



INSTITUTO
UNIVERSITÁRIO
DE LISBOA

Relatório de Projeto – “Desenho e teste de uma rede empresarial”

Grupo 1

- Daniel Ferreira N°104703
- Fátima Martins N°104524
- Pedro Ramos N°100745

Licenciatura em Engenharia Informática

2º Ano

Turno: EI-B1/B4

Docente: Rui Jorge Lopes

Unidade curricular: Fundamentos de Redes de Computadores

Ano letivo 2022/2023

2º Semestre

Índice

Introdução

1	Separação e interligação de delegações e departamentos.....	7
1.1	Dimensionamento e desenho da rede física.....	7
1.1.1	Implementação da rede física no <i>Packet Tracer</i>	8
1.2	Redes locais virtuais (VLANs).....	9
1.3	Protocolo de árvore de escoamento – <i>Spanning Tree Protocol</i> (STP).....	11
2	Planeamento do espaço de endereçamento.....	15
3	Configuração dos routers.....	18
3.1	Configuração das interfaces dos routers.....	18
3.2	Configuração do encaminhamento nos routers.....	19
3.2.1	Encaminhamento automático.....	19
3.2.2	Encaminhamento estático.....	21
4	Configuração dos serviços DHCP e HTTP.....	23
5	Testes funcionais na rede.....	27
6	Conclusão.....	30

Índice de figuras

Figura 1 - Implementação da rede física no Packet Tracer.....	8
Figura 2 - Pannel de configuração do portátil.	8
Figura 3 - Pannel de configuração do switch de Lisboa, Cascais e Porto.	9
Figura 4 - Simulação do envio de uma PDU entre PCs na mesma VLAN.....	10
Figura 5 - Captura no Packet Tracer da Mac table do SW3 e PDU no momento de envio da trama.	10
Figura 6 - Captura no Packet Tracer da Mac table do SW3 e PDU no momento de envio da confirmação da recepção trama.....	11
Figura 7 - Capturas de ecrã Packet Tracer mostrando o envio de uma PDU entre PCs de VLANs diferentes.	11
Figura 8 - Implementação de rede redundante na delegação de Lisboa.	11
Figura 9 – Capturas de ecrã Packet Tracer mostrando o resultado da execução do comando show spanning-tree em cada um dos switches.....	12
Figura 10 - BPDU recebida pelo switch 0.	13
Figura 11 - Teste de conectividade entre o PC0 e o PC3 da delegação (mesma VLAN).....	13
Figura 12 - Desativação da porta Gi0/2 do SW3 e análise do encaminhamento de uma trama entre o PC0 e o PC3.	14
Figura 13 – Alteração da spanning-tree do switch 1 depois de desligar a porta Gi0/2 do switch 3.	15
Figura 14 - Capturas do Packet Tracer da troca de PDU entre o PC0 e o PC3 do departamento técnico de Lisboa	16
Figura 15 - Pannel de configuração do PC0 e PC3, detalhes das PDUs trocadas entre eles (ICMP e ARP)... ..	16
Figura 16 - Capturas do Packet Tracer da troca de PDU entre PC0 (DTEC) e o PC2 (DCOM).....	17
Figura 17 – Pannel de configuração do PC2 e detalhes das PDUs trocadas entre PC0 e PC2 (ARP e ICMP). ..	17
Figura 18 - Pannel de configuração dos routers Cascais, Lisboa e Porto.....	18
Figura 19 - Capturas do Packet Tracer da troca de PDU entre PC0 (DTEC) e o PC2 (DCOM) após configuração do router.....	19
Figura 20 - ICMP enviado do PC0 para o PC2.	19
Figura 21 - Capturas do Packet Tracer da troca de PDU entre PC0 (DTEC) da delegação de Lisboa e o PC5 (DCOM) da delegação de Cascais.....	20
Figura 22 - Tabela de encaminhamento do router de Lisboa.	21
Figura 23 – Configuração do encaminhamento estático dos routers de Lisboa, Porto e Cascais.....	21
Figura 24 - Capturas do Packet Tracer da troca de PDU entre PC0 (DTEC) da delegação de Lisboa e o PC5 (DCOM) da delegação de Cascais após configuração das tabelas de encaminhamento.	22
Figura 25 - Capturas do Packet Tracer da troca de PDU entre PC0 (DTEC) da delegação de Lisboa e o PC8 (DCOM) da delegação do Porto após configuração das tabelas de encaminhamento.....	22
Figura 26 - Capturas do Packet Tracer da troca de PDU entre PC0 (DTEC) da delegação de Lisboa e o servidor WWW externo.....	22

Figura 27 – Execução do commando Tracert no PC0 da delegação de Lisboa.....	23
Figura 28 – Configuração do servidor DHCP.	24
Figura 29 – Configuração dos Relay Agents de Lisboa, Cascais e Porto.....	24
Figura 30 – Atribuição de IP ao PC0.....	24
Figura 31 - Capturas do Packet Tracer do pedido DHCP do PC0.....	25
Figura 32 – PDUs do DHCPDISCOVER e do DHCPOFFER.....	25
Figura 33 – Configuração do serviço HTTP e criação da página HTML.....	26
Figura 34 – PDU do HTTP REQUEST enviado do PC0 e PDU do HTTP RESPONSE enviado pelo servidor.	26
Figura 35 – Página HTML frc.html.....	26
Figura 36 – Troca de PDU entre PCs da mesma delegação e VLAN.	27
Figura 37 – Troca de PDU entre PCs na mesma delegação mas VLANs diferentes.....	27
Figura 38 - Troca de PDU entre PCs de delegações diferentes.	28
Figura 39 – Troca de PDU entre um dispositivo wireless da delegação de Lisboa e um PC da delegação de Cascais.....	28

Índice de tabelas

Tabela 1 - Tipo e quantidade de equipamentos a usar em cada delegação da empresa Xpto.....	7
Tabela 2 - VLANs a implementar na empresa Xpto.	9
Tabela 3 - Três PCs da delegação de Lisboa para realização de testes no Packet Tracer	9
Tabela 4 - Atribuição de IPS às respetivas VLANs.	15
Tabela 5 - Definição das sub-interfaces dos routers	18
Tabela 6 - Definição das interfaces de série dos routers.	18
Tabela 7 - Configuração das Pools no servidor DHCP.	23

Introdução

Este trabalho tem como objetivo o planeamento e teste de uma rede empresarial de média dimensão. Este foi realizado no simulador *Packet Tracer*, fornecido pela Cisco, e visa familiarizar as tecnologias e protocolos utilizados na criação de redes empresariais.

O cenário proposto para o trabalho envolve uma empresa Xpto, que possui três delegações localizadas em Lisboa, Cascais e Porto. Cada departamento de cada delegação é composto por uma sub-rede que possui requisitos específicos de dimensionamento e conectividade.

Esta implementação visa proporcionar uma experiência prática na conceção e implementação de uma rede empresarial, utilizando as tecnologias e protocolos estudados na disciplina de Fundamentos de Redes de Computadores. É esperado que a realização deste trabalho transmita conhecimentos e habilidades para planejar, configurar e testar uma rede empresarial de média dimensão.

1 Separação e interligação de delegações e departamentos

1.1 Dimensionamento e desenho da rede física

Tabela 1 - Tipo e quantidade de equipamentos a usar em cada delegação da empresa Xpto.

Equipamento	Lisboa	Porto	Cascais	Total
Server-PT	10	-	-	10
Router-ISP 2911	1	1	1	3
Cable-Modem-PT	1	1	-	2
Cloud-PT	1	1	-	2
Switch 2960	11	4	2	17
AccessPoint-PT	1	1	1	3
DSL-Modem-PT	-	1	-	1
Total/delegação	25	9	4	38

- Lisboa:
 - devido à topologia tipo malha solicitado nos switch, consideramos que do número total de portas disponíveis, 24 do tipo *fastEthernet* e 2 do tipo *Gigabit*, 26 portas, 4 dessas portas (no pior dos casos) estarão ocupadas com a ligação aos restantes switch. Restam assim 22 portas livres;
 - 200 postos de trabalho + 10 servidores = 210 equipamentos. $210 / 22 = 9.54 = 10$ switch;
- Cascais:
 - 5 postos de trabalho logo, basta apenas 1 switch;
- Porto:
 - Não foi aplicada a topologia tipo malha nos switch logo temos 24 portas *fastEthernet* disponíveis (deixamos as 2 portas *Gigabit* para ligação a outros switches/routers/etc);
 - 60 postos de trabalho. $60 / 24 = 2.5 = 3$ switch

Para todas as delegações consideramos que a rede WIFI tem um switch dedicado e que bastaria apenas um AccessPoint por delegação visto que este não tem limitação de equipamento que podem estar ligados a si.

1.1.1 Implementação da rede física no *Packet Tracer*

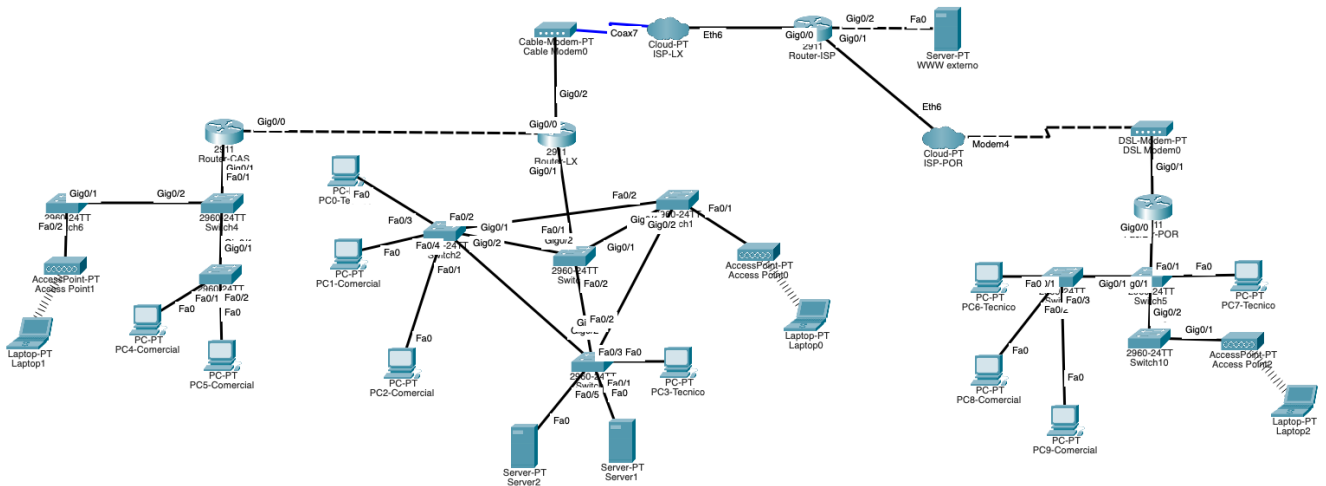


Figura 1 - Implementação da rede física no *Packet Tracer*.

- Sempre que possível as portas gigabit foram utilizadas para ligar switch entre si pois consideramos que seria mais vantajoso usar estas portas em locais de maior tráfego.

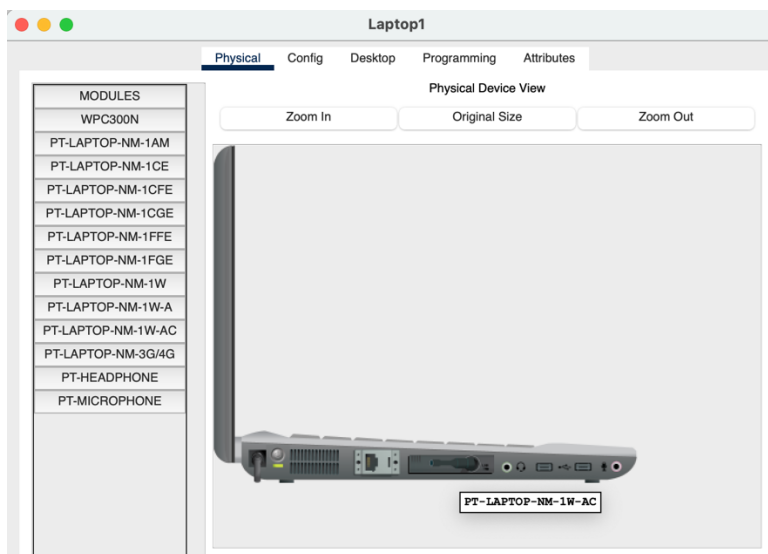


Figura 2 - Painel de configuração do portátil.

