

Relatório de Projecto de Redes

2014/2015

Trabalho prático n.º 2 – Concretização das camadas de acesso, distribuição e core das redes locais de dados



Trabalho elaborado por:

Luis Pontes n.º 17670

Ricardo Godinho n.º 11743

Ricardo Lourenço n.º 18155

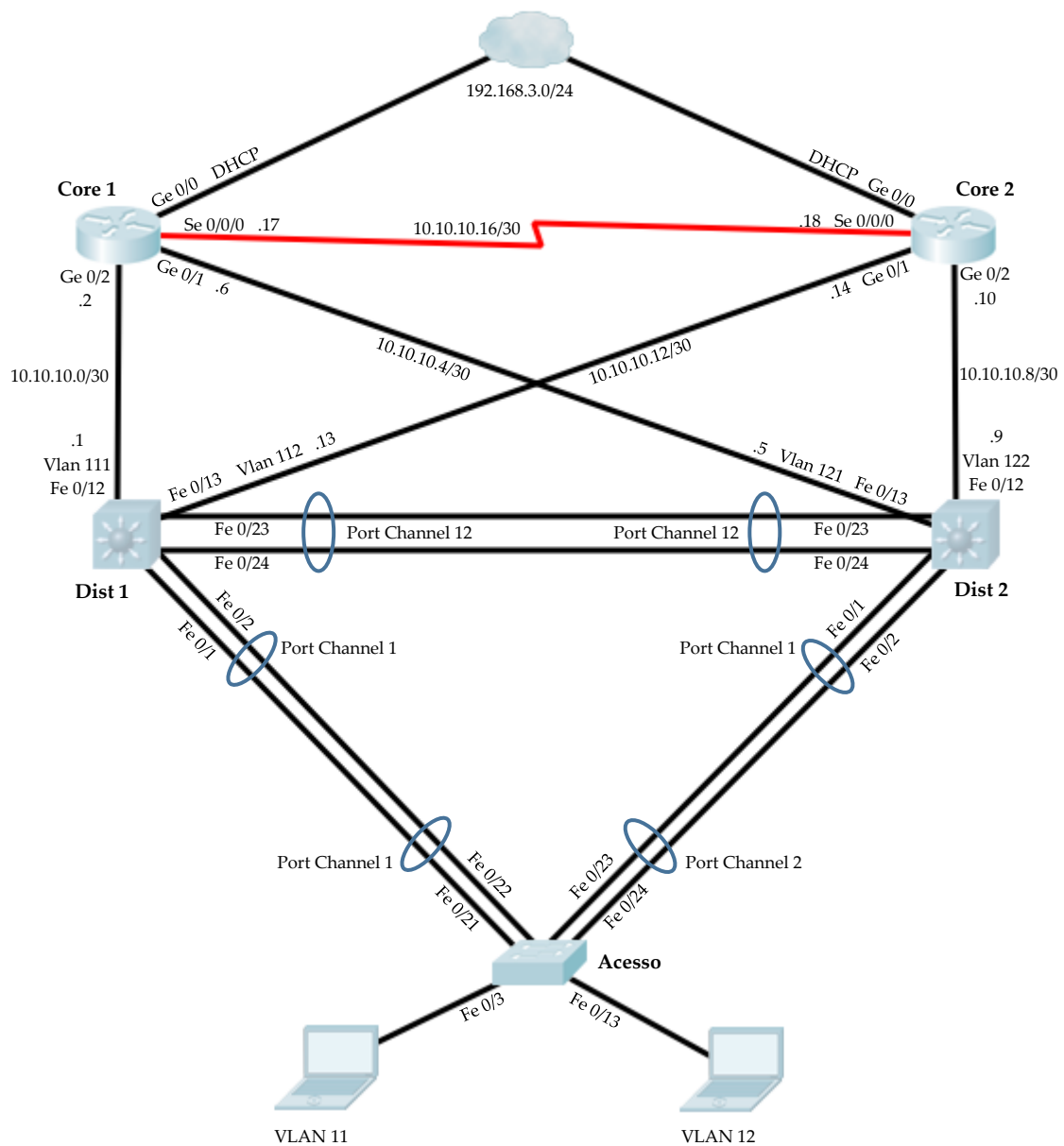
Índice

Introdução	3
Topologia da Rede	4
Procedimentos	5
• Configurações	5
• Tabelas de encaminhamento	14
• Testes	17
Conclusão	35
Bibliografia	36

Introdução

Quando se projecta uma rede local, o objectivo é dividi-la em camadas. Cada camada fornece funções específicas que definem o seu papel dentro da rede. Ao separar as várias funções, o projecto da rede torna-se modular, o que facilita a escalabilidade e o desempenho. O modelo típico de design é a divisão da rede numa hierarquia de três camadas: acesso, distribuição e core. É na camada de acesso, geralmente composta por switches layer 2 e pontos de acesso, onde se faz a interface com os dispositivos finais. Também é aqui onde se utilizam protocolos de segurança, que visam garantir que nenhum utilizador mal intencionado se possa conectar à rede e provocar danos tanto à própria rede, como aos restantes utilizadores. A camada de distribuição, composta por switches layer 3, agrega os dados provenientes da camada de acesso antes de serem encaminhados para o core e garantem redundância, tanto a nível de links como através de protocolos layer 2 e layer 3. Por último, a camada de core é utilizada para fazer a interface entre a rede local e a rede pública e é composta por switches layer 3 de elevado desempenho e/ou routers, de modo a garantir uma alta taxa de encaminhamento de pacotes. Assim, esta divisão de camadas tem implicações no aumento da escalabilidade, redundância, desempenho, segurança e facilidade de gestão.

Topologia da Rede



Procedimentos

- Configurações

Primeiramente foram criadas as vlan's no *switch* de acesso, através dos seguintes comandos:

```
vlan 11
vlan 12
vlan 21
vlan 22
vlan 99
```

(Nota: foram criadas vlan's correspondentes de outro grupo de trabalho para que o multiple spanning tree possa funcionar sem problemas ou restrições.)

Em segundo lugar configuraram-se as portas FastEthernet, de modo a que o intervalo de portas 1-12 seja para o acesso da vlan 11 e o intervalo 13-15 seja para o acesso da vlan 12:

```
interface range FastEthernet0/1-12
  switchport access vlan 11
  switchport mode access
!
interface range FastEthernet0/13-15
  switchport access vlan 12
  switchport mode access
```

As portas 16, 17, 18, 19, 20 foram desligadas:

```
interface range FastEthernet0/16-20
  shutdown
```

De forma a garantir um aumento de velocidade dos *links*, utilizou-se o protocolo LACP (Link Aggregation Control Protocol) que visa agregar vários links num só. De modo a usar o LACP no switch de acesso com os switches da distribuição, foram agrupadas as portas 21 e 22 no Port-channel1 e as portas 23 e 24 no Port-channel2. Tanto estas últimas portas individuais, como os Port-channel's foram configurados no modo trunk, de forma a "carimbar" na *frame* a vlan correspondente:

```
interface FastEthernet0/21
  switchport trunk allowed vlan 11,12,21,22,99
  switchport mode trunk
  channel-group 1 mode active
!
interface FastEthernet0/22
  switchport trunk allowed vlan 11,12,21,22,99
  switchport mode trunk
  channel-group 1 mode active
!
interface FastEthernet0/23
```

```
switchport trunk allowed vlan 11,12,21,22,99
switchport mode trunk
channel-group 2 mode active
!
interface FastEthernet0/24
switchport trunk allowed vlan 11,12,21,22,99
switchport mode trunk
channel-group 2 mode active
!
interface Port-channel1
switchport trunk allowed vlan 11,12,21,22,99
switchport mode trunk
!
interface Port-channel2
switchport trunk allowed vlan 11,12,21,22,99
switchport mode trunk
```

Foi criada uma interface para gestão remota do *switch* na vlan 99:

```
interface Vlan99
ip address 172.16.99.1 255.255.255.0
```

Em ambos os *switches* Layer 3 de distribuição foram criadas, em primeiro lugar, as vlans 11, 12, 21, 22 e 99:

```
vlan 11
vlan 12
vlan 21
vlan 22
vlan 99
```

De seguida configurou-se também o LACP e as respectivas portas no modo *trunk*:

```
interface FastEthernet0/1
switchport trunk encapsulation dot1q
switchport trunk allowed vlan 11,12,99
switchport mode trunk
channel-group 1 mode active
!
interface FastEthernet0/2
switchport trunk encapsulation dot1q
switchport trunk allowed vlan 11,12,99
switchport mode trunk
channel-group 1 mode active
!
interface FastEthernet0/23
switchport trunk encapsulation dot1q
switchport trunk allowed vlan 11,12,21,22,99
switchport mode trunk
channel-group 12 mode active
!
interface FastEthernet0/24
switchport trunk encapsulation dot1q
switchport trunk allowed vlan 11,12,21,22,99
switchport mode trunk
channel-group 12 mode active
!
interface Port-channel1
switchport trunk encapsulation dot1q
```

```
switchport trunk allowed vlan 11,12,99
switchport mode trunk
!
interface Port-channel12
switchport trunk encapsulation dot1q
switchport trunk allowed vlan 11,12,21,22,99
switchport mode trunk
```

Três interfaces foram criadas no *switch* de distribuição 1 correspondente a cada vlan:

```
interface Vlan11
ip address 172.16.11.1 255.255.255.0
!
interface Vlan12
ip address 172.16.12.1 255.255.255.0
!
interface Vlan99
ip address 172.16.99.100 255.255.255.0
```

O mesmo se fez para o *switch* de distribuição 2:

```
interface Vlan11
ip address 172.16.11.2 255.255.255.0
!
interface Vlan12
ip address 172.16.12.2 255.255.255.0
!
interface Vlan99
ip address 172.16.99.101 255.255.255.0
```

