

Módulo 5: **Camada de Rede**

Ricardo Couto Antunes da Rocha
ricardo@inf.ufg.br

Roteiro

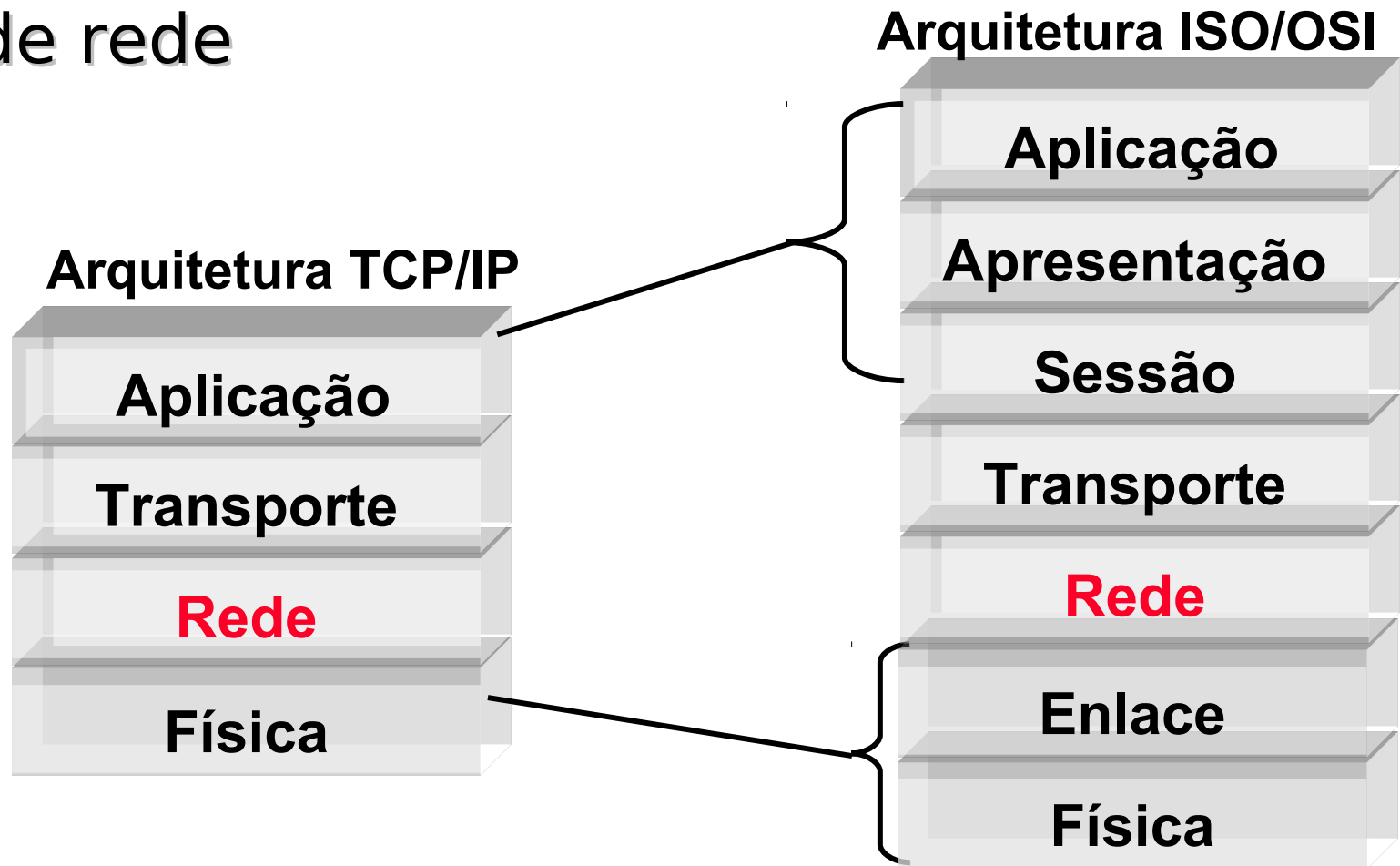
- Funções do nível de rede
- Serviços de Rede: Circuitos Virtuais e Datagramas
- IP
 - Fragmentação
 - Endereçamento IP
 - NAT
 - Máscaras de Rede
 - Mapeamento de Endereços IP e MAC
 - DHCP
- Roteamento Estático e Dinâmico
- IPv6
- Multicasting

Roteiro

- Funções do nível de rede
- Circuitos Virtuais e Datagramas
- Nível de Rede do IP
- Fragmentação
- Endereçamento IP
- NAT
- Máscaras de Rede
- Mapeamento de Endereços IP e MAC
- DHCP
- **Parte B: Roteamento e etc**