- Para que a ligação ao AccessPoint seja estabelecida é necessário que os portáteis tenham a placa PT-LAPTOP-NM-1W-AC

1.2 Redes locais virtuais (VLANs)

Tabela 2 - VLANs a implementar na empresa Xpto.

Local	VLAN		Departamento-delegação
	Nome	ID	
Lisboa	DTEC-LX	10	Departamento Técnico de Lisboa
	DCOM-LX	20	Departamento Comercial de Lisboa
	WIFI-LX	30	Rede WIFI de Lisboa
	SRV-LX	40	Rede de Servidores
Cascais	DCOM-CAS	50	Departamento Comercial de Cascais
	WIFI-CAS	60	Rede WIFI de Cascais
Porto	DTEC-POR	70	Departamento Técnico do Porto
	DCOM-POR	80	Departamento Comercial do Porto
	WIFI-POR	90	Rede WIFI do Porto

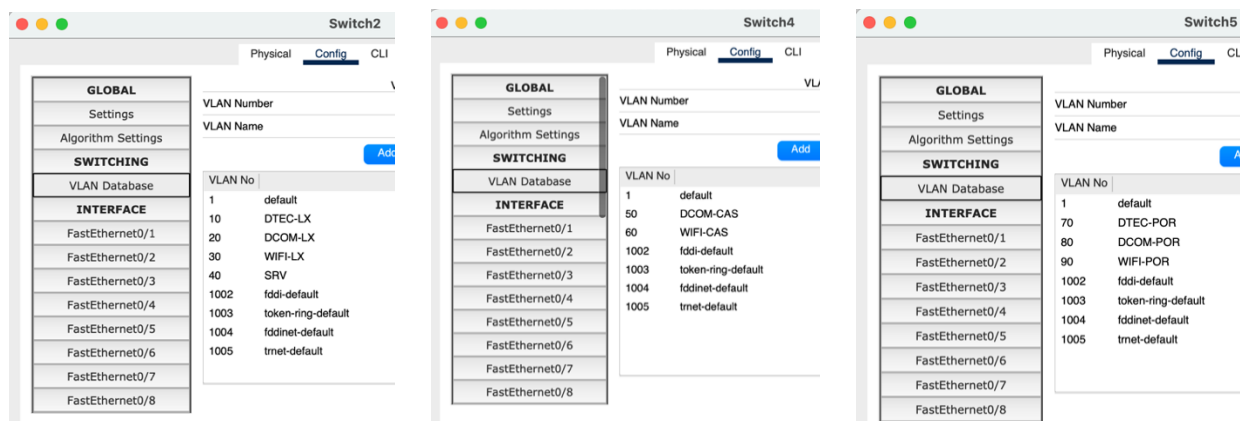


Figura 3 - Painel de configuração do switch de Lisboa, Cascais e Porto.

Tabela 3 - Três PCs da delegação de Lisboa para realização de testes no *Packet Tracer*

PC	VLAN	Mac Address
PC0-Técnico	10	00D0.FFD9.9729
PC-Comercial	20	00D0.BA9A.1524
PC3-Técnico	10	0060.477A.A9D4

- Simulação de envio de PDUs entre PCs na mesma VLAN.

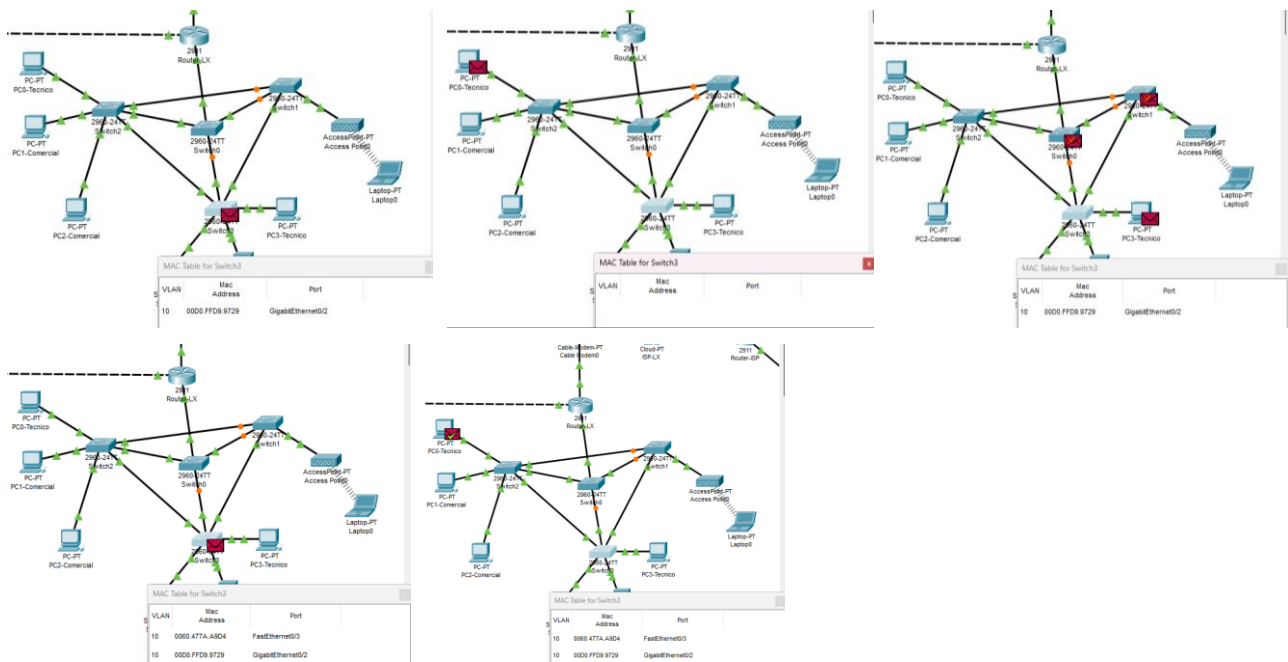


Figura 4 - Simulação do envio de uma PDU entre PCs na mesma VLAN.

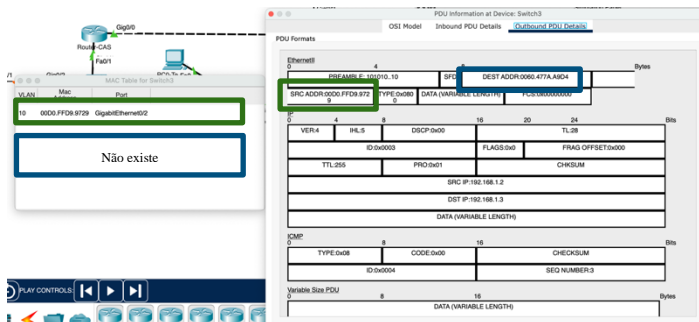


Figura 5 - Captura no Packet Tracer da Mac table do SW3 e PDU no momento de envio da trama.

Nestas capturas de ecrã (figura 4) apresentamos apenas a *Mac table* do Switch 3. Podemos reparar que a *Mac table* do switch 3 se encontra vazia até chegar a trama. Quando esta chega, o switch3 indica a porta em que esta trama chegou e o MAC do PC origem, que neste caso é o PC0 e é acessível a partir da porta GigabitEthernet0/2. Na figura 5, verificamos que o switch 3 não tem na *Mac Table* o endereço de destino da PDU (fase de aprendizagem) logo a trama é expedida por todas as saídas do switch (*flooding*). A trama será apenas aceite no PC3 a quem se destina e rejeitada pelos outros.

Após a receção da trama por parte do PC3, este vai enviar uma mensagem de receção para o PC origem, esta mensagem ao passar pelo switch3, este irá ter um novo endereço na *Mac table*. Esse endereço irá corresponder ao MAC do PC3 e à porta do switch 3 a que este está ligado. Neste momento, a resposta irá sair apenas pela porta do switch destinada ao PC1 (origem) pois a tabela de expedição do switch 3 já tem a o seu endereço (figura 6). Isto representa a fase de expedição.

Através deste teste, foi possível concluir que é possível realizar o envio de tramas entre equipamentos que pertencem à mesma VLAN.

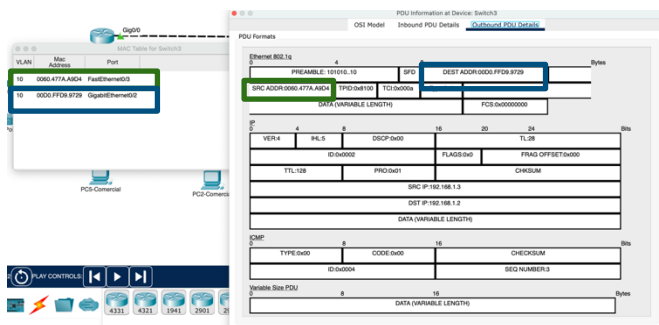


Figura 6 - Captura no *Packet Tracer* da *Mac table* do SW3 e PDU no momento de envio da confirmação da recepção trama.

- Simulação de envio de PDUs entre PCs em VLANs diferentes

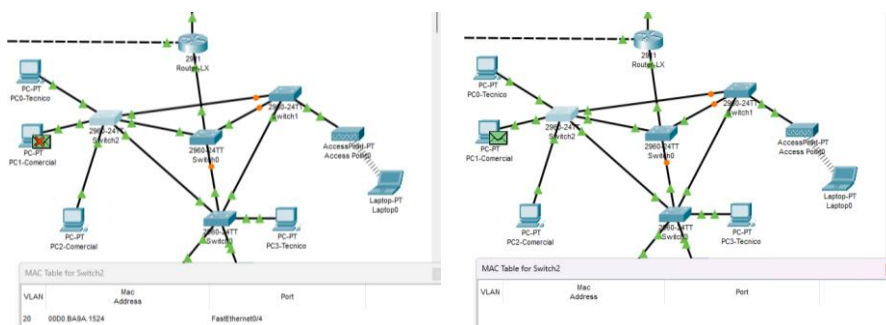


Figura 7 - Capturas de ecrã *Packet Tracer* mostrando o envio de uma PDU entre PCs de VLANs diferentes.

Neste caso, figura 7, a *Mac table* do switch 2 irá apresentar o *Mac address* do PC1-Comercial e a que porta do switch 2 a que este está conectado.

Através deste teste foi verificado que não é possível enviar tramas entre dispositivos que se encontram em VLANs diferentes. Para que isso fosse possível, a trama teria de passar obrigatoriamente por um router ou outro equipamento capaz de realizar encaminhamento (*routing*), que será responsável por encaminhar o tráfego entre VLANs distintas.

1.3 Protocolo de árvore de escoamento – *Spanning Tree Protocol (STP)*

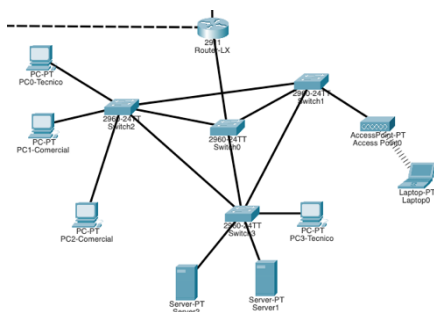


Figura 8 - Implementação de rede redundante na delegação de Lisboa.