Estando as interfaces configuradas, procedeu-se à configuração do multiple spanning tree nos três *switches* com cinco instâncias, correspondendo cada uma a cada vlan:

```
spanning-tree mode mst
spanning-tree extend system-id
!
spanning-tree mst configuration
name region
instance 11 vlan 11
instance 12 vlan 12
instance 21 vlan 21
instance 22 vlan 22
instance 99 vlan 99
```

Foi antecipadamente decidido que o *switch* de distribuição 1 seria a Root Bridge para as instâncias 11 e 99 e seria a Backup Root Bridge para a instância 12. Como acima de tudo a selecção da Root Bridge é feita através do *switch* que tem menor prioridade, configuraram-se as prioridades do *switch* da distribuição 1 da seguinte forma:

```
spanning-tree mst 11,99 priority 4096
spanning-tree mst 12 priority 8192
```

Em relação ao *switch* de distribuição 2, foi estabelecido que seria a Root Bridge para a instância 12 e seria a Backup Root Bridge para as instâncias 11 e 99:

```
spanning-tree mst 11,99 priority 8192
spanning-tree mst 12 priority 4096
```

Na camada de acesso foi necessário a configuração dos seguintes mecanismos de segurança:

- **Port security** – usado para limitar o número de endereços MAC que podem enviar tráfego por uma determinada porta. Foi configurado um máximo de dois dispositivos por cada porta de acesso. A violação desta regra irá implicar o bloqueio da porta onde foi detectada a violação durante 300 segundos:

```
errdisable recovery cause psecure-violation
errdisable recovery interval 300
!
interface range FastEthernet 0/1-15
 switchport port-security maximum 2
 switchport port-security violation shutdown
```

- **DHCP Snooping** – mecanismo que se age como uma *firewall* entre *hosts* não confiáveis e servidores DHCP confiáveis, ou seja, apenas nas portas configuradas como confiáveis podem surgir mensagens vindas de um servidor DHCP. Foi configurado considerando que o servidor de DHCP está ligado aos *switches* de distribuição:

```
ip dhcp snooping
ip dhcp snooping vlan 11 12
!
interface range FastEthernet0/21-24
 ip dhcp snooping trust
!
interface Port-channel1
 ip dhcp snooping trust
!
interface Port-channel2
 ip dhcp snooping trust
```

- **IP Source Guard** - garante que o tráfego *ingress* numa porta é originada por um host legítimo, permitindo assim garantir a legitimidade do tráfego originado. Este mecanismo usa o DHCP snooping e Static IP binding para fazer correspondência dos IPs nas portas não confiáveis:

```
interface range FastEthernet 0/1-15
 ip verify source vlan dhcp-snooping
```


- **Dynamic ARP Inspection** – assegura que apenas os ARP *request* e *response* válidos sejam retransmitidos, interceptando e verificando-os nas portas não confiáveis:

```
ip arp inspection
!
interface range FastEthernet0/21-24
 ip arp inspection trust
!
interface Port-channel1
 ip arp inspection trust
!
interface Port-channel2
 ip arp inspection trust
```

- **ARP Rate Limiting Control** – assegura uma taxa limite de pacotes ARP por porta:

```
interface range FastEthernet0/1-15
 ip arp inspection limit rate 20
```

- **Storm Control** - impede que o tráfego da rede seja perturbado por um envio sucessivo de *broadcasts*, *multicasts* ou *unicasts* numa determinada porta. Uma “*storm*” ocorre quando os pacotes inundam a rede, criando excesso de tráfego e, consequentemente, um mau desempenho. Foi determinado que caso surja uma “*storm*”, essa porta é desligada:

```
interface range FastEthernet0/1-15
 storm-control broadcast level 25.00
 storm-control multicast level 25.00
 storm-control unicast level 50.00
 storm-control action shutdown
```

- **Spanning Tree BPDU Filter and Guard** – garante que nas portas de acesso não são recebidos nem enviados BPDU's (Bridge Protocol Data Unit), visto não serem portas em modo *trunk*. Caso seja recebido um BPDU, a porta entra em estado *errdisable*:

```
interface range FastEthernet0/1-15
 spanning-tree bpdufilter enable
 spanning-tree bpduguard enable
```

Neste ponto, estão implementados os protocolos Layer 2 que providenciam redundância e maior performance na rede (MSTP e LACP), assim como os mecanismos de segurança anteriormente referidos. A fase seguinte foi configurar mecanismos e protocolos Layer 3. A primeira opção foi configurar o protocolo Hot Standby Router (HSRP) nos switches de distribuição, de modo a que haja redundância a nível do *gateway*, configurando o mesmo IP em ambos os *switches* de distribuição. Resumindo, o

switch de distribuição 1 será o *gateway* activo (prioridade maior) correspondente à *vlan* 11 e será o *gateway* standby/backup (prioridade menor) correspondente à *vlan* 12. O *switch* de distribuição 2 será o *gateway* activo (prioridade maior) correspondente à *vlan* 12 e será o *gateway* standby/backup (prioridade menor) correspondente à *vlan* 11. Caso o *gateway* activo se desligue ou desconecte, o *gateway* standby assume o seu lugar. Quando o primeiro voltar a ter conectividade, apenas assumirá o lugar de activo passados 300 segundos (preemption enabled).

HSRP no *switch* de distribuição 1:

```
interface Vlan11
 standby 0 ip 172.16.11.254
 standby 0 priority 100
 standby 0 preempt delay minimum 300
!
interface Vlan12
 standby 0 ip 172.16.12.254
 standby 0 priority 10
 standby 0 preempt delay minimum 300
!
```

HSRP no *switch* de distribuição 2:

```
interface Vlan11
 standby 0 ip 172.16.11.254
 standby 0 priority 10
 standby 0 preempt delay minimum 300
!
interface Vlan12
 standby 0 ip 172.16.12.254
 standby 0 priority 100
 standby 0 preempt delay minimum 300
```

De seguida foi necessário configurar um servidor DHCP para cada *vlan* (11 e 12) em cada *switch* de distribuição, de modo a que cada *host* conectado ao *switch* de acesso obtenha um endereço IPv4 automaticamente:

```
ip dhcp pool vlan11
 network 172.16.11.0 255.255.255.0
 dns-server 8.8.8.8
 default-router 172.16.11.254
 lease 3
!
ip dhcp pool vlan12
 network 172.16.12.0 255.255.255.0
 dns-server 8.8.8.8
 default-router 172.16.12.254
 lease 3
```

A fase seguinte visou configurar as interfaces FastEthernet 0/12 e 0/13 em cada *switch* de distribuição para ligação com os *routers* da camada de core (ver topologia). Os comandos no *switch* de distribuição 1 foram os seguintes:

```
vlan 111
vlan 112
!
interface Vlan111
 ip address 10.10.10.1 255.255.255.252
!
interface Vlan112
 ip address 10.10.10.13 255.255.255.252
!
interface FastEthernet0/12
 switchport access vlan 111
 switchport mode access
!
interface FastEthernet0/13
 switchport access vlan 112
 switchport mode access
```

Para o *switch* de distribuição 2, os comandos foram similares, mudando apenas a vlan associada a cada interface:

```
vlan 121
vlan 122
!
interface Vlan121
 ip address 10.10.10.5 255.255.255.252
!
interface Vlan122
 ip address 10.10.10.9 255.255.255.252
!
interface FastEthernet0/12
 switchport access vlan 122
 switchport mode access
!
interface FastEthernet0/13
 switchport access vlan 121
 switchport mode access
```

Antes de se começar a configurar os *routers* (camada de core), finaliza-se a configuração da camada de distribuição, activando o encaminhamento, usando o OSPF como protocolo. Os seguintes comandos foram executados no *switch* de distribuição 1:

```
ip routing
!
router ospf 10
 network 10.10.10.0 0.0.0.3 area 0
 network 10.10.10.12 0.0.0.3 area 0
 network 172.16.11.0 0.0.0.255 area 0
 network 172.16.12.0 0.0.0.255 area 0
```

O mesmo se fez para o *switch* de distribuição 2:

```
ip routing
!
router ospf 10
 network 10.10.10.4 0.0.0.3 area 0
 network 10.10.10.8 0.0.0.3 area 0
 network 172.16.11.0 0.0.0.255 area 0
 network 172.16.12.0 0.0.0.255 area 0
```

Finalizando a configuração da camada de distribuição, a fase seguinte foi configurar a camada de core, composta por dois *router's* (core 1 e core 2). Começou-se pelas interfaces do core 1:

```
interface Loopback0
 ip address 192.168.100.1 255.255.255.255
 no shut
!
interface GigabitEthernet0/0
 ip address dhcp
 no shut
!
interface GigabitEthernet0/1
 ip address 10.10.10.6 255.255.255.252
 no shut
!
interface GigabitEthernet0/2
 ip address 10.10.10.2 255.255.255.252
 no shut
!
interface Serial0/0/0
 ip address 10.10.10.17 255.255.255.252
 no shut
```

Seguidamente do core 2:

```
interface Loopback0
 ip address 192.168.100.2 255.255.255.255
 no shut
!
interface GigabitEthernet0/0
 ip address dhcp
 no shut
!
interface GigabitEthernet0/1
 ip address 10.10.10.14 255.255.255.252
 no shut
!
interface GigabitEthernet0/2
 ip address 10.10.10.10 255.255.255.252
 no shut
!
interface Serial0/0/0
 ip address 10.10.10.18 255.255.255.252
 no shut
```

