



# Instituto Superior de Engenharia

Politécnico de Coimbra

DEPARTAMENTO DE / DEPARTMENT OF  
INFORMÁTICA E SISTEMAS

## **Projeto de Planeamento e Configuração de uma Rede de dados.**

Autor / Author

**João Pedro Vila Pomar (a2023140947)**

Unidade Curricular

**Encaminhamento de dados**



INSTITUTO POLITÉCNICO  
DE COIMBRA

INSTITUTO SUPERIOR  
DE ENGENHARIA  
DE COIMBRA

Coimbra, junho 2025

Introdução .....	3
Topologia Lógica Global da Rede .....	3
Plano de Endereçamento Global .....	5
Endereçamento IPv4.....	5
Endereçamento Privado para Ligações Ponto-a-Ponto (P2P): .....	5
Endereçamento IPv6 (Filial Escritórios - Ponto 8 do Guião) .....	6
Configuração e Detalhes por Filial e Sede .....	6
Sede (C) - OSPF Multi-Área.....	6
Filial Qualidade (Q) .....	7
Filial Oficina (O) .....	8
Filial Escritórios (E) .....	9
Filial Armazém (A) .....	9
Filial Fabricação e Loja .....	10
Análise de Tabelas de Encaminhamento.....	10
Conclusão .....	10

## Introdução

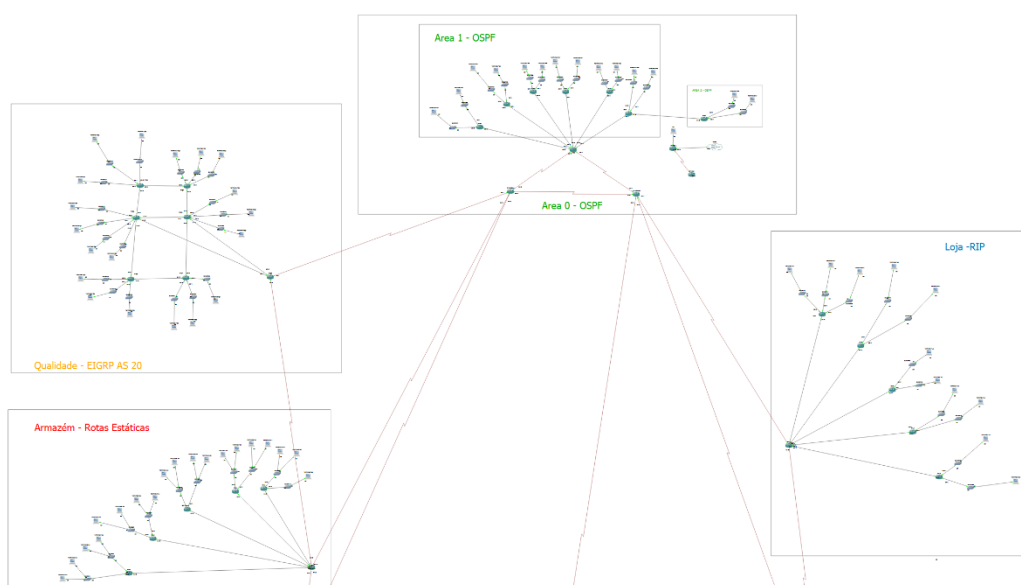
O presente relatório detalha o planeamento, simulação e configuração de uma rede de dados alargada e distribuída para uma organização fictícia, conforme os requisitos do projeto da unidade curricular de Encaminhamento de Dados, do ano letivo 2024/2025. Onde o seu principal objetivo foi aplicar os conhecimentos adquiridos ao longo do ano, nomeadamente, os protocolos de encaminhamento.