A interligação dos quatro *switches* na delegação de Lisboa, através de uma topologia em malha, implica a ligação direta de cada *switch* aos restantes *switches* da rede. Esta topologia permite aumentar a resiliência ou robustez da rede através da criação de vários caminhos possíveis para a entrega de uma trama. Se ocorrer uma

falha em alguma dessas ligações temos a garantia de que a trama será entregue por um dos possíveis caminhos alternativos. Nesta topologia existem ligações redundantes, ou seja, existem ciclos no encaminhamento das tramas que terá como consequência o aumento significativo do número de tramas em circulação (efeito multiplicador de tramas).

O protocolo STP que será analisado de seguida, permite evitar a existência de ciclos através da alteração do estado das portas do *switch*.

SW-0

```
VLAN0010
Spanning tree enabled protocol ieee
Root ID    Priority    32778
           Address    0001.6427.CCE5
           Cost       4
           Port       26(GigabitEthernet0/2)
           Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec

Bridge ID   Priority    32778 (priority 32768 sys-id-ext 10)
           Address    000C.8582.A659
           Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec
           Aging Time 20

Interface   Role Sts Cost      Prio.Nbr Type
-----
Fa0/3       Desg FWD 19      128.3   P2p
Fa0/2       Desg FWD 19      128.2   P2p
Gi0/1       Desg FWD 4       128.25  P2p
Gi0/2       Root FWD 4       128.26  P2p
```

SW-1

```
VLAN0010
Spanning tree enabled protocol ieee
Root ID    Priority    32778
           Address    0001.6427.CCE5
           Cost       8
           Port       25(GigabitEthernet0/1)
           Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec

Bridge ID   Priority    32778 (priority 32768 sys-id-ext 10)
           Address    000A.F346.238D
           Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec
           Aging Time 20

Interface   Role Sts Cost      Prio.Nbr Type
-----
Fa0/2       Altn BLK 19      128.2   P2p
Gi0/1       Root FWD 4       128.25  P2p
Gi0/2       Altn BLK 4       128.26  P2p
```

SW-2

```
VLAN0010
Spanning tree enabled protocol ieee
Root ID    Priority    32778
           Address    0001.6427.CCE5
           Cost       4
           Port       26(GigabitEthernet0/2)
           Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec

Bridge ID   Priority    32778 (priority 32768 sys-id-ext 10)
           Address    0001.6427.CCE5
           Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec
           Aging Time 20

Interface   Role Sts Cost      Prio.Nbr Type
-----
Fa0/2       Desg FWD 19      128.2   P2p
Fa0/3       Desg FWD 19      128.3   P2p
Gi0/2       Desg FWD 4       128.26  P2p
Gi0/1       Desg FWD 4       128.25  P2p
```

SW-3

```
VLAN0010
Spanning tree enabled protocol ieee
Root ID    Priority    32778
           Address    0001.6427.CCE5
           Cost       4
           Port       26(GigabitEthernet0/2)
           Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec

Bridge ID   Priority    32778 (priority 32768 sys-id-ext 10)
           Address    000C.8582.A659
           Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec
           Aging Time 20

Interface   Role Sts Cost      Prio.Nbr Type
-----
Fa0/3       Desg FWD 19      128.3   P2p
Fa0/2       Desg FWD 19      128.2   P2p
Gi0/1       Desg FWD 4       128.25  P2p
Gi0/2       Root FWD 4       128.26  P2p
```

Figura 9 – Capturas de ecrã *Packet Tracer* mostrando o resultado da execução do comando *show spanning-tree* em cada um dos switches.

Tabela 4 – Identificação do BID, prioridade e *Mac Address* para cada switch na rede.

BID	Prioridade	Mac Address
SW-0	32769	00D0.97BE.D0D3
SW-1	32769	000A.F346.238D
SW-2	32769	0001.6427.CCE5
SW-3	32769	000C.8582.A659

Através da análise do *spanning tree* em cada um dos switches concluímos que o switch 2 é a *root bridge*, pois é o que tem o menor endereço MAC. O mesmo poderá ser confirmado pela figura 9, onde a BPDU recebida pelo switch 0 tem identificada a *root bridge* como sendo o switch 2.

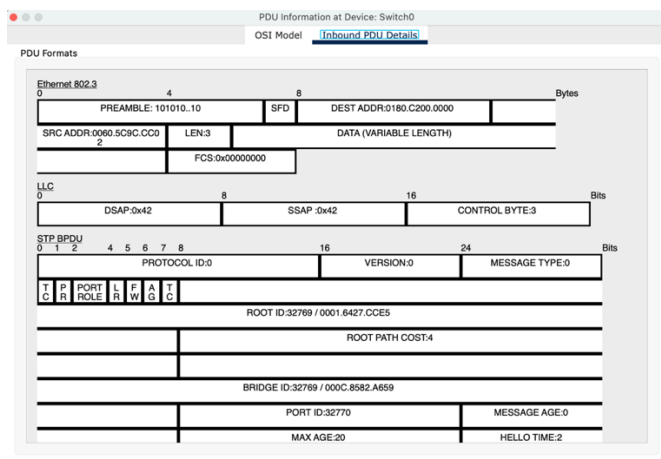


Figura 10 - BPD recebida pelo switch 0.

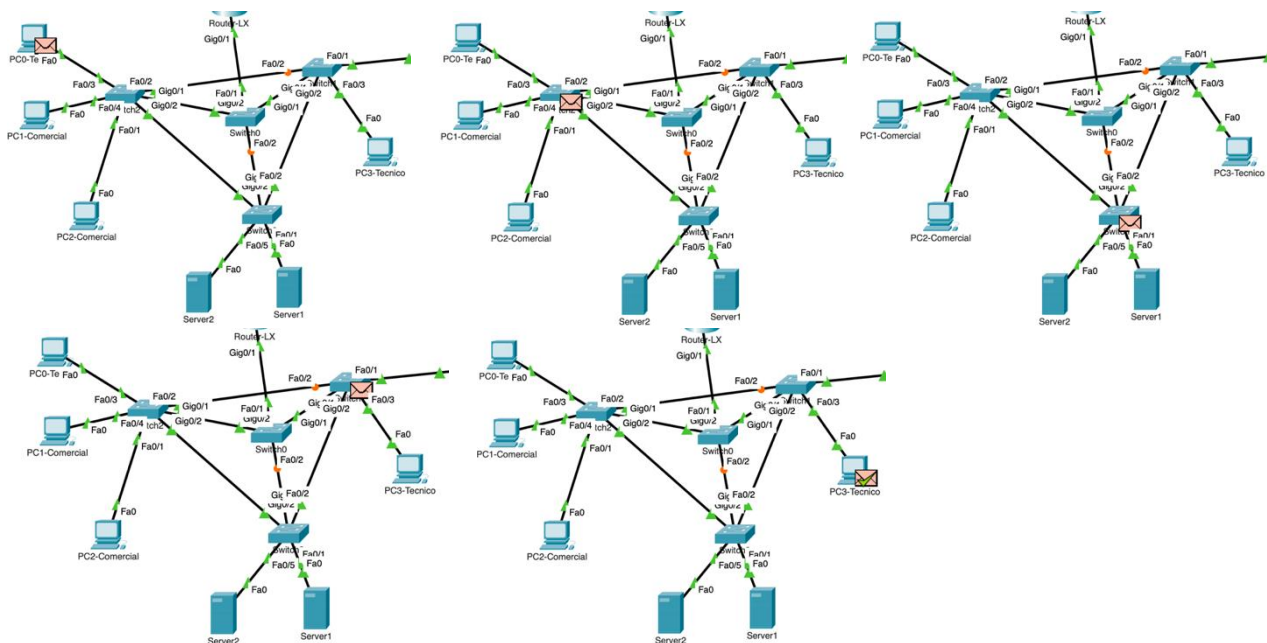


Figura 11 - Teste de conectividade entre o PC0 e o PC3 da delegação (mesma VLAN).

De todos os caminhos possíveis para o envio da trama do PC0 para o PC3, na figura 8 podemos ver que apenas um caminho foi utilizado. O caminho realizado é o seguinte:

PC0 → Fa0/3 SW2 Gi0/2 → Gi0/2 Sw3 Fa0/2 → Gi0/1 Sw1 Fa0/3 → PC3

Tendo em consideração que o SW1 tem as portas Fa0/2 (ligação ao SW2) e Gi0/2 (ligação SW0) bloqueadas e que o SW0 tem a porta Fa0/2 (ligação ao SW3) bloqueada, apenas resta um único caminho possível para o encaminhamento da trama.

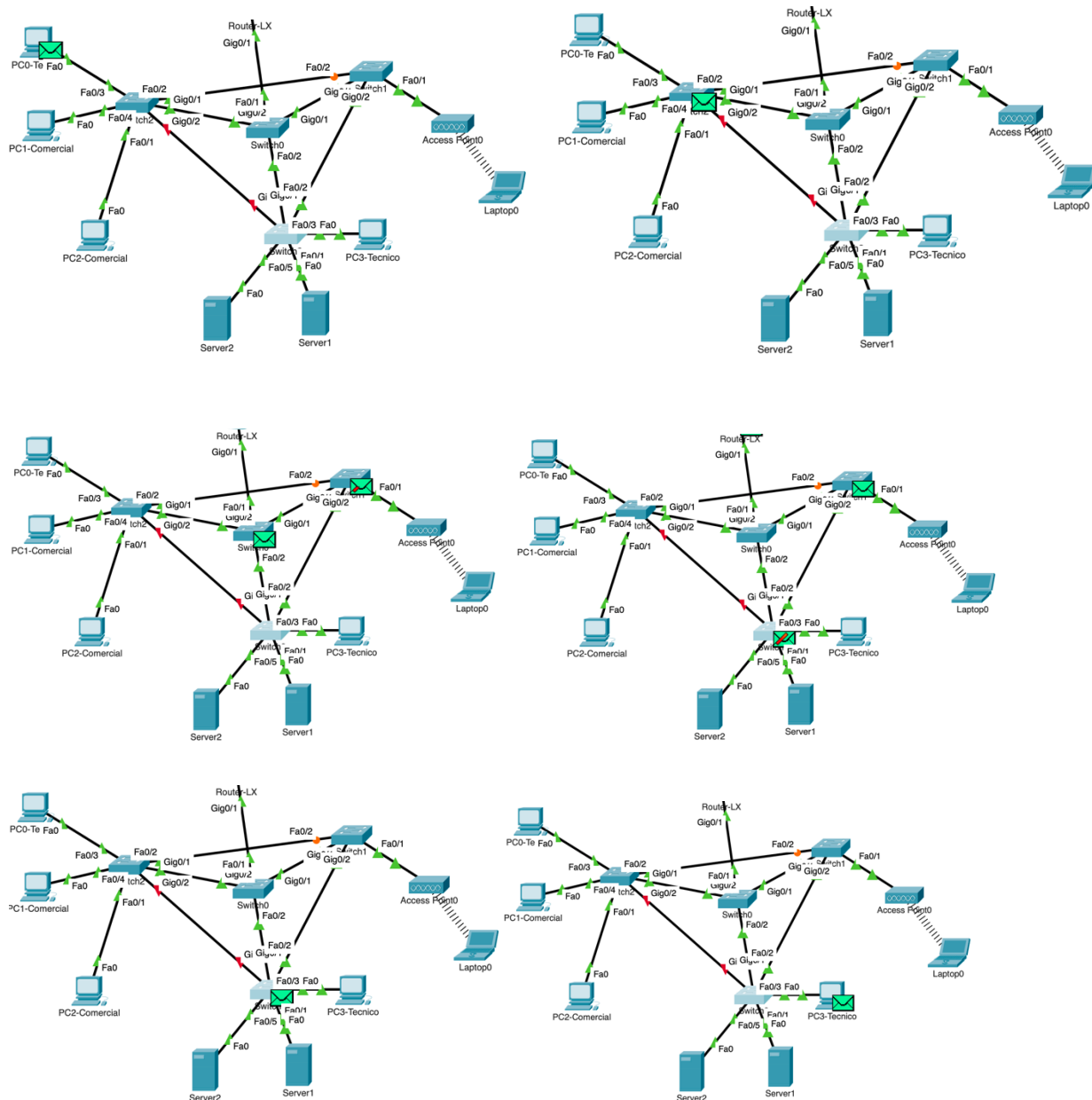


Figura 12 - Desativação da porta Gi0/2 do SW3 e análise do encaminhamento de uma trama entre o PC0 e o PC3.