Depois das interfaces configuradas, procedeu-se à configuração do OSPF. Tendo em conta que a interface GigabitEthernet0/0 de cada *router* tem o seu ip obtido por DHCP, existe uma rota estática default (métrica de 254) a apontar para o default gateway obtido (192.168.3.1). Por causa disso, foi necessário configurar a redistribuição. Também pela razão de os routers estarem ligados a uma rede multiacesso, configurou-se um router ID em cada um, de modo a eleger preferencialmente o Designated Router e o Backup Designated Router. Assim, o Designated Router é o ponto central na troca de informações de encaminhamento OSPF, evitando várias trocas de informação entre todos os *routers* ligados a essa rede multiacesso com o protocolo OSPF activo. A configuração no core 1 foi a seguinte:

```
router ospf 10
router-id 192.168.100.1
redistribute static
network 10.10.10.0 0.0.0.3 area 0
network 10.10.10.4 0.0.0.3 area 0
network 10.10.10.16 0.0.0.3 area 0
```

A configuração do core 2 foi semelhante, mudando apenas o router ID e anunciando as suas redes directamente conectadas:

```
router ospf 10
router-id 192.168.100.2
redistribute static
network 10.10.10.8 0.0.0.3 area 0
network 10.10.10.12 0.0.0.3 area 0
network 10.10.10.16 0.0.0.3 area 0
```

Para evitar chegar a um destino por caminhos diferentes mas com o mesmo custo (load balancing), em cada *router* foram modificados alguns custos, configurados da seguinte forma:

```
interface GigabitEthernet0/1
ip ospf cost 3
!
interface GigabitEthernet0/2
ip ospf cost 3
!
interface Serial0/0/0
ip ospf cost 2
```

De forma a cada *router* injectar uma *default route* na rede foram executados em ambos os *routers* os seguintes comandos:

```
router ospf 10
default-information originate
```

Finalizando a configuração, foi necessário configurar o NAT overload em ambos os *routers*, ou seja, cada ip de host que pretenda comunicar com a rede pública será traduzido num porto de saída do *router*. Para tal foram executados os seguintes comandos:

```
interface GigabitEthernet0/0
ip nat outside
!
interface GigabitEthernet0/1
ip nat inside
!
interface GigabitEthernet0/2
ip nat inside
!
interface Serial0/0/0
ip nat inside
!
access-list 1 permit any
!
ip nat inside source list 1 interface GigabitEthernet0/0 overload
```

- Tabelas de encaminhamento

```
dist1#show ip route
(...)

Gateway of last resort is 10.10.10.2 to network 0.0.0.0

    172.16.0.0/24 is subnetted, 5 subnets
C       172.16.21.0 is directly connected, Vlan21
C       172.16.22.0 is directly connected, Vlan22
C       172.16.12.0 is directly connected, Vlan12
C       172.16.11.0 is directly connected, Vlan11
C       172.16.99.0 is directly connected, Vlan99
    10.0.0.0/30 is subnetted, 5 subnets
O       10.10.10.8 [110/2] via 172.16.22.2, 00:08:26, Vlan22
          [110/2] via 172.16.21.2, 00:08:26, Vlan21
          [110/2] via 172.16.12.2, 00:08:26, Vlan12
          [110/2] via 172.16.11.2, 00:08:26, Vlan11
C       10.10.10.12 is directly connected, Vlan112
C       10.10.10.0 is directly connected, Vlan111
O       10.10.10.4 [110/2] via 172.16.22.2, 00:08:29, Vlan22
          [110/2] via 172.16.21.2, 00:08:29, Vlan21
          [110/2] via 172.16.12.2, 00:08:29, Vlan12
          [110/2] via 172.16.11.2, 00:08:29, Vlan11
O       10.10.10.16 [110/3] via 10.10.10.14, 00:08:29, Vlan112
          [110/3] via 10.10.10.2, 00:08:29, Vlan111
O*E2 0.0.0.0/0 [110/1] via 10.10.10.2, 00:01:30, Vlan111
```

```
dist2#show ip route
(...)

Gateway of last resort is 10.10.10.6 to network 0.0.0.0

    172.16.0.0/24 is subnetted, 5 subnets
C       172.16.21.0 is directly connected, Vlan21
C       172.16.22.0 is directly connected, Vlan22
C       172.16.12.0 is directly connected, Vlan12
C       172.16.11.0 is directly connected, Vlan11
C       172.16.99.0 is directly connected, Vlan99
    10.0.0.0/30 is subnetted, 5 subnets
C       10.10.10.8 is directly connected, Vlan122
O       10.10.10.12 [110/2] via 172.16.22.1, 00:08:53, Vlan22
          [110/2] via 172.16.21.1, 00:08:53, Vlan21
          [110/2] via 172.16.12.1, 00:08:53, Vlan12
          [110/2] via 172.16.11.1, 00:08:53, Vlan11
O       10.10.10.0 [110/2] via 172.16.22.1, 00:08:53, Vlan22
          [110/2] via 172.16.21.1, 00:08:53, Vlan21
          [110/2] via 172.16.12.1, 00:08:53, Vlan12
          [110/2] via 172.16.11.1, 00:08:53, Vlan11
C       10.10.10.4 is directly connected, Vlan121
O       10.10.10.16 [110/3] via 10.10.10.10, 00:08:53, Vlan122
          [110/3] via 10.10.10.6, 00:08:53, Vlan121
O*E2 0.0.0.0/0 [110/1] via 10.10.10.6, 00:01:55, Vlan121
```

```

core1#show ip route
(...)

Gateway of last resort is 192.168.3.1 to network 0.0.0.0

S*   0.0.0.0/0 [254/0] via 192.168.3.1
      10.0.0.0/8 is variably subnetted, 8 subnets, 2 masks
C     10.10.10.0/30 is directly connected, GigabitEthernet0/2
L     10.10.10.2/32 is directly connected, GigabitEthernet0/2
C     10.10.10.4/30 is directly connected, GigabitEthernet0/1
L     10.10.10.6/32 is directly connected, GigabitEthernet0/1
O     10.10.10.8/30 [110/4] via 10.10.10.5, 00:09:53, GigabitEthernet0/1
O     10.10.10.12/30 [110/4] via 10.10.10.1, 00:15:38, GigabitEthernet0/2
C     10.10.10.16/30 is directly connected, Serial0/0/0
L     10.10.10.17/32 is directly connected, Serial0/0/0
      172.16.0.0/24 is subnetted, 4 subnets
O     172.16.11.0 [110/4] via 10.10.10.5, 00:09:53, GigabitEthernet0/1
           [110/4] via 10.10.10.1, 00:38:16, GigabitEthernet0/2
O     172.16.12.0 [110/4] via 10.10.10.5, 00:09:53, GigabitEthernet0/1
           [110/4] via 10.10.10.1, 00:38:16, GigabitEthernet0/2
O     172.16.21.0 [110/4] via 10.10.10.5, 00:09:53, GigabitEthernet0/1
           [110/4] via 10.10.10.1, 00:38:16, GigabitEthernet0/2
O     172.16.22.0 [110/4] via 10.10.10.5, 00:09:53, GigabitEthernet0/1
           [110/4] via 10.10.10.1, 00:38:16, GigabitEthernet0/2
      192.168.3.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
C     192.168.3.0/24 is directly connected, GigabitEthernet0/0
L     192.168.3.64/32 is directly connected, GigabitEthernet0/0
      192.168.100.0/32 is subnetted, 1 subnets
C     192.168.100.1 is directly connected, Loopback0
  
```

```

core2#show ip route
(...)

Gateway of last resort is 10.10.10.17 to network 0.0.0.0

O*E2  0.0.0.0/0 [110/1] via 10.10.10.17, 00:03:17, Serial0/0/0
      10.0.0.0/8 is variably subnetted, 8 subnets, 2 masks
O     10.10.10.0/30 [110/4] via 10.10.10.13, 00:14:32, GigabitEthernet0/1
O     10.10.10.4/30 [110/4] via 10.10.10.9, 00:16:21, GigabitEthernet0/2
C     10.10.10.8/30 is directly connected, GigabitEthernet0/2
L     10.10.10.10/32 is directly connected, GigabitEthernet0/2
C     10.10.10.12/30 is directly connected, GigabitEthernet0/1
L     10.10.10.14/32 is directly connected, GigabitEthernet0/1
C     10.10.10.16/30 is directly connected, Serial0/0/0
L     10.10.10.18/32 is directly connected, Serial0/0/0
      172.16.0.0/24 is subnetted, 4 subnets
O     172.16.11.0 [110/4] via 10.10.10.13, 00:14:32, GigabitEthernet0/1
           [110/4] via 10.10.10.9, 00:26:05, GigabitEthernet0/2
O     172.16.12.0 [110/4] via 10.10.10.13, 00:14:32, GigabitEthernet0/1
           [110/4] via 10.10.10.9, 00:26:05, GigabitEthernet0/2
O     172.16.21.0 [110/4] via 10.10.10.13, 00:14:32, GigabitEthernet0/1
           [110/4] via 10.10.10.9, 00:26:05, GigabitEthernet0/2
O     172.16.22.0 [110/4] via 10.10.10.13, 00:14:32, GigabitEthernet0/1
           [110/4] via 10.10.10.9, 00:26:05, GigabitEthernet0/2
      192.168.3.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
C     192.168.3.0/24 is directly connected, GigabitEthernet0/0
L     192.168.3.65/32 is directly connected, GigabitEthernet0/0
      192.168.100.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
C     192.168.100.0/30 is directly connected, Loopback0
L     192.168.100.2/32 is directly connected, Loopback0
  
```

Como ambos os *routers* têm a mesma capacidade de processamento e estão ligados à mesma rede externa, não houve necessidade de estabelecer qual deles seria o preferido para comunicações com o exterior. Como tal, o primeiro *router* a ter conectividade com o exterior ficará a ser o preferido devido à seguinte ordem de eventos:

1. *Router* 1 é ligado
2. *Router* 1 recebe IP externo por DHCP
3. *Router* 1 recebe rota estática *default* com uma distância administrativa de 254 (DHCP-learned) e adiciona-a à sua tabela de encaminhamento
4. *Router* 1 injecta a rota default na rede interna através de OSPF
5. *Router* 2 é ligado
6. *Router* 2 recebe rota *default* por OSPF com uma distância administrativa de 110 (OSPF External type 2) e adiciona-a à sua tabela de encaminhamento
7. *Router* 2 recebe IP externo por DHCP
8. *Router* 2 recebe rota estática *default* com uma distância administrativa de 254 (DHCP-learned) mas não a adiciona à sua tabela de encaminhamento porque a rota estática aprendida por OSPF tem uma distância administrativa inferior, logo tem prioridade sobre a DHCP-learned.

