

Instituto Superior de Engenharia De Lisboa

Licenciatura em Engenharia Informática e Multimédia

Redes de Computadores – 2024/2025 SV

3ª Fase – Connecting Multiple Networks

Docente: Nuno Garcia

Realizado pelo grupo NG-16:

Carolina Raposo n.º 51568

Carlos Simões n.º 51696

Lara Camões n.º 51742

Lisboa, 24 de maio de 2025

Índice

1. Introdução	2
2. Phase 3 – Connecting Multiple Networks	3
2.1 Cálculos e tabela de <i>routing</i>	3
2.2 LAN Transit A <i>Routing</i>	4
3. Conclusão	6
4. Referências	6

Índice de Figuras

Figura 1 – Esquema da ligação entre redes	3
Figura 2 – Output do ping entre o PC0 e PC1	5
Figura 3 – Output do ping para o servidor DNS	5

Índice de Tabelas

Tabela 1 – Tabela de <i>routing</i> completa	4
--	---

1. Introdução

O presente relatório descreve as etapas e resultados obtidos durante a realização da Fase 3 do projeto da unidade curricular Redes de Computadores, cujo objetivo principal foi interligar múltiplas redes locais (LANs) através da configuração adequada de equipamentos de rede. Nesta fase, expandiu-se a topologia inicial para incluir diferentes segmentos de rede, garantindo a comunicação entre todos os dispositivos e o acesso à Internet simulada.

O trabalho centrou-se na correta atribuição de endereços IP, no dimensionamento das sub-redes e na configuração dos routers para permitir o encaminhamento eficiente de tráfego entre as diferentes LANs. Para validar as configurações implementadas, realizaram-se testes de conectividade entre diversos pontos da rede.

Neste documento, apresentam-se os resultados obtidos, incluindo a tabela de *routing* completa e os testes de *ping* realizados, que comprovam o correto funcionamento da rede configurada.

2. Phase 3 – Connecting Multiple Networks

Como referido anteriormente, esta fase do projeto consiste na ligação de múltiplas redes, nomeadamente a LAN A, a LAN B, a LAN dos Servidores e uma ligação à Internet simulada. Estas redes estão interligadas através de dois routers (R1 e R2), que, por sua vez, estão conectados entre si por uma rede de trânsito designada LAN *Transit*. O objetivo principal é permitir a comunicação entre todas as redes internas, bem como o acesso ao exterior, através de uma configuração adequada das tabelas de *routing*.

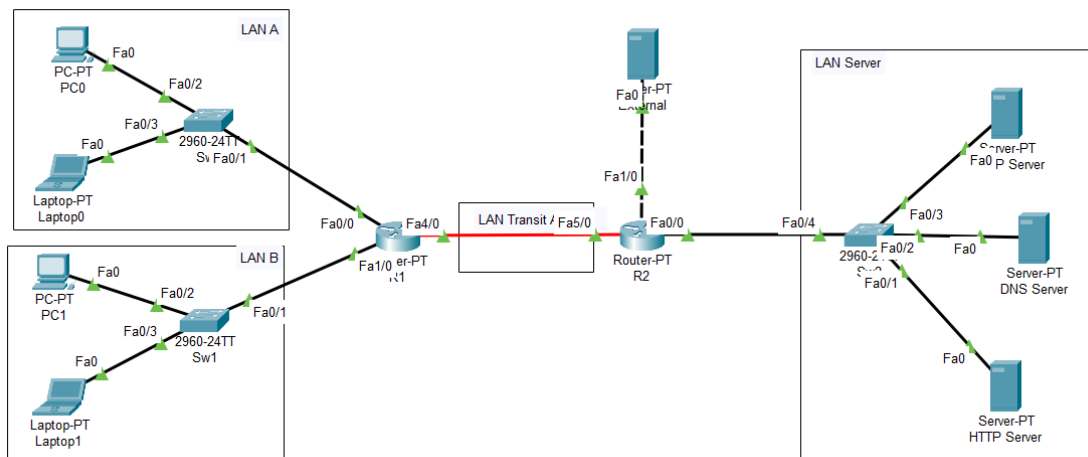


Figura 1 - Esquema da ligação entre redes

2.1 Cálculos e tabela de *routing*

Primeiramente, foi necessário calcular o número de clientes da LAN A e LAN B, a partir das seguintes fórmulas:

$$Clientes_{LAN A} = \max(20, (\sum_{k=0}^n \text{números_alunos}) \bmod 100)$$

$$Clientes_{LAN B} = \frac{Clientes_{LAN A}}{2}$$

Consoante o resultado da soma dos números dos alunos do grupo, faz-se esse resultado módulo 100, seleciona-se os últimos dois dígitos e, caso seja menor que 20, o total de clientes da LAN A será 20 e os da LAN B são 10. Caso o valor seja maior que 20, esse resultado é o número de clientes da LAN A, e o número de clientes da LAN B é metade dos da LAN A. No nosso caso, somámos os nossos números e deu 155006. Sendo os últimos dois dígitos 06, o número de clientes da LAN A é 20 e os da LAN B são 10.

Tendo em conta a rede inicial 10.0.16.0/24, e os valores dos clientes de cada LAN (A e B), tem-se que:

- LAN A = 20 *hosts* → o mais próximo de poder ter 20 *hosts* endereçáveis é /27, devido a este ter 32 endereços IP, sendo dois deles para a network e para o broadcast;

- LAN B = 10 *hosts* → o mais próximo de poder ter 10 *hosts* endereçáveis é /28, pois este tem no total 16 endereços, sendo apenas 14 endereçáveis;
- LAN *Transit A* → segundo o enunciado, este tem de ser /30, ou seja, tem dois endereços endereçáveis apenas;
- LAN dos servidores → sendo que já foram utilizados 52 endereços do /24, então 254 (endereçáveis de /24) – 52 = 202, ou seja, o maior espaço disponível é /25, que tem no total 128 endereços, sendo apenas 126 endereçáveis.

A partir destes cálculos, atualizou-se a tabela da fase anterior do projeto para:

Tabela 1 – Tabela de *routing* completa

	Endereço IP	Primeiro Host endereçável	Último Host endereçável	Valor do <i>Broadcast</i>
LAN A	10.0.16.0/27	10.0.16.1/27	10.0.16.30/27	31
PC0	10.0.16.2/27	-	-	-
Laptop0	10.0.16.1/27	-	-	-
Router R1 f0/0	10.0.16.30/27	-	-	-
LAN B	10.0.16.32/28	10.0.16.33/28	10.0.16.46/28	47
PC1	10.0.16.34/28	-	-	-
Laptop1	10.0.16.33/28	-	-	-
Router R1 f1/0	10.0.16.46/28	-	-	-
LAN Transit A	10.0.16.48/30	10.0.16.49/30	10.0.16.50/30	51
Router R1 f4/0	10.0.16.49/30	-	-	-
Router R2 f5/0	10.0.16.50/30	-	-	-
LAN de servidores	10.0.16.128/25	10.0.16.129/25	10.0.16.254/25	255
Servidor DHCP	10.0.16.129/25	-	-	-
Servidor DNS	10.0.16.130/25	-	-	-
Servidor HTTP	10.0.16.131/25	-	-	-
Router R2 f0/0	10.0.16.254/25			
Internet	8.8.8.0/30	8.8.8.1/30	8.8.8.2/30	3
Servidor Externo	8.8.8.1/30	-	-	-
Router R2 f1/0	8.8.8.2/30	-	-	-

Após organizar a tabela, alterou-se/adicionou-se em cada dispositivo, na respetiva interface, o endereço IP, a *subnet mask*, e a *default gateway* (caso não seja um *router*), e ligou-se cada *port* de cada interface, caso estivesse desligado.

2.2 LAN Transit A *Routing*

Para que um dispositivo, por exemplo, da LAN A possa comunicar com um da LAN dos servidores, foi necessário configurar o *Static Routing* de cada *router* (R1 e R2):

- Router R1
 - 0.0.0.0/0 via 10.0.16.50 → como R1 está ligado diretamente às LAN A e B, não precisa de rotas explícitas para essas redes — as interfaces locais já sabem como encaminhar esse tráfego, tudo o resto passa por R2;
- Router R2

- 0.0.0.0/0 via 8.8.8.1 → todo o tráfego não destinado às redes internas será encaminhado para 8.8.8.1, que representa o *gateway* para a Internet
- 10.0.16.0/27 via 10.0.16.49 → o tráfego destinado à LAN A é encaminhado para 10.0.16.49, que é a interface de R1 na LAN *Transit*,
- 10.0.16.32/28 via 10.0.16.49 → tal como na anterior, o tráfego destinado à LAN B, segue para R1 através de 10.0.16.49.

