

### Exercício 1: Correspondência OSI ↔ TCP/IP

OSI (7 camadas)	TCP/IP (4 camadas)	Correspondência
Aplicação	Aplicação	Direta
Apresentação	Aplicação	Integrada na camada de Aplicação
Sessão	Aplicação	Integrada na camada de Aplicação
Transporte	Transporte	Direta
Rede	Internet	Direta
Enlace de Dados	Acesso à Rede	Integrada
Física	Acesso à Rede	Integrada

#### Duas Limitações Práticas do Modelo OSI:

1. **Complexidade excessiva:** O modelo OSI possui 7 camadas, sendo que as camadas de Aplicação, Apresentação e Sessão raramente são implementadas separadamente na prática. Esta separação teórica não reflete a implementação real dos protocolos, tornando o modelo mais complexo do que necessário.
2. **Falta de flexibilidade:** O modelo OSI foi desenvolvido antes da ampla adoção da Internet e não se adaptou bem às necessidades práticas das redes modernas. O TCP/IP, sendo mais simples e pragmático, tornou-se o padrão de facto, enquanto o OSI permaneceu mais como modelo de referência teórico.

### Exercício 2: Protocolos e suas Camadas

Protocolo	OSI	TCP/IP	Justificação
IP	Rede (3)	Internet	Protocolo responsável pelo endereçamento lógico e roteamento de pacotes
HTTP	Aplicação (7)	Aplicação	Protocolo de transferência de hipertexto para comunicação web
TCP	Transporte (4)	Transporte	Protocolo de transporte orientado à conexão, garante entrega confiável
ARP	Enlace (2)	Acesso à Rede	Resolve endereços IP em endereços MAC (físicos)
DNS	Aplicação (7)	Aplicação	Serviço de resolução de nomes de domínio em endereços IP

#### Por que alguns protocolos podem ser usados em múltiplas camadas?

Alguns protocolos como o **ARP** operam entre camadas porque precisam interagir com informações de diferentes níveis. O ARP, por exemplo, trabalha entre a camada de Rede (usando endereços IP) e a camada de Enlace (usando endereços MAC), fazendo a ponte entre o endereçamento lógico e físico.

### Exercício 3: Acesso a [www.ujc.ac.mz](http://www.ujc.ac.mz)

#### a) Percurso da solicitação HTTP:

##### Modelo OSI (descendente):

1. **Aplicação:** Navegador cria requisição HTTP
2. **Apresentação:** Formatação e criptografia (HTTPS/TLS)
3. **Sessão:** Estabelecimento de sessão
4. **Transporte:** Segmentação TCP, controle de fluxo

5. **Rede:** Encapsulamento IP, roteamento
6. **Enlace:** Enquadramento Ethernet, endereçamento MAC
7. **Física:** Transmissão de bits pela rede

**Modelo TCP/IP (descendente):**

1. **Aplicação:** HTTP/DNS
2. **Transporte:** TCP
3. **Internet:** IP
4. **Acesso à Rede:** Ethernet

**b) Protocolos e PDUs por Camada:**

Camada OSI	Protocolo	PDU	Exemplo
Aplicação	HTTP, DNS	Dados/Mensagem	GET /index.html HTTP/1.1
Apresentação	SSL/TLS	Dados	Dados criptografados
Sessão	-	Dados	Controle de sessão
Transporte	TCP	Segmento	Segmento TCP com portas 443/80
Rede	IP	Pacote/Datagrama	Pacote IP com endereços origem/destino
Enlace	Ethernet	Quadro/Frame	Frame Ethernet com MACs
Física	-	Bits	Sinais elétricos/ópticos

**c) Duas vantagens do TCP/IP sobre OSI:**

1. **Simplicidade e praticidade:** O TCP/IP agrupa funcionalidades relacionadas em menos camadas (4 vs 7), facilitando a implementação e manutenção. As camadas de Aplicação, Apresentação e Sessão do OSI são tratadas como uma única camada de Aplicação no TCP/IP.
2. **Adoção universal:** O TCP/IP é o protocolo base da Internet e tem implementações padronizadas e testadas em todos os sistemas operacionais e dispositivos. É um modelo pragmático que surgiu da prática, enquanto o OSI foi um modelo teórico que tentou ser imposto posteriormente.