Daí que todos os pacotes cujo destino não é conhecido serão encaminhados sempre em último lugar pelo *Router* 1.

• Testes

A fase de testes foi dividida em três partes:

1. Protocolos Layer 2
2. Protocolos Layer 3
3. NAT

Resumo

Teste	Output Actual	Procedimento	Resultado Esperado
MSTP VLAN 11	Dist_1 é a Root Bridge	Desligar Dist_1	Dist_2 assume Root Bridge
PASSOU			
MSTP VLAN 12	Dist_2 é a Root Bridge	Desligar Dist_2	Dist_1 assume Root Bridge
PASSOU			
MSTP VLAN 99	Dist_1 é a Root Bridge	Desligar Dist_1	Dist_2 assume Root Bridge
PASSOU			
LACP Port-channel 1 (switch acesso)	Portas 21 e 22 assumindo-se como Po1	Desligar porta 22	Porta 21 assumindo-se como Po1
PASSOU			
LACP Port-channel 2 (switch acesso)	Portas 23 e 24 assumindo-se como Po2	Desligar porta 24	Porta 23 assumindo-se como Po2
PASSOU			
LACP Port-channel 12 (switch distribuição 1)	Portas 23 e 24 assumindo-se como Po12	Desligar porta 24	Porta 23 assumindo-se como Po12
PASSOU			
DHCP VLAN 11	N/A	Conectar pc à porta 3 do acesso	ip:172.16.11.X/24 gateway:192.168.11.254
PASSOU			
DHCP VLAN 12	N/A	Conectar pc à porta 13 do acesso	ip:172.16.12.X/24 gateway:192.168.12.254
PASSOU			
HSRP VLAN 11	Dist_1 como gateway activo	Desligar interface vlan11 na Dist_1	Dist_2 assume-se como gateway activo
PASSOU			
HSRP VLAN 12	Dist_2 como gateway activo	Desligar interface vlan12 na Dist_2	Dist_1 assume-se como gateway activo
PASSOU			
OSPF a partir do PC da VLAN 11	tracert 192.168.3.1 e registar caminho	Desligar uma interface do caminho	Garantir que o pacote viajou por caminho alternativo
PASSOU			
OSPF a partir do PC da VLAN 12	tracert 192.168.3.1 e registar caminho	Desligar uma interface do caminho	Garantir que o pacote viajou por caminho alternativo
PASSOU			
NAT	N/A	Visualizar traduções	Mostrar as traduções feitas
PASSOU			

Protocolos Layer 2

- SPANNING TREE - VLAN 11

O spanning tree está a funcionar como esperado. O *switch* de distribuição 1 é a Root Bridge devido à sua prioridade ser menor. O seguinte output comprova que as configurações estão correctas:

```
dist1#show spanning-tree vlan 11

MST11
  Spanning tree enabled protocol mstp
  Root ID    Priority    4107
             Address    501c.bf38.ec00
             This bridge is the root
             Hello Time  2 sec   Max Age 20 sec   Forward Delay 15 sec

  Bridge ID  Priority    4107   (priority 4096 sys-id-ext 11)
             Address    501c.bf38.ec00
             Hello Time  2 sec   Max Age 20 sec   Forward Delay 15 sec

Interface                Role Sts Cost          Prio.Nbr Type
-----
--
Po1                      Desg FWD 100000       128.56  P2p
Po12                    Root FWD 100000       128.144 P2p
```

```
dist2#show spanning-tree vlan 11

MST11
  Spanning tree enabled protocol mstp
  Root ID    Priority    4107
             Address    501c.bf38.ec00
             Cost        100000
             Port        144 (Port-channel12)
             Hello Time  2 sec   Max Age 20 sec   Forward Delay 15 sec

  Bridge ID  Priority    8203   (priority 8192 sys-id-ext 11)
             Address    501c.bf0f.f280
             Hello Time  2 sec   Max Age 20 sec   Forward Delay 15 sec

Interface                Role Sts Cost          Prio.Nbr Type
-----
--
Po1                      Desg FWD 100000       128.56  P2p
Po12                    Root FWD 100000       128.144 P2p
```

```
Switch#show spanning-tree vlan 11

MST11
  Spanning tree enabled protocol mstp
  Root ID    Priority    4107
             Address    501c.bf38.ec00
             Cost        100000
             Port        56 (Port-channel1)
             Hello Time  2 sec   Max Age 20 sec   Forward Delay 15 sec

  Bridge ID  Priority    32779   (priority 32768 sys-id-ext 11)
             Address    c414.3cd9.9400
             Hello Time  2 sec   Max Age 20 sec   Forward Delay 15 sec
```

Interface	Role	Sts	Cost	Prio.Nbr	Type
--	--	--	--	--	--
---	---	---	---	---	---
Fa0/3	Desg	FWD	200000	128.3	P2p
Pol1	Root	FWD	100000	128.56	P2p
Pol2	Altn	BLK	100000	128.64	P2p

De seguida, o *switch* de distribuição 1 é desligado. É esperado que o *switch* de distribuição 2 assuma o cargo de Root Bridge. O seguinte output confirma o esperado:

```
dist2#show spanning-tree vlan 11
```

MST11

Spanning tree enabled protocol mstp

Root ID Priority 8203
 Address 501c.bf0f.f280
 This bridge is the root
 Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec

Bridge ID Priority 8203 (priority 8192 sys-id-ext 11)
 Address 501c.bf0f.f280
 Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec

Interface	Role	Sts	Cost	Prio.Nbr	Type
-----	-----	-----	-----	-----	-----
---	---	---	---	---	---
Pol1	Desg	FWD	100000	128.56	P2p

- SPANNING TREE - VLAN 12

O spanning tree para a vlan 12 também está a funcionar como esperado. O *switch* de distribuição 2 é a Root Bridge devido à sua prioridade ser menor. O seguinte output comprova que as configurações estão correctas:

```
dist1#show spanning-tree vlan 12
```

MST12

Spanning tree enabled protocol mstp

Root ID Priority 4108
 Address 501c.bf0f.f280
 Cost 100000
 Port 144 (Port-channel12)
 Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec

Bridge ID Priority 8204 (priority 8192 sys-id-ext 12)
 Address 501c.bf38.ec00
 Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec

Interface	Role	Sts	Cost	Prio.Nbr	Type
-----	-----	-----	-----	-----	-----
---	---	---	---	---	---
Pol1	Desg	FWD	100000	128.56	P2p
Pol12	Root	FWD	100000	128.144	P2p

```
dist2#show spanning-tree vlan 12
```

```
MST12
```

```
Spanning tree enabled protocol mstp
```

```
Root ID      Priority    4108  
            Address    501c.bf0f.f280
```

```
This bridge is the root
```

```
Hello Time    2 sec    Max Age 20 sec    Forward Delay 15 sec
```

```
Bridge ID  Priority    4108    (priority 4096 sys-id-ext 12)  
Address    501c.bf0f.f280  
Hello Time    2 sec    Max Age 20 sec    Forward Delay 15 sec
```

```
Interface          Role Sts Cost          Prio.Nbr Type
```

```
-----  
--  
Po1                Desg FWD 100000      128.56  P2p  
Po12               Desg FWD 100000      128.144 P2p
```

```
Switch#show spanning-tree vlan 12
```

```
MST12
```

```
Spanning tree enabled protocol mstp
```

```
Root ID      Priority    4108  
            Address    501c.bf0f.f280
```

```
Cost          100000
```

```
Port          64 (Port-channel2)
```

```
Hello Time    2 sec    Max Age 20 sec    Forward Delay 15 sec
```

```
Bridge ID  Priority    32780    (priority 32768 sys-id-ext 12)  
Address    c414.3cd9.9400  
Hello Time    2 sec    Max Age 20 sec    Forward Delay 15 sec
```

```
Interface          Role Sts Cost          Prio.Nbr Type
```

```
-----  
--  
Fa0/13            Desg FWD 200000      128.13  P2p  
Po1               Altn BLK 100000      128.56  P2p  
Po2               Root FWD 100000      128.64  P2p
```

O *switch* de distribuição 2 é desligado. É esperado que o *switch* de distribuição 1 assumo o cargo de Root Bridge. O seguinte output confirma o esperado:

```
dist1#show spanning-tree vlan 12
```

```
MST12
```

```
Spanning tree enabled protocol mstp
```

```
Root ID      Priority    8204  
            Address    501c.bf38.ec00
```

```
This bridge is the root
```

```
Hello Time    2 sec    Max Age 20 sec    Forward Delay 15 sec
```

```
Bridge ID  Priority    8204    (priority 8192 sys-id-ext 12)  
Address    501c.bf38.ec00  
Hello Time    2 sec    Max Age 20 sec    Forward Delay 15 sec
```

```
Interface          Role Sts Cost          Prio.Nbr Type
```

```
-----  
--  
Po1                Desg FWD 100000      128.56  P2p
```

- SPANNING TREE - VLAN 99

Tal como nas anteriores, o spanning tree para a vlan 99 está a funcionar como esperado. O *switch* de distribuição 1 é a Root Bridge devido à sua prioridade ser menor. O seguinte output comprova que as configurações estão correctas:

```
dist1#show spanning-tree vlan 99
```

MST99

Spanning tree enabled protocol mstp

Root ID Priority 4107
 Address 501c.bf38.ec00
 This bridge is the root

Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec

Bridge ID Priority 4107 (priority 4096 sys-id-ext 11)
 Address 501c.bf38.ec00
 Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec

