

INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO

REDES E SERVIÇOS INTERNET

Laboratório 2 - Routing

Autores:

Diogo Moura - nº 86976

Diogo Alves - nº 86980

Tomás Malcata - nº 87130

Professor:

Paulo Pereira

2 de Novembro de 2019



TÉCNICO
LISBOA

2.2-d)

```
R1#configure terminal
Enter configuration commands, one per line.  End with CNTL/Z.
R1(config)#interface fastEthernet 0/0
R1(config-if)#ip address 192.168.10.1 255.255.255.0
R1(config-if)#no shutdown
R1(config-if)#exit
R1(config)#
*Oct 16 15:01:26.027: %LINK-3-UPDOWN: Interface FastEthernet0/0, changed state to up
*Oct 16 15:01:27.027: %LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface FastEthernet0/0, changed state to up
R1(config)#interface fastEthernet 1/0
R1(config-if)#ip address 192.168.20.1 255.255.255.0
R1(config-if)#no shutdown
R1(config-if)#end
*Oct 16 15:01:51.895: %LINK-3-UPDOWN: Interface FastEthernet1/0, changed state to up
*Oct 16 15:01:52.895: %LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface FastEthernet1/0, changed state to up
R1(config-if)#exit
R1(config)#interface fastEthernet 2/0
R1(config-if)#ip address 192.168.50.1 255.255.255.0
R1(config-if)#no shutdown
R1(config-if)#no shutdown
*Oct 16 15:02:21.807: %LINK-3-UPDOWN: Interface FastEthernet2/0, changed state to up
*Oct 16 15:02:22.807: %LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface FastEthernet2/0, changed state to up
R1(config-if)#end
R1#
*Oct 16 15:02:30.851: %SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by console
R1#write
Warning: Attempting to overwrite an NVRAM configuration previously written
by a different version of the system image.
Overwrite the previous NVRAM configuration?[confirm]
Building configuration...
[OK]
R1#show ip interface brief
Interface                IP-Address      OK? Method Status      Protocol
FastEthernet0/0          192.168.10.1    YES manual up          up
FastEthernet1/0          192.168.20.1    YES manual up          up
FastEthernet2/0          192.168.50.1    YES manual up          up
R1#
```

Figura 1: Comandos inseridos no router R1

2.2-f)

Os comandos que utilizámos para configurar o router R3 para OSPF foram:

```
configure terminal
router ospf 1
router-id 3.3.3.3
network 192.168.30.0 0.0.0.255 area 0
network 192.168.3.0 0.0.0.255 area 0
network 192.168.60.0 0.0.0.255 area 0
network 192.168.40.0 0.0.0.255 area 0
end
```

```

R3#configure terminal
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
R3(config)#router ospf 1
R3(config-router)#router-id 3.3.3.3
R3(config-router)#network 192.168.30.0 0.0.0.255 area 0
R3(config-router)#network 192.168.30.0 0.0.0.255 area 0
*Oct 16 15:11:23.547: %OSPF-5-ADJCHG: Process 1, Nbr 2.2.2.2 on FastEthernet1/0 from LOADING to FULL, Loading Done
R3(config-router)#network 192.168.60.0 0.0.0.255 area 0
R3(config-router)#network 192.168.40.0 0.0.0.255 area 0
R3(config-router)#end
R3#
*Oct 16 15:11:57.751: %SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by console
R3#write
Building configuration...
[OK]
R3#show ip protocols
*** IP Routing is NSF aware ***

Routing Protocol is "ospf 1"
  Outgoing update filter list for all interfaces is not set
  Incoming update filter list for all interfaces is not set
  Router ID 3.3.3.3
  Number of areas in this router is 1. 1 normal 0 stub 0 nssa
  Maximum path: 4
  Routing for Networks:
    192.168.30.0 0.0.0.255 area 0
    192.168.40.0 0.0.0.255 area 0
    192.168.60.0 0.0.0.255 area 0
  Routing Information Sources:
    Gateway         Distance      Last Update
    2.2.2.2          110           00:00:50
    1.1.1.1          110           00:00:50
  Distance: (default is 110)

R3#show ip ospf interface fastEthernet 0/0
FastEthernet0/0 is up, line protocol is up
  Internet Address 192.168.60.3/24, Area 0, Attached via Network Statement
  Process ID 1, Router ID 3.3.3.3, Network Type BROADCAST, Cost: 1
  Topology-MTID    Cost    Disabled    Shutdown    Topology Name
    0              1        no          no          Base
  Transmit Delay is 1 sec, State DR, Priority 1
  Designated Router (ID) 3.3.3.3, Interface address 192.168.60.3
  No backup designated router on this network
  Timer intervals configured, Hello 10, Dead 40, Wait 40, Retransmit 5
    oob-resync timeout 40
    Hello due in 00:00:03
  Supports Link-local Signaling (LLS)
  Cisco NSF helper support enabled
  IETF NSF helper support enabled
  Index 2/2, flood queue length 0
  Next 0x0(0)/0x0(0)
  Last flood scan length is 0, maximum is 0
  Last flood scan time is 0 msec, maximum is 0 msec
  Neighbor Count is 0, Adjacent neighbor count is 0
  Suppress hello for 0 neighbor(s)
R3#

```

Figura 2: Comandos inseridos no router R3 e respetiva interface FastEthernet 0/0

```

R1#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
       i - IS-IS, su - IS-IS summary, 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, H - NHRP, l - LISP
       + - replicated route, % - next hop override

Gateway of last resort is not set

    192.168.10.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
C       192.168.10.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
L       192.168.10.1/32 is directly connected, FastEthernet0/0
    192.168.20.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
C       192.168.20.0/24 is directly connected, FastEthernet1/0
L       192.168.20.1/32 is directly connected, FastEthernet1/0
O       192.168.30.0/24 [110/2] via 192.168.20.2, 00:08:13, FastEthernet1/0
O       192.168.40.0/24 [110/2] via 192.168.50.4, 00:00:18, FastEthernet2/0
    192.168.50.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
C       192.168.50.0/24 is directly connected, FastEthernet2/0
L       192.168.50.1/32 is directly connected, FastEthernet2/0
O       192.168.60.0/24 [110/3] via 192.168.50.4, 00:00:18, FastEthernet2/0
                               [110/3] via 192.168.20.2, 00:04:07, FastEthernet1/0
R1#

```

Figura 3: Tabela de encaminhamento do router R1

Na figura 3 podemos observar a tabela de encaminhamento do router R1 e podemos realizar observações relativamente às rede que estão diretamente conectadas e às que não o estão.