**Exercício 4: Diagnóstico de Rede**

**Configuração Original:**

Dispositivo	Endereço IP	Máscara	Gateway
PC1	192.168.1.10	255.255.255.0	192.168.1.1
PC2	192.168.2.20	255.255.255.0	192.168.1.1
Router Fa0/0	192.168.1.1	-	-
Router Fa0/1	192.168.2.1	-	-

**a) Problemas Identificados:**

**Problema Principal:** O gateway do PC2 está incorreto. PC2 está na rede 192.168.2.0/24 mas tem como gateway 192.168.1.1, que pertence à rede 192.168.1.0/24. O gateway deve estar na mesma sub-rede do host.

**b) Configuração Corrigida:**

**PC2 deve ter:**

- Endereço IP: 192.168.2.20
- Máscara: 255.255.255.0
- Gateway: **192.168.2.1** (interface Fa0/1 do router)

**Justificação:** O gateway (default gateway) é o endereço do router na mesma sub-rede local do host. PC2 está conectado à rede 192.168.2.0/24, portanto seu gateway deve ser 192.168.2.1.

**c) Comandos de Diagnóstico:**

1. **ping 192.168.2.1** - Testa conectividade com o gateway local
2. **ping 192.168.1.10** - Testa conectividade entre PC2 e PC1
3. **tracert 192.168.1.10** (Windows) ou **traceroute 192.168.1.10** (Linux) - Mostra o caminho até PC1
4. **ipconfig** (Windows) ou **ifconfig** (Linux) - Verifica a configuração de rede

**Exercício 5: Análise do IP 192.168.100.25/26**

**a) Máscara Decimal e Binária:**

**Decimal:** 255.255.255.192

**Binária:** 11111111.11111111.11111111.11000000

**Cálculo:** /26 significa 26 bits em 1

- Primeiro octeto: 11111111 = 255
- Segundo octeto: 11111111 = 255
- Terceiro octeto: 11111111 = 255
- Quarto octeto: 11000000 = 128 + 64 = 192

**b) Endereço da Sub-rede:**

**Decimal:** 192.168.100.0

**Binário:**

IP: 11000000.10101000.01100100.00011001 (192.168.100.25)

Máscara: 11111111.11111111.11111111.11000000 (255.255.255.192)

AND: 11000000.10101000.01100100.00000000 (192.168.100.0)

**Cálculo:** Aplicando AND bit a bit entre IP e máscara, os últimos 6 bits do IP são zerados, resultando em 192.168.100.0

**c) Endereço de Broadcast:**

**192.168.100.63**

**Cálculo:**

- Sub-rede: 192.168.100.0
- Com /26, temos  $2^6 = 64$  endereços (0-63)
- Broadcast = último endereço = 192.168.100.0 + 63 = 192.168.100.63

**d) Intervalo de IPs Válidos:**

**192.168.100.1 a 192.168.100.62**

- Primeiro IP utilizável: endereço de rede + 1 = 192.168.100.1
- Último IP utilizável: broadcast - 1 = 192.168.100.62

**e) Quantidade de Hosts Suportados:**

**62 hosts**

**Cálculo:**

- Bits de host: 32 - 26 = 6 bits
- Total de endereços:  $2^6 = 64$
- Hosts utilizáveis: 64 - 2 = 62 (excluindo rede e broadcast)

**f) Por que confundir /26 com /25?**

É comum confundir /26 com /25 porque:

1. **Proximidade numérica:** Os valores são consecutivos e próximos
2. **Máscara de /25:** 255.255.255.128 (128 endereços, 126 hosts)
3. **Máscara de /26:** 255.255.255.192 (64 endereços, 62 hosts)

4. **Padrão binário:** /25 tem 1 bit de host a mais (7 bits vs 6 bits), o que dobra a capacidade
5. **Potências de 2:** 128 e 64 são potências consecutivas de 2, facilitando erros de cálculo mental