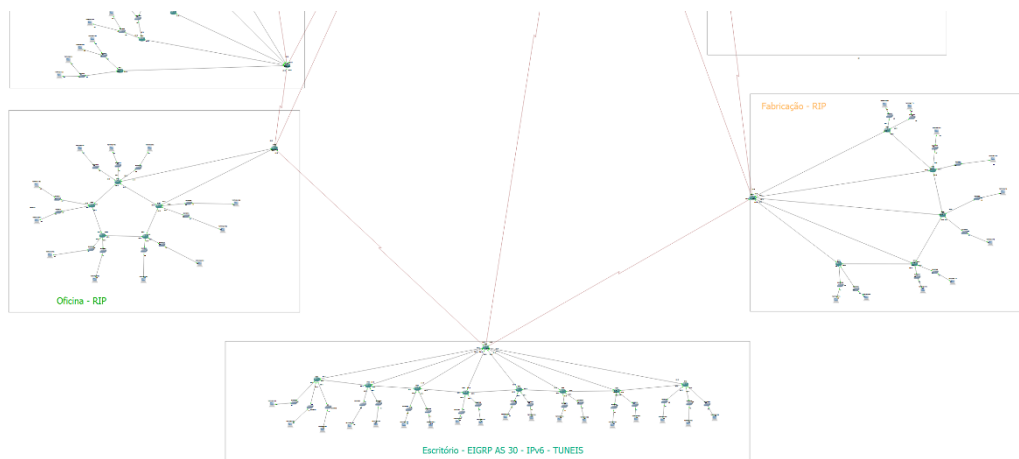
Para a realização deste projeto, foi utilizada a ferramenta GNS3, na versão 2.2.54. Especificamente para os routers, foi empregue a imagem IOU i86bi-linux-13-adventerprisek9-15.4.1T.bin, e para os switches, optou-se pelo dispositivo "ethernet switch" para simplificar a topologia global.

O projeto foi montado de raiz, e procura contemplar o planeamento de endereçamento IPv4 com VLSM, a configuração de múltiplos protocolos de encaminhamento (Estático, RIP, EIGRP, OSPF) com autenticação, OSPF multi-área com links virtuais, endereçamento IPv6 com estratégia de transição, e outras funcionalidades avançadas como Policy Based Routing (PBR), Prefix-Lists, sumarização de rotas.

## Topologia Lógica Global da Rede

A arquitetura de rede da empresa foi projetada para interligar uma Sede central, designada por Sede (S), com seis filiais distintas: Armazém (A), Escritórios (E), Fabricação (F), Loja (L), Oficina (O) e Qualidade (Q).





A Sede (S) é constituída por onze routers, funcionando como o núcleo da rede e o ponto central de gestão e interligação. Dois destes routers na Sede (R-LigacaoA e R-LigacaoB) são dedicados à interligação com os routers principais de cada uma das seis filiais (R-A0, R-O0, R-Q0, R-E0, R-F0, R-L0). Estas ligações utilizam interfaces serial e um esquema de endereçamento IP privado. Adicionalmente, um router na Sede (R-ISP) (não configurado) é responsável pela ligação primária à Internet.

Cada filial é composta por um mínimo de cinco routers e servindo pelo menos dez sub-redes LAN. As sub-redes LAN em todas as localizações utilizam o bloco de endereçamento IPv4 público 194.65.152.0/21, que abrange 2048 endereços.

A estrutura interna e o protocolo de encaminhamento principal de cada localização são os seguintes:

- **Sede (S):** 11 routers (R-S0, R-Sede-ISP, R-LFA, R-LFB, R-S1 a R-S7). Utiliza OSPF, com um design multi-áreas e links virtuais.
- **Filial Armazém (A):** 6 routers (R-A0 e routers internos). Utiliza Rotas Estáticas.
- **Filial Oficina (O):** 6 routers (R-O0 e routers internos). Utiliza RIPv2.
- **Filial Qualidade (Q):** 7 routers (R-Q0 e routers internos). Utiliza EIGRP AS 20.
- **Filial Escritórios (E):** 9 routers (R-E0 e routers internos). Utiliza EIGRP AS 30 para IPv4.
- **Filial Fabricação (F):** 6 routers (R-F0 e routers internos). Utiliza RIPv2.
- **Filial Loja (L):** 6 routers (R-L0 e routers internos). Utiliza RIPv2.
- **"Grande Anel" Inter-Filiais:** Interliga R-LigacaoA, R-LigacaoB, R-A0, R-O0, R-Q0, R-E0, R-F0, R-L0. Utiliza EIGRP AS 100.

# Plano de Endereçamento Global

## Endereçamento IPv4

- Bloco Público Atribuído e VLSM:

Para utilização interna foi utilizado o bloco 194.65.152.0/21. Este bloco foi subsequentemente dividido utilizando VLSM para criar sub-redes de diferentes dimensões, e adequadas às necessidades de cada uma das LANs.