Redes Diretamente Conectadas

As redes 192.168.10.0/24 (através da interface de R1 com IP 192.168.10.1), 192.168.20.0/24 (através da interface de R1 com IP 192.168.20.1) e 192.168.50.0/24 (através da interface de R1 com IP 192.168.50.1) estão diretamente ligadas, o que implica que todos os endereços IP pertencentes a essas redes são diretamente encaminhados para elas mesmas. Assim, pacotes destinados a 192.168.10.100 (PC1), 192.168.20.2 (R2) e 192.168.50.4 (R4), já que pertencem a essas redes, são diretamente entregues, já que as ligações na rede apresentam todos o mesmo custo (1), logo as ligações em que estão diretamente conectados serão as de menor custo para encaminhamento.

Redes Não Diretamente Conectadas

Por outro lado, as redes 192.168.30.0/24, 192.168.40.0/24 e 192.168.60.0/24 não se encontram diretamente conectadas. Assim, são encaminhadas por uma das outras redes diretamente conectadas. Pacotes para rede 192.168.30.0/24 são encaminhados por 192.168.20.2 (R2), para a rede 192.168.40.0/24 via 192.168.50.4 (R4) e para a rede 192.168.60.0/24 via 192.168.20.2 (R2) ou 192.168.50.4 (R4), já que existem dois caminhos com o mesmo custo mais reduzido através de cada uma dessas ligações conectadas, pelo que o OSPF mantém ambas na tabela de encaminhamento, pelo que os pacotes podem ser encaminhados por qualquer uma das duas ligações.

Custo para R2 via a interface FastEthernet 0/0

Na figura seguinte, podemos observar, tal como esperado, que o custo da ligação interface FastEthernet 0/0 do router 2 é de 1, sob o parâmetro "cost" na imagem.

```

R2#show ip ospf interface fastEthernet 0/0
FastEthernet0/0 is up, line protocol is up
  Internet Address 192.168.20.2/24, Area 0, Attached via Network Statement
  Process ID 1, Router ID 2.2.2.2, Network Type BROADCAST, Cost: 1
  Topology-MTID      Cost      Disabled      Shutdown      Topology Name
    0                1        no          no          Base
  Transmit Delay is 1 sec, State DR, Priority 1
  Designated Router (ID) 2.2.2.2, Interface address 192.168.20.2
  Backup Designated router (ID) 1.1.1.1, Interface address 192.168.20.1
  Timer intervals configured, Hello 10, Dead 40, Wait 40, Retransmit 5
    oob-resync timeout 40
    Hello due in 00:00:09
  Supports Link-local Signaling (LLS)
  Cisco NSF helper support enabled
  IETF NSF helper support enabled
  Index 1/1, flood queue length 0
  Next 0x0(0)/0x0(0)
  Last flood scan length is 0, maximum is 1
  Last flood scan time is 0 msec, maximum is 4 msec
  Neighbor Count is 1, Adjacent neighbor count is 1
    Adjacent with neighbor 1.1.1.1 (Backup Designated Router)
  Suppress hello for 0 neighbor(s)
R2#

```

Figura 4: Custo da ligação à Interface FastEthernet 0/0 do Router 2

3-b)

Sem "gateway" e com a "gateway" mal configurada o PC-1 não consegue encaminhar os pacotes para o PC-2, já que não tem nenhum router ao qual entregar os pacotes.

Com a gateway corretamente configurada, o PC-1 encaminha os pacotes para o router R1 que, por sua vez usa OSPF para encaminhar os pacotes para os outros routers, pelo que os pacotes irão chegar ao destino e o PC-1 conseguirá obter resposta ao ping.

```

PC-1> ip 192.168.10.100/24 192.168.10.1
Checking for duplicate address...
PC1 : 192.168.10.100 255.255.255.0 gateway 192.168.10.1

PC-1> ping 192.168.10.1
84 bytes from 192.168.10.1 icmp_seq=1 ttl=255 time=39.886 ms
84 bytes from 192.168.10.1 icmp_seq=2 ttl=255 time=8.515 ms
84 bytes from 192.168.10.1 icmp_seq=3 ttl=255 time=9.207 ms
84 bytes from 192.168.10.1 icmp_seq=4 ttl=255 time=8.360 ms
84 bytes from 192.168.10.1 icmp_seq=5 ttl=255 time=8.432 ms

```

Figura 5: Respostas ao ping do PC-1 para o PC-2 com a "gateway" bem configurada

```

PC-1> ip 192.168.10.100/24
Checking for duplicate address...
PC1 : 192.168.10.100 255.255.255.0

PC-1> ping 192.168.60.100
No gateway found

PC-1> ip 192.168.10.100/24 192.168.10.20
Checking for duplicate address...
PC1 : 192.168.10.100 255.255.255.0 gateway 192.168.10.20

PC-1> ping 192.168.60.100
host (192.168.10.20) not reachable

```

Figura 6: Respostas ao ping do PC-1 para o PC-2, primeiro sem "gateway" e, de seguida, com a "gateway" mal configurada

Observamos que, quando o PC-1 não tem "gateway", o resultado do ping é "No gateway found", por outro lado, quando a gateway está mal definida é que o gateway não é alcançável "host (192.168.10.20) not reachable".

30	127.521446	Private_66:68:00	Broadcast	ARP	64 Who has 192.168.10.1? Tell 192.168.10.100
31	127.527252	ca:01:0d:e7:00:00	Private_66:68:00	ARP	60 192.168.10.1 is at ca:01:0d:e7:00:00
32	127.527909	192.168.10.100	192.168.60.100	ICMP	98 Echo (ping) request id=0xc439, seq=1/256, ttl=64 (reply in 35)
34	129.528371	192.168.10.100	192.168.60.100	ICMP	98 Echo (ping) request id=0xc639, seq=2/512, ttl=64 (reply in 36)
35	130.574216	192.168.60.100	192.168.10.100	ICMP	98 Echo (ping) reply id=0xc439, seq=1/256, ttl=61 (request in 32)
36	130.574323	192.168.60.100	192.168.10.100	ICMP	98 Echo (ping) reply id=0xc639, seq=2/512, ttl=61 (request in 34)
38	131.528562	192.168.10.100	192.168.60.100	ICMP	98 Echo (ping) request id=0xc839, seq=3/768, ttl=64 (reply in 39)
39	131.574188	192.168.60.100	192.168.10.100	ICMP	98 Echo (ping) reply id=0xc839, seq=3/768, ttl=61 (request in 38)
40	132.574651	192.168.10.100	192.168.60.100	ICMP	98 Echo (ping) request id=0xc939, seq=4/1024, ttl=64 (reply in 41)
41	132.624278	192.168.60.100	192.168.10.100	ICMP	98 Echo (ping) reply id=0xc939, seq=4/1024, ttl=61 (request in 40)
42	132.624836	192.168.10.100	192.168.60.100	ICMP	98 Echo (ping) request id=0xca39, seq=5/1280, ttl=64 (reply in 42)