**Exercício 6: Divisão de 192.168.10.0/24 em 4 Sub-redes**

**a) Nova Máscara de Sub-rede:**

**255.255.255.192 ou /26**

**Cálculo:**

- Para 4 sub-redes:  $2^n \geq 4 \rightarrow n = 2$  bits necessários
- Máscara original: /24
- Nova máscara:  $/24 + 2 = /26$
- Decimal: 255.255.255.192

**b) Intervalos de Endereços:**

Sub-rede	Endereço de Rede	Primeiro IP Utilizável	Último IP Utilizável	Broadcast
1	192.168.10.0	192.168.10.1	192.168.10.62	192.168.10.63
2	192.168.10.64	192.168.10.65	192.168.10.126	192.168.10.127
3	192.168.10.128	192.168.10.129	192.168.10.190	192.168.10.191
4	192.168.10.192	192.168.10.193	192.168.10.254	192.168.10.255

**Cálculo:** Cada sub-rede tem  $2^6 = 64$  endereços (incrementos de 64)

**c) Endereços de Broadcast:**

- Sub-rede 1: **192.168.10.63**
- Sub-rede 2: **192.168.10.127**
- Sub-rede 3: **192.168.10.191**
- Sub-rede 4: **192.168.10.255**

**Exercício 7: Divisão de 10.0.0.0/24 em 8 Sub-redes**

**a) Nova Máscara:**

**255.255.255.224 ou /27**

**Cálculo:**

- Para 8 sub-redes:  $2^n \geq 8 \rightarrow n = 3$  bits necessários
- Máscara original: /24
- Nova máscara:  $/24 + 3 = /27$

**b) IPs por Sub-rede:**

**32 endereços por sub-rede (30 hosts utilizáveis)**

**Cálculo:**

- Bits de host:  $32 - 27 = 5$  bits
- Total:  $2^5 = 32$  endereços
- Hosts:  $32 - 2 = 30$

**c) Endereços da 1.ª e 8.ª Sub-rede:**

**1.ª Sub-rede:**

- Endereço de rede: **10.0.0.0**
- Broadcast: **10.0.0.31**
- Range: 10.0.0.1 a 10.0.0.30

**8.ª Sub-rede:**

- Endereço de rede: **10.0.0.224**
- Broadcast: **10.0.0.255**

- Range: 10.0.0.225 a 10.0.0.254

**Cálculo:** Incrementos de 32 (0, 32, 64, 96, 128, 160, 192, 224)

**d) Sub-redes como Prática de Segurança:**

O uso de sub-redes é considerado prática de segurança por:

1. **Segmentação de rede:** Isola diferentes departamentos/funções, limitando o escopo de ataques
2. **Controle de broadcast:** Reduz domínios de broadcast, melhorando performance e limitando propagação de tráfego malicioso
3. **Aplicação de políticas:** Permite ACLs (Access Control Lists) específicas entre sub-redes
4. **Contenção de ameaças:** Limita a propagação de malware e ataques laterais
5. **Princípio do menor privilégio:** Cada sub-rede pode ter acesso apenas aos recursos necessários

**Exercício 8: Análise e Correção da Divisão de 172.16.0.0/24**

**a) Verificação da Validade:**

A divisão proposta é **INVÁLIDA**

**b) Identificação dos Erros:**

**Erro Principal:** A proposta apresenta 6 sub-redes com máscara /26, mas:

- Cada sub-rede /26 tem 64 endereços ( $2^6$ )
- Com 6 sub-redes  $\times 64 = 384$  endereços necessários
- Mas o bloco /24 tem apenas 256 endereços disponíveis ( $2^8$ )

**Erro Específico:** A sub-rede 172.16.0.224/26 extrapola o bloco original:

- 172.16.0.224/26 vai de 172.16.0.224 a 172.16.0.255 (dentro do bloco)
- Mas 172.16.0.160/26 sobrepõe incorretamente o espaço