A tabela seguinte apresenta representa uma parte do plano de sub-redes LAN implementado, demonstrando a aplicação do VLSM a partir do bloco público

LAN	Endereço de Rede	Máscara	Primeiro e último endereço	Endereço Broadcast
A1 (Armazem LAN 1 /27)	194.65.152.0	255.255.255.224	194.65.152.1 - 194.65.152.30	194.65.152.31
A2 (Armazem LAN 2 /27)	194.65.152.32	255.255.255.224	194.65.152.33 - 194.65.152.62	194.65.152.63
O1 (Oficina LAN 1 /27)	194.65.152.64	255.255.255.224	194.65.152.65 - 194.65.152.94	194.65.152.95
O2 (Oficina LAN 2 /27)	194.65.152.96	255.255.255.224	194.65.152.97 - 194.65.152.126	194.65.152.127
Q1 (Qualidade LAN 1 /27)	194.65.152.128	255.255.255.224	194.65.152.129 - 194.65.152.158	194.65.152.159
Q2 (Qualidade LAN 2 /27)	194.65.152.160	255.255.255.224	194.65.152.161 - 194.65.152.190	194.65.152.191
L1 (Loja LAN 1 /27)	194.65.152.192	255.255.255.224	194.65.152.193 - 194.65.152.222	194.65.152.223
L2 (Loja LAN 2 /27)	194.65.152.224	255.255.255.224	194.65.152.225 - 194.65.152.254	194.65.152.255
F1 (Fabricacao LAN 1 /27)	194.65.153.0	255.255.255.224	194.65.153.1 - 194.65.153.30	194.65.153.31
F2 (Fabricacao LAN 2 /27)	194.65.153.32	255.255.255.224	194.65.153.33 - 194.65.153.62	194.65.153.63
E1 (Escritorios LAN 1 /27)	194.65.153.64	255.255.255.224	194.65.153.65 - 194.65.153.94	194.65.153.95
E2 (Escritorios LAN 2 /27)	194.65.153.96	255.255.255.224	194.65.153.97 - 194.65.153.126	194.65.153.127
S1 (SEDE LAN 1 /27)	194.65.153.128	255.255.255.224	194.65.153.129 - 194.65.153.158	194.65.153.159
S2 (SEDE LAN 2 /27)	194.65.153.160	255.255.255.224	194.65.153.161 - 194.65.153.190	194.65.153.191
A3 (Armazem LAN 3 /28)	194.65.153.192	255.255.255.240	194.65.153.193 - 194.65.153.206	194.65.153.207
A4 (Armazem LAN 4 /28)	194.65.153.208	255.255.255.240	194.65.153.209 - 194.65.153.222	194.65.153.223
O3 (Oficina LAN 3 /28)	194.65.153.224	255.255.255.240	194.65.153.225 - 194.65.153.238	194.65.153.239
O4 (Oficina LAN 4 /28)	194.65.153.240	255.255.255.240	194.65.153.241 - 194.65.153.254	194.65.153.255
Q3 (Qualidade LAN 3 /28)	194.65.154.0	255.255.255.240	194.65.154.1 - 194.65.154.14	194.65.154.15
Q4 (Qualidade LAN 4 /28)	194.65.154.16	255.255.255.240	194.65.154.17 - 194.65.154.30	194.65.154.31

## Endereçamento Privado para Ligações Ponto-a-Ponto (P2P):

Conforme o pedido no ponto 17b do guião do projeto, todas as ligações entre equipamentos ativos foram configuradas com endereçamento IP privado. Conservando o espaço de endereçamento público atribuído.

Foram definidos esquemas de endereçamento privado distintos para as diferentes secções da rede:

**Sede (Ligações Internas):** Utiliza o bloco 10.0.0.x/30.

**Ligações Inter-Filiais e Sede-Filial:** Utiliza o bloco 10.1.0.x/30.

**Ligações P2P Internas de Cada Filial:**

- Armazém (A): 192.168.0.x/30
- Oficina (O): 192.168.1.x/30
- Qualidade (Q): 192.168.2.x/30

- Fabricação (F): 192.168.3.x/30
- Escritórios (E): 192.168.4.x/30
- Loja (L): 192.168.5.x/30

## Endereçamento IPv6 (Filial Escritórios - Ponto 8 do Guião)

Para cumprir o requisito de implementação de IPv6, foi configurado endereçamento IPv6 na filial dos Escritórios (E). Foi escolhido um prefixo ULA (Unique Local Address) da gama fd00::/8 para este propósito.

