O  10.0.4.0/24 [110/10] is directly connected, eth1, 00:03:50
C>* 10.0.4.0/24 is directly connected, eth1
O  10.0.5.0/24 [110/10] is directly connected, eth2, 00:03:50
C>* 10.0.5.0/24 is directly connected, eth2
O>* 10.0.6.0/24 [110/30] via 10.0.0.2, eth0, 00:03:38
C>* 127.0.0.0/8 is directly connected, lo
n1#

```

Figura 6: show ip route de n1

Para complementar, fomos também verificar quais as rotas presentes na tabela de *routing* do n1, através do *show ip route*, verificando que para chegar ao n10 (10.0.6.20), o próximo salto seria o 10.0.0.2, pela interface eth0.

- 5 Questão 5: Explique as configurações OSPF que foram introduzidas nos *routers* da rede de interligação.

```
router ospf
  router-id 10.0.0.1
  network 10.0.0.1/24 area 0
  network 10.0.4.2/24 area 0
  network 10.0.5.1/24 area 0
!
```

Figura 7: Configurações OSPF do *Router n1*

As configurações OSPF introduzidas nos *routers*, como é possível constatar na Figura 7, são o seu *router ID*, as diversas interfaces e áreas. No caso do *router n1* este tem 3 interfaces, tendo, por isso, 3 IPs diferentes e como esperado na questão 3, foi definida uma única área OSPF para todos os equipamentos, a "área 0". Relativamente ao *router ID*, este é um valor que representa exclusivamente este *router OSPF* e que corresponde ao menor IP das interfaces deste *router*, neste caso "10.0.0.1".

- 6 Questão 6: Visualize e analise as tabelas de *routing* que foram estabelecidas pelos equipamentos.

```
n1# show ip ospf route
===== OSPF network routing table =====
N    10.0.0.0/24      [10] area: 0.0.0.0
                        directly attached to eth0
N    10.0.1.0/24      [20] area: 0.0.0.0
                        via 10.0.0.2, eth0
N    10.0.2.0/24      [30] area: 0.0.0.0
                        via 10.0.0.2, eth0
                        via 10.0.4.1, eth1
N    10.0.3.0/24      [20] area: 0.0.0.0
                        via 10.0.4.1, eth1
N    10.0.4.0/24      [10] area: 0.0.0.0
                        directly attached to eth1
N    10.0.5.0/24      [10] area: 0.0.0.0
                        directly attached to eth2
N    10.0.6.0/24      [30] area: 0.0.0.0
                        via 10.0.0.2, eth0

===== OSPF router routing table =====

===== OSPF external routing table =====
```

Figura 8: Tabela de Encaminhamento do *Router n1*

Uma tabela de *routing* é um conjunto de regras, geralmente exibidas em formato de tabela, usadas para determinar para onde os pacotes de dados que navegam numa rede IP (Internet Protocol) serão direcionados. Visualizando a Figura 8 consegue-se verificar que, por exemplo, para direcionar um pacote para o *router* n10, de IP 10.0.6.20, pertencente à rede 10.0.6.0/24, o próximo salto seria pela interface eth0 por 10.0.0.2. Como requisito na criação da topologia, observa-se também que para a rede 10.0.2.0 haveriam dois saltos possíveis, sendo ambos do mesmo custo, por 10.0.0.2 na interface eth0 ou 10.0.4.1 na interface eth1. Pode-se também constatar que este protocolo está a usar uma métrica que não tem em conta a *bandwidth* dos links no cálculo do melhor caminho, pois esta ainda não foi alterada.

- 7 Questão 7: Que comando permite verificar quais os custos OSPF associados às diversas interfaces de um *router*? Analise e comente os custos que foram atribuídos aos links da sua topologia.