Nível de Rede

- Detalhamento, funções e serviços do nível de rede



Nível de Rede

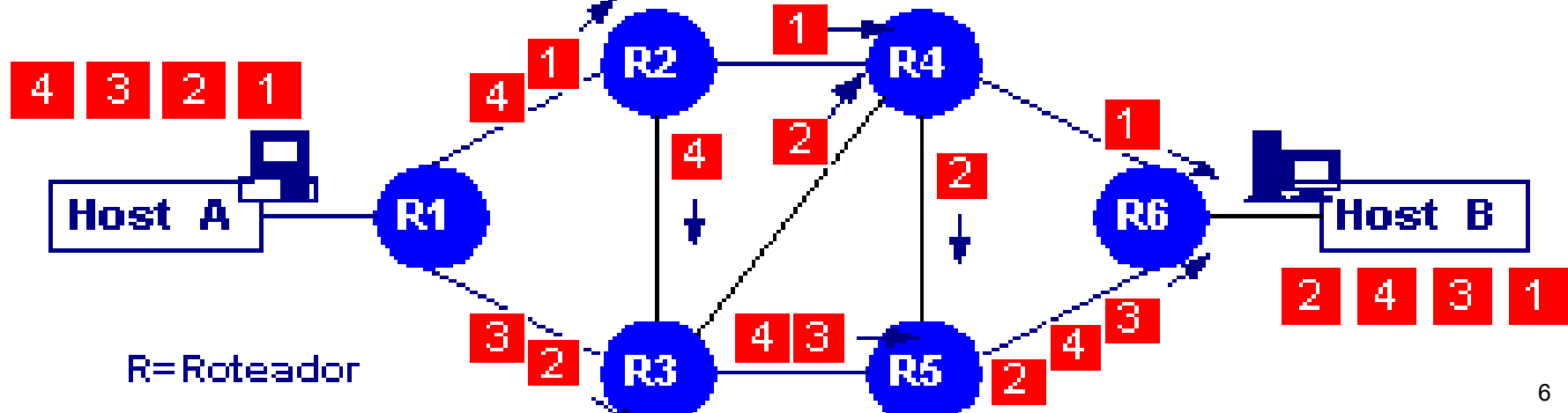
■ Funções:

- ◆ endereçamento
- ◆ mapeamento entre endereços de rede e endereços de enlace
- ◆ Roteamento
- ◆ Fragmentação
- ◆ Estabelecimento* e liberação* de conexões de rede
- ◆ transmissão de unidades de dados do serviço de rede
- ◆ detecção e recuperação* de erros
- ◆ sequenciação
- ◆ controle de congestionamento