A partir deste prefixo /48, foram criadas sub-redes /64 para cada uma das LANs e ligações ponto-a-ponto nos routers R-E1 a R-E4, onde o IPv6 foi implementado. A atribuição de endereços seguiu a prática comum de usar ::1/64 para a interface do router em cada segmento LAN e endereços sequenciais para os links P2P.

Foi implementado um túnel dinâmico entre R-E1 e R-E4. Na figura abaixo podemos ver o endereçamento atribuído.

Localização	Rede IPv4	Prefixo IPv6	Interface Router	Endereço IPv6 Router
LANs R-E1	194.65.153.64/27	fd00:E:1:1::/64	R-E1 (e0/0)	fd00:E:1:1::1/64
	194.65.153.96/27	fd00:E:1:2::/64	R-E1 (e0/1)	fd00:E:1:2::1/64
	194.65.154.96/28	fd00:E:1:3::/64	R-E1 (e0/2)	fd00:E:1:3::1/64
LANs R-E2	194.65.154.112/28	fd00:E:2:1::/64	R-E2 (e0/0)	fd00:E:2:1::1/64
	194.65.154.240/29	fd00:E:2:2::/64	R-E2 (e0/1)	fd00:E:2:2::1/64
LANs R-E3	194.65.154.248/29	fd00:E:3:1::/64	R-E3 (e0/0)	fd00:E:3:1::1/64
	194.65.155.208/29	fd00:E:3:2::/64	R-E3 (e0/1)	fd00:E:3:2::1/64
LANs R-E4	194.65.155.216/29	fd00:E:4:1::/64	R-E4 (e0/0)	fd00:E:4:1::1/64
	194.65.155.224/29	fd00:E:4:2::/64	R-E4 (e0/1)	fd00:E:4:2::1/64
P2P Links	R-E1 <=> R-E2	fd00:E:12::/64	R-E1(e0/3), R-E2(e0/2)	::1, ::2
	R-E2 <=> R-E3	fd00:E:23::/64	R-E2(e0/3), R-E3(e0/2)	::1, ::2
	R-E3 <=> R-E4	fd00:E:34::/64	R-E3(e0/3), R-E4(e0/2)	::1, ::2
Túnel GRE	R-E1 <=> R-E4	fd00:E:14::/64	R-E1(tu0), R-E4(tu0)	::1, ::2

## Configuração e Detalhes por Filial e Sede

Foram aplicadas, em todos os routers, as configurações standard de segurança e gestão: hostname, service password-encryption, acesso Telnet limitado com password "cisco" e banner MOTD, conforme o ponto 21 do guião.

### Sede (C) - OSPF Multi-Área

A Sede da empresa é composta por onze routers e utiliza exclusivamente o protocolo de encaminhamento OSPF (Open Shortest Path First). Foi implementado o OSPF com multi-áreas(3) e a utilização de um link virtual. Em todas as áreas OSPF da Sede, foi configurada autenticação MD5 com a password "cisco" e key-id 1 para garantir a segurança das trocas de informação de roteamento (Ponto 22 do Guião). O Process ID OSPF 1 foi utilizado consistentemente em todos os routers da Sede.

O design de áreas implementado na Sede é o seguinte:

- **Area 0 (Backbone Area):** Esta área é o núcleo da rede OSPF da Sede. Inclui os routers R-S0 (router core principal), R-LigacaoA e R-LigacaoB. Todas as interligações serial entre estes quatro routers pertencem à Area 0. O R-S0 funciona

como um ponto central nesta área e como ABR (Area Border Router) para a Área 1.