```
n1# show ip ospf interface
eth0 is up
  ifindex 45, MTU 1500 bytes, BW 0 Kbit <UP,BROADCAST,RUNNING,MULTICAST>
  Internet Address 10.0.0.1/24, Area 0.0.0.0
  MTU mismatch detection:enabled
  Router ID 10.0.0.1, Network Type POINTOPOINT, Cost: 10
  Transmit Delay is 1 sec, State Point-To-Point, Priority 1
eth1 is up
  ifindex 67, MTU 1500 bytes, BW 0 Kbit <UP,BROADCAST,RUNNING,MULTICAST>
  Internet Address 10.0.4.2/24, Area 0.0.0.0
  MTU mismatch detection:enabled
  Router ID 10.0.0.1, Network Type POINTOPOINT, Cost: 10
  Transmit Delay is 1 sec, State Point-To-Point, Priority 1
eth2 is up
  ifindex 71, MTU 1500 bytes, BW 0 Kbit <UP,BROADCAST,RUNNING,MULTICAST>
  Internet Address 10.0.5.1/24, Area 0.0.0.0
  MTU mismatch detection:enabled
  Router ID 10.0.0.1, Network Type BROADCAST, Cost: 10
  Transmit Delay is 1 sec, State DR, Priority 1
```

Figura 9: Custos OSPF das Interfaces do *Router* n1

O comando que permite verificar quais os custos OSPF associados às diversas interfaces de um *router* é "show ip ospf interface". Correndo esse comando no terminal do *router* n1, como demonstrado na Figura 9, consegue-se verificar que os custos atribuídos aos *links* na topologia são de 10, para todos. Isto acaba por tornar o custo completamente independente da *bandwidth* do *link*, acabando por ser uma métrica que calcula o melhor caminho pelo número de saltos apenas.

- 8 **Questão 8:** Altere os custos dos vários links da rede de interligação por forma que os links de 10 Mbps tenham custo “10” e os links de 100 Mbps tenham custo “1”.

```
eth0 is up
  ifindex 45, MTU 1500 bytes, BW 0 Kbit <UP,BROADCAST,RUNNING,MULTICAST>
  Internet Address 10.0.0.1/24, Area 0.0.0.0
  MTU mismatch detection:enabled
  Router ID 10.0.0.1, Network Type POINTOPOINT, Cost: 10
eth1 is up
  ifindex 67, MTU 1500 bytes, BW 0 Kbit <UP,BROADCAST,RUNNING,MULTICAST>
  Internet Address 10.0.4.2/24, Area 0.0.0.0
  MTU mismatch detection:enabled
  Router ID 10.0.0.1, Network Type POINTOPOINT, Cost: 10
eth2 is up
  ifindex 71, MTU 1500 bytes, BW 0 Kbit <UP,BROADCAST,RUNNING,MULTICAST>
  Internet Address 10.0.5.1/24, Area 0.0.0.0
n1# configure terminal
n1(config)# int eth0
n1(config-if)# ip ospf cost 10
n1(config-if)# exit
n1(config)# int eth1
n1(config-if)# ip ospf cost 1
```

Figura 10: Alteração de Custos dos Links no *Router* n1

Para o exemplo do *router* n1, este contém três interfaces em que duas delas têm links de 10Mbps e 100Mbps, respetivamente. De forma a fazer o proposto pelo enunciado, fazemos os comandos "int eth0" e "ip ospf cost 10", fazendo com que o *link* da interface eth0, de 10Mbps, tenha custo 10, e corremos os mesmos comandos "int eth1" e "ip ospf cost 1", de forma a que o link da interface eth1 de 100Mbps tenha custo 1.

- 9 **Questão 9:** Face à alteração introduzida na alínea 8 observe e explique as alterações que foram efetuadas nas tabelas de encaminhamento dos *routers*.

Devido às alterações introduzidas, os links deixaram de ter todos o mesmo custo, levando a que o cálculo do melhor caminho dê agora prioridade aos custos mais baixos, desprezando o número de saltos.

```

n1# show ip ospf route
===== OSPF network routing table =====
N   10.0.0.0/24      [10] area: 0.0.0.0
                        directly attached to eth0
N   10.0.1.0/24      [13] area: 0.0.0.0
                        via 10.0.4.1, eth1
N   10.0.2.0/24      [3] area: 0.0.0.0
                        via 10.0.4.1, eth1
N   10.0.3.0/24      [2] area: 0.0.0.0
                        via 10.0.4.1, eth1
N   10.0.4.0/24      [1] area: 0.0.0.0
                        directly attached to eth1
N   10.0.5.0/24      [10] area: 0.0.0.0
                        directly attached to eth2
N   10.0.6.0/24      [13] area: 0.0.0.0
                        via 10.0.4.1, eth1