> Frame 30: 64 bytes on wire (512 bits), 64 bytes captured (512 bits) on interface 0
> Ethernet II, Src: Private_66:68:00 (00:50:79:66:68:00), Dst: Broadcast (ff:ff:ff:ff:ff:ff)
> Address Resolution Protocol (request)

Figura 7: Resultado da captura de tráfego no wireshark, com a gateway bem configurada

Na figura 7, podemos observar que, no caso da "gateway" bem configurada, o "ping" envia mensagens "Echo (ping) request".

No caso da gateway mal configurada, o PC1 não consegue enviar as mensagens "Echo (ping) request" com sucesso.

Por outro lado, sem gateway, o PC1 nem tenta enviar as mensagens, dado que não possui uma gateway.

3-c)

```
PC-1> trace 192.168.60.100 -P 1
trace to 192.168.60.100, 8 hops max (ICMP), press Ctrl+C to stop
 1  192.168.10.1    11.964 ms  9.303 ms  9.571 ms
 2  192.168.50.4   30.247 ms  19.581 ms  20.026 ms
 3  192.168.40.3   39.840 ms  29.883 ms  20.062 ms
 4  192.168.60.100 40.090 ms  49.641 ms  40.249 ms
```

Figura 8: Traceroute efetuado a partir do PC-1 (192.168.10.1) para o PC-2 (192.168.60.100)

Esta rota coaduna-se com o que já tínhamos observado.

Dado que o router 1 é o "default gateway" para o PC1, os pacotes são entregues a esse mesmo router, que por sua vez utiliza as suas tabelas de encaminhamento OSPF para entregar os pacotes. Como observámos no exercício 3-a), o router R1 tinha dois modos de encaminhar os pacotes para a rede 192.168.10.0/24, um via 192.168.20.2 (R2) e outro via 192.168.50.4 (R4).

Neste caso foi escolhido o router R4, mas também poderia ter sido escolhido o router R2, já que apresenta o mesmo custo o caminho por R2.

4-a)

```
R1#traceroute 192.168.60.100 probe 10
Type escape sequence to abort.
Tracing the route to 192.168.60.100
VRF info: (vrf in name/id, vrf out name/id)
 1 192.168.50.4 8 msec
   192.168.20.2 20 msec
   192.168.50.4 8 msec
   192.168.20.2 12 msec
   192.168.50.4 8 msec
   192.168.20.2 12 msec
   192.168.50.4 8 msec
   192.168.20.2 12 msec
   192.168.50.4 8 msec
   192.168.20.2 12 msec
 2 192.168.40.3 12 msec
   192.168.30.3 24 msec
   192.168.40.3 32 msec
   192.168.30.3 28 msec
   192.168.40.3 28 msec
   192.168.30.3 24 msec
   192.168.40.3 28 msec
   192.168.30.3 28 msec
   192.168.40.3 24 msec
   192.168.30.3 28 msec
 3 192.168.60.100 24 msec 56 msec 12 msec 56 msec 12 msec 24 msec 56 msec 12 msec 24 msec 28 msec
R1#
```

Figura 9: Resultado do trace route do router R1 para o PC-2, utilizando 10 provas por salto

Observamos que os pacotes do router R1, no primeiro salto, são encaminhados por dois routers diferentes, 192.168.20.2 (R2) e via 192.168.50.4 (R4).

Tal explica-se com o facto de estar a ser utilizado o protocolo ECMP (Equal-cost multi-path routing) pelos routers.

O Equal-cost multi-path routing é uma estratégia de routing onde os pacotes, com o mesmo destino, podem ocorrer através de múltiplos "next-hops" e melhores caminhos, que empatam na melhor posição no cálculo de métricas dos caminhos do router. Como ambos caminhos através do Router R2 e Router R4, apresentam o mesmo custo, os pacotes serão entregues por qualquer um dos dois routers, neste caso alternadamente.

4-b)

Observando a figura 10, verificamos que a periodicidade das mensagens "Hello" enviadas por cada router (R1 e R2) é de cerca de 10 segundos. Os endereços de origem destes pacotes são os endereços dos routers R1 e R2 na rede que está a ser observada (192.168.20.0/24), isto é, respetivamente, 192.168.20.1 e 192.168.20.2. O endereço de destino é o endereço 224.0.0.5, que tem o significado "OSPF IGP All Routers". Este endereço é um endereço IPv4 multicast que está reservado precisamente para mensagens OSPF "Hello" e de update.

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
99	195.434330	192.168.20.2	224.0.0.5	OSPF	94	Hello Packet
102	199.206048	192.168.20.1	224.0.0.5	OSPF	94	Hello Packet
103	205.053240	192.168.20.2	224.0.0.5	OSPF	94	Hello Packet
107	208.945361	192.168.20.1	224.0.0.5	OSPF	94	Hello Packet
108	214.755535	192.168.20.2	224.0.0.5	OSPF	94	Hello Packet
111	218.894810	192.168.20.1	224.0.0.5	OSPF	94	Hello Packet
112	224.696924	192.168.20.2	224.0.0.5	OSPF	94	Hello Packet
115	228.091032	192.168.20.1	224.0.0.5	OSPF	94	Hello Packet
116	233.991452	192.168.20.2	224.0.0.5	OSPF	94	Hello Packet
118	237.197395	192.168.20.1	224.0.0.5	OSPF	94	Hello Packet

Figura 10: captura wireshark no link entre R1 e R2

4-c)

```
R1#show ip ospf 1 database
```

OSPF Router with ID (1.1.1.1) (Process ID 1)

Router Link States (Area 0)

Link ID	ADV Router	Age	Seq#	Checksum	Link count
1.1.1.1	1.1.1.1	235	0x80000002	0x004516	3
2.2.2.2	2.2.2.2	227	0x80000003	0x00E518	2
3.3.3.3	3.3.3.3	227	0x80000003	0x00D141	3
4.4.4.4	4.4.4.4	236	0x80000002	0x002B6C	2

Net Link States (Area 0)

Link ID	ADV Router	Age	Seq#	Checksum
192.168.20.2	2.2.2.2	236	0x80000001	0x00376F
192.168.30.3	3.3.3.3	229	0x80000001	0x00F49A
192.168.40.4	4.4.4.4	236	0x80000001	0x00B2C5
192.168.50.4	4.4.4.4	236	0x80000001	0x00DF96

Figura 11: Execução do comando "show ip ospf 1 database" e resultado para o router R1.