Interface	Role	Sts	Cost	Prio.Nbr	Type

--					
Po1	Desg	FWD	100000	128.56	P2p
Po12	Desg	FWD	100000	128.144	P2p

```
dist2#show spanning-tree vlan 99
```

MST99

Spanning tree enabled protocol mstp

Root ID Priority 4107
 Address 501c.bf38.ec00
 Cost 100000
 Port 144 (Port-channel12)
 Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec

Bridge ID Priority 8203 (priority 8192 sys-id-ext 11)
 Address 501c.bf0f.f280
 Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec

Interface	Role	Sts	Cost	Prio.Nbr	Type

--					
Po1	Desg	FWD	100000	128.56	P2p
Po12	Root	FWD	100000	128.144	P2p

```
Switch#show spanning-tree vlan 99
```

MST99

Spanning tree enabled protocol mstp

Root ID Priority 4107
 Address 501c.bf38.ec00
 Cost 100000
 Port 56 (Port-channel1)
 Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec

Bridge ID Priority 32779 (priority 32768 sys-id-ext 11)
 Address c414.3cd9.9400
 Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec

Interface	Role	Sts	Cost	Prio.Nbr	Type

--				
Fa0/3	Desg	FWD	200000	128.3 P2p
Po1	Root	FWD	100000	128.56 P2p
Po2	Altn	BLK	100000	128.64 P2p

O *switch* de distribuição 1 é desligado. É esperado que o *switch* de distribuição 2 assuma o cargo de Root Bridge. O seguinte output confirma o esperado:

```
dist2#show spanning-tree vlan 11
```

MST11					
Spanning tree enabled protocol mstp					
Root ID	Priority	8203			
Address	501c.bf0f.f280				
This bridge is the root					
Hello Time	2 sec	Max Age	20 sec	Forward Delay	15 sec
Bridge ID	Priority	8203	(priority 8192 sys-id-ext 11)		
Address	501c.bf0f.f280				
Hello Time	2 sec	Max Age	20 sec	Forward Delay	15 sec
Interface	Role	Sts	Cost	Prio.Nbr	Type

--					
Po1	Desg	FWD	100000	128.56	P2p

- LACP

Também o LACP está a funcionar plenamente. Durante o teste anterior foi aproveitado para se desligar os cabos das portas 22 e 24 do *switch* de acesso e a porta 24 do *switch* de distribuição 1. Através dos comandos anteriores, verificou-se que os Port-channel's se mantinham (Po1 e Po2 no acesso e Po12 na distribuição), apesar de cada um destes estarem a funcionar apenas com uma interface conectada (um cabo).

Protocolos Layer 3

- PC (VLAN11):

Depois do *switch* de distribuição 1 ter sido novamente ligado e as configurações do spanning tree terem sido repostas, é esperado que o PC ligado à porta FastEthernet 0/3 do *switch* de acesso obtenha, através de um dos servidores DHCP, um endereço IP 172.16.11.X, com uma máscara 255.255.255.0 e um Default Gateway 192.168.11.254. Confirma-se o resultado:

```
C:\Users\rdadosei>ipconfig
```

Windows IP Configuration	
Ethernet adapter Local Area Connection:	
Connection-specific DNS Suffix	:
Link-local IPv6 Address	fe80::94e0:3fbc:7b9f:a02f%10
IPv4 Address.	172.16.11.3
Subnet Mask	255.255.255.0
Default Gateway	172.16.11.254

Depois de lhe ser atribuído o IP é suposto o PC ter conectividade com todas as sub-redes. O output seguinte é a prova de como tudo foi bem planeado e executado:

```
C:\Users\rdadosei>ping 172.16.11.1

Pinging 172.16.11.1 with 32 bytes of data:
Reply from 172.16.11.1: bytes=32 time=5ms TTL=255
Reply from 172.16.11.1: bytes=32 time<1ms TTL=255
Reply from 172.16.11.1: bytes=32 time=2ms TTL=255
Reply from 172.16.11.1: bytes=32 time=1ms TTL=255

Ping statistics for 172.16.11.1:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 0ms, Maximum = 5ms, Average = 2ms

C:\Users\rdadosei>ping 172.16.11.2

Pinging 172.16.11.2 with 32 bytes of data:
Reply from 172.16.11.2: bytes=32 time=1ms TTL=255
Reply from 172.16.11.2: bytes=32 time=1ms TTL=255
Reply from 172.16.11.2: bytes=32 time=3ms TTL=255
Reply from 172.16.11.2: bytes=32 time=2ms TTL=255

Ping statistics for 172.16.11.2:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 1ms, Maximum = 3ms, Average = 1ms

C:\Users\rdadosei>ping 172.16.11.254

Pinging 172.16.11.254 with 32 bytes of data:
Reply from 172.16.11.254: bytes=32 time=1ms TTL=255
Reply from 172.16.11.254: bytes=32 time=1ms TTL=255
Reply from 172.16.11.254: bytes=32 time=5ms TTL=255
Reply from 172.16.11.254: bytes=32 time=1ms TTL=255

Ping statistics for 172.16.11.254:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 1ms, Maximum = 5ms, Average = 2ms

C:\Users\rdadosei>ping 172.16.12.1

Pinging 172.16.12.1 with 32 bytes of data:
Reply from 172.16.12.1: bytes=32 time=2ms TTL=255
Reply from 172.16.12.1: bytes=32 time=2ms TTL=255
Reply from 172.16.12.1: bytes=32 time=2ms TTL=255
Reply from 172.16.12.1: bytes=32 time=2ms TTL=255

Ping statistics for 172.16.12.1:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 2ms, Maximum = 2ms, Average = 2ms

C:\Users\rdadosei>ping 172.16.12.2

Pinging 172.16.12.2 with 32 bytes of data:
Reply from 172.16.12.2: bytes=32 time=2ms TTL=255
Reply from 172.16.12.2: bytes=32 time=1ms TTL=255
Reply from 172.16.12.2: bytes=32 time=2ms TTL=255
Reply from 172.16.12.2: bytes=32 time=3ms TTL=255

Ping statistics for 172.16.12.2:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
```

```
Minimum = 1ms, Maximum = 3ms, Average = 2ms

C:\Users\rdadosei>ping 172.16.12.254

Pinging 172.16.12.254 with 32 bytes of data:
Reply from 172.16.12.254: bytes=32 time=1ms TTL=255
Reply from 172.16.12.254: bytes=32 time=1ms TTL=255
Reply from 172.16.12.254: bytes=32 time=3ms TTL=255
Reply from 172.16.12.254: bytes=32 time=3ms TTL=255

Ping statistics for 172.16.12.254:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 1ms, Maximum = 3ms, Average = 2ms

C:\Users\rdadosei>ping 10.10.10.10

Pinging 10.10.10.10 with 32 bytes of data:
Reply from 10.10.10.10: bytes=32 time<1ms TTL=254
Reply from 10.10.10.10: bytes=32 time<1ms TTL=254
Reply from 10.10.10.10: bytes=32 time<1ms TTL=254
Reply from 10.10.10.10: bytes=32 time<1ms TTL=254

Ping statistics for 10.10.10.10:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 0ms, Maximum = 0ms, Average = 0ms

C:\Users\rdadosei>ping 10.10.10.2

Pinging 10.10.10.2 with 32 bytes of data:
Reply from 10.10.10.2: bytes=32 time<1ms TTL=254
Reply from 10.10.10.2: bytes=32 time<1ms TTL=254
Reply from 10.10.10.2: bytes=32 time<1ms TTL=254
Reply from 10.10.10.2: bytes=32 time<1ms TTL=254

Ping statistics for 10.10.10.2:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 0ms, Maximum = 0ms, Average = 0ms

C:\Users\rdadosei>ping 10.10.10.14

Pinging 10.10.10.14 with 32 bytes of data:
Reply from 10.10.10.14: bytes=32 time<1ms TTL=254
Reply from 10.10.10.14: bytes=32 time<1ms TTL=254
Reply from 10.10.10.14: bytes=32 time<1ms TTL=254
Reply from 10.10.10.14: bytes=32 time<1ms TTL=254

Ping statistics for 10.10.10.14:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 0ms, Maximum = 0ms, Average = 0ms

C:\Users\rdadosei>ping 10.10.10.6

Pinging 10.10.10.6 with 32 bytes of data:
Reply from 10.10.10.6: bytes=32 time<1ms TTL=254
Reply from 10.10.10.6: bytes=32 time<1ms TTL=254
Reply from 10.10.10.6: bytes=32 time<1ms TTL=254
Reply from 10.10.10.6: bytes=32 time<1ms TTL=254

Ping statistics for 10.10.10.6:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 0ms, Maximum = 0ms, Average = 0ms
```



```
C:\Users\rdadosei>ping 10.10.10.17

Pinging 10.10.10.17 with 32 bytes of data:
Reply from 10.10.10.17: bytes=32 time<1ms TTL=254
Reply from 10.10.10.17: bytes=32 time=1ms TTL=254
Reply from 10.10.10.17: bytes=32 time<1ms TTL=254
Reply from 10.10.10.17: bytes=32 time<1ms TTL=254

Ping statistics for 10.10.10.17:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 0ms, Maximum = 1ms, Average = 0ms

C:\Users\rdadosei>ping 192.168.3.1

Pinging 192.168.3.1 with 32 bytes of data:
Reply from 192.168.3.1: bytes=32 time=1ms TTL=253
Reply from 192.168.3.1: bytes=32 time=1ms TTL=253
Reply from 192.168.3.1: bytes=32 time=1ms TTL=253
Reply from 192.168.3.1: bytes=32 time=1ms TTL=253

Ping statistics for 192.168.3.1:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 1ms, Maximum = 1ms, Average = 1ms
```