**Análise das propostas:**

- 172.16.0.0/26  $\rightarrow$  0 a 63 ✓
- 172.16.0.64/26  $\rightarrow$  64 a 127 ✓
- 172.16.0.128/26  $\rightarrow$  128 a 191 ✓
- 172.16.0.160/26  $\rightarrow$  160 a 223 ✗ (sobrepõe com anterior)
- 172.16.0.192/26  $\rightarrow$  192 a 255 ✗ (sobrepõe)
- 172.16.0.224/26  $\rightarrow$  224 a 287 ✗ (excede o bloco /24)

**c) Divisão Correta para 6 Sub-redes:**

Para dividir 172.16.0.0/24 em 6 sub-redes, precisamos usar **VLSM** (Variable Length Subnet Mask):

**Opção 1: Máscara /27 (permite 8 sub-redes, usar 6)**

Cada sub-rede /27 tem 32 endereços (30 hosts):

Sub-rede	Endereço de Rede	Máscara	Range Utilizável	Broadcast
1	172.16.0.0	/27	172.16.0.1 - 172.16.0.30	172.16.0.31
2	172.16.0.32	/27	172.16.0.33 - 172.16.0.62	172.16.0.63
3	172.16.0.64	/27	172.16.0.65 - 172.16.0.94	172.16.0.95
4	172.16.0.96	/27	172.16.0.97 - 172.16.0.126	172.16.0.127
5	172.16.0.128	/27	172.16.0.129 - 172.16.0.158	172.16.0.159
6	172.16.0.160	/27	172.16.0.161 - 172.16.0.190	172.16.0.191

**Cálculo:**

- Para 6 sub-redes:  $2^n \geq 6 \rightarrow n = 3$  bits (permite até 8 sub-redes)

- Nova máscara:  $/24 + 3 = /27$
- Máscara decimal: 255.255.255.224
- Cada sub-rede:  $2^5 = 32$  endereços
- Total usado:  $6 \times 32 = 192$  endereços (restam 64 endereços disponíveis)

#### Por que /26 não funciona para 6 sub-redes?

- /26 fornece apenas 4 sub-redes ( $2^2 = 4$ )
- Seria necessário /27 ( $2^3 = 8$  sub-redes) para acomodar 6 sub-redes

#### Resumo de Fórmulas Importantes

##### Cálculo de Sub-redes:

- Número de sub-redes:  $2^n$  (n = bits emprestados)
- Hosts por sub-rede:  $2^h - 2$  (h = bits de host)
- Incremento: 256 - último octeto da máscara

##### Máscara em binário:

- $/24 = 255.255.255.0 = 11111111.11111111.11111111.00000000$
- $/26 = 255.255.255.192 = 11111111.11111111.11111111.11000000$
- $/27 = 255.255.255.224 = 11111111.11111111.11111111.11100000$

## Resolução Completa - Exercícios VLSM

### Variable Length Subnet Mask

#### Metodologia de Resolução VLSM

##### Passos Fundamentais:

1. **Ordenar por tamanho:** Listar requisitos do MAIOR para o MENOR número de hosts
2. **Calcular bits de host:** Para cada requisito, encontrar  $2^n - 2 \geq$  hosts necessários
3. **Determinar máscara:** Máscara = 32 - bits de host
4. **Alocar sequencialmente:** Começar do primeiro endereço disponível
5. **Calcular próximo bloco:** Próximo endereço = endereço atual + tamanho do bloco
6. **Evitar sobreposição:** Nunca usar endereços já alocados

##### Fórmulas Importantes:

- **Hosts utilizáveis:**  $2^n - 2$  (onde n = bits de host)
- **Tamanho do bloco:**  $2^n$  (total de endereços)
- **Próximo endereço de rede:** Endereço atual + tamanho do bloco
- **Broadcast:** Próximo endereço de rede - 1
- **Primeiro IP utilizável:** Endereço de rede + 1
- **Último IP utilizável:** Endereço de broadcast - 1

## EXERCÍCIO 1

Endereço: 172.17.0.0/16

Requisitos: 60, 25, 10, 6, 2 hosts

Passo 1: Ordenar (já está ordenado)