Na imagem da figura 11 é possível observar que existem 4 routers na base de dados OSPF, sendo eles R1, R2, R3 e R4. Existem também 4 redes de transito disponíveis.

4-d)

```
R2#show ip ospf 1 database

      OSPF Router with ID (2.2.2.2) (Process ID 1)

        Router Link States (Area 0)

Link ID        ADV Router    Age         Seq#          Checksum Link count
1.1.1.1        1.1.1.1      251        0x80000002   0x004516 3
2.2.2.2        2.2.2.2      245        0x80000003   0x00E518 2
3.3.3.3        3.3.3.3      245        0x80000003   0x00D141 3
4.4.4.4        4.4.4.4      253        0x80000002   0x002B6C 2

        Net Link States (Area 0)

Link ID        ADV Router    Age         Seq#          Checksum
192.168.20.2   2.2.2.2      250        0x80000001   0x00376F
192.168.30.3   3.3.3.3      247        0x80000001   0x00F49A
192.168.40.4   4.4.4.4      251        0x80000001   0x00B2C5
192.168.50.4   4.4.4.4      251        0x80000001   0x00DF96
```

Figura 12: Execução do comando "show ip ospf 1 database" e resultado para o router R2.

```
R3#show ip ospf 1 database

      OSPF Router with ID (3.3.3.3) (Process ID 1)

        Router Link States (Area 0)

Link ID        ADV Router    Age         Seq#          Checksum Link count
1.1.1.1        1.1.1.1      262        0x80000002   0x004516 3
2.2.2.2        2.2.2.2      257        0x80000003   0x00E518 2
3.3.3.3        3.3.3.3      256        0x80000003   0x00D141 3
4.4.4.4        4.4.4.4      262        0x80000002   0x002B6C 2

        Net Link States (Area 0)

Link ID        ADV Router    Age         Seq#          Checksum
192.168.20.2   2.2.2.2      264        0x80000001   0x00376F
192.168.30.3   3.3.3.3      257        0x80000001   0x00F49A
192.168.40.4   4.4.4.4      262        0x80000001   0x00B2C5
192.168.50.4   4.4.4.4      262        0x80000001   0x00DF96
```

Figura 13: Execução do comando "show ip ospf 1 database" e resultado para o router R3.

```

R4#show ip ospf 1 database

      OSPF Router with ID (4.4.4.4) (Process ID 1)

      Router Link States (Area 0)

Link ID      ADV Router    Age      Seq#          Checksum Link count
1.1.1.1      1.1.1.1        268      0x80000002   0x004516 3
2.2.2.2      2.2.2.2        264      0x80000003   0x00E518 2
3.3.3.3      3.3.3.3        262      0x80000003   0x00D141 3
4.4.4.4      4.4.4.4        267      0x80000002   0x002B6C 2


      Net Link States (Area 0)

Link ID      ADV Router    Age      Seq#          Checksum
192.168.20.2  2.2.2.2      269      0x80000001   0x00376F
192.168.30.3  3.3.3.3      264      0x80000001   0x00F49A
192.168.40.4  4.4.4.4      267      0x80000001   0x00B2C5
192.168.50.4  4.4.4.4      267      0x80000001   0x00DF96

```

Figura 14: Execução do comando “show ip ospf 1 database” e resultado para o router R4.

Executando o mesmo comando nos restantes routers, observa-se nas figuras 12, 13 e 14 resultados muito idênticos, uma vez que os routers estão presentes na mesma área, logo todos os 4 routers contém informações dos restantes 3.

Para além do mais as ligações dentro da mesma área são as mesmas, pelo que o resultado da “Net Link States” é o mesmo para todos os routers.

4-e)

```

OSPF Router with ID (1.1.1.1) (Process ID 1)

Net Link States (Area 0)

Routing Bit Set on this LSA in topology Base with MTID 0
LS age: 581
Options: (No TOS-capability, DC)
LS Type: Network Links
Link State ID: 192.168.20.2 (address of Designated Router)
Advertising Router: 2.2.2.2
LS Seq Number: 80000001
Checksum: 0x376F
Length: 32
Network Mask: /24
Attached Router: 2.2.2.2
Attached Router: 1.1.1.1    network 1

Routing Bit Set on this LSA in topology Base with MTID 0
LS age: 574
Options: (No TOS-capability, DC)
LS Type: Network Links
Link State ID: 192.168.30.3 (address of Designated Router)
Advertising Router: 3.3.3.3
LS Seq Number: 80000001
Checksum: 0xF49A
Length: 32
Network Mask: /24
Attached Router: 3.3.3.3
Attached Router: 2.2.2.2    network 2

Routing Bit Set on this LSA in topology Base with MTID 0
LS age: 581
Options: (No TOS-capability, DC)
LS Type: Network Links
Link State ID: 192.168.40.4 (address of Designated Router)
Advertising Router: 4.4.4.4
LS Seq Number: 80000001
Checksum: 0xB2C5
Length: 32
Network Mask: /24
Attached Router: 4.4.4.4
Attached Router: 3.3.3.3    network 3

Routing Bit Set on this LSA in topology Base with MTID 0
LS age: 581
Options: (No TOS-capability, DC)
LS Type: Network Links
Link State ID: 192.168.50.4 (address of Designated Router)
Advertising Router: 4.4.4.4
LS Seq Number: 80000001
Checksum: 0xDF96
Length: 32
Network Mask: /24
Attached Router: 4.4.4.4
Attached Router: 1.1.1.1    network 4

```

Figura 15: Execução do comando "show ip ospf 1 database network" e resultado para o router R1.

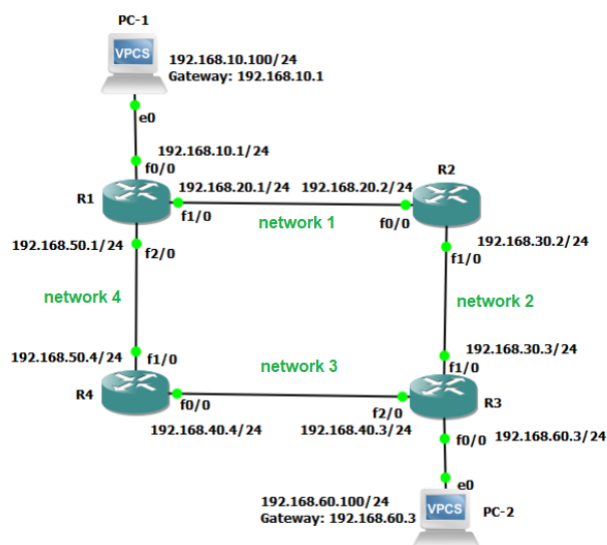


Figura 16: Representação das networks no esquema.

