



**Instituto Superior  
de Engenharia**

Politécnico de Coimbra

INSTITUTO POLITÉCNICO DE COIMBRA  
INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE COIMBRA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA INFORMÁTICA E SISTEMAS

LICENCIATURA EM ENGENHARIA INFORMÁTICA  
RAMO DE REDES E ADMINISTRAÇÃO DE SISTEMAS

# Planeamento e Configuração de uma Rede de Dados

Rafael Filipe Rodrigues Pereira  
2022150534

# Conteúdo

|          |   |          |
|----------|---|----------|
| <b>1</b> | <b>Introdução</b>                               | <b>1</b> |
| <b>2</b> | <b>Planeamento</b>                              | <b>2</b> |
| 2.1      | Cálculo do Espaço de Endereçamento IP . . . . . | 2        |
| 2.2      | Distribuição do Endereçamento IP . . . . .      | 2        |
| 2.2.1    | Sub-redes Públicas no RSC . . . . .             | 3        |
| 2.2.2    | Sub-redes Privadas nos Polos Remotos . . . . .  | 3        |
| <b>3</b> | <b>Topologia</b>                                | <b>4</b> |
| 3.1      | Endereçamento IP por Polo . . . . .             | 4        |
| 3.2      | Ligações WAN . . . . .                          | 5        |
| <b>4</b> | <b>Tecnologias Utilizadas</b>                   | <b>6</b> |
| 4.1      | OSPF . . . . .                                  | 6        |
| 4.2      | VLANs . . . . .                                 | 6        |
| 4.3      | HSRP . . . . .                                  | 6        |
| 4.4      | Frame Relay . . . . .                           | 7        |
| 4.5      | Multilink PPP . . . . .                         | 7        |
| 4.6      | Q-in-Q (VLAN Tunneling) . . . . .               | 7        |
| 4.7      | MPLS (Multiprotocol Label Switching) . . . . .  | 8        |
| 4.8      | Switches Layer 2 e Layer 3 . . . . .            | 8        |
| <b>5</b> | <b>Conclusão</b>                                | <b>9</b> |

# 1 Introdução

Este trabalho prático teve como objetivo principal o planeamento, conceção e configuração de uma rede de dados distribuída para o Instituto Tecnológico de Coimbra (ITC), simulando uma infraestrutura real com múltiplos campi e centros geograficamente dispersos.

A rede abrange a Rede de Serviços Centrais (RSC) como backbone, e os seguintes polos: Campus de Engenharia (CE), Campus de Ciências da Saúde (CCS), Escola de Ciências Matemática (ECMA), Centro de Investigação e Desenvolvimento (CID), Biblioteca Central (BCRD), Centro de Manutenção e Logística (CML) e Residência de Estudantes (RE).

O projeto envolveu a utilização do protocolo de encaminhamento dinâmico OSPF, com áreas stub para os polos remotos, mecanismos de segurança, acesso remoto, endereçamento IPv4, e ligação redundante à Internet com *fallback*. As ligações WAN foram implementadas utilizando as tecnologias abordadas na unidade curricular, como Frame Relay, Multilink PPPoFR, Q-in-Q e MPLS.

Este relatório está organizado para refletir as etapas do trabalho realizado.

## 2 Planeamento

### 2.1 Cálculo do Espaço de Endereçamento IP

Para realizar a planificação do projeto, foi calculado e distribuído pela empresa o espaço atribuído pelo ISP. Foi atribuído pelo ISP o espaço 194.65.AC.0/20, onde:

$$AC = 16 \times ("n^{\circ}aluno" \bmod 16)$$

Então:

$$AC = 16 \times (2022150534 \bmod 16) \quad (=) \quad AC = 96$$

Logo, o espaço que resulta da atribuição é 194.65.96.0/20. Dado que o número de bits utilizado na máscara é 20:

$$32 - 20 = 12 \quad \text{e} \quad 2^{12} = 4096$$

Sendo assim, temos um total de 4.096 endereços:

$$194.65.96.0/20 \quad (194.65.96.0 - 194.65.111.255)$$

**Nota:** Devido a um erro no cálculo do espaço de endereçamento, foi utilizado AC=32 em vez de AC=96, o que resultou na utilização incorreta da gama 194.65.32.0/20 em vez da correta 194.65.96.0/20. Este equívoco apenas foi percebido depois da conclusão do projeto. No entanto, o planeamento e a implementação foram realizados corretamente, respeitando os requisitos. Assim, o relatório reflete a utilização do espaço utilizado no projeto.

### 2.2 Distribuição do Endereçamento IP

A distribuição do endereçamento IP foi realizada utilizando o espaço 194.65.32.0/20 (194.65.32.0 - 194.65.47.255) para as redes públicas no RSC, e o espaço privado 172.16.0.0/16 para os polos remotos. Foi atribuído endereçamento IP consoante as necessidades de cada segmento de rede.