O caminho esperado para o encaminhamento da trama do PC0 para o PC3 seria o seguinte:

PC0 → Fa0/3 SW2 Gi0/2 → Gi0/2 Sw3 Fa0/2 → PC3 semelhante ao que se verificou na figura 11. No entanto, após desligar a porta Gi0/2 do SW3, um novo caminho (figura 12) é utilizado para o encaminhamento da trama. Ao verificar novamente a *spanning tree* de cada switch concluímos que ocorreram alterações para garantir a ligação entre todos os switches, por exemplo a *spanning tree* do switch 1 apresentada na figura 11. Tal como podemos verificar na figura 9, o SW2 deixa de ter a possibilidade de expedir a trama pela porta Gi0/2 (ligação com SW3) então opta por fazer a expedição pelas portas Gi0/1 (ligação com SW0) e Fa0/2 (ligação com SW1). Como o SW1 tem a porta Fa0/2 bloqueada pelo protocolo STP, ele descarta a trama que recebeu. Por outro lado, o SW0 expede a trama pela porta Gi0/1 para o SW1 que por sua vez encaminha a trama para o SW3 pela porta Gi0/1 sendo então entregue ao PC3. O caminho alternativo utilizado foi o seguinte:

PC0 → Fa0/3 SW2 Gi0/1 → Gi0/2 SW0 Gi0/1 → Gi0/2 SW1 Gi0/1 → Fa0/2 SW3 Fa0/3 → PC3

SW-1

```

Spanning tree enabled protocol ieee
Root ID    Priority    32769
           Address    000A.F346.238D
           Cost      8
           Port      26(GigabitEthernet0/2)
           Hello Time 2 sec  Max Age 20 sec  Forward Delay 15 sec

Bridge ID   Priority    32769 (priority 32768 sys-id-ext 1)
           Address    000A.F346.238D
           Hello Time 2 sec  Max Age 20 sec  Forward Delay 15 sec
           Aging Time 20

Interface   Role Sts Cost      Prio.Nbr Type
-----
Gi0/0       Root FWD 19       128.2   P2p
Gi0/1       Desg FWD 1       128.25  P2p
Gi0/2       Root FWD 4       128.26  P2p
  
```

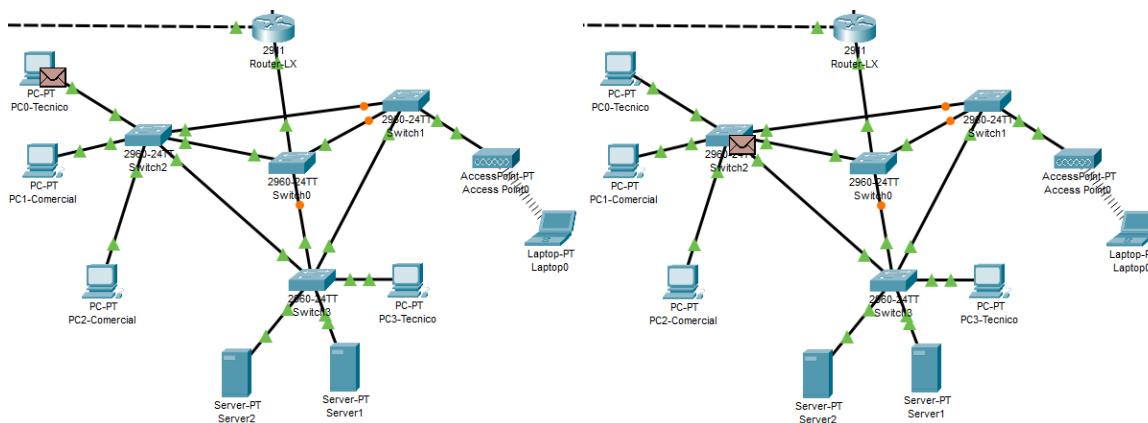
Figura 13 – Alteração da *spanning-tree* do switch 1 depois de desligar a porta Gi0/2 do switch 3.

2 Planeamento do espaço de endereçamento

Tabela 4 - Atribuição de IPS às respetivas VLANs.

VLAN	ID	Network	HostMin	HostMax	Gateway	Broadcast	#Interfaces
DTEC-LX	10	192.168.57.0/25	192.168.57.1	168.168.57.125	192.168.57.126	192.168.57.127	100
DCOM-LX	20	192.168.57.128/25	192.168.57.129	192.168.57.253	192.168.57.254	192.168.57.255	100
WIFI-LX	30	192.168.56.0/24	192.168.56.1	192.168.56.253	192.168.56.254	192.168.56.255	200
SRV	40	192.168.59.64/26	192.168.59.65	192.168.59.125	192.168.59.126	192.168.59.127	10
DCOM-CAS	50	192.168.59.0/27	192.168.59.1	192.168.59.29	192.168.59.30	192.168.59.31	5
WIFI-CAS	60	192.168.59.32/27	192.168.59.33	192.168.59.61	192.168.59.62	192.168.59.63	10
DTEC-POR	70	192.168.58.128/26	192.168.58.129	192.168.59.189	192.168.58.190	192.168.58.191	40
DCOM-POR	80	192.168.58.192/26	192.168.58.193	192.168.58.253	192.168.58.254	192.168.58.255	20
WIFI-POR	90	192.168.58.0/25	192.168.58.1	192.168.58.127	192.168.58.126	192.168.58.127	100

- Teste de conetividade entre dois PCs da delegação de Lisboa do mesmo departamento (DTEC).



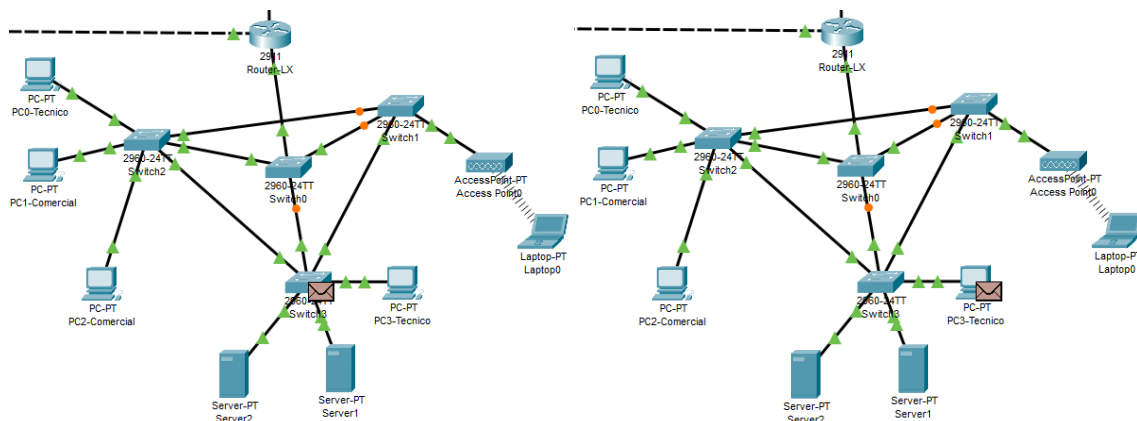


Figura 14 - Capturas do *Packet Tracer* da troca de PDU entre o PC0 e o PC3 do departamento técnico de Lisboa

PC0-Tecnico

Physical Config Desktop Programming Attributes

IP Configuration

Interface: FastEthernet0

IP Configuration

☐ DHCP ☒ Static

IPv4 Address: 192.168.57.1

Subnet Mask: 255.255.255.128

Default Gateway: 192.168.57.126

DNS Server: 0.0.0.0

IPv6 Configuration

☐ Automatic ☒ Static

IPv6 Address: FE80::2D0:FFFF:FED9:9729

Link Local Address: FE80::2D0:FFFF:FED9:9729

PC3-Tecnico

Physical Config Desktop Programming Attributes

IP Configuration

Interface: FastEthernet0

IP Configuration

☐ DHCP ☒ Static

IPv4 Address: 192.168.57.2

Subnet Mask: 255.255.255.128

Default Gateway: 192.168.57.126

DNS Server: 0.0.0.0

IPv6 Configuration

☐ Automatic ☒ Static

IPv6 Address: FE80::260:47FF:FE7A:A9D4

Link Local Address: FE80::260:47FF:FE7A:A9D4

PDU Information at Device: PC0-Tecnico

OSI Model Outbound PDU Details

PDU Formats

Ethernet II			
0	4	8	Bytes
PREAMBLE: 101010...10		SF D	DEST ADDR: 0060.477A.A9D4
SRC ADDR: 00D0.FFD9.9729	TYPE: 0x0800	DATA (VARIABLE LENGTH)	FCS: 0x00000000

IP			
0	4	8	16
VER: 4	IHL: 5	DSCP: 0x00	TL: 28
ID: 0x0002		FLAGS: 0x0	FRAG OFFSET: 0x000
TTL: 255		PRO: 0x01	CHKSUM
SRC IP: 192.168.57.1		DST IP: 192.168.57.2	
DATA (VARIABLE LENGTH)			

ICMP			
0	4	8	16
TYPE: 0x08	CODE: 0x00	CHECKSUM	
ID: 0x0003		SEQ NUMBER: 2	

Variable Size PDU

0		8		16		Bytes	
DATA (VARIABLE LENGTH)							

PDU Information at Device: PC0-Tecnico

OSI Model Outbound PDU Details

PDU Formats

Ethernet II			
0	4	8	Bytes
PREAMBLE: 101010...10		SF D	DEST ADDR: FFFF.FFFF.FF
SRC ADDR: 00D0.FFD9.9729	TYPE: 0x0806	DATA (VARIABLE LENGTH)	FCS: 0x00000000

Arp			
0	8	16	Bits
HARDWARE TYPE: 0x0001		PROTOCOL TYPE: 0x0800	
HLEN: 0x06	PLEN: 0x04	OPCODE: 0x0001	
SOURCE MAC: 00D0.FFD9.9729			
SOURCE IP: 192.168.57.1			
TARGET MAC: 0000.0000.0000			
TARGET IP: 192.168.57.2			

Figura 15 - Paine de configuração do PC0 e PC3, detalhes das PDUs trocadas entre eles (ICMP e ARP).

Podemos ver pela figura 14, que quando fazemos uma troca de uma PDU entre PCs da mesma rede, a mesma é entregue ao seu destino com sucesso. Os detalhes dessa PDU encontram-se na figura 15 em que podemos observar que o PC0 (origem) já tem informação do *Mac Address* de destino, ou seja, o PC3. Isto é possível porque antes do envio da trama ICMP o PC0 envia um ARP (*broadcast*) que lhe permite saber o MAC do PC3 (ARP *reply unicast*) permitindo que depois a troca da PDU seja realizada de forma direta.