Na figura 15 é visível o resultado do comando para o router R1, sendo que este resultado é muito semelhante para todos os routers. Tal deve-se novamente ao mesmo comando executado noutros routers, uma vez que estes se encontram na mesma rede e na por consequência na mesma base de dados. Logo, as ligações são as mesmas.

Como é possível observar na figura 16, R1 e R2 estão ligados a 192.168.20.0/24, R3 e R2 a 192.168.30.0/24, R4 e R3 a 192.168.40.0/24 e R4 e R1 estão ligados a 192.168.50.0/24.

4-f)

```
OSPF Router with ID (1.1.1.1) (Process ID 1)

Router Link States (Area 0)

LS age: 919
Options: (No TOS-capability, DC)
LS Type: Router Links
Link State ID: 1.1.1.1
Advertising Router: 1.1.1.1
LS Seq Number: 80000002
Checksum: 0x4516
Length: 60
Number of Links: 3

Link connected to: a Transit Network
(Link ID) Designated Router address: 192.168.50.4
(Link Data) Router Interface address: 192.168.50.1
Number of MTID metrics: 0
TOS 0 Metrics: 1

Link connected to: a Transit Network
(Link ID) Designated Router address: 192.168.20.2
(Link Data) Router Interface address: 192.168.20.1
Number of MTID metrics: 0
TOS 0 Metrics: 1

Link connected to: a Stub Network
(Link ID) Network/subnet number: 192.168.10.0
(Link Data) Network Mask: 255.255.255.0
Number of MTID metrics: 0
TOS 0 Metrics: 1

LS age: 910
Options: (No TOS-capability, DC)
LS Type: Router Links
Link State ID: 2.2.2.2
Advertising Router: 2.2.2.2
LS Seq Number: 80000003
Checksum: 0xE518
Length: 48
Number of Links: 2

Link connected to: a Transit Network
(Link ID) Designated Router address: 192.168.30.3
(Link Data) Router Interface address: 192.168.30.2
Number of MTID metrics: 0
TOS 0 Metrics: 1

Link connected to: a Transit Network
(Link ID) Designated Router address: 192.168.20.2
(Link Data) Router Interface address: 192.168.20.2
Number of MTID metrics: 0
TOS 0 Metrics: 1
```

Figura 17: Execução do comando "show ip ospf 1 database router" e resultado para o router R1.

```

(Link Data) Router Interface address: 192.168.20.2
Number of MTID metrics: 0
TOS 0 Metrics: 1

LS age: 911
Options: (No TOS-capability, DC)
LS Type: Router Links
Link State ID: 3.3.3.3
Advertising Router: 3.3.3.3
LS Seq Number: 80000003
Checksum: 0x0141
Length: 60
Number of Links: 3

Link connected to: a Stub Network
(Link ID) Network/subnet number: 192.168.60.0
(Link Data) Network Mask: 255.255.255.0
Number of MTID metrics: 0
TOS 0 Metrics: 1

Link connected to: a Transit Network
(Link ID) Designated Router address: 192.168.40.4
(Link Data) Router Interface address: 192.168.40.3
Number of MTID metrics: 0
TOS 0 Metrics: 1

Link connected to: a Transit Network
(Link ID) Designated Router address: 192.168.30.3
(Link Data) Router Interface address: 192.168.30.3
Number of MTID metrics: 0
TOS 0 Metrics: 1

LS age: 919
Options: (No TOS-capability, DC)
LS Type: Router Links
Link State ID: 4.4.4.4
Advertising Router: 4.4.4.4
LS Seq Number: 80000002
Checksum: 0x2B6C
Length: 48
Number of Links: 2

Link connected to: a Transit Network
(Link ID) Designated Router address: 192.168.50.4
(Link Data) Router Interface address: 192.168.50.4
Number of MTID metrics: 0
TOS 0 Metrics: 1

Link connected to: a Transit Network
(Link ID) Designated Router address: 192.168.40.4
(Link Data) Router Interface address: 192.168.40.4
Number of MTID metrics: 0
TOS 0 Metrics: 1

```

Figura 18: Execução do comando "show ip ospf 1 database router" e resultado para o router R1 (continuação).

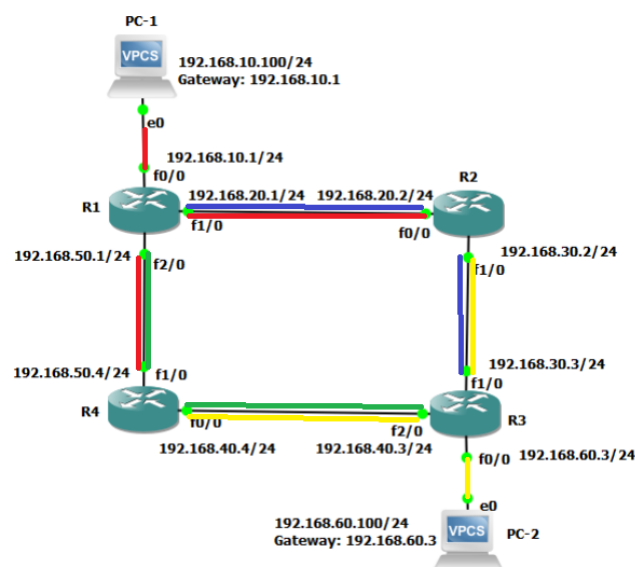


Figura 19: Representação das ligações para cada router, onde as ligações de R1, R2, R3 e R4 estão a vermelho, azul, amarelo e verde respectivamente .

Tal como visto anteriormente, o resultado é semelhante para todos os routers. Visto que todos os routers e as suas ligações estão contidas na mesma área e por consequente na mesma base de dados.

Observamos na figura 17 e 18 que R1 tem 3 ligações, R2 tem 2 ligações, R3 tem 3 e R4 tem 2. Estes dados são consistentes com os obtidos na alínea anterior.

Na imagem 19 estão representados as ligações obtidas para cada router com o comando "show ip ospf 1 database router".