===== OSPF router routing table =====
===== OSPF external routing table =====

```

Figura 11: Tabela de Encaminhamento do *Router* n1

Atentando na tabela de encaminhamento do *router* n1 apresentada na Figura 11, e relembrando a análise feita na questão 6, onde afirmamos que para a rede 10.0.2.0 haveriam dois saltos possíveis, sendo ambos do mesmo custo, por 10.0.0.2 na interface eth0 ou 10.0.4.1 na interface eth1, podemos constatar mudanças.

Embora o número de saltos para essa rede seja o mesmo independentemente das interfaces eth0 e eth1, com as alterações introduzidas na alínea anterior isso perde relevância, dando prioridade ao salto de menor custo, deixando de haver dois caminhos possíveis e havendo apenas um por 10.0.4.1, que é um link de 100Mbps e por isso com custo 1.

# **10 Questão 10: Tendo em conta as experiências anteriores comente, na sua opinião, sobre como devem ser configurados os custos OSPF dos diversos links de uma topologia de rede.**

De acordo com o facto de quanto maior a largura de banda de um link, mais pacotes podem ser direcionados por ele com menor probabilidade de congestão de tráfego, concluímos que o custo deve ser mais baixo quanto maior for a largura de banda, de forma a que no cálculo do melhor caminho, o *next hop* seja o link com maior *bandwidth* pelas razões já especificadas, evitando a congestão da rede.

# **11 Questão 11: Nas experiências efetuadas poderá ter observado que, por vezes, para um mesmo destino existem várias rotas de igual custo. (nota: caso não tenha observado nenhum destes casos proceda a alterações nas configurações que originem rotas de igual custo para um determinado destino).**

1. Apresente e descreva uma tabela de *routing* da sua topologia que ilustre um cenário desse tipo.

Como podemos observar na figura 12, um pacote para chegar a rede 10.0.2.0 tem dois caminhos possíveis de igual custo.

```

n1# show ip ospf route
===== OSPF network routing table =====
N   10.0.0.0/24      [10] area: 0.0.0.0
                        directly attached to eth0
N   10.0.1.0/24      [20] area: 0.0.0.0
                        via 10.0.0.2, eth0
N   10.0.2.0/24      [30] area: 0.0.0.0
                        via 10.0.0.2, eth0
                        via 10.0.4.1, eth1
N   10.0.3.0/24      [20] area: 0.0.0.0
                        via 10.0.4.1, eth1
N   10.0.4.0/24      [10] area: 0.0.0.0
                        directly attached to eth1
N   10.0.5.0/24      [10] area: 0.0.0.0
                        directly attached to eth2
N   10.0.6.0/24      [30] area: 0.0.0.0
                        via 10.0.0.2, eth0

===== OSPF router routing table =====
===== OSPF external routing table =====

```

Figura 12: Tabela de encaminhamento do n1

2. **Investigue e explique diferentes tipos de abordagens que os *routers* podem ter para lidar com estas situações (rotas de igual custo para um mesmo destino). Apresente e explique quais são as vantagens/desvantagens inerentes a cada uma delas.**

Uma das abordagens para lidar com rotas de igual custo para um mesmo destino é uma solução round robin, onde os pacotes são distribuídos deste modo pelas rotas existentes.



- 12 Questão 12: Suponha que os *routers* da rede que definiu tinham simultaneamente ativados os protocolos RIP e OSPF. Neste caso, que rotas seriam escolhidas preferencialmente? Replique este cenário na sua topologia de rede (RIP e OSPF ativados nos *routers*) e analise a informação de *routing* resultante, apresentando e analisando uma tabela de *routing* exemplo.

```
n1# show ip route
Codes: K - kernel route, C - connected, S - static, R - RIP,
       O - OSPF, o - OSPF6, I - IS-IS, B - BGP, A - Babel,
       > - selected route, * - FIB route