Como se pode verificar nos seguintes outputs em relação ao protocolo HSRP, o *switch* de distribuição 1 é o *gateway* activo, e o *switch* de distribuição 2 é o *gateway* standby, como esperado:

```
dist1#show standby vlan 11
Vlan11 - Group 0
  State is Active
    2 state changes, last state change 00:00:20
  Virtual IP address is 172.16.11.254
  Active virtual MAC address is 0000.0c07.ac00
    Local virtual MAC address is 0000.0c07.ac00 (v1 default)
  Hello time 3 sec, hold time 10 sec
    Next hello sent in 0.416 secs
  Preemption enabled, delay min 300 secs
  Active router is local
  Standby router is 172.16.11.2, priority 10 (expires in 7.920 sec)
  Priority 100 (default 100)
  Group name is "hsrp-Vl11-0" (default)
```

```
dist2#show standby vlan 11
Vlan11 - Group 0
  State is Standby
    1 state changes, last state change 00:00:48
  Virtual IP address is 172.16.11.254
  Active virtual MAC address is 0000.0c07.ac00
    Local virtual MAC address is 0000.0c07.ac00 (v1 default)
  Hello time 3 sec, hold time 10 sec
    Next hello sent in 1.360 secs
  Preemption enabled, delay min 300 secs
  Active router is 172.16.11.1, priority 100 (expires in 8.576 sec)
  Standby router is local
  Priority 10 (configured 10)
  Group name is "hsrp-Vl11-0" (default)
```

A interface vlan 11 do *switch* de distribuição 1 foi desligada. O esperado é que o *switch* de distribuição 2 se assuma como *gateway* activo, permitindo ao PC continuar a ter conectividade, o que é confirmado:

```
dist2#show standby vlan 11
Vlan11 - Group 0
  State is Active
    5 state changes, last state change 00:01:15
  Virtual IP address is 172.16.11.254
  Active virtual MAC address is 0000.0c07.ac00
    Local virtual MAC address is 0000.0c07.ac00 (v1 default)
  Hello time 3 sec, hold time 10 sec
    Next hello sent in 1.584 secs
  Preemption enabled, delay min 300 secs
  Active router is local
  Standby router is unknown
  Priority 10 (configured 10)
  Group name is "hsrp-Vl11-0" (default)
```

```
C:\Users\rdadosei>ping 192.168.3.1

Pinging 192.168.3.1 with 32 bytes of data:
Reply from 192.168.3.1: bytes=32 time=1ms TTL=253
Reply from 192.168.3.1: bytes=32 time=1ms TTL=253
Reply from 192.168.3.1: bytes=32 time=1ms TTL=253
Reply from 192.168.3.1: bytes=32 time=1ms TTL=253

Ping statistics for 192.168.3.1:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 1ms, Maximum = 1ms, Average = 1ms
```

Depois da interface vlan 11 do *switch* de distribuição 1 ter sido ligada novamente, é esperado que passe do estado Standby para Active, depois de passarem os 300 segundos. O output seguinte mostra esse exacto momento:

```
dist1#
*Mar 1 00:06:11.321: %HSRP-5-STATECHANGE: Vlan11 Grp 0 state Standby -> Active
dist1#
dist1#show standby vlan 11
Vlan11 - Group 0
  State is Active
    2 state changes, last state change 00:00:08
  Virtual IP address is 172.16.11.254
  Active virtual MAC address is 0000.0c07.ac00
    Local virtual MAC address is 0000.0c07.ac00 (v1 default)
  Hello time 3 sec, hold time 10 sec
    Next hello sent in 1.952 secs
  Preemption enabled, delay min 300 secs
  Active router is local
  Standby router is 172.16.11.2, priority 10 (expires in 5.662 sec)
  Priority 100 (default 100)
  Group name is "hsrp-Vl11-0" (default)
```

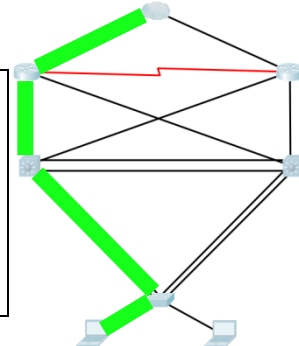
Seguidamente foi testado a redundância de rotas. O PC terá de obter respostas ICMP vindas do exterior desta rede até não existir nenhuma rota disponível. O teste executado é traçar a rota, ver por onde passam os pacotes e ir desligado os cabos, obrigando os pacotes a percorrerem outro caminho para o mesmo destino.

```
C:\Users\rdadosei>tracert 192.168.3.1

Tracing route to 192.168.3.1 over a maximum of 30 hops

  1      4 ms      1 ms      1 ms  172.16.11.1
  2     <1 ms     1 ms     <1 ms  10.10.10.2
  3      1 ms      1 ms      1 ms  192.168.3.1

Trace complete.
```



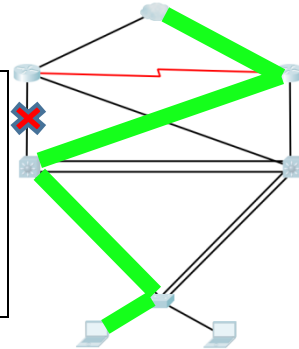
Rede 10.10.10.0/30 desligada:

```
C:\Users\rdadosei>tracert 192.168.3.1

Tracing route to 192.168.3.1 over a maximum of 30 hops

  1      1 ms      1 ms      1 ms  172.16.11.1
  2     <1 ms     1 ms     1 ms  10.10.10.14
  3      1 ms      1 ms      1 ms  192.168.3.1

Trace complete.
```



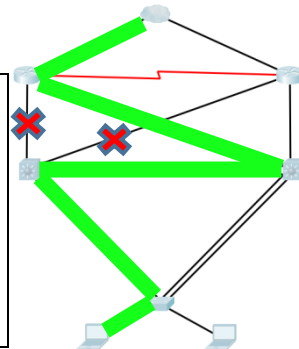
Rede 10.10.10.12/30 desligada:

```
C:\Users\rdadosei>tracert 192.168.3.1

Tracing route to 192.168.3.1 over a maximum of 30 hops

  1     <1 ms      1 ms      1 ms  172.16.11.1
  2      1 ms      1 ms      1 ms  172.16.11.2
  3     <1 ms      1 ms     <1 ms  10.10.10.6
  4      1 ms      1 ms      1 ms  192.168.3.1

Trace complete.
```



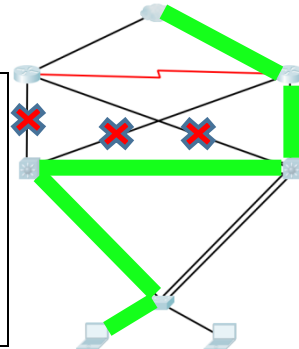
Rede 10.10.10.4/30 desligada:

```
C:\Users\rdadosei>tracert 192.168.3.1

Tracing route to 192.168.3.1 over a maximum of 30 hops

  1     <1 ms      1 ms      1 ms  172.16.11.1
  2      1 ms      1 ms      1 ms  172.16.11.2
  3     <1 ms      1 ms     <1 ms  10.10.10.10
  4      1 ms      1 ms      1 ms  192.168.3.1

Trace complete.
```



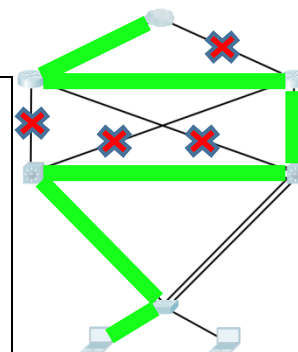
Interface Ge 0/0 do Core 2 desligada:

```
C:\Users\rdadosei>tracert 192.168.3.1

Tracing route to 192.168.3.1 over a maximum of 30 hops

  1     1 ms     1 ms     1 ms    172.16.11.1
  2     1 ms     1 ms     1 ms    172.16.11.2
  3    <1 ms     1 ms    <1 ms    10.10.10.10
  4     1 ms     1 ms     1 ms    10.10.10.17
  5     2 ms     2 ms     1 ms    192.168.3.1

Trace complete.
```



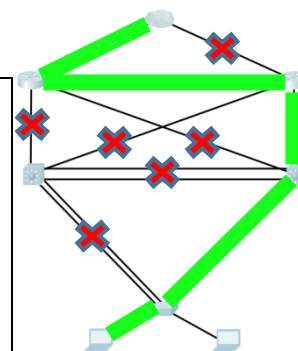
Interface Vlan 11 do *switch* de distribuição 1 desligada:

```
C:\Users\rdadosei>tracert 192.168.3.1

Tracing route to 192.168.3.1 over a maximum of 30 hops

  1     1 ms     1 ms     1 ms    172.16.11.2
  2    <1 ms     1 ms    <1 ms    10.10.10.10
  3     1 ms     1 ms     1 ms    10.10.10.17
  4     2 ms     2 ms     1 ms    192.168.3.1

Trace complete.
```



- PC (VLAN 12):

Depois do *switch* de distribuição 1 ter sido novamente ligado e as configurações do spanning tree terem sido repostas, é esperado que o PC ligado à porta FastEthernet 0/13 do *switch* de acesso obtenha, através de um dos servidores DHCP, um endereço IP 172.16.12.X, com uma máscara 255.255.255.0 e um Default Gateway 192.168.12.254. Confirma-se o resultado:

```
C:\Users\rdadosei>ipconfig

Windows IP Configuration

Ethernet adapter Local Area Connection:

    Connection-specific DNS Suffix  . : 
    Link-local IPv6 Address . . . . . : fe80::94e0:3fbc:7b9f:a02f%10
    IPv4 Address. . . . . : 172.16.12.3
    Subnet Mask . . . . . : 255.255.255.0
    Default Gateway . . . . . : 172.16.12.254
```