- Teste de conectividade entre dois PCs da delegação de Lisboa, mas de departamentos diferentes (DTEC e DCOM)

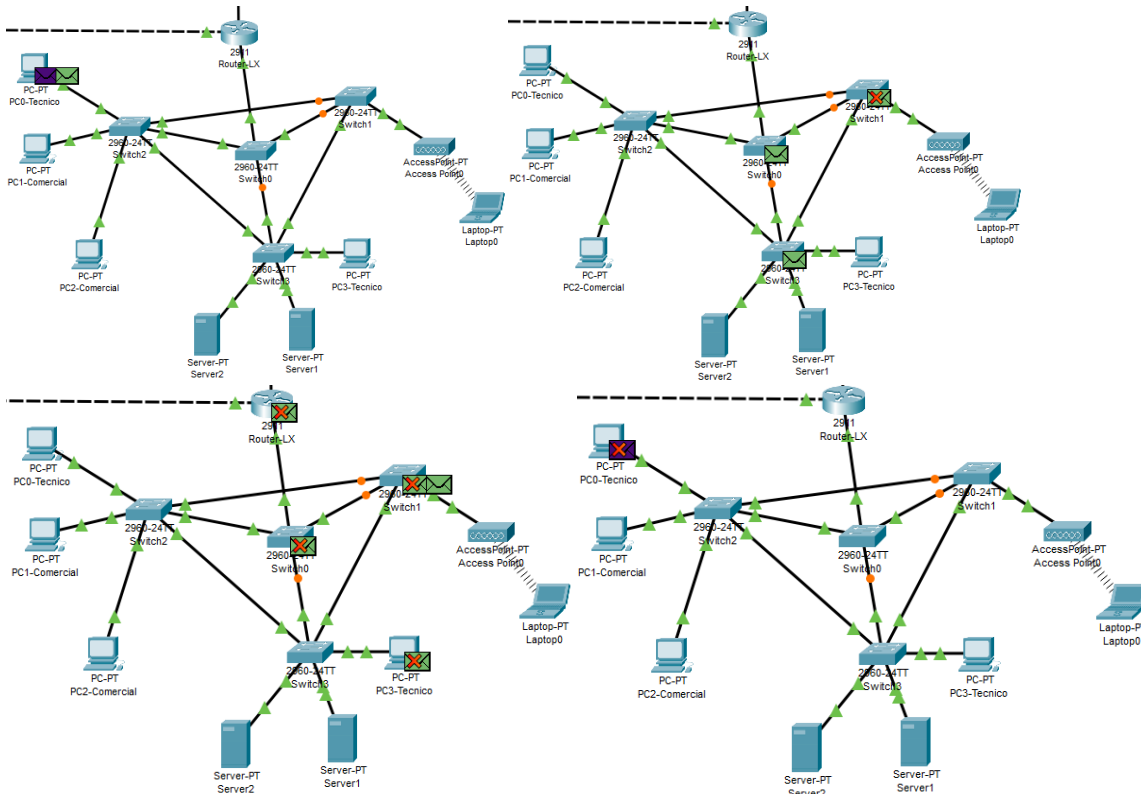


Figura 16 - Capturas do *Packet Tracer* da troca de PDU entre PC0 (DTEC) e o PC2 (DCOM).

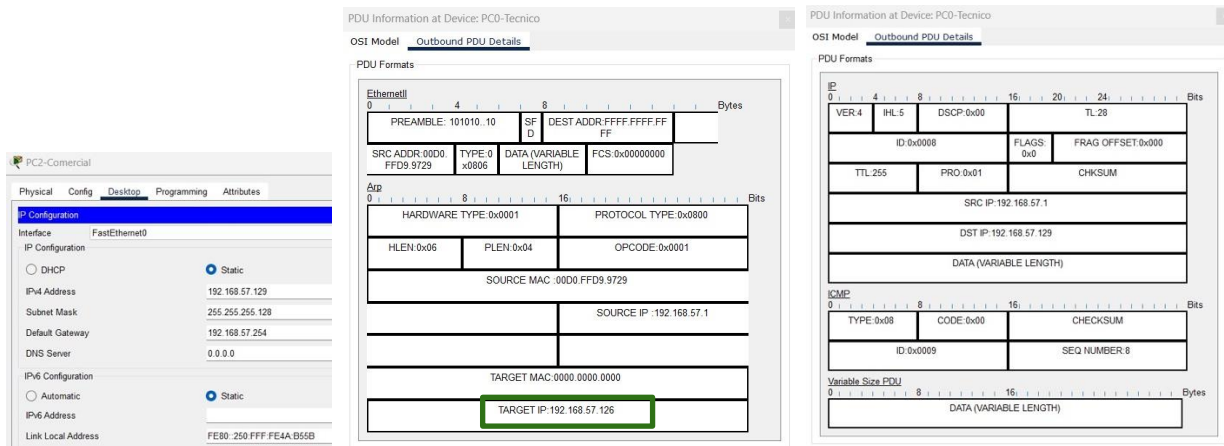


Figura 17 – Paine de configuração do PC2 e detalhes das PDUs trocadas entre PC0 e PC2 (ARP e ICMP).

Como seria de esperar a PDU não foi entregue ao PC2 pois está numa rede diferente do PC0. Inicialmente o ARP enviado pelo PC0 tem como destino o router (gateway) pois ele sabe que o PC2 está numa rede diferente da sua. Nesta fase o router ainda não está configurado logo quando a trama chega ao mesmo é rejeitada. Assim o PC0 não tem como saber qual o MAC do destino e, portanto, não envia o ICMP.

3 Configuração dos routers

3.1 Configuração das interfaces dos routers

Tabela 5 - Definição das sub-interfaces dos routers

Router	Interface	IP	Mascara
Router-LX	Gig 0/1	192.168.57.126	255.255.255.128
		192.168.57.254	255.255.255.128
		192.168.56.254	255.255.255.128
		192.168.59.126	255.255.255.192
Router-CAS	Gig 0/1	192.168.59.30	255.255.255.224
		192.168.59.62	255.255.255.224
Router-POR	Gig 0/0	192.168.58.190	255.255.255.192
		192.168.58.254	255.255.255.192
		192.168.58.126	255.255.255.128

Tabela 6 - Definição das interfaces de série dos routers.

Network	Lisboa	Porto	Cascais	ISP	Mascara	Broadcast
192.168.59.128	192.168.59.129	-	192.168.59.130	-	255.255.255.252	192.168.59.131
192.168.59.132	192.168.59.133	-	-	192.168.59.134		192.168.59.135
192.168.59.136	-	192.168.59.138	-	192.168.59.137		192.168.59.139

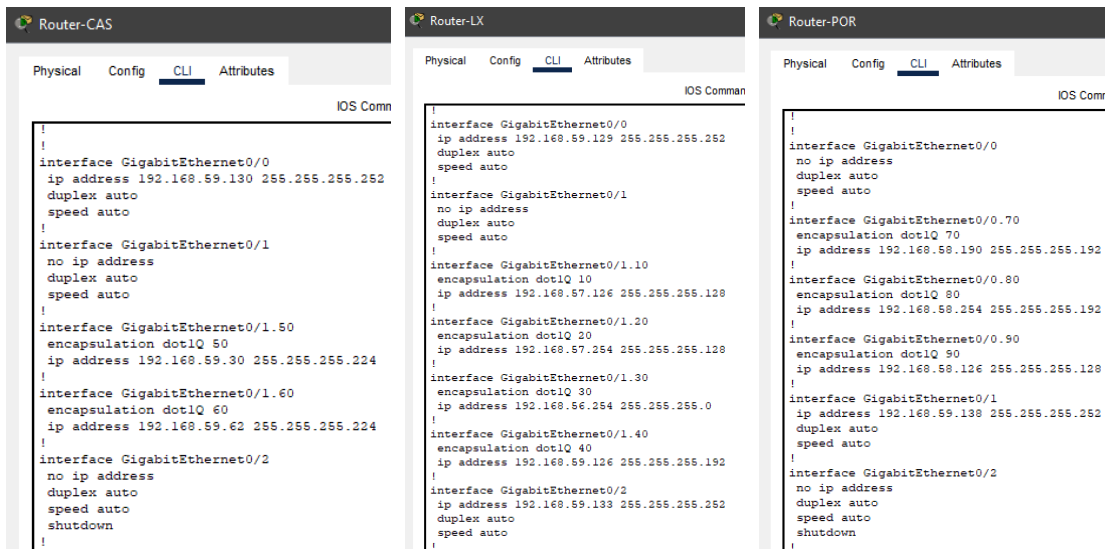


Figura 18 - Pannel de configuração dos routers Cascais, Lisboa e Porto.

3.2 Configuração do encaminhamento nos routers

3.2.1 Encaminhamento automático

- Teste de conectividade entre PCs pertencentes a VLANs diferentes na delegação de Lisboa que estejam a usar a mesma interface do router.

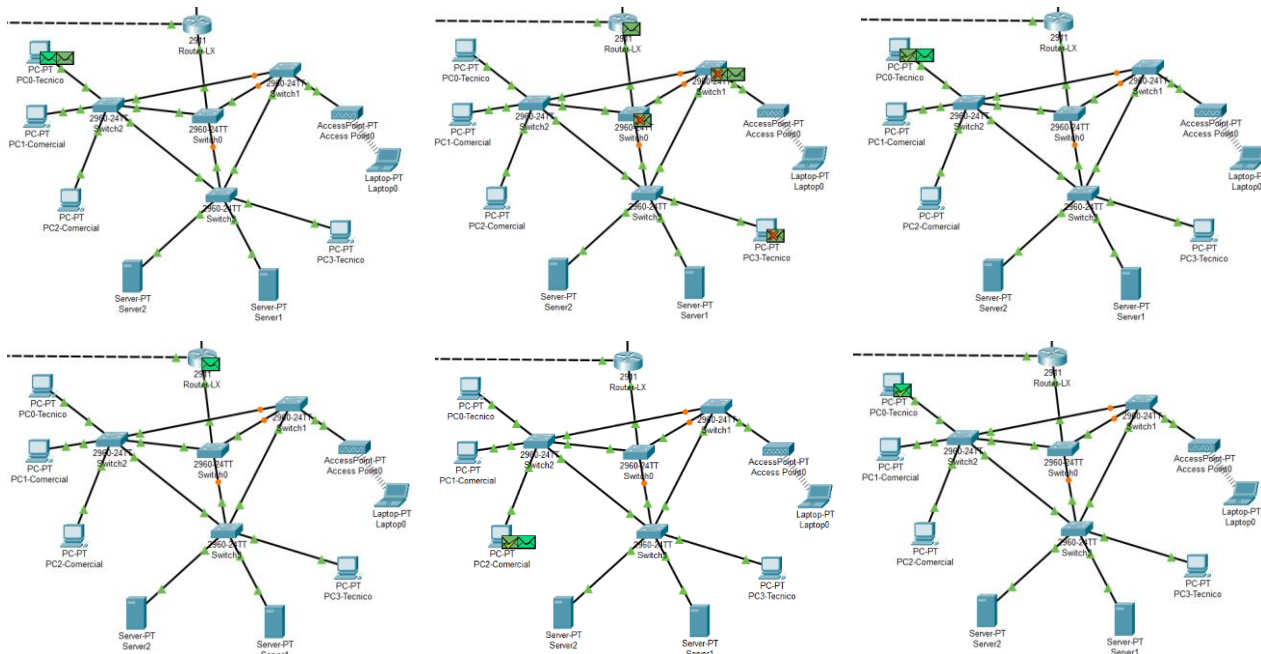


Figura 19 - Capturas do *Packet Tracer* da troca de PDU entre PC0 (DTEC) e o PC2 (DCOM) após configuração do router.