O  10.0.0.0/24 [110/10] is directly connected, eth0, 00:00:07
C>* 10.0.0.0/24 is directly connected, eth0
O>* 10.0.1.0/24 [110/20] via 10.0.0.2, eth0, 00:00:00
R>* 10.0.2.0/24 [120/2] via 10.0.0.2, eth0, 00:00:01
R>* 10.0.3.0/24 [120/2] via 10.0.4.1, eth1, 00:00:05
O  10.0.4.0/24 [110/10] is directly connected, eth1, 00:00:07
C>* 10.0.4.0/24 is directly connected, eth1
O  10.0.5.0/24 [110/10] is directly connected, eth2, 00:00:07
C>* 10.0.5.0/24 is directly connected, eth2
R>* 10.0.6.0/24 [120/3] via 10.0.0.2, eth0, 00:00:05
C>* 127.0.0.0/8 is directly connected, lo
```

Figura 13: Tabela de routing do r1

Como podemos verificar na figura 13, o protocolo OSPF tem distância administrativa de 110 e o protocolo RIP tem distância administrativa de 120. Assim, as rotas OSPF serão escolhidas preferencialmente às RIP.

13 Questão 13: Como indicado na questão 3, todos os equipamentos de rede que definiu na sua topologia pertencem à mesma área 0. Defina e apresente uma nova topologia de rede envolvendo, no mínimo, duas áreas OSPF distintas. Para essa nova topologia apresente e explique:

1. As configurações OSPF que considere mais relevantes (e.g. dos routers internos e dos routers de interligação entre diferentes áreas).

Como podemos observar nas figuras 14 e 15, criamos uma topologia com três áreas, em que a área de *backbone* é a área 0. Os routers n1, n2 e n3 pertencem a esta área e, além disso, o router n2 faz ligação com a área 1 e o router n3 faz ligação com a área 2.

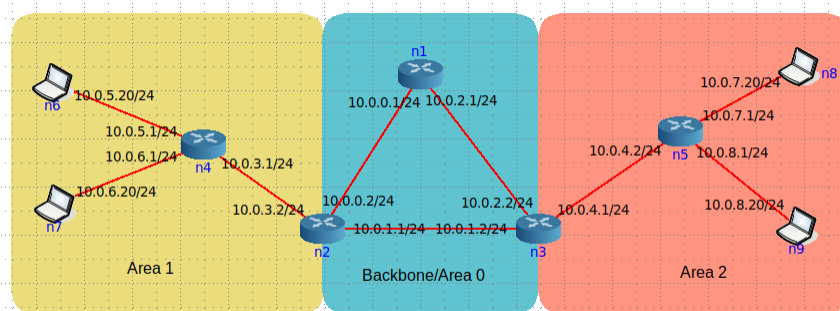


Figura 14: Nova topologia

Area 1		Area 2	
n4	<pre>router ospf router-id 10.0.3.1 network 10.0.3.1/24 area 1 network 10.0.5.1/24 area 1 network 10.0.6.1/24 area 1</pre>	n5	<pre>router ospf router-id 10.0.4.2 network 10.0.4.2/24 area 2 network 10.0.7.1/24 area 2 network 10.0.8.1/24 area 2</pre>
n2	<pre>router ospf router-id 10.0.0.2 network 10.0.0.2/24 area 0 network 10.0.1.1/24 area 0 network 10.0.3.2/24 area 1</pre>	n3	<pre>router ospf router-id 10.0.1.2 network 10.0.1.2/24 area 0 network 10.0.2.2/24 area 0 network 10.0.4.1/24 area 2</pre>

Figura 15: Configurações OSPF

2. As tabelas de encaminhamento e respectivas rotas que considere mais relevantes, devidamente e detalhadamente explicadas.

```
n2# show ip ospf interface
eth0 is up
  ifindex 373, MTU 1500 bytes, BW 0 Kbit <UP,BROADCAST,RUNNING,MULTICAST>
  Internet Address 10.0.0.2/24, Area 0.0.0.0
  MTU mismatch detection:enabled
  Router ID 10.0.0.2, Network Type POINTOPOINT, Cost: 10
  Transmit Delay is 1 sec, State Point-To-Point, Priority 1
  No designated router on this network
  No backup designated router on this network
  Multicast group memberships: OSPFA11Routers
  Timer intervals configured, Hello 2s, Dead 6s, Wait 6s, Retransmit 5
    Hello due in 0,543s
  Neighbor Count is 1, Adjacent neighbor count is 1
eth1 is up
  ifindex 376, MTU 1500 bytes, BW 0 Kbit <UP,BROADCAST,RUNNING,MULTICAST>
  Internet Address 10.0.1.1/24, Area 0.0.0.0
  MTU mismatch detection:enabled
  Router ID 10.0.0.2, Network Type POINTOPOINT, Cost: 10
  Transmit Delay is 1 sec, State Point-To-Point, Priority 1
  No designated router on this network
  No backup designated router on this network
  Multicast group memberships: OSPFA11Routers
  Timer intervals configured, Hello 2s, Dead 6s, Wait 6s, Retransmit 5
    Hello due in 0,543s
  Neighbor Count is 1, Adjacent neighbor count is 1
eth2 is up
  ifindex 388, MTU 1500 bytes, BW 0 Kbit <UP,BROADCAST,RUNNING,MULTICAST>
  Internet Address 10.0.3.2/24, Area 0.0.0.1
  MTU mismatch detection:enabled
  Router ID 10.0.0.2, Network Type POINTOPOINT, Cost: 10
  Transmit Delay is 1 sec, State Point-To-Point, Priority 1
  No designated router on this network
  No backup designated router on this network
  Multicast group memberships: OSPFA11Routers
  Timer intervals configured, Hello 2s, Dead 6s, Wait 6s, Retransmit 5
    Hello due in 0,543s
  Neighbor Count is 1, Adjacent neighbor count is 1
lo is up
  ifindex 1, MTU 65536 bytes, BW 0 Kbit <UP,LOOPBACK,RUNNING>
  OSPF not enabled on this interface
```

Figura 16: Interfaces e custos