4-g)

Na figura 20 estão presentes dois traceroutes do PC-1 para 192.168.30.3, o primeiro antes de se simular a falha na interface f1/0 de R2 e o segundo depois. Como podemos observar, no primeiro caso o caminho traçado é PC-1 → R1 (192.168.10.1) → R2 (192.168.20.2) → R3 (192.168.30.3). No segundo caso, o caminho deixa de passar por R2 e passa a passar por R4: PC-1 → R1 (192.168.10.1) → R4 (192.168.50.4) → R3 (192.168.40.3).

```
PC-1> trace 192.168.30.3
trace to 192.168.30.3, 8 hops max, press Ctrl+C to stop
 1  192.168.10.1    2.030 ms  9.983 ms  9.207 ms
 2  192.168.20.2    29.816 ms  29.793 ms  29.750 ms
 3  *192.168.30.3    29.521 ms (ICMP type:3, code:3, Destination port unreachable)

PC-1>
PC-1> trace 192.168.30.3
trace to 192.168.30.3, 8 hops max, press Ctrl+C to stop
 1  192.168.10.1    19.769 ms  9.551 ms  9.766 ms
 2  192.168.50.4    29.202 ms  29.426 ms  29.460 ms
 3  *192.168.40.3    59.547 ms (ICMP type:3, code:3, Destination port unreachable)

e)
```

Figura 20: Comandos traceroute do PC-1 para 192.168.30.3

Comparando as figuras 3 e 21 que mostram, respetivamente, as tabelas de encaminhamento de R1 antes e depois de se simular a falha na interface f1/0 de R2, verificamos que existem duas diferenças. A primeira diferença corresponde à ligação OSPF à rede 192.168.30.0/24, que deixou de ser através de R2 (192.168.20.2) com um custo de 2 e passou a ser através de R4 (192.168.50.4) com um custo de 3, uma vez que apenas o router R3 está ligado a essa rede e o único caminho de R1 para R3 passa por R4. A outra diferença está na ligação OSPF à rede 192.168.60.0/24. Antes de se desativar a interface de R2, existiam dois caminhos para esta rede na tabela de encaminhamento (uma vez que têm o mesmo custo e OSPF suporta ECMP). Depois de se desativar a interface passa a existir só um caminho - o que passa por R4 (192.168.50.4).

```
R1#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
       i - IS-IS, su - IS-IS summary, 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, H - NHRP, l - LISP
       + - replicated route, % - next hop override

Gateway of last resort is not set

    192.168.10.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
C       192.168.10.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
L       192.168.10.1/32 is directly connected, FastEthernet0/0
    192.168.20.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
C       192.168.20.0/24 is directly connected, FastEthernet1/0
L       192.168.20.1/32 is directly connected, FastEthernet1/0
O       192.168.30.0/24 [110/3] via 192.168.50.4, 00:04:29, FastEthernet2/0
O       192.168.40.0/24 [110/2] via 192.168.50.4, 00:18:14, FastEthernet2/0
    192.168.50.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
C       192.168.50.0/24 is directly connected, FastEthernet2/0
L       192.168.50.1/32 is directly connected, FastEthernet2/0
O       192.168.60.0/24 [110/3] via 192.168.50.4, 00:18:14, FastEthernet2/0
R1#
```

Figura 21: Tabela de encaminhamento de R1 depois de desativada a interface f1/0 de R2

Nas imagens 22 e 23, onde estão presentes os resultados dos comandos no router R1 "show ip ospf 1 database router" e "show ip ospf 1 database network", respectivamente, observamos que o número de nós (routers) na base de dados OSPF continua a ser 4, mas o número de redes passou a 3 (anteriormente era 4).

```
Checksum: 0x4317
Length: 60
Number of Links: 3

Link connected to: a Transit Network
(Link ID) Designated Router address: 192.168.50.4
(Link Data) Router Interface address: 192.168.50.1
Number of MTID metrics: 0
TOS 0 Metrics: 1

Link connected to: a Transit Network
(Link ID) Designated Router address: 192.168.20.2
(Link Data) Router Interface address: 192.168.20.1
Number of MTID metrics: 0
TOS 0 Metrics: 1

Link connected to: a Stub Network
(Link ID) Network/subnet number: 192.168.10.0
(Link Data) Network Mask: 255.255.255.0
Number of MTID metrics: 0
TOS 0 Metrics: 1

LS age: 165
Options: (No TOS-capability, DC)
LS Type: Router Links
Link State ID: 2.2.2.2
Advertising Router: 2.2.2.2
LS Seq Number: 80000008
Checksum: 0xE933
Length: 36
Number of Links: 1

Link connected to: a Transit Network
(Link ID) Designated Router address: 192.168.20.2
(Link Data) Router Interface address: 192.168.20.2
Number of MTID metrics: 0
TOS 0 Metrics: 1

LS age: 110
Options: (No TOS-capability, DC)
LS Type: Router Links
Link State ID: 3.3.3.3
Advertising Router: 3.3.3.3
LS Seq Number: 80000007
Checksum: 0xABEF
Length: 60
Number of Links: 3

Link connected to: a Stub Network
(Link ID) Network/subnet number: 192.168.60.0
(Link Data) Network Mask: 255.255.255.0
Number of MTID metrics: 0
TOS 0 Metrics: 1
```

Figura 22: Comando no router R1 "show ip ospf 1 database router"

```

R1#show ip ospf 1 database network

      OSPF Router with ID (1.1.1.1) (Process ID 1)

      Net Link States (Area 0)

Routing Bit Set on this LSA in topology Base with MTID 0
LS age: 216
Options: (No TOS-capability, DC)
LS Type: Network Links
Link State ID: 192.168.20.2 (address of Designated Router)
Advertising Router: 2.2.2.2
LS Seq Number: 80000002
Checksum: 0x3570
Length: 32
Network Mask: /24
    Attached Router: 2.2.2.2
    Attached Router: 1.1.1.1

Routing Bit Set on this LSA in topology Base with MTID 0
LS age: 187
Options: (No TOS-capability, DC)
LS Type: Network Links
Link State ID: 192.168.40.4 (address of Designated Router)
Advertising Router: 4.4.4.4
LS Seq Number: 80000002
Checksum: 0xB0C6
Length: 32
Network Mask: /24
    Attached Router: 4.4.4.4
    Attached Router: 3.3.3.3

Routing Bit Set on this LSA in topology Base with MTID 0
LS age: 187
Options: (No TOS-capability, DC)
LS Type: Network Links
Link State ID: 192.168.50.4 (address of Designated Router)
Advertising Router: 4.4.4.4
LS Seq Number: 80000002
Checksum: 0xDD97
Length: 32
Network Mask: /24
    Attached Router: 4.4.4.4
    Attached Router: 1.1.1.1

```

Figura 23: Comando no router R1 "show ip ospf 1 database network"

Observando as mensagens "LS Update" enviadas quando a interface falhou, nas figuras 24 e 25, verificamos que R2 anuncia ter apenas um transit link com ID 192.168.20.2 e o router R3 anuncia ter três links: um stub com ID 192.168.60.0, um transit com ID 192.168.40.4 e outro stub com ID 192.168.30.0. Nos links transit, o ID corresponde ao endereço do "designated router" desse link e nos links stub corresponde ao endereço da rede.