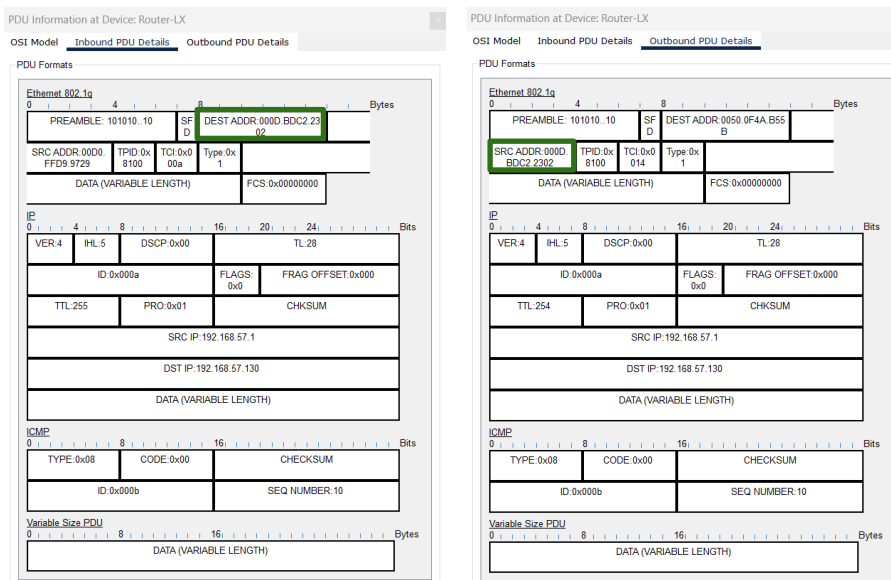


Figura 20 - ICMP enviado do PC0 para o PC2.

Na simulação realizada verificamos que dentro da delegação de Lisboa, quando comunicamos da rede DTEC para a rede DCOM é gerado um ARP que vai até ao router para obter o MAC do mesmo. De seguida o


```

Router-LX
Physical Config CLI Attributes
IOS Command Line Interface

Router#
Router#
Router#
Router#
Router#
Router#
Router#show ip rou
Router#show ip route
Codes: L - local, C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BG
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, E - EGP
I - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, ia - IS-IS int
* - candidate default, U - per-user static route, o - ODR
P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

192.168.56.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
C    192.168.56.0/24 is directly connected, GigabitEthernet0/1.30
L    192.168.56.254/32 is directly connected, GigabitEthernet0/1.30
C    192.168.57.0/24 is variably subnetted, 4 subnets, 2 masks
C    192.168.57.0/25 is directly connected, GigabitEthernet0/1.10
L    192.168.57.126/32 is directly connected, GigabitEthernet0/1.10
C    192.168.57.128/25 is directly connected, GigabitEthernet0/1.20
L    192.168.57.254/32 is directly connected, GigabitEthernet0/1.20
C    192.168.59.0/24 is variably subnetted, 6 subnets, 3 masks
C    192.168.59.64/26 is directly connected, GigabitEthernet0/1.40
L    192.168.59.126/32 is directly connected, GigabitEthernet0/1.40
C    192.168.59.128/30 is directly connected, GigabitEthernet0/0
L    192.168.59.129/32 is directly connected, GigabitEthernet0/0
C    192.168.59.132/30 is directly connected, GigabitEthernet0/2
L    192.168.59.133/32 is directly connected, GigabitEthernet0/2

```

Figura 22 - Tabela de encaminhamento do router de Lisboa.

Na figura acima verificamos que o router consegue encaminha para as redes diretamente ligada a ele.

3.2.2 Encaminhamento estático

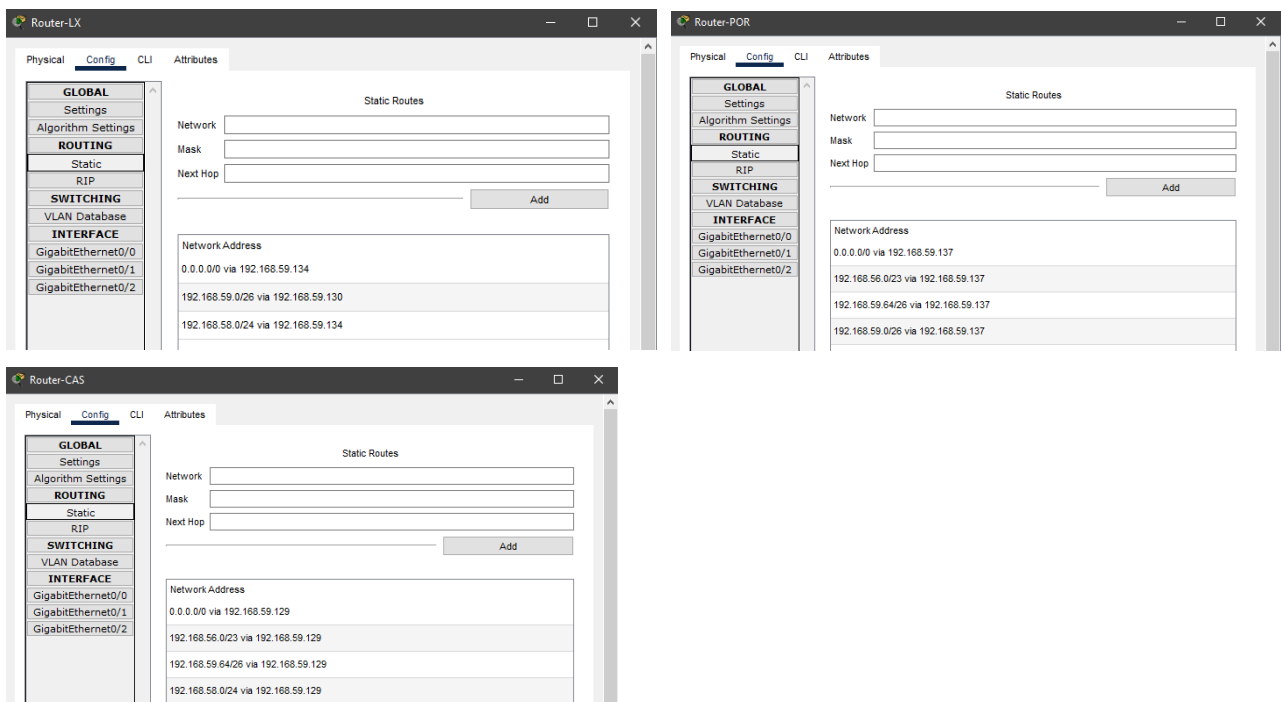
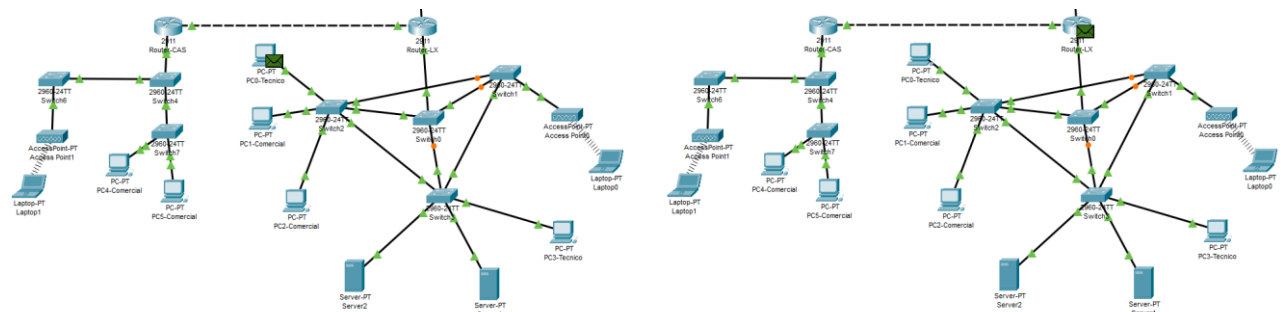


Figura 23 – Configuração do encaminhamento estático dos routers de Lisboa, Porto e Cascais.

- Teste de conectividade entre o PC0 da rede de Lisboa e o PC5 da rede de Cascais.





-

Figura 25 - Capturas da *Packet Tracer* da troca de PDU entre PC0 (DTEC) da delegação de Lisboa e o PC8 (DCOM) da delegação do Porto após configuração das tabelas de encaminhamento.

-

Figura 26 - Capturas do *Packet Tracer* da troca de PDU entre PC0 (DTEC) da delegação de Lisboa e o servidor WWW externo.


```

PC0-Tecnico
Physical Config Desktop Programming Attributes
Command Prompt
C:\>
C:\>tracert 8.8.8.8 (WWW Externo)
Tracing route to 8.8.8.8 over a maximum of 30 hops:
 1  0 ms    0 ms    0 ms    192.168.57.126
 2  1 ms    11 ms   0 ms    192.168.59.134
 3  5 ms    5 ms    0 ms    8.8.8.8
Trace complete.

C:\>tracert 192.168.59.2 (Rede Cascais DCOM)
Tracing route to 192.168.59.2 over a maximum of 30 hops:
 1  0 ms    0 ms    0 ms    192.168.57.126
 2  0 ms    0 ms    0 ms    192.168.59.130
 3  0 ms    0 ms    0 ms    192.168.59.2
Trace complete.
C:\>
C:\>
C:\>tracert 192.168.58.129 (Rede Porto DTEC)
Tracing route to 192.168.58.129 over a maximum of 30 hops:
 1  0 ms    0 ms    0 ms    192.168.57.126
 2  2 ms    0 ms    0 ms    192.168.59.134
 3  25 ms   30 ms   27 ms   192.168.59.138
 4  24 ms   33 ms   16 ms   192.168.58.129
Trace complete.

```

Figura 27 – Execução do commando *Tracert* no PC0 da delegação de Lisboa.

Agora com o encaminhamento estático devidamente configurado em cada router, podemos comunicar entre delegações, como pode ser verificado pelas imagens acima. Isto acontece porque neste momento todos os routers sabem que se receberem PDUs para redes distintas das que tem configuradas, têm de as enviar para o *Next Hop* associado à rede destino, ou seja, enviar para outro router que esteja mais próximo da rede que queremos alcançar.

Através do comando *tracert* conseguimos ter uma visão precisa do caminho que a trama faz desde a sua origem até ao seu destino.

4 Configuração dos serviços DHCP e HTTP

Optamos por criar um servidor DNS com o endereço 192.168.59.65 e o servidor DHCP ficou com o endereço 192.168.59.66.

- Configuração do serviço DHCP

Tabela 7 - Configuração das Pools no servidor DHCP.

Pool Name	Gateway	Start IP Address	Mask	#Max Users
DTEC-LX-VLAN-10	192.168.57.126	192.168.57.1	255.255.255.128	100
DCOM-LX-VLAN-20	192.168.57.254	192.168.57.129	255.255.255.128	100
WIFI-LX-VLAN-30	192.168.56.254	192.168.56.1	255.255.255.0	200
SRV-VLAN-40	192.168.59.126	192.168.59.65	255.255.255.192	10
DCOM-CAS-VLAN-50	192.168.59.30	192.168.59.1	255.255.255.224	5
WIFI-CAS-VLAN-60	192.168.59.62	192.168.59.33	255.255.255.224	10
DTEC-POR-VLAN-70	192.168.58.190	192.168.58.129	255.255.255.192	40
DCOM-POR-VLAN-80	192.168.58.254	192.168.58.193	255.255.255.192	20
WIFI-POR-VLAN-90	192.168.58.126	192.168.58.1	255.255.255.128	100

- Configuração do servidor DHCP

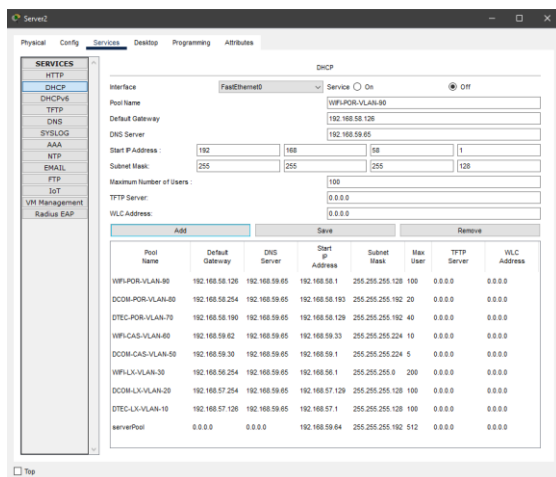


Figura 28 – Configuração do servidor DHCP.