**Nota:** Inicialmente foi planeada a utilização de endereços privados nos polos em vez dos endereços da gama pública. Aquando a conclusão do projeto e uma leitura mais atenta do enunciado, foi percebido que deveria ter sido utilizada a gama pública também nos polos. No entanto, devido à fase avançada do projeto, não foi possível proceder a essa correção.

### 2.2.1 Sub-redes Públicas no RSC

O espaço público 194.65.32.0/20 foi subdividido em sub-redes /24 para cada VLAN.

| VLAN | Sub-rede       | Gateway       |
|------|----------------|---------------|
| 10   | 194.65.32.0/24 | 194.65.32.254 |
| 20   | 194.65.33.0/24 | 194.65.33.254 |
| 30   | 194.65.34.0/24 | 194.65.34.254 |
| 40   | 194.65.35.0/24 | 194.65.35.254 |
| 50   | 194.65.36.0/24 | 194.65.36.254 |
| 60   | 194.65.37.0/24 | 194.65.37.254 |

Tabela 1: VLANs e Sub-redes Públicas (RSC)

| PVLAN | Descrição   | Sub-rede       | Gateway       |
|-------|-------------|----------------|---------------|
| 100   | Primary     | 194.65.38.0/24 | 194.65.38.254 |
| 101   | Isolated    | 194.65.38.0/24 | 194.65.38.254 |
| 102   | Community 1 | 194.65.39.0/24 | 194.65.39.254 |
| 103   | Community 2 | 194.65.39.0/24 | 194.65.39.254 |

Tabela 2: PVLANs e Sub-redes Públicas (RSC)

### 2.2.2 Sub-redes Privadas nos Polos Remotos

O espaço privado 172.16.0.0/16 foi dividido em sub-redes /24 para cada VLAN em cada polo remoto.

| Polo | VLANs | Sub-redes                       |
|------|-------|---------------------------------|
| CE   | 10-15 | 172.16.10.0/24 a 172.16.15.0/24 |
| CCS  | 20-25 | 172.16.20.0/24 a 172.16.25.0/24 |
| ECMA | 30-35 | 172.16.30.0/24 a 172.16.35.0/24 |
| CID  | 40-45 | 172.16.40.0/24 a 172.16.45.0/24 |
| BCRD | 50-55 | 172.16.50.0/24 a 172.16.55.0/24 |
| CML  | 60-65 | 172.16.60.0/24 a 172.16.65.0/24 |
| RE   | 70-75 | 172.16.70.0/24 a 172.16.75.0/24 |

Tabela 3: Sub-redes Privadas nos Polos Remotos

A topologia implementada tem RSC como centro e vários polos remotos, conectados via as tecnologias WAN estudadas. O encaminhamento é baseado em OSPF puro, com área 0 como backbone e áreas stub para os polos remotos. O RISP origina a rota padrão para internet.