1. 60 hosts
2. 25 hosts
3. 10 hosts
4. 6 hosts
5. 2 hosts

## **Passo 2: Calcular bits necessários**

### **Sub-rede 1 (60 hosts):**

- $2^6 - 2 = 62$  hosts ✓ (suficiente)
- Bits de host: 6
- Máscara: /26 ( $32 - 6 = 26$ )
- Tamanho do bloco:  $2^6 = 64$

### **Sub-rede 2 (25 hosts):**

- $2^5 - 2 = 30$  hosts ✓
- Bits de host: 5
- Máscara: /27 ( $32 - 5 = 27$ )
- Tamanho do bloco:  $2^5 = 32$

### **Sub-rede 3 (10 hosts):**

- $2^4 - 2 = 14$  hosts ✓
- Bits de host: 4
- Máscara: /28 ( $32 - 4 = 28$ )
- Tamanho do bloco:  $2^4 = 16$

### **Sub-rede 4 (6 hosts):**

- $2^3 - 2 = 6$  hosts ✓
- Bits de host: 3
- Máscara: /29 ( $32 - 3 = 29$ )
- Tamanho do bloco:  $2^3 = 8$

### **Sub-rede 5 (2 hosts - WAN):**

- $2^2 - 2 = 2$  hosts ✓
- Bits de host: 2
- Máscara: /30 ( $32 - 2 = 30$ )
- Tamanho do bloco:  $2^2 = 4$

## **Passo 3: Alocação Sequencial**

### **Sub-rede 1 (Sede - 60 hosts):**

- Endereço de rede: 172.17.0.0/26
- Broadcast:  $172.17.0.0 + 64 - 1 = 172.17.0.63$
- Range: 172.17.0.1 - 172.17.0.62
- Próximo disponível: 172.17.0.64

### **Sub-rede 2 (Pemba - 25 hosts):**

- Endereço de rede: 172.17.0.64/27
- Broadcast:  $172.17.0.64 + 32 - 1 = 172.17.0.95$
- Range: 172.17.0.65 - 172.17.0.94
- Próximo disponível: 172.17.0.96

### **Sub-rede 3 (Lichinga - 10 hosts):**

- Endereço de rede: 172.17.0.96/28
- Broadcast:  $172.17.0.96 + 16 - 1 = 172.17.0.111$
- Range: 172.17.0.97 - 172.17.0.110
- Próximo disponível: 172.17.0.112

### **Sub-rede 4 (A - 6 hosts):**

- Endereço de rede: 172.17.0.112/29
- Broadcast:  $172.17.0.112 + 8 - 1 = 172.17.0.119$
- Range: 172.17.0.113 - 172.17.0.118

- Próximo disponível: 172.17.0.120

**Sub-rede 5 (B - 2 hosts):**

- Endereço de rede: 172.17.0.120/30
- Broadcast:  $172.17.0.120 + 4 - 1 = 172.17.0.123$
- Range: 172.17.0.121 - 172.17.0.122
- Próximo disponível: 172.17.0.124

**Tabela Final - Exercício 1**

Nome Sub-rede	Hosts Necessários	Hosts Alocados	Endereço de Rede	Máscara CIDR	Máscara Decimal	Intervalo de IPs	Broadcast
Sede	60	62	172.17.0.0	/26	255.255.255.192	172.17.0.1 - 172.17.0.62	172.17.0.63
Pemba	25	30	172.17.0.64	/27	255.255.255.224	172.17.0.65 - 172.17.0.94	172.17.0.95
Lichinga	10	14	172.17.0.96	/28	255.255.255.240	172.17.0.97 - 172.17.0.110	172.17.0.111
A	6	6	172.17.0.112	/29	255.255.255.248	172.17.0.113 - 172.17.0.118	172.17.0.119
B	2	2	172.17.0.120	/30	255.255.255.252	172.17.0.121 - 172.17.0.122	172.17.0.123

---

**EXERCÍCIO 2**

**Endereço: 10.0.0.0/8**

**Requisitos: Sede-255, Nampula-126, Tete-60, Xai-Xai-25, Pemba-12 + 4 links WAN**

**Passo 1: Ordenar por tamanho**

1. Sede: 255 hosts
2. Nampula: 126 hosts
3. Tete: 60 hosts
4. Xai-Xai: 25 hosts
5. Pemba: 12 hosts
6. 4 Links WAN: 2 hosts cada