```
n2# show ip ospf route
===== OSPF network routing table =====
N   10.0.0.0/24      [10] area: 0.0.0.0
      directly attached to eth0
N   10.0.1.0/24      [10] area: 0.0.0.0
      directly attached to eth1
N   10.0.2.0/24      [20] area: 0.0.0.0
      via 10.0.0.1, eth0
      via 10.0.1.2, eth1
N   10.0.3.0/24      [10] area: 0.0.0.1
      directly attached to eth2
N IA 10.0.4.0/24      [20] area: 0.0.0.0
      via 10.0.1.2, eth1
N   10.0.5.0/24      [20] area: 0.0.0.1
      via 10.0.3.1, eth2
N   10.0.6.0/24      [20] area: 0.0.0.1
      via 10.0.3.1, eth2
N IA 10.0.7.0/24      [30] area: 0.0.0.0
      via 10.0.1.2, eth1
N IA 10.0.8.0/24      [30] area: 0.0.0.0
      via 10.0.1.2, eth1

===== OSPF router routing table =====
R   10.0.1.2         [10] area: 0.0.0.0, ABR
      via 10.0.1.2, eth1

===== OSPF external routing table =====
```

Figura 17: Tabela de encaminhamento do n2

3. Apresente testes de conectividade entre os vários equipamentos de rede comprovando que a topologia definida se encontra em perfeito funcionamento.

De modo a testarmos a conectividade entre os vários equipamentos, efetuamos um traceroute do equipamento n6 para equipamentos das 3 áreas, como podemos observar na figura 18.

```
root@n6:/tmp/pycore.38253/n6.conf# traceroute 10.0.7.20
traceroute to 10.0.7.20 (10.0.7.20), 30 hops max, 60 byte packets
 1 10.0.5.1 (10.0.5.1) 0.024 ms 0.005 ms 0.003 ms
 2 10.0.3.2 (10.0.3.2) 0.013 ms 0.006 ms 0.005 ms
 3 10.0.1.2 (10.0.1.2) 0.014 ms 0.007 ms 0.008 ms
 4 10.0.4.2 (10.0.4.2) 0.016 ms 0.010 ms 0.009 ms
 5 10.0.7.20 (10.0.7.20) 0.017 ms 0.012 ms 0.012 ms
root@n6:/tmp/pycore.38253/n6.conf# traceroute 10.0.0.1
traceroute to 10.0.0.1 (10.0.0.1), 30 hops max, 60 byte packets
 1 10.0.5.1 (10.0.5.1) 0.022 ms 0.004 ms 0.004 ms
 2 10.0.3.2 (10.0.3.2) 0.012 ms 0.006 ms 0.005 ms
 3 10.0.0.1 (10.0.0.1) 0.015 ms 0.007 ms 0.007 ms
root@n6:/tmp/pycore.38253/n6.conf# traceroute 10.0.6.20
traceroute to 10.0.6.20 (10.0.6.20), 30 hops max, 60 byte packets
 1 10.0.5.1 (10.0.5.1) 0.022 ms 0.005 ms 0.004 ms
 2 10.0.6.20 (10.0.6.20) 0.029 ms 0.006 ms 0.006 ms
root@n6:/tmp/pycore.38253/n6.conf#
```

Figura 18: Traceroutes

## Referências

1. Network Lessons, <https://networklessons.com/cisco/ccna-routing-switching-icnd2-200-105/ospf-multi-area-configuration>.