- **Area 1 (Sede Interna A ):** Esta área agrupa seis routers internos da Sede: R-S1, R-S2, R-S3, R-S4, R-S5 e R-S6. Cada um destes routers liga-se diretamente ao R-S0 através da sua interface Ethernet0/2. As interfaces correspondentes no R-S0 (Ethernet0/0 a Ethernet1/1) também pertencem à Área 1. As catorze LANs da Sede (duas por cada router de R-S1 a R-S7, servidas pelos routers R-S1 a R-S6 estão configuradas na Area 1.
- **Area 2 (Sede Interna B )** Esta área foi criada para demonstrar a necessidade e configuração de um link virtual. Contém apenas o router R-S7. As duas LANs do R-S7 (da tabela "SUBREDE S7", com DGs 194.65.156.122/30 e 194.65.156.126/30) e a sua interface Ethernet1/0, que se liga à Ethernet1/0 do R-S6) estão configuradas na Area 2. Como a Area 2 não tem uma ligação física direta à Area 0, depende do link virtual para se conectar ao backbone.
- **Link Virtual:** Para ligar a Area 2 ao backbone (Area 0), foi configurado um link virtual entre o R-S6 (ABR que serve a Area 2 e tem uma interface na Area 1) e o R-S0 (router do backbone que também é ABR para a Area 1). Este link virtual utiliza a Area 1 como área de trânsito e está configurado com autenticação MD5 (password "cisco", key-id 1).

## Filial Qualidade (Q)

Composto por 7 routers, foi implementado o RIGRP utilizando o sistema Autónomo 20.

### Configuração EIGRP Chave:

- O comando no auto-summary foi utilizado para garantir o suporte a VLSM e o anúncio correto de sub-redes.
- As interfaces LAN foram configuradas como passive-interface para otimizar a troca de informação de roteamento.
- **Autenticação:** Foi implementada autenticação MD5 para todas as adjacências EIGRP AS 20, utilizando a key chain QUALIDADE\_EIGRP\_KEY com a password "cisco", conforme o requisito do ponto 22 do guião.

### Funcionalidades Específicas Implementadas:

#### Policy Based Routing (PBR)

- **Onde Aplicado:** Interface de entrada LAN no R-Q2.
- **O Que Acontece:** Tráfego da LAN3 do R-Q2 para qualquer destino é forçado via R-Q1.

Utilizou-se uma ACL para identificar o tráfego da LAN3 do R-Q2 e um route-map para definir o próximo salto.

```
R-Q2#show ip policy
Interface      Route map
Ethernet0/2    PBR_RQ2_VIA_RQ1
R-Q2#show
R-Q2#show route-map
route-map PBR_RQ2_VIA_RQ1, permit, sequence 10
  Match clauses:
    ip address (access-lists): PBR_FROM_RQ2_LAN3_E02
  Set clauses:
    ip next-hop 192.168.2.1
  Policy routing matches: 0 packets, 0 bytes
R-Q2#show ip policy
Interface      Route map
Ethernet0/2    PBR_RQ2_VIA_RQ1
R-Q2#
```

```
ip access-list extended PBR_FROM_RQ2_LAN3_E02
permit ip 194.65.154.200 0.0.0.7 any
!
!
route-map PBR_RQ2_VIA_RQ1 permit 10
match ip address PBR_FROM_RQ2_LAN3_E02
set ip next-hop 192.168.2.1
```

#### Prefix-List (Exemplo no R-Q1 para filtrar rota de R-Q5):

- **Onde Aplicado:** No processo EIGRP do R-Q1 (filtro de entrada).
- **O Que Acontece:** Impede que R-Q1 aprenda a rota para a LAN 194.65.155.120/29 do R-Q5.

#### Sumarização de Rotas EIGRP (Exemplo no R-Q3 para R-Q0):

- **Onde Aplicado:** Interfaces de R-Q3 e R-Q6 que ligam ao R-Q0.
- **O Que Acontece:** Anuncia rotas sumarizadas (ex: 194.65.152.0/22) para o R-Q0.

## Filial Oficina (O)

Para a filial Oficina foi implementado o protocolo RIPv2. Em todos os routers, está ativa a versão 2 do RIP assim como o no auto-summary para garantir que as sub-redes específicas são anunciadas corretamente, em vez de serem sumarizadas automaticamente para os seus endereços de rede classful. As LANs foram configuradas como passive-interface. E foi implementada a autenticação MD5, utilizando a key chain OFICINA\_KEY.

```
router rip
version 2
passive-interface Ethernet0/0
passive-interface Ethernet0/1
network 192.168.1.0
network 194.65.155.0
no auto-summary
```



```
interface Ethernet0/3
description Ligacao para R-05 (interface e0/2)
ip address 192.168.1.13 255.255.255.252
ip rip authentication mode md5
ip rip authentication key-chain OFICINA_KEY
!
```

## Filial Escritórios (E)

A filial Escritórios assim como a qualidade, usou o protocolo EIGRP mas com um AS diferente (30).