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
7	14.051020	192.168.20.2	224.0.0.5	OSPF	94	Hello Packet
10	18.309048	192.168.20.1	224.0.0.5	OSPF	94	Hello Packet
11	24.002366	192.168.20.2	224.0.0.5	OSPF	94	Hello Packet
12	25.960220	192.168.20.2	224.0.0.5	OSPF	98	LS Update
14	27.414266	192.168.20.1	224.0.0.5	OSPF	94	Hello Packet
16	28.463628	192.168.20.1	224.0.0.5	OSPF	78	LS Acknowledge
17	33.830267	192.168.20.2	224.0.0.5	OSPF	94	Hello Packet
18	36.699750	192.168.20.1	224.0.0.5	OSPF	94	Hello Packet
21	42.845078	192.168.20.2	224.0.0.5	OSPF	94	Hello Packet
22	46.139852	192.168.20.1	224.0.0.5	OSPF	94	Hello Packet
26	53.574200	192.168.20.2	224.0.0.5	OSPF	94	Hello Packet


```

0... .... = Do Not Age Flag: 0
> Options: 0x22, (DC) Demand Circuits, (E) External Routing
LS Type: Router-LSA (1)
Link State ID: 2.2.2.2
Advertising Router: 2.2.2.2
Sequence Number: 0x8000000b
Checksum: 0xe336
Length: 36
> Flags: 0x00
Number of Links: 1
> Type: Transit ID: 192.168.20.2 Data: 192.168.20.2 Metric: 1

```

Figura 24: Mensagem "LS Update" enviada por R2 quando a interface falhou

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
17	33.830267	192.168.20.2	224.0.0.5	OSPF	94	Hello Packet
18	36.699750	192.168.20.1	224.0.0.5	OSPF	94	Hello Packet
21	42.845078	192.168.20.2	224.0.0.5	OSPF	94	Hello Packet
22	46.139852	192.168.20.1	224.0.0.5	OSPF	94	Hello Packet
26	52.574200	192.168.20.2	224.0.0.5	OSPF	94	Hello Packet
27	55.876872	192.168.20.1	224.0.0.5	OSPF	94	Hello Packet
30	61.365846	192.168.20.1	224.0.0.5	OSPF	122	LS Update
31	61.406193	192.168.20.1	224.0.0.5	OSPF	94	LS Update
32	62.495596	192.168.20.2	224.0.0.5	OSPF	94	Hello Packet
33	63.867652	192.168.20.2	224.0.0.5	OSPF	98	LS Acknowledge
34	65.501708	192.168.20.1	224.0.0.5	OSPF	94	Hello Packet

```

LS Type: Router-LSA (1)
Link State ID: 3.3.3.3
Advertising Router: 3.3.3.3
Sequence Number: 0x80000009
Checksum: 0xa7f1
Length: 60
> Flags: 0x00
Number of Links: 3
> Type: Stub ID: 192.168.60.0 Data: 255.255.255.0 Metric: 1
> Type: Transit ID: 192.168.40.4 Data: 192.168.40.3 Metric: 1
> Type: Stub ID: 192.168.30.0 Data: 255.255.255.0 Metric: 1

```

Figura 25: Mensagem "LS Update" enviada por R3 quando a interface falhou

Observando agora as mensagens "LS Update" enviadas quando a interface é novamente ligada, nas figuras 26 e 27, verificamos que R2 anuncia ter dois transit links com IDs 192.168.20.2 e 192.168.30.3 e o router R3 anuncia ter três links: um stub com ID 192.168.60.0, e dois transit com IDs 168.40.4 e 192.168.30.3.

74	151.402180	192.168.20.1	224.0.0.5	OSPF	94	Hello Packet
76	156.640340	192.168.20.2	224.0.0.5	OSPF	94	Hello Packet
79	161.215513	192.168.20.1	224.0.0.5	OSPF	94	Hello Packet
80	161.534765	192.168.20.2	224.0.0.5	OSPF	110	LS Update
81	164.031025	192.168.20.1	224.0.0.5	OSPF	78	LS Acknowledge
82	166.165610	192.168.20.2	224.0.0.5	OSPF	122	LS Update
83	166.206142	192.168.20.2	224.0.0.5	OSPF	94	LS Update
84	166.338677	192.168.20.2	224.0.0.5	OSPF	94	Hello Packet
85	166.500037	192.168.20.2	224.0.0.5	OSPF	110	LS Update
88	168.693423	192.168.20.1	224.0.0.5	OSPF	118	LS Acknowledge
89	170.872205	192.168.20.1	224.0.0.5	OSPF	94	Hello Packet

```

LS Type: Router-LSA (1)
Link State ID: 3.3.3.3
Advertising Router: 3.3.3.3
Sequence Number: 0x8000000a
Checksum: 0xc348
Length: 60
> Flags: 0x00
Number of Links: 3
> Type: Stub ID: 192.168.60.0 Data: 255.255.255.0 Metric: 1
> Type: Transit ID: 192.168.40.4 Data: 192.168.40.3 Metric: 1
> Type: Transit ID: 192.168.30.3 Data: 192.168.30.3 Metric: 1

```

Figura 26: Mensagem "LS Update" enviada por R2 quando a interface se ligou de novo