Depois de lhe ser atribuído o IP é suposto o PC ter conectividade com todas as sub-redes. O output seguinte é a prova de como tudo foi bem planeado:

```
C:\Users\rdadosei>ping 172.16.12.1

Pinging 172.16.12.1 with 32 bytes of data:
Reply from 172.16.12.1: bytes=32 time=1ms TTL=255
```

```
Reply from 172.16.12.1: bytes=32 time=1ms TTL=255
Reply from 172.16.12.1: bytes=32 time=1ms TTL=255
Reply from 172.16.12.1: bytes=32 time=1ms TTL=255

Ping statistics for 172.16.12.1:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 1ms, Maximum = 1ms, Average = 1ms

C:\Users\rdadosei>ping 172.16.12.2

Pinging 172.16.12.2 with 32 bytes of data:
Reply from 172.16.12.2: bytes=32 time=3ms TTL=255
Reply from 172.16.12.2: bytes=32 time<1ms TTL=255
Reply from 172.16.12.2: bytes=32 time=1ms TTL=255
Reply from 172.16.12.2: bytes=32 time=1ms TTL=255

Ping statistics for 172.16.12.2:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 0ms, Maximum = 3ms, Average = 1ms

C:\Users\rdadosei>ping 172.16.12.254

Pinging 172.16.12.254 with 32 bytes of data:
Reply from 172.16.12.254: bytes=32 time<1ms TTL=255
Reply from 172.16.12.254: bytes=32 time=3ms TTL=255
Reply from 172.16.12.254: bytes=32 time<1ms TTL=255
Reply from 172.16.12.254: bytes=32 time=2ms TTL=255

Ping statistics for 172.16.12.254:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 0ms, Maximum = 3ms, Average = 1ms

C:\Users\rdadosei>ping 10.10.10.2

Pinging 10.10.10.2 with 32 bytes of data:
Reply from 10.10.10.2: bytes=32 time<1ms TTL=254
Reply from 10.10.10.2: bytes=32 time<1ms TTL=254
Reply from 10.10.10.2: bytes=32 time<1ms TTL=254
Reply from 10.10.10.2: bytes=32 time<1ms TTL=254

Ping statistics for 10.10.10.2:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 0ms, Maximum = 0ms, Average = 0ms

C:\Users\rdadosei>ping 10.10.10.14

Pinging 10.10.10.14 with 32 bytes of data:
Reply from 10.10.10.14: bytes=32 time<1ms TTL=254
Reply from 10.10.10.14: bytes=32 time<1ms TTL=254
Reply from 10.10.10.14: bytes=32 time<1ms TTL=254
Reply from 10.10.10.14: bytes=32 time<1ms TTL=254

Ping statistics for 10.10.10.14:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 0ms, Maximum = 0ms, Average = 0ms

C:\Users\rdadosei>ping 10.10.10.6

Pinging 10.10.10.6 with 32 bytes of data:
Reply from 10.10.10.6: bytes=32 time<1ms TTL=254
Reply from 10.10.10.6: bytes=32 time<1ms TTL=254
Reply from 10.10.10.6: bytes=32 time<1ms TTL=254
```

```

Reply from 10.10.10.6: bytes=32 time<1ms TTL=254

Ping statistics for 10.10.10.6:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
Approximate round trip times in milli-seconds:
    Minimum = 0ms, Maximum = 0ms, Average = 0ms

C:\Users\rdadosei>ping 10.10.10.10

Pinging 10.10.10.10 with 32 bytes of data:
Reply from 10.10.10.10: bytes=32 time<1ms TTL=254
Reply from 10.10.10.10: bytes=32 time<1ms TTL=254
Reply from 10.10.10.10: bytes=32 time<1ms TTL=254
Reply from 10.10.10.10: bytes=32 time<1ms TTL=254

Ping statistics for 10.10.10.10:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
Approximate round trip times in milli-seconds:
    Minimum = 0ms, Maximum = 0ms, Average = 0ms

C:\Users\rdadosei>ping 10.10.10.17

Pinging 10.10.10.17 with 32 bytes of data:
Reply from 10.10.10.17: bytes=32 time<1ms TTL=254
Reply from 10.10.10.17: bytes=32 time<1ms TTL=254
Reply from 10.10.10.17: bytes=32 time<1ms TTL=254
Reply from 10.10.10.17: bytes=32 time<1ms TTL=254

Ping statistics for 10.10.10.17:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
Approximate round trip times in milli-seconds:
    Minimum = 0ms, Maximum = 0ms, Average = 0ms

C:\Users\rdadosei>ping 192.168.3.1

Pinging 192.168.3.1 with 32 bytes of data:
Reply from 192.168.3.1: bytes=32 time=1ms TTL=253
Reply from 192.168.3.1: bytes=32 time=1ms TTL=253
Reply from 192.168.3.1: bytes=32 time=1ms TTL=253
Reply from 192.168.3.1: bytes=32 time=1ms TTL=253

Ping statistics for 192.168.3.1:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
Approximate round trip times in milli-seconds:
    Minimum = 1ms, Maximum = 1ms, Average = 1ms
  
```

Como se pode verificar nos seguintes outputs em relação ao protocolo HSRP, o *switch* de distribuição 2 é o *gateway* activo, e o *switch* de distribuição 1 é o *gateway* standby, como esperado:

```

dist1#show standby vlan 12
Vlan12 - Group 0
  State is Standby
    4 state changes, last state change 00:20:58
  Virtual IP address is 172.16.12.254
  Active virtual MAC address is 0000.0c07.ac00
    Local virtual MAC address is 0000.0c07.ac00 (v1 default)
  Hello time 3 sec, hold time 10 sec
    Next hello sent in 0.784 secs
  Preemption enabled, delay min 300 secs
  Active router is 172.16.12.2, priority 100 (expires in 9.744 sec)
  Standby router is local
  Priority 10 (configured 10)
  Group name is "hsrp-Vl12-0" (default)
  
```

```
dist2#show standby vlan 12
Vlan12 - Group 0
  State is Active
    5 state changes, last state change 00:21:37
  Virtual IP address is 172.16.12.254
  Active virtual MAC address is 0000.0c07.ac00
    Local virtual MAC address is 0000.0c07.ac00 (v1 default)
  Hello time 3 sec, hold time 10 sec
    Next hello sent in 1.248 secs
  Preemption enabled, delay min 300 secs
  Active router is local
  Standby router is 172.16.12.1, priority 10 (expires in 8.432 sec)
  Priority 100 (default 100)
  Group name is "hsrp-Vl12-0" (default)
```

A interface vlan 12 do *switch* de distribuição 2 foi desligada. O esperado é que o *switch* de distribuição 1 se assuma como *gateway* activo, permitindo ao PC continuar a ter conectividade, o que é confirmado:

```
dist1#show standby vlan 12
Vlan12 - Group 0
  State is Active
    5 state changes, last state change 00:01:35
  Virtual IP address is 172.16.12.254
  Active virtual MAC address is 0000.0c07.ac00
    Local virtual MAC address is 0000.0c07.ac00 (v1 default)
  Hello time 3 sec, hold time 10 sec
    Next hello sent in 1.664 secs
  Preemption enabled, delay min 300 secs
  Active router is local
  Standby router is unknown
  Priority 10 (configured 10)
  Group name is "hsrp-Vl12-0" (default)
```

```
C:\Users\rdadosei>ping 192.168.3.1

Pinging 192.168.3.1 with 32 bytes of data:
Reply from 192.168.3.1: bytes=32 time=1ms TTL=253
Reply from 192.168.3.1: bytes=32 time=1ms TTL=253
Reply from 192.168.3.1: bytes=32 time=1ms TTL=253
Reply from 192.168.3.1: bytes=32 time=1ms TTL=253

Ping statistics for 192.168.3.1:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 1ms, Maximum = 1ms, Average = 1ms
```

Depois da interface vlan 12 do *switch* de distribuição 2 ter sido ligada novamente, é esperado que passe do estado Standby para Active, depois de passarem os 300 segundos. O output seguinte mostra esse exacto momento:

```
dist2#
*Mar 1 00:06:10.952: %HSRP-5-STATECHANGE: Vlan12 Grp 0 state Standby -> Active
dist2#
dist2#show standby vlan 12
```

```
Vlan12 - Group 0
State is Active
 2 state changes, last state change 00:00:19
Virtual IP address is 172.16.12.254
Active virtual MAC address is 0000.0c07.ac00
Local virtual MAC address is 0000.0c07.ac00 (v1 default)
Hello time 3 sec, hold time 10 sec
Next hello sent in 1.296 secs
Preemption enabled, delay min 300 secs
Active router is local
Standby router is 172.16.12.1, priority 10 (expires in 11.536 sec)
Priority 100 (default 100)
Group name is "hsrp-Vl12-0" (default)
```

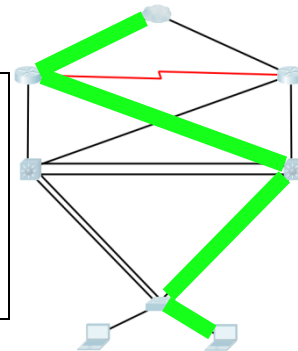
Seguidamente foi testado novamente a redundância de rotas. O PC terá de obter respostas ICMP vindas do exterior desta rede até não existir nenhuma rota disponível. O teste executado é traçar a rota, ver por onde passam os pacotes e ir desligando os cabos, obrigando os pacotes a percorrerem outro caminho para o mesmo destino.

```
C:\Users\rdadosei>tracert 192.168.3.1

Tracing route to 192.168.3.1 over a maximum of 30 hops

  1      1 ms      1 ms      1 ms  172.16.12.2
  2     <1 ms     1 ms     <1 ms  10.10.10.6
  3      1 ms      1 ms      1 ms  192.168.3.1

Trace complete.
```