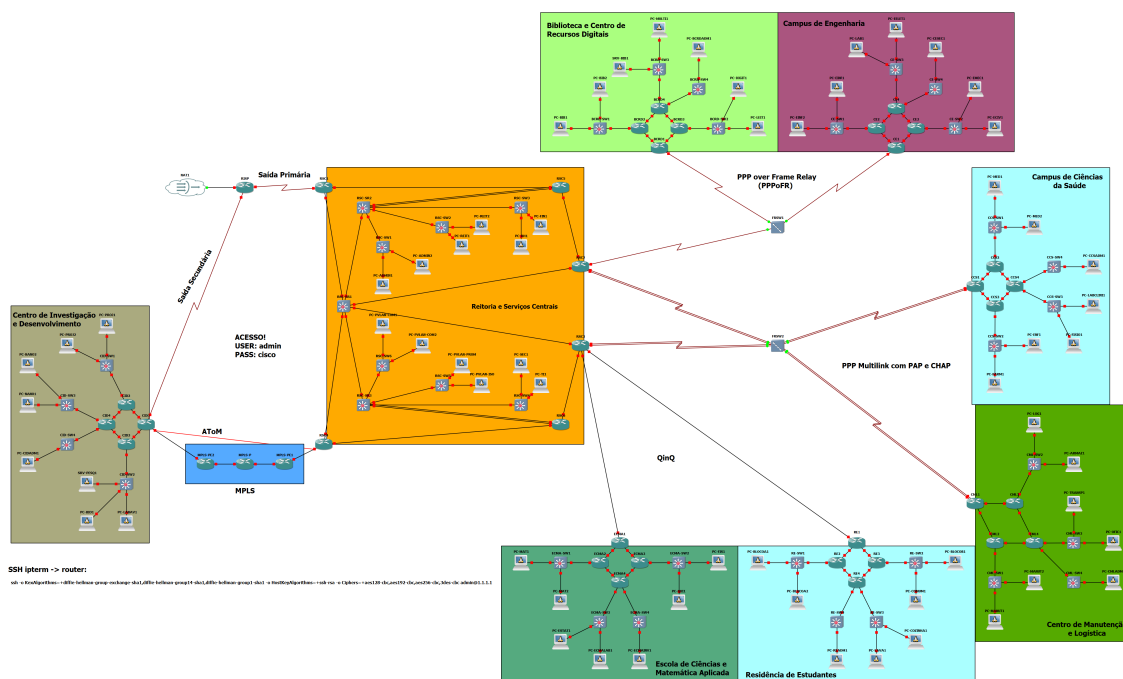


Figura 1: Diagrama da Topologia de Rede

A tabela abaixo apresenta as gamas de IP, VLANs e áreas OSPF atribuídas a cada polo.

| <b>Polo</b> | <b>Gama Interna</b> | <b>VLANs</b>                   | <b>Área OSPF</b> |
|-------------|---------------------|--------------------------------|------------------|
| RSC         | 10.0.0.0/16         | 10-60,100-103 (194.65.32-39.x) | 0 (Backbone)     |
| CE          | 10.1.0.0/16         | 10-15 (172.16.10-15.x)         | 1                |
| CCS         | 10.2.0.0/16         | 20-25 (172.16.20-25.x)         | 2                |
| ECMA        | 10.5.0.0/16         | 30-35 (172.16.30-35.x)         | 5                |
| CID         | 10.4.0.0/16         | 40-45 (172.16.40-45.x)         | 4                |
| BCRD        | 10.6.0.0/16         | 50-55 (172.16.50-55.x)         | 6                |
| CML         | 10.7.0.0/16         | 60-65 (172.16.60-65.x)         | 7                |
| RE          | 10.8.0.0/16         | 70-75 (172.16.70-75.x)         | 8                |

Tabela 4: Gamas de IP por Polo

### 3.2 Ligações WAN

As ligações WAN entre o RSC e os polos, bem como com o ISP, utilizam endereços privados /30 e as diferentes tecnologias estudadas.

| <b>Tecnologia</b>   | <b>Polo</b> | <b>Rede</b>       | <b>Conexão</b>   |
|---------------------|-------------|-------------------|------------------|
| Internet Primária   | RSC         | 10.20.34.236/30   | RISP ↔ RSC-R1    |
| Internet Secundária | CID         | 10.30.34.240/30   | RISP ↔ CID-R1    |
| Frame Relay         | CE          | 10.10.1.0/30      | CE-R1 ↔ RSC-R2   |
| Frame Relay         | BCRD        | 10.10.2.0/30      | BCRD-R1 ↔ RSC-R2 |
| Multilink PPPoFR    | CCS         | 10.10.10.0/30     | CCS-R1 ↔ RSC-R2  |
| Multilink PPPoFR    | CML         | 10.10.20.0/30     | CML-R1 ↔ RSC-R3  |
| Q-in-Q              | ECMA        | 10.20.1.0/30      | ECMA-R1 ↔ RSC-R3 |
| Q-in-Q              | RE          | 10.30.1.0/30      | RE-R1 ↔ RSC-R3   |
| MPLS ATOM           | CID         | Várias (10.6.x.x) | CID-R1 ↔ RSC-R4  |

Tabela 5: Ligações WAN por Tecnologia

## 4 Tecnologias Utilizadas

### 4.1 OSPF

| Área | Polo | Descrição                             |
|------|------|---------------------------------------|
| 0    | RSC  | Backbone principal                    |
| 1    | CE   | Campus de Engenharia                  |
| 2    | CCS  | Campus Ciências da Saúde              |
| 4    | CID  | Centro Investigação e Desenvolvimento |
| 5    | ECMA | Escola de Ciências Matemática         |
| 6    | BCRD | Biblioteca Central                    |
| 7    | CML  | Centro de Manutenção e Logística      |
| 8    | RE   | Residência de Estudantes              |

Tabela 6: Áreas OSPF por Polo

**Nota:** O protocolo OSPF tem autenticação configurada em todas as ligações.

### 4.2 VLANs

Utilizadas para segmentação de rede em cada campus e no RSC.

| Polo | VLANs                  |
|------|------------------------|
| RSC  | 10, 20, 30, 40, 50, 60 |
| CE   | 10, 11, 12, 13, 14, 15 |
| CCS  | 20, 21, 22, 23, 24, 25 |
| ECMA | 30, 31, 32, 33, 34, 35 |
| CID  | 40, 41, 42, 43, 44, 45 |
| BCRD | 50, 51, 52, 53, 54, 55 |
| CML  | 60, 61, 62, 63, 64, 65 |
| RE   | 70, 71, 72, 73, 74, 75 |

Tabela 7: VLANs por Polo

### 4.3 HSRP

No projeto, o HSRP foi implementado para redundância dos gateways nas VLANs públicas do RSC, evitando falhas únicas entre os *routers* RSC-R5 e RSC-R6. Configurado com prioridades 110 e 100, garante failover automático com autenticação MD5 e tracking de interfaces.