**Passo 2: Calcular bits necessários**

**Sede (255 hosts):**

- $2^9 - 2 = 510$  hosts ✓
- Bits de host: 9
- Máscara: /23 ( $32 - 9 = 23$ )



- Tamanho do bloco:  $2^9 = 512$

**Nampula (126 hosts):**

- $2^7 - 2 = 126$  hosts ✓
- Bits de host: 7
- Máscara: /25 ( $32 - 7 = 25$ )
- Tamanho do bloco:  $2^7 = 128$

**Tete (60 hosts):**

- $2^6 - 2 = 62$  hosts ✓
- Bits de host: 6
- Máscara: /26
- Tamanho do bloco: 64

**Xai-Xai (25 hosts):**

- $2^5 - 2 = 30$  hosts ✓
- Bits de host: 5
- Máscara: /27
- Tamanho do bloco: 32

**Pemba (12 hosts):**

- $2^4 - 2 = 14$  hosts ✓
- Bits de host: 4
- Máscara: /28
- Tamanho do bloco: 16

**Links WAN (2 hosts cada):**

- $2^2 - 2 = 2$  hosts ✓
- Bits de host: 2
- Máscara: /30
- Tamanho do bloco: 4

**Passo 3: Alocação Sequencial**

**Sede (255 hosts):**

- Endereço: 10.0.0.0/23
- Abrange: 10.0.0.0 - 10.0.1.255 (2 octetos completos)
- Broadcast: 10.0.1.255
- Range útil: 10.0.0.1 - 10.0.1.254
- Próximo: 10.0.2.0

**Nampula (126 hosts):**

- Endereço: 10.0.2.0/25
- Broadcast: 10.0.2.127
- Range: 10.0.2.1 - 10.0.2.126
- Próximo: 10.0.2.128

**Tete (60 hosts):**

- Endereço: 10.0.2.128/26
- Broadcast: 10.0.2.191
- Range: 10.0.2.129 - 10.0.2.190
- Próximo: 10.0.2.192

**Xai-Xai (25 hosts):**

- Endereço: 10.0.2.192/27
- Broadcast: 10.0.2.223

- Range: 10.0.2.193 - 10.0.2.222
- Próximo: 10.0.2.224

**Pemba (12 hosts):**

- Endereço: 10.0.2.224/28
- Broadcast: 10.0.2.239
- Range: 10.0.2.225 - 10.0.2.238
- Próximo: 10.0.2.240

**Sede - Nampula (WAN):**

- Endereço: 10.0.2.240/30
- Broadcast: 10.0.2.243
- Range: 10.0.2.241 - 10.0.2.242
- Próximo: 10.0.2.244

**Sede - Tete (WAN):**

- Endereço: 10.0.2.244/30
- Broadcast: 10.0.2.247
- Range: 10.0.2.245 - 10.0.2.246
- Próximo: 10.0.2.248

**Sede - Xai-Xai (WAN):**

- Endereço: 10.0.2.248/30
- Broadcast: 10.0.2.251
- Range: 10.0.2.249 - 10.0.2.250
- Próximo: 10.0.2.252

**Sede - Pemba (WAN):**

- Endereço: 10.0.2.252/30
- Broadcast: 10.0.2.255
- Range: 10.0.2.253 - 10.0.2.254

**Tabela Final - Exercício 2**

Nome Sub-rede	Hosts Necessários	Hosts Alocados	Endereço de Rede	Máscara CIDR	Máscara Decimal	Intervalo de IPs	Broadcast
Sede	255	510	10.0.0.0	/23	255.255.254.0	10.0.0.1 - 10.0.1.254	10.0.1.255
Nampula	126	126	10.0.2.0	/25	255.255.255.128	10.0.2.1 - 10.0.2.126	10.0.2.127
Tete	60	62	10.0.2.128	/26	255.255.255.192	10.0.2.129 - 10.0.2.190	10.0.2.191
Xai-Xai	25	30	10.0.2.192	/27	255.255.255.224	10.0.2.193 - 10.0.2.222	10.0.2.223