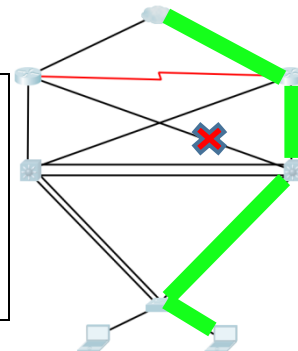
Rede 10.10.10.4/30 desligada:

```
C:\Users\rdadosei>tracert 192.168.3.1

Tracing route to 192.168.3.1 over a maximum of 30 hops

  1      1 ms     30 ms      1 ms  172.16.12.2
  2     <1 ms      1 ms      1 ms  10.10.10.10
  3      1 ms      1 ms      1 ms  192.168.3.1

Trace complete.
```



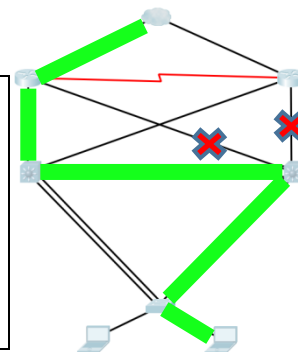
Rede 10.10.10.8/30 desligada:

```
C:\Users\rdadosei>tracert 192.168.3.1

Tracing route to 192.168.3.1 over a maximum of 30 hops

  1      1 ms      1 ms      1 ms  172.16.12.2
  2     <1 ms      1 ms      1 ms  172.16.12.1
  3     <1 ms      1 ms      1 ms  10.10.10.2
  4      1 ms      1 ms      1 ms  192.168.3.1

Trace complete.
```



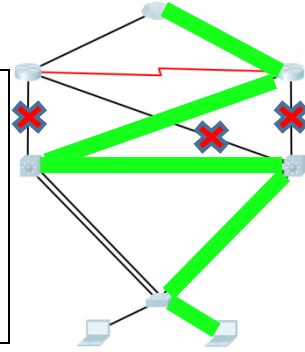
Rede 10.10.10.0/30 desligada:

```
C:\Users\rdadosei>tracert 192.168.3.1

Tracing route to 192.168.3.1 over a maximum of 30 hops

  1      8 ms      1 ms      1 ms  172.16.12.2
  2      1 ms      1 ms      1 ms  172.16.12.1
  3     <1 ms      1 ms      1 ms  10.10.10.14
  4      1 ms      1 ms      1 ms  192.168.3.1

Trace complete.
```



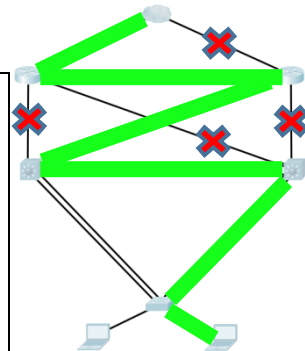
Interface Ge 0/0 do Core 2 desligada:

```
C:\Users\rdadosei>tracert 192.168.3.1

Tracing route to 192.168.3.1 over a maximum of 30 hops

  1       2 ms      2 ms      1 ms  172.16.12.2
  2       1 ms      1 ms      1 ms  172.16.12.1
  3     <1 ms      1 ms      1 ms  10.10.10.14
  4       1 ms      1 ms      1 ms  10.10.10.17
  5       2 ms      1 ms      1 ms  192.168.3.1

Trace complete.
```



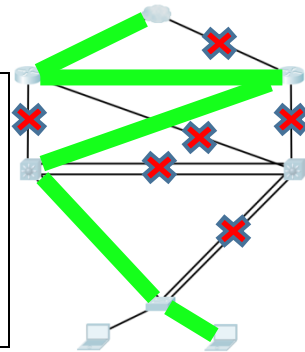
Interface Vlan 12 do switch de distribuição 2 desligada:

```
C:\Users\rdadosei>tracert 192.168.3.1

Tracing route to 192.168.3.1 over a maximum of 30 hops

  1       1 ms      1 ms      1 ms  172.16.12.1
  2       1 ms      1 ms      1 ms  10.10.10.14
  3       1 ms      1 ms      1 ms  10.10.10.17
  4       2 ms      2 ms      1 ms  192.168.3.1

Trace complete.
```



NAT

O tipo de NAT configurado foi o Overload. A sua função é traduzir vários IP's internos num só externo, através dos portos de origem. Os dois outputs de cada router mostram essa tradução:

core1 #show ip nat translations				
Pro	Inside global	Inside local	Outside local	Outside global
udp	192.168.3.99:49564	172.16.11.3:49564	8.8.8.8:53	8.8.8.8:53
udp	192.168.3.99:49679	172.16.11.3:49679	8.8.8.8:53	8.8.8.8:53
udp	192.168.3.99:50229	172.16.11.3:50229	8.8.8.8:53	8.8.8.8:53
tcp	192.168.3.99:50745	172.16.11.3:50745	23.207.73.92:80	23.207.73.92:80
tcp	192.168.3.99:50908	172.16.11.3:50908	23.42.27.27:80	23.42.27.27:80
tcp	192.168.3.99:50918	172.16.11.3:50918	194.210.238.88:80	194.210.238.88:80
tcp	192.168.3.99:50920	172.16.11.3:50920	23.42.21.163:80	23.42.21.163:80
tcp	192.168.3.99:50922	172.16.11.3:50922	23.207.73.92:443	23.207.73.92:443
tcp	192.168.3.99:50930	172.16.11.3:50930	194.210.238.89:80	194.210.238.89:80
tcp	192.168.3.99:50938	172.16.11.3:50938	65.55.163.222:443	65.55.163.222:443
tcp	192.168.3.99:50941	172.16.11.3:50941	23.42.27.27:80	23.42.27.27:80
udp	192.168.3.99:52305	172.16.11.3:52305	8.8.8.8:53	8.8.8.8:53
udp	192.168.3.99:52347	172.16.11.3:52347	8.8.8.8:53	8.8.8.8:53
udp	192.168.3.99:53697	172.16.11.3:53697	8.8.8.8:53	8.8.8.8:53
udp	192.168.3.99:54467	172.16.11.3:54467	8.8.8.8:53	8.8.8.8:53

core2 #show ip nat translations				
Pro	Inside global	Inside local	Outside local	Outside global
udp	192.168.3.63:54794	172.16.12.3:54794	8.8.8.8:53	8.8.8.8:53
udp	192.168.3.63:55783	172.16.12.3:55783	8.8.8.8:53	8.8.8.8:53
udp	192.168.3.63:56686	172.16.12.3:56686	8.8.8.8:53	8.8.8.8:53
udp	192.168.3.63:58296	172.16.12.3:58296	8.8.8.8:53	8.8.8.8:53
udp	192.168.3.63:58756	172.16.12.3:58756	8.8.8.8:53	8.8.8.8:53
udp	192.168.3.63:59066	172.16.12.3:59066	8.8.8.8:53	8.8.8.8:53
udp	192.168.3.63:61219	172.16.12.3:61219	8.8.8.8:53	8.8.8.8:53
udp	192.168.3.63:61422	172.16.12.3:61422	8.8.8.8:53	8.8.8.8:53
udp	192.168.3.63:63143	172.16.12.3:63143	8.8.8.8:53	8.8.8.8:53
udp	192.168.3.63:63532	172.16.12.3:63532	8.8.8.8:53	8.8.8.8:53
udp	192.168.3.63:64230	172.16.12.3:64230	8.8.8.8:53	8.8.8.8:53
udp	192.168.3.63:65127	172.16.12.3:65127	8.8.8.8:53	8.8.8.8:53
udp	192.168.3.63:65168	172.16.12.3:65168	8.8.8.8:53	8.8.8.8:53
udp	192.168.3.63:65314	172.16.12.3:65314	8.8.8.8:53	8.8.8.8:53
udp	192.168.3.63:65348	172.16.12.3:65348	8.8.8.8:53	8.8.8.8:53

Conclusão

Através este projecto, pôde-se concluir que o *design* de rede hierárquico, envolvendo a divisão da rede em três camadas, assegura as seguintes características:

- **Segurança** - Segurança de portas a nível do acesso e políticas a nível da distribuição tornam a rede mais segura.
- **Desempenho** - Agregação de *links* entre as camadas e o alto desempenho dos switches do core e de distribuição permitem taxas de transmissão próximas ao máximo suportado em toda a rede.
- **Redundância** - Redundância nos níveis do core e de distribuição assegura a disponibilidades de caminhos/rotas.
- **Escalabilidade** - Redes hierárquicas podem ser facilmente expandidas por serem modulares.
- **Facilidade de gestão** - Consistência entre os *switches* em cada camada torna o gerenciamento mais simples.
- **Sustentabilidade** - A modularidade do *design* hierárquico permite a escala da rede sem que haja muitas complicações.

Também se permitiu conhecer melhor a finalidade de cada camada:

- **Camada de acesso** - o principal propósito da camada de acesso é fornecer um meio de conectar dispositivos finais como como PCs, impressoras ou telefones IP, à rede e controlar quais têm permissão de comunicação na rede. É na camada de acesso que se podem colocar switches, bridges, hubs e pontos de acesso wireless (AP).
- **Camada de distribuição** - Nesta camada situam-se os equipamentos que ligam a camada de acesso ao core da rede, e é também é responsável pelo encaminhamento (*routing*) entre os diferentes domínios de broadcast.
- **Camada de core** - a camada de *core* fornece as ligações remotas entre redes geograficamente distantes (WAN's). A sua função é permitir o acesso a recursos partilhados às camadas abaixo, preferencialmente da forma mais rápida possível e que seja altamente disponível e redundante. Os equipamentos usados nesta camada são *routers* ou *switches* layer 3, com grande capacidade de processamento.

Bibliografia

- Wikipedia, Hierarchical internetworking model,
https://en.wikipedia.org/wiki/Hierarchical_internetworking_model
- MC MCSE, The Cisco Three-Layered Hierarchical Model,
http://www.mcmcse.com/cisco/guides/hierarchical_model.shtml
- CISCO, High Availability Campus Network Design,
http://www.cisco.com/application/pdf/en/us/guest/netso/ns431/c649/ccmigrati on_09186a00808f6c34.pdf