Após fazer este *routing*, fez-se *ping* do PC0 para o PC1 para testar a conexão entre a LAN A e B:

```
C:\>ping 10.0.16.34

Pinging 10.0.16.34 with 32 bytes of data:

Request timed out.
Reply from 10.0.16.34: bytes=32 time=11ms TTL=127
Reply from 10.0.16.34: bytes=32 time<1ms TTL=127
Reply from 10.0.16.34: bytes=32 time<1ms TTL=127

Ping statistics for 10.0.16.34:
    Packets: Sent = 4, Received = 3, Lost = 1 (25% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 0ms, Maximum = 11ms, Average = 3ms
```

Figura 2 – Output do *ping* entre o PC0 e PC1

- O primeiro pacote foi perdido porque o PC0, ao não encontrar o endereço MAC do *gateway* na sua tabela ARP, teve primeiro de enviar um pedido ARP em *broadcast*, só depois de receber a resposta do router R1 com o respetivo MAC é que conseguiu encaminhar corretamente os pacotes ICMP para o PC1.

Depois de fazer este *ping*, fez-se outro à mesma do PC0 para o PC1, e nenhum pacote foi perdido, pois o PC0 já contém na sua tabela ARP o IP e MAC do PC1.

Para testar a conexão entre uma das LANs (A ou B) e a LAN dos servidores, fez-se *ping* do PC0 (da LAN A) para o servidor DNS da LAN de servidores:

```
C:\>ping 10.0.16.130

Pinging 10.0.16.130 with 32 bytes of data:

Request timed out.
Request timed out.
Reply from 10.0.16.130: bytes=32 time<1ms TTL=126
Reply from 10.0.16.130: bytes=32 time=8ms TTL=126

Ping statistics for 10.0.16.130:
    Packets: Sent = 4, Received = 2, Lost = 2 (50% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 0ms, Maximum = 8ms, Average = 4ms
```

Figura 3 – Output do *ping* para o servidor DNS

- O primeiro pacote ICMP é enviado pelo PC0 para o *router* R1 através da sua interface FastEthernet0/0, que atua como *gateway*. Como o PC0 ainda não conhece o endereço MAC de R1, envia primeiro um ARP *Request* e, após receber o ARP *Reply*, o pacote é finalmente encaminhado — mas, entretanto o primeiro pacote ICMP perde-se durante esse processo de resolução ARP;
- O segundo pacote ICMP chega ao *router* R2, que precisa de encaminhá-lo para o DNS Server. No entanto, R2 ainda não conhece o endereço MAC do servidor DNS e, por isso, envia um ARP *Request*. Após receber o ARP *Reply* do DNS Server, o pacote é finalmente entregue. O segundo pacote perde-se durante essa resolução ARP feita por R2.

Por fim, fez-se novamente o mesmo *ping* e percebeu-se que nenhum pacote foi perdido, pois o PC0 já reconhece o caminho a seguir até ao servidor DNS, após terem sido feitos os ARP *Requests*.

3. Conclusão

A realização da terceira fase do projeto permitiu consolidar conhecimentos essenciais no domínio das redes de computadores, com destaque para a interligação de múltiplas redes locais através da configuração adequada de routers. Os objetivos definidos foram plenamente atingidos, como demonstrado pelos testes de conectividade e pela análise da tabela de *routing* implementada.

Com base nos cálculos realizados, foi possível dividir o espaço de endereçamento disponível, atribuindo sub-redes com dimensões apropriadas a cada LAN. A correta configuração das interfaces dos *routers* e das regras de encaminhamento assegurou a comunicação entre todos os dispositivos da rede, incluindo o acesso à Internet simulada.

Os testes de *ping* realizados validaram as configurações efetuadas, sendo as perdas iniciais de pacotes justificadas pelos mecanismos ARP envolvidos no estabelecimento da comunicação.

Em suma, esta fase não só cumpriu integralmente os objetivos propostos como também aprofundou a compreensão de conceitos fundamentais como *subnetting*, encaminhamento e diagnóstico de problemas em redes configuradas.

4. Referências

- https://www.ripe.net/media/documents/IPv4_CIDR_Chart_2015.pdf - “IPv4 CIDR Chart 2015” – acedido a 22/05/25