Pemba	12	14	10.0.2.2 24	/28	255.255.255. 240	10.0.2.2 25 - 10.0.2.2 38	10.0.2.2 39
Sede - Nampu la	2	2	10.0.2.2 40	/30	255.255.255. 252	10.0.2.2 41 - 10.0.2.2 42	10.0.2.2 43
Sede - Tete	2	2	10.0.2.2 44	/30	255.255.255. 252	10.0.2.2 45 - 10.0.2.2 46	10.0.2.2 47
Sede - Xai- Xai	2	2	10.0.2.2 48	/30	255.255.255. 252	10.0.2.2 49 - 10.0.2.2 50	10.0.2.2 51
Sede - Pemba	2	2	10.0.2.2 52	/30	255.255.255. 252	10.0.2.2 53 - 10.0.2.2 54	10.0.2.2 55

### EXERCÍCIO 3

**Endereço: 172.23.208.0/20**

**Requisitos: Maputo-700, Beira-500, Nampula-250, [localização]-100 + Links WAN**

**Análise do Bloco /20**

Primeiro, vamos entender o bloco disponível:

- **172.23.208.0/20**
- Máscara: 255.255.240.0
- Bits de rede: 20, Bits de host: 12
- Total de endereços:  $2^{12} = 4096$  endereços
- Range completo: 172.23.208.0 - 172.23.223.255

#### **Passo 1: Ordenar por tamanho**

1. Maputo: 700 hosts
2. Beira: 500 hosts
3. Nampula: 250 hosts
4. [Outra localização]: 100 hosts
5. Links WAN: 2 hosts cada (3 links = 6 hosts)

#### **Passo 2: Calcular bits necessários**

**Maputo (700 hosts):**

- $2^{10} - 2 = 1022$  hosts ✓
- Bits de host: 10
- Máscara: /22 ( $32 - 10 = 22$ )
- Tamanho do bloco:  $2^{10} = 1024$  ( $4 \times 256$ )

**Beira (500 hosts):**

- $2^9 - 2 = 510$  hosts ✓
- Bits de host: 9

- Máscara: /23
- Tamanho do bloco:  $2^9 = 512$  ( $2 \times 256$ )

**Nampula (250 hosts):**

- $2^8 - 2 = 254$  hosts ✓
- Bits de host: 8
- Máscara: /24
- Tamanho do bloco:  $2^8 = 256$

**Localização 4 (100 hosts):**

- $2^7 - 2 = 126$  hosts ✓
- Bits de host: 7
- Máscara: /25
- Tamanho do bloco:  $2^7 = 128$

**Links WAN (2 hosts cada):**

- Máscara: /30
- Tamanho do bloco: 4

**Passo 3: Alocação Sequencial**

**Maputo (700 hosts) - /22:**

- Endereço: 172.23.208.0/22
- Abrange: 172.23.208.0 a 172.23.211.255
- Broadcast: 172.23.211.255
- Primeiro IP: 172.23.208.1
- Último IP: 172.23.211.254
- **Cálculo:** /22 = 4 blocos de /24
  - 172.23.208.0/24
  - 172.23.209.0/24
  - 172.23.210.0/24
  - 172.23.211.0/24
- Próximo disponível: 172.23.212.0

**Beira (500 hosts) - /23:**

- Endereço: 172.23.212.0/23
- Abrange: 172.23.212.0 a 172.23.213.255
- Broadcast: 172.23.213.255
- Primeiro IP: 172.23.212.1
- Último IP: 172.23.213.254
- **Cálculo:** /23 = 2 blocos de /24
  - 172.23.212.0/24
  - 172.23.213.0/24
- Próximo disponível: 172.23.214.0

**Nampula (250 hosts) - /24:**

- Endereço: 172.23.214.0/24
- Broadcast: 172.23.214.255
- Range: 172.23.214.1 - 172.23.214.254
- Próximo disponível: 172.23.215.0