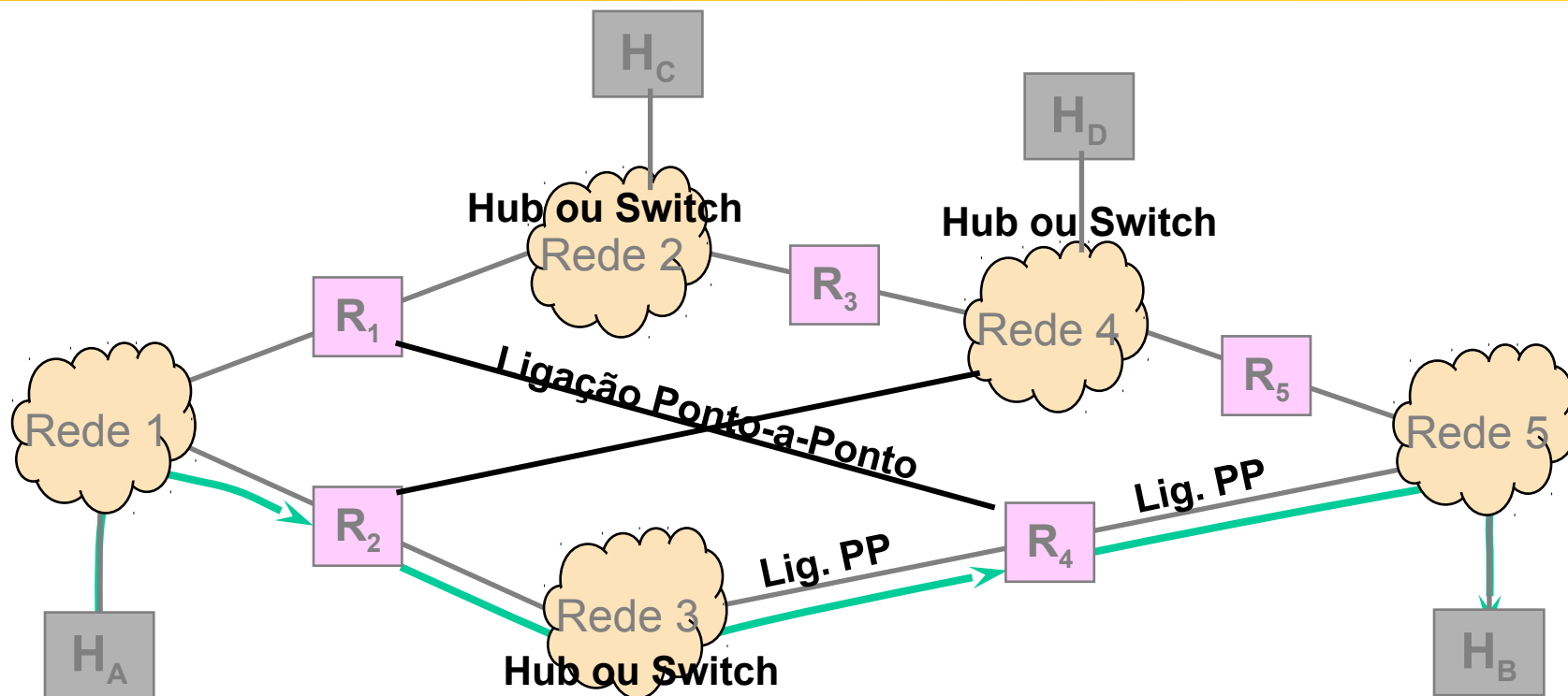
* não é típico do IP

Roteamento

- É o processo de escolha entre vários caminhos possíveis de se enviar uma mensagem. O nó de processamento que faz essa escolha é chamado de Roteador.
- O roteamento pode ser dividido em duas categorias:
 - ◆ Roteamento Direto
 - ◆ Roteamento Indireto: Estático e Dinâmico

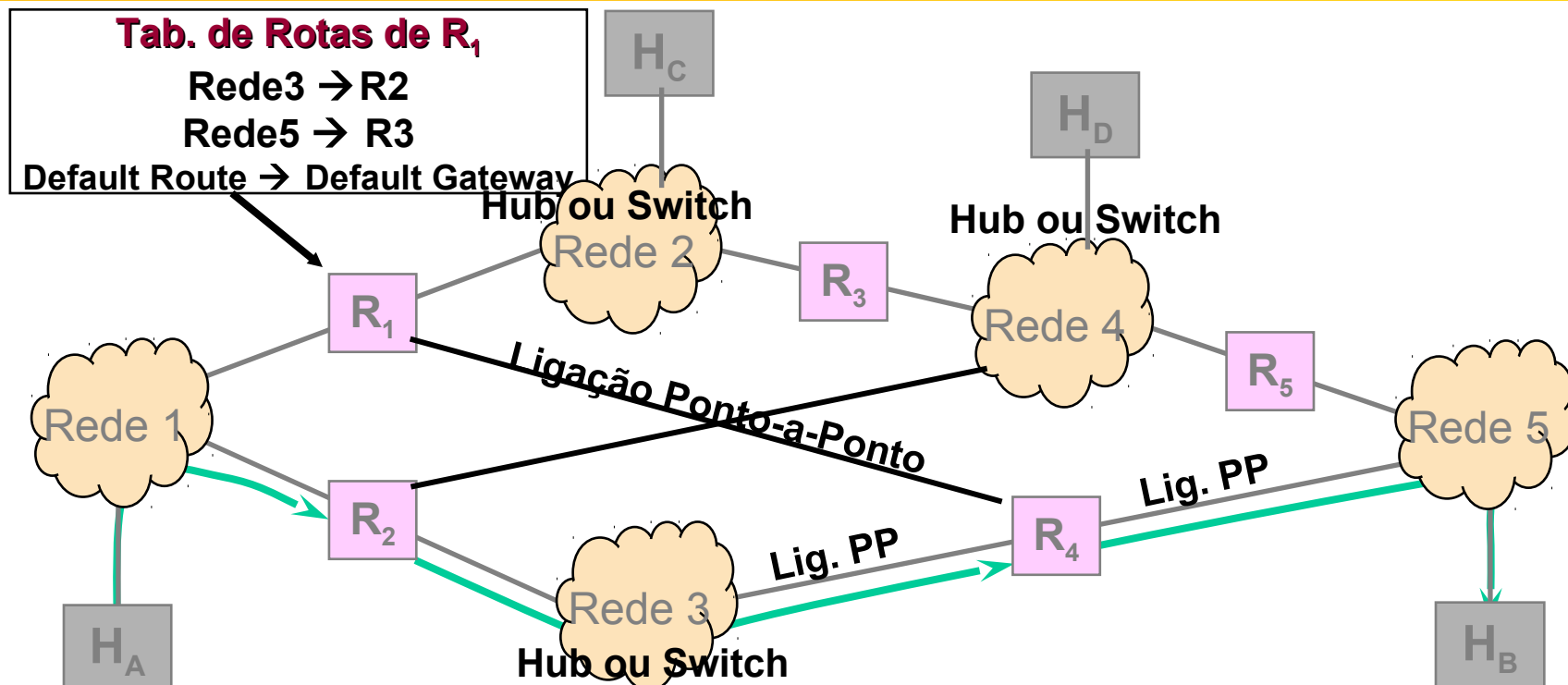


Roteamento