### Endereçamento e Encaminhamento IPv6 (Ponto 8 do Guião):

- **Implementação:** O IPv6 foi configurado num subconjunto de routers desta filial (R-E1 a R-E4) para demonstrar a sua funcionalidade e a coexistência com IPv4.
- **Prefixo IPv6:** Foi utilizado o prefixo ULA (Unique Local Address) fd00:E::/48, subnetado em prefixos /64 para as LANs e links P2P.
- **Protocolo de Encaminhamento IPv6:** Foi utilizado o EIGRP para IPv6 (EIGRPv6), também com o AS 30, para manter a consistência tecnológica com o encaminhamento IPv4 da filial. A configuração do EIGRPv6 é feita diretamente nas interfaces.

```
interface Tunnel0
description Tunnel_GRE_para_R-E4
no ip address
ipv6 address FD00:E:14::1/64
ipv6 eigrp 30
tunnel source 192.168.4.1
tunnel destination 192.168.4.13
!
```

```
ipv6 router eigrp 30
 eigrp router-id 1.1.1.1
!
```

Foi configurado um túnel GRE (Generic Routing Encapsulation) entre os routers R-E1 e R-E4. Este túnel encapsula o tráfego IPv6 dentro de pacotes IPv4, permitindo que as redes IPv6 ligadas a R-E1 comuniquem com as redes IPv6 ligadas a R-E4 através do túnel. O EIGRPv6 foi ativado nas interfaces do túnel para trocar rotas IPv6 através dele.

## Filial Armazém (A)

Para a filial Armazém, optou-se pela utilização de **Rotas Estáticas** para todo o encaminhamento interno. Esta escolha foi feita considerando um cenário onde se pretendia um controlo explícito e determinístico sobre os caminhos de dados.

Em cada router interno (R-A1 a R-A5), foram configuradas rotas estáticas para alcançar as LANs dos outros routers internos e uma rota default (ou rotas específicas) a apontar para o R-A0 como gateway para o resto da empresa.

A principal "funcionalidade" desta filial é a sua dependência total de encaminhamento estático, o que implica uma gestão manual da tabela de roteamento. Não foram implementados protocolos de encaminhamento dinâmico nesta filial.

Exemplo: no R-A1

```
ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 <IP_do_R-A0_no_link_com_R-A1>
```

## Filial Fabricação e Loja

Nestas filiais foi implementado o protocolo RIPv2 com autenticação, idêntico ao da Oficina. Em todos os routers, está ativa a versão 2 do RIP assim como o no auto-summary.

## Análise de Tabelas de Encaminhamento

Nesta secção, será apresentada uma análise das tabelas de encaminhamento de routers representativos da Sede e de cada filial, seguida pela demonstração da conectividade extremo-a-extremo através de testes de ping e traceroute.

Analisando a tabela de encaminhamento do Router R-S0 da sede, podemos observar rotas intra-área, por exemplo na área 0, 10.0.0.12/30 [110/128] via 10.0.0.10, Serial2/1 (e via 10.0.0.6, Serial2/0), R-Ligacao1 e R-ligacao2. Rotas inter-área e externas ao OSPF, por exemplo, rotas vindas das LANs das filiais.

Para a tabela de encaminhamento do R-F1, é possível ver rota default aprendida via RIP, também rotas para redes da sede e dos restantes routers principais das filiais e também rotas para as outras filiais, assim como rotas internas da própria filial fabricação.

## Conclusão

O presente projeto teve como objetivo o planeamento, simulação e configuração de uma rede de dados alargada e distribuída para uma empresa fictícia. Este trabalho permitiu aplicar e consolidar os conhecimentos adquiridos na unidade curricular de Encaminhamento de Dados. Ao longo do projeto, foram implementadas diversas topologias e protocolos de encaminhamento, cumprindo os requisitos especificados no guião. Ficou por realizar, por falta de tempo, a sumarização de rotas, a comunicação entre filiais (redistribuição), comunicação ao exterior e ISP. Este projeto permitiu aprofundar a compreensão prática dos desafios envolvidos no design e implementação de redes complexas, a importância do planeamento de endereçamento, a seleção e configuração de protocolos de encaminhamento adequados, e a necessidade de mecanismos de segurança como autenticação e controlo de propagação de rotas.