**Localização 4 (100 hosts) - /25:**

- Endereço: 172.23.215.0/25
- Broadcast: 172.23.215.127

- Range: 172.23.215.1 - 172.23.215.126
- Próximo disponível: 172.23.215.128

**Maputo - Beira (WAN):**

- Endereço: 172.23.215.128/30
- Broadcast: 172.23.215.131
- Range: 172.23.215.129 - 172.23.215.130
- Próximo: 172.23.215.132

**Maputo - Nampula (WAN):**

- Endereço: 172.23.215.132/30
- Broadcast: 172.23.215.135
- Range: 172.23.215.133 - 172.23.215.134
- Próximo: 172.23.215.136

**Beira - Nampula (WAN):**

- Endereço: 172.23.215.136/30
- Broadcast: 172.23.215.139
- Range: 172.23.215.137 - 172.23.215.138

**Tabela Final - Exercício 3**

Nome Sub-rede	Hosts Necessários	Hosts Alocados	Endereço de Rede	Máscara CIDR	Máscara Decimal	Intervalo de IPs	Broadcast
Maputo	700	1022	172.23.208.0	/22	255.255.252.0	172.23.208.1 - 172.23.211.254	172.23.211.255
Beira	500	510	172.23.212.0	/23	255.255.254.0	172.23.212.1 - 172.23.213.254	172.23.213.255
Nampula	250	254	172.23.214.0	/24	255.255.255.0	172.23.214.1 - 172.23.214.254	172.23.214.255
Localização 4	100	126	172.23.215.0	/25	255.255.255.128	172.23.215.1 - 172.23.215.126	172.23.215.127
Maputo - Beira	2	2	172.23.215.128	/30	255.255.255.252	172.23.215.129 - 172.23.215.130	172.23.215.131
Maputo - Nampula	2	2	172.23.215.132	/30	255.255.255.252	172.23.215.133 - 172.23.215.134	172.23.215.135

Beira - Nampula	2	2	172.23.21 5.136	/30	255.255.25 5.252	172.23.21 5.137 - 172.23.21 5.138	172.23.21 5.139
-----------------	---	---	--------------------	-----	---------------------	--	--------------------

#### Resumo das Máscaras VLSM Utilizadas

Máscara CIDR	Máscara Decimal	Hosts Utilizáveis	Tamanho do Bloco	Uso Típico
/22	255.255.252.0	1022	1024	Redes muito grandes
/23	255.255.254.0	510	512	Redes grandes
/24	255.255.255.0	254	256	Rede padrão Classe C
/25	255.255.255.128	126	128	Redes médias
/26	255.255.255.192	62	64	Redes pequenas
/27	255.255.255.224	30	32	Redes muito pequenas
/28	255.255.255.240	14	16	Sub-redes mínimas
/29	255.255.255.248	6	8	Pequenos grupos
/30	255.255.255.252	2	4	Links ponto-a-ponto (WAN)

#### Verificação de Não-Sobreposição

##### Exercício 1:

- 0-63, 64-95, 96-111, 112-119, 120-123 ✓ Sem sobreposição

##### Exercício 2:

- 10.0.0.0-10.0.1.255 (Sede)
- 10.0.2.0-10.0.2.127 (Nampula)
- 10.0.2.128-10.0.2.191 (Tete)
- 10.0.2.192-10.0.2.223 (Xai-Xai)
- 10.0.2.224-10.0.2.239 (Pemba)
- 10.0.2.240-10.0.2.255 (4 Links WAN) ✓ Sem sobreposição

##### Exercício 3:

- 172.23.208.0-172.23.211.255 (Maputo)
- 172.23.212.0-172.23.213.255 (Beira)
- 172.23.214.0-172.23.214.255 (Nampula)
- 172.23.215.0-172.23.215.127 (Localização 4)
- 172.23.215.128-172.23.215.139 (3 Links WAN) ✓ Sem sobreposição

#### Princípios VLSM Aplicados

1. ✓ **Ordenação decrescente** por número de hosts
2. ✓ **Potências de 2** para cálculo de blocos
3. ✓ **Alocação sequencial** sem lacunas
4. ✓ **Evitar sobreposição** de endereços
5. ✓ **Uso eficiente** do espaço de endereçamento
6. ✓ **/30 para links WAN** (ponto-a-ponto)