## 4.4 Frame Relay

Utilizado para conectar os polos CE e BCRD ao RSC em topologia *hub-and-spoke*. Configurado com DLCI 101 para CE e 102 para BCRD no switch Frame Relay ligado ao RSC-R2, utilizando sub-interfaces ponto-a-ponto com autenticação OSPF.

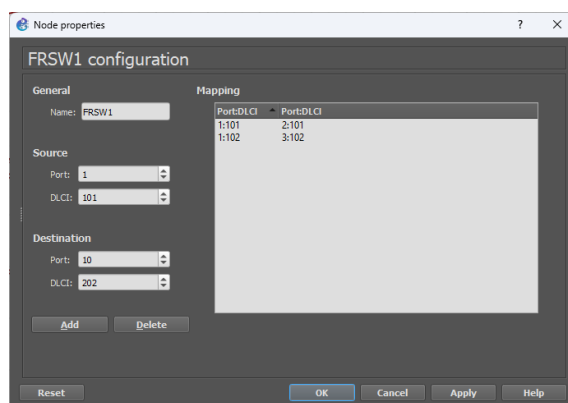


Figura 2: FRSW1

## 4.5 Multilink PPP

Aplicado para agregar duas ligações *serial* e aumentar largura de banda e redundância nas conexões de CCS e CML ao RSC. Configurado com DLCI 200 para CCS (RSC-R2) e 300 para CML (RSC-R3), via Virtual-Template para PPP *multilink* com autenticação CHAP/PAP.

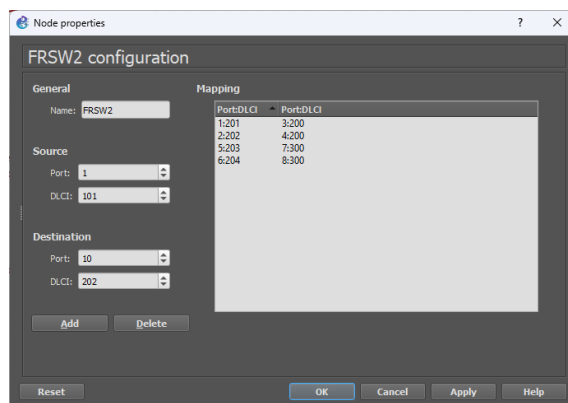


Figura 3: FRSW2

## 4.6 Q-in-Q (VLAN Tunneling)

Empregado para transportar VLANs dos polos ECMA e RE ao RSC sem conflitos de IDs, isolando as redes remotas. Configurado com VLAN 999 como tag externa nos *routers* ECMA-R1 e RE-R1 conectados ao RSC-R3, utilizando encapsulamento *dot1Q 999* para *double tagging*.

## 4.7 MPLS (Multiprotocol Label Switching)

Backbone WAN para a ligação MPLS AToM do CID ao RSC, com redundância via ISP backup. Implementado com core 10.40.0.0/16 e *routers* MPLS-PE1, MPLS-P, MPLS-PE2, utilizando pseudowire Layer 2 com VLAN 200 para conectar CID-R1 a RSC-R4 via labels MPLS.

## 4.8 Switches Layer 2 e Layer 3

Os switches Layer 3 (RSC-SR1, RSC-SR2, RSC-SR3) foram utilizados para core routing no RSC com *trunking* 802.1Q, enquanto os Layer 2 em cada polo gerem acesso a VLANs. Configurados com portas *access* para PCs, *trunk* para *routers* e *spanning-tree* para prevenir *loops*.

## 5 Conclusão

A realização deste projeto permitiu aplicar e consolidar os conceitos abordados na unidade curricular.

Depois de concluir o projeto e efetuar uma revisão final, foi identificado um erro relacionado com a utilização e cálculo da gama pública: em alguns polos foram utilizados endereços privados em vez dos endereços da gama pública apropriada, e a gama pública foi calculada incorretamente. Este lapso não comprometeu a funcionalidade geral nem a implementação do projeto, mas afeta a conformidade com o enunciado.

Apesar desta questão, os objetivos do trabalho foram cumpridos, pelo que o relatório e a topologia final refletem os resultados esperados.