- Configuração de DHCP *Relay Agents*

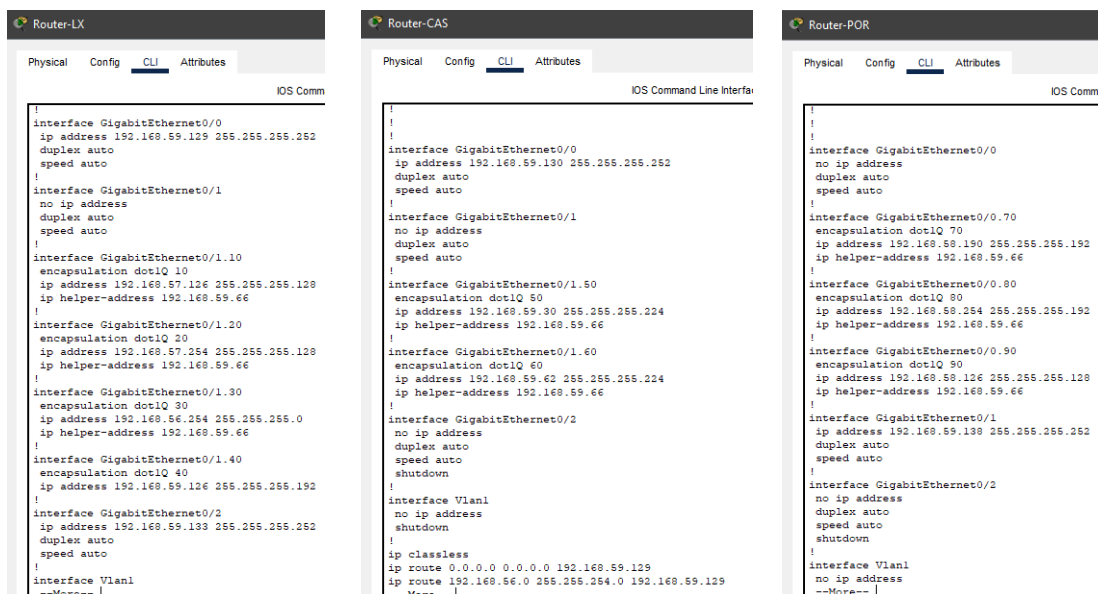


Figura 29 – Configuração dos *Relay Agents* de Lisboa, Cascais e Porto.

- Teste de atribuição dinâmica de endereços IP

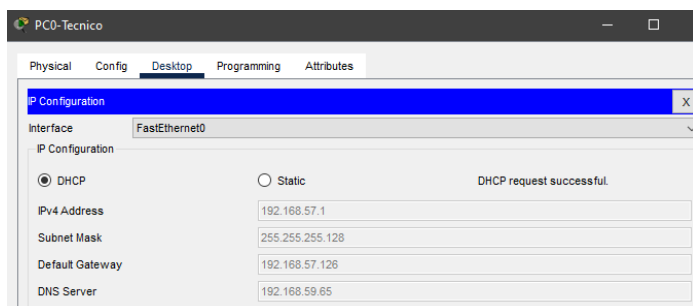


Figura 30 – Atribuição de IP ao PC0.

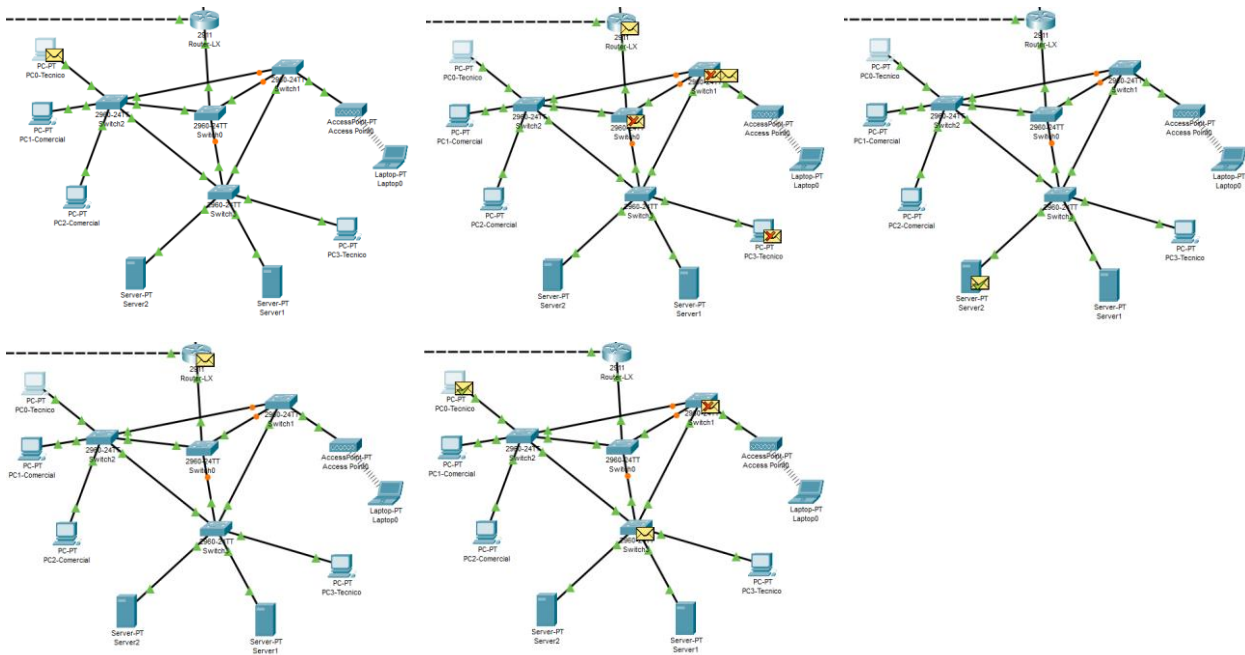


Figura 31 - Capturas do *Packet Tracer* do pedido DHCP do PC0.

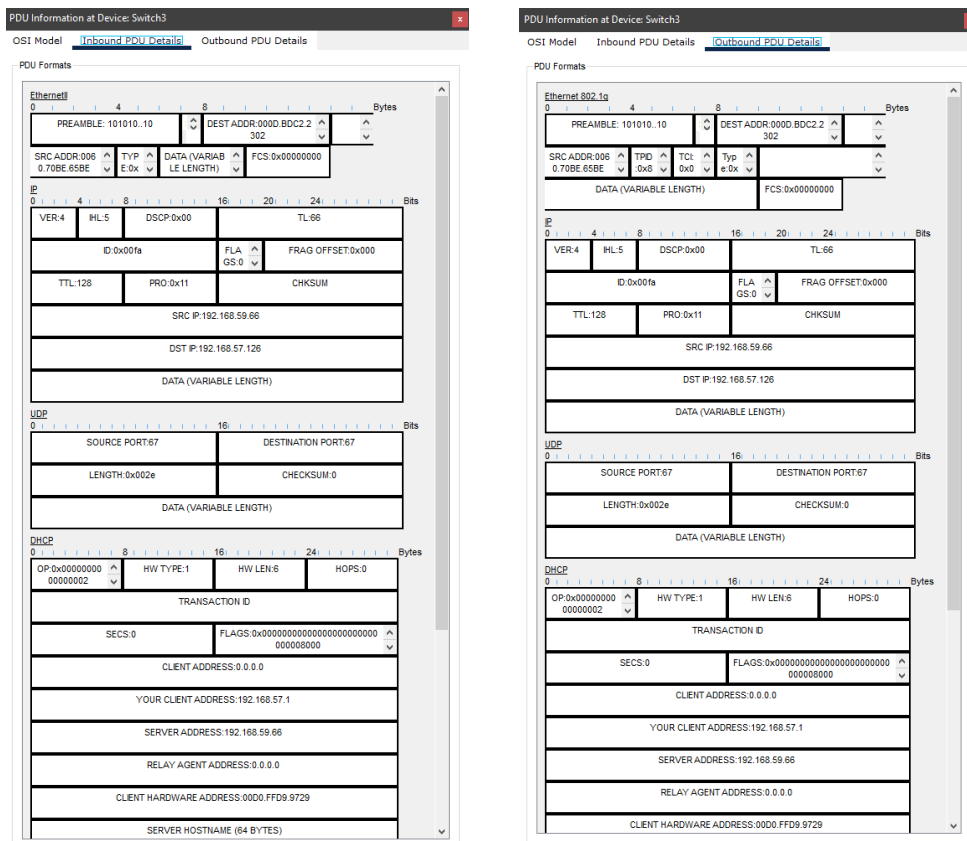


Figura 32 – PDUs do DHCPDISCOVER e do DHCPOFFER.

Com o serviço DHCP configurado e ligado, já podemos colocar os PCs com uma configuração IP dinâmica (DHCP). Ao fazer isso, é gerado um DHCPDISCOVER por parte do computador que se está a ligar à rede (PC0). Essa trama vai em direção ao *router*, para depois ser encaminhada para o servidor DHCP. Ao chegar ao servidor é então enviado um DHCPOFFER com o IP que pode ser atribuído ao PC, com essa informação o PC escolhe o IP com o qual pretende ficar e envia um DHCPREQUEST ao servidor, para que

esse fique com o registro do IP escolhido pelo cliente. Por fim, o servidor envia um ACK para confirmar que o computador ficou com o IP escolhido.

- Configuração do serviço HTTP

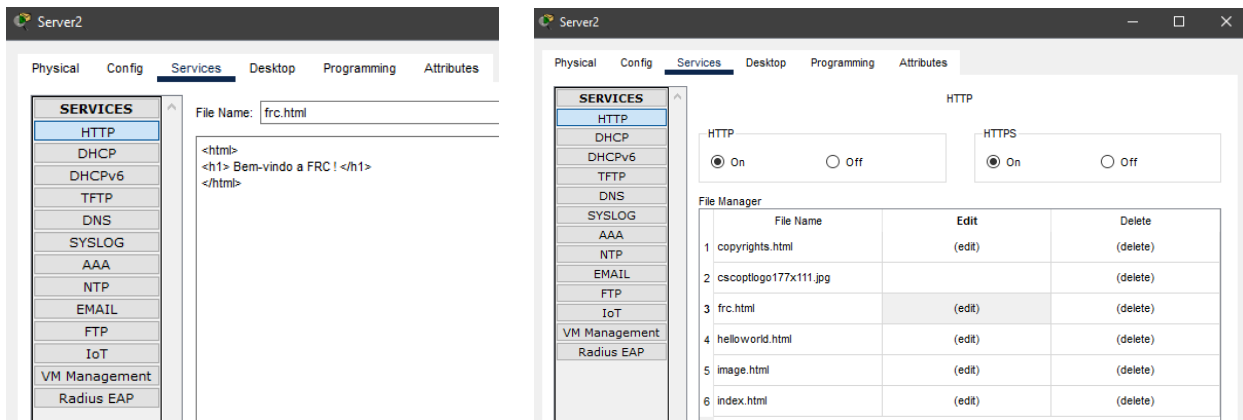


Figura 33 – Configuração do serviço HTTP e criação da página HTML.