74	151.402180	192.168.20.1	224.0.0.5	OSPF	94 Hello Packet
76	156.640340	192.168.20.2	224.0.0.5	OSPF	94 Hello Packet
79	161.215513	192.168.20.1	224.0.0.5	OSPF	94 Hello Packet
80	161.534765	192.168.20.2	224.0.0.5	OSPF	110 LS Update
81	164.031025	192.168.20.1	224.0.0.5	OSPF	78 LS Acknowledge
82	166.165610	192.168.20.2	224.0.0.5	OSPF	122 LS Update
83	166.206142	192.168.20.2	224.0.0.5	OSPF	94 LS Update
84	166.338677	192.168.20.2	224.0.0.5	OSPF	94 Hello Packet
85	166.500037	192.168.20.2	224.0.0.5	OSPF	110 LS Update
88	168.693423	192.168.20.1	224.0.0.5	OSPF	118 LS Acknowledge
89	170.872205	192.168.20.1	224.0.0.5	OSPF	94 Hello Packet

```

> Options: 0x22, (DC) Demand Circuits, (E) External Routing
  LS Type: Router-LSA (1)
  Link State ID: 2.2.2.2
  Advertising Router: 2.2.2.2
  Sequence Number: 0x8000000d
  Checksum: 0xd122
  Length: 48
> Flags: 0x00
  Number of Links: 2
> Type: Transit ID: 192.168.30.3 Data: 192.168.30.2 Metric: 1
> Type: Transit ID: 192.168.20.2 Data: 192.168.20.2 Metric: 1

```

Figura 27: Mensagem "LS Update" enviada por R3 quando a interface se ligou de novo

Quando a interface se liga de novo, os routers que são anunciados como ligados à rede 192.168.30.0/24 são R2 e R3 (ver figura 28).

74	151.402180	192.168.20.1	224.0.0.5	OSPF	94 Hello Packet
76	156.640340	192.168.20.2	224.0.0.5	OSPF	94 Hello Packet
79	161.215513	192.168.20.1	224.0.0.5	OSPF	94 Hello Packet
80	161.534765	192.168.20.2	224.0.0.5	OSPF	110 LS Update
81	164.031025	192.168.20.1	224.0.0.5	OSPF	78 LS Acknowledge
82	166.165610	192.168.20.2	224.0.0.5	OSPF	122 LS Update
83	166.206142	192.168.20.2	224.0.0.5	OSPF	94 LS Update
84	166.338677	192.168.20.2	224.0.0.5	OSPF	94 Hello Packet
85	166.500037	192.168.20.2	224.0.0.5	OSPF	110 LS Update
88	168.693423	192.168.20.1	224.0.0.5	OSPF	118 LS Acknowledge
89	170.872205	192.168.20.1	224.0.0.5	OSPF	94 Hello Packet

```

> Options: 0x22, (DC) Demand Circuits, (E) External Routing
  LS Type: Router-LSA (1)
  Link State ID: 2.2.2.2
  Advertising Router: 2.2.2.2
  Sequence Number: 0x8000000d
  Checksum: 0xd122
  Length: 48
> Flags: 0x00
  Number of Links: 2
> Type: Transit ID: 192.168.30.3 Data: 192.168.30.2 Metric: 1
> Type: Transit ID: 192.168.20.2 Data: 192.168.20.2 Metric: 1

```

Figura 28: Mensagem "LS Update" enviada por R3 quando a interface se ligou de novo

4-i)

Para que o tráfego siga o caminho PC1 → R1 → R4 → R3 → PC2 em vez do caminho PC1 → R1 → R2 → R3 → PC2, temos que aumentar o custo da interface f1/0 do router R1 em uma unidade, para o valor 2, para que o caminho mais curto seja o que passa por R4. Na figura 29 estão os comandos usados para tal. Na figura 30 está o resultado do comando traceroute no PC1 para o PC2, na situação original e na situação após se alterar o custo da interface. Como se pode observar na imagem, o caminho passou de PC1 → R1 → R2 → R3 → PC2 para PC1 → R1 → R4 → R3 → PC2.

```

R1#configure terminal
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
R1(config)#interface fastEthernet 1/0
R1(config-if)#ip ospf cost 2
R1(config-if)#no shutdown
R1(config-if)#end
R1#

```

Figura 29: Comandos em R1 para atualizar o custo da interface f1/0

```

PC-1> trace 192.168.60.100
trace to 192.168.60.100, 8 hops max, press Ctrl+C to stop
 1  192.168.10.1    3.006 ms  10.553 ms  9.895 ms
 2  192.168.20.2    30.547 ms  29.472 ms  30.351 ms
 3  192.168.30.3    40.206 ms  39.634 ms  40.123 ms
 4  *192.168.60.100  50.387 ms (ICMP type:3, code:3, Destination port unreacha
ble)

PC-1> trace 192.168.60.100
trace to 192.168.60.100, 8 hops max, press Ctrl+C to stop
 1  192.168.10.1    9.938 ms  9.197 ms  9.506 ms
 2  192.168.50.4    40.130 ms  29.588 ms  29.541 ms
 3  192.168.40.3    49.584 ms  50.111 ms  39.359 ms
 4  * * *
 5  *192.168.60.100  45.224 ms (ICMP type:3, code:3, Destination port unreacha
ble)

```

Figura 30: Comando traceroute no PC1 para o PC2, na situação original e na situação após se alterar o custo da interface

Da mesma forma, para que o tráfego siga o caminho PC2 → R3 → R2 → R1 → PC1 em vez do caminho PC2 → R3 → R4 → R1 → PC1, temos que aumentar o custo da interface f2/0 do router R3 em uma unidade, para o valor 2, para que o caminho mais curto seja o que passa por R2. Na figura 31 estão os comandos usados para tal. Na figura 32 está o resultado do comando traceroute no PC2 para o PC1, na situação após se alterar o custo da interface. Como se pode observar na imagem, o caminho obtido foi PC2 → R3 → R2 → R1 → PC1.

```

R3#configure terminal
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
R3(config)#interface fastEthernet 2/0
R3(config-if)#ip ospf cost 2
R3(config-if)#no shutdown
R3(config-if)#end
R3#

```

Figura 31: Comandos em R3 para atualizar o custo da interface f2/0

```

PC-2> trace 192.168.10.100
trace to 192.168.10.100, 8 hops max, press Ctrl+C to stop
 1  192.168.60.3    8.654 ms  9.143 ms  9.444 ms
 2  192.168.30.2    40.020 ms  29.373 ms  19.680 ms
 3  192.168.20.1    39.781 ms  30.283 ms  30.973 ms
 4  * * *
 5  *192.168.10.100  34.831 ms (ICMP type:3, code:3, Destination port unreacha
ble)

```

Figura 32: Comando traceroute no PC2 para o PC1, na situação após se alterar o custo da interface

Usando o wireshark também se poderia confirmar que o caminho utilizando é o pretendido fazendo, por exemplo, um ping do PC1 para o PC2 e fazendo uma captura na interface f2/0 de R1, para a primeira situação, e para a segunda situação fazendo um ping do PC2 para o PC1 e observando a interface f1/0 de R3.