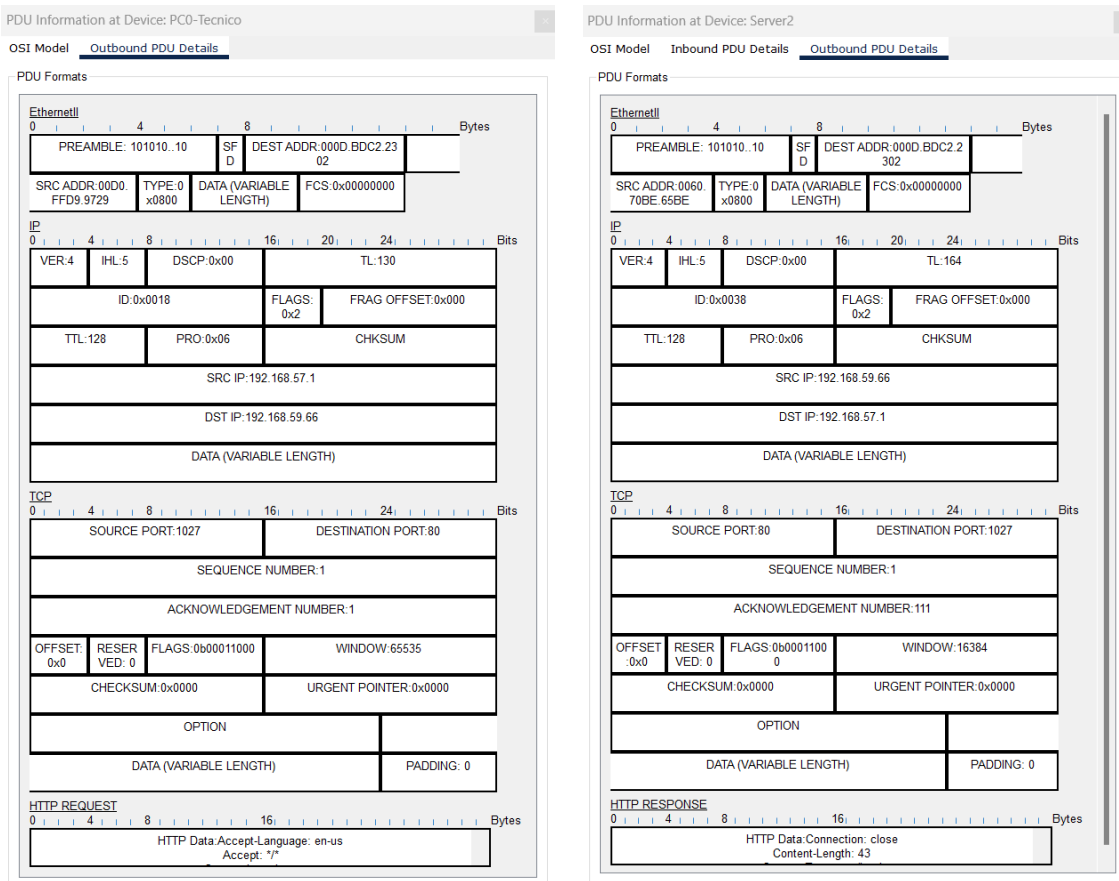


Figura 34 – PDU do HTTP REQUEST enviado do PC0 e PDU do HTTP RESPONSE enviado pelo servidor.



Figura 35 – Página HTML frc.html.

Abrindo o browser no PC0 (PC configurado com DHCP), se escrevermos o endereço que está configurado para o servidor onde foi configurado o serviço HTTP, seguido do “/frc.html”, é gerado um HTTP REQUEST para o servidor DHCP (servidor onde está configurado o serviço HTTP). Chegando ao servidor, o mesmo envia ao PC um HTTP RESPONSE, com a página gerada.

5 Testes funcionais da rede

- Estrutura da trama 802.3 e 802.11 e estrutura do pacote IP

- i) PC0 e PC3 pertencem à mesma delegação e VLAN

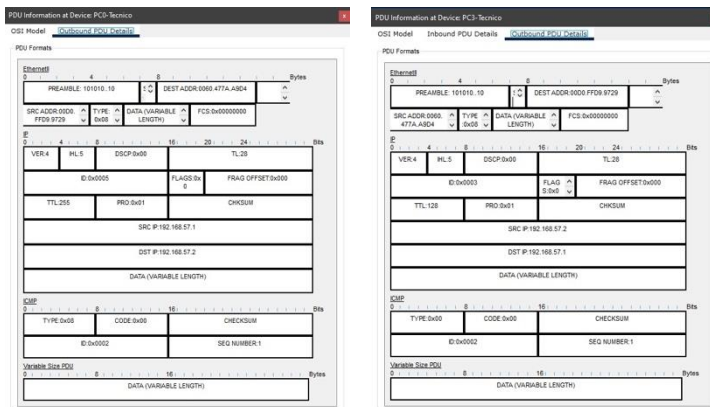


Figura 36 – Troca de PDU entre PCs da mesma delegação e VLAN.

À semelhança do que foi descrito no ponto 1.2 deste relatório é possível uma vez comprovar a troca bem-sucedida de uma trama entre PCs da mesma rede.

- ii) PC0 na mesma delegação, mas VLANs diferentes

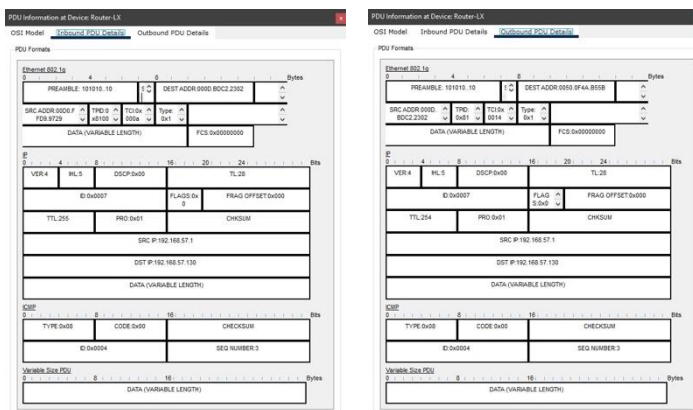


Figura 37 – Troca de PDU entre PCs na mesma delegação mas VLANs diferentes.

iii) PCs de delegações diferentes

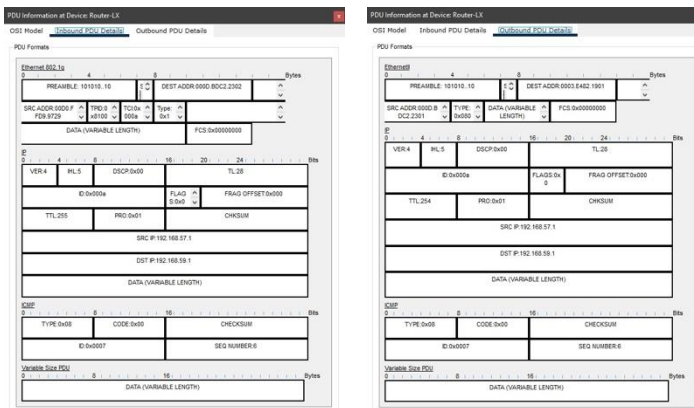


Figura 38 - Troca de PDU entre PCs de delegações diferentes.

- Comunicação de um dispositivo wireless da rede de Lisboa para um PC da delegação de Cascais

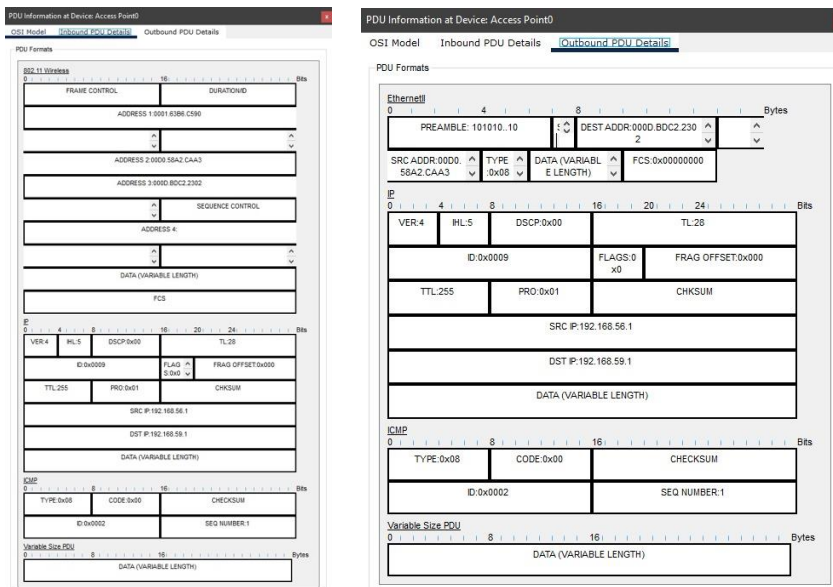


Figura 39 – Troca de PDU entre um dispositivo wireless da delegação de Lisboa e um PC da delegação de Cascais.

• Protocolo ARP

Escolhemos o PC0 como PC origem e enviamos um ping a cada um dos seus vizinhos.

Para PCs vizinhos pertencentes à mesma rede que o PC0, o ARP Request tem como MAC destino o endereço FFFF. FFFF. FFFF (*broadcast*) e IP destino o IP do PC vizinho. Trata-se por isso de uma mensagem de *broadcast*. Por sua vez, o ARP Reply, tem como MAC destino e IP destino o PC0, ou seja, é uma mensagem *unicast*.

Por outro lado, se os PCs vizinhos não tiverem na mesma rede que o PC0 então o ARP Request tem como MAC destino o endereço FFFF. FFFF. FFFF (*broadcast*) e IP destino o endereço de *gateway*. À semelhança da situação anterior também se trata de uma mensagem de *Broadcast*. O ARP Reply terá como MAC destino e IP destino o PC0, igual à situação anterior.

Estas conclusões batem certo com o que foi demonstrado no ponto 2 deste relatório, Planeamento do espaço de endereçamento, onde inclusive apresentamos capturas de ecrã da mensagem ARP.

- **Protocolo DHCP**

- Processo de libertação IP por DHCP do PC0

PC0-----DHCP Release (192.168.57.1)-----> Servidor DHCP

- Processo de aquisição IP por DHCP do PC0

PC0-----DHCP Renew (192.168.57.1)-----> Servidor DHCP

PC0 <-----DHCP Offer (192.168.57.1)----- Servidor DHCP

PC0-----DHCP Request (192.168.57.1)-----> Servidor DHCP

PC0 <-----DHCP ACK (192.168.57.1)----- Servidor DHCP

- Processo de libertação IP por DHCP do PC que se encontra na rede de servidores

- PC0-----DHCP Release (192.168.59.67)-----> Servidor DHCP

- Processo de libertação IP por DHCP do PC que se encontra na rede de servidores

PC0-----> Servidor DHCP

PC0 <-----DHCP Offer (192.168.57.1)----- Servidor DHCP

PC0-----DHCP Request (192.168.57.1)-----> Servidor DHCP

PC0 <-----DHCP ACK (192.168.57.1)----- Servidor DHCP

- Existe algum *Relay Agent* entre o PC escolhido e o servidor?

IP do servidor DHCP: 192.168.59.66

Relativamente ao *Relay Agent* este só atua na primeira situação de teste, ou seja, pedido de IP do PC0. IP do *Relay Agent* é 192.168.57.126.

Quando realizamos um pedido de IP para um PC que está na mesma rede do servidor, este pedido não tem de ir ao *Relay Agent* pois como se encontra na mesma rede funciona como uma troca de PDUs normal.

Conclusão

Neste trabalho prático da disciplina de Fundamentos de Redes de Computadores, foi realizado o planeamento e teste de uma rede empresarial de média dimensão, utilizando o simulador Packet Tracer da Cisco. O objetivo principal deste trabalho foi proporcionar a compreensão das tecnologias e protocolos utilizados na criação de uma rede empresarial.

Este trabalho prático proporcionou a oportunidade de colocar em prática os conhecimentos adquiridos na disciplina de Fundamentos de Redes de Computadores. Através do planeamento e teste de uma rede empresarial de média dimensão, foi possível compreender e trabalhar com tecnologias como VLANs, Protocolo STP, planeamento do espaço de endereçamento, configuração dos routers e Protocolo DHCP e HTTP. O uso do simulador Packet Tracer foi extremamente necessário uma vez que permitiu a simulação e visualização das configurações e interações da rede, enriquecendo a experiência de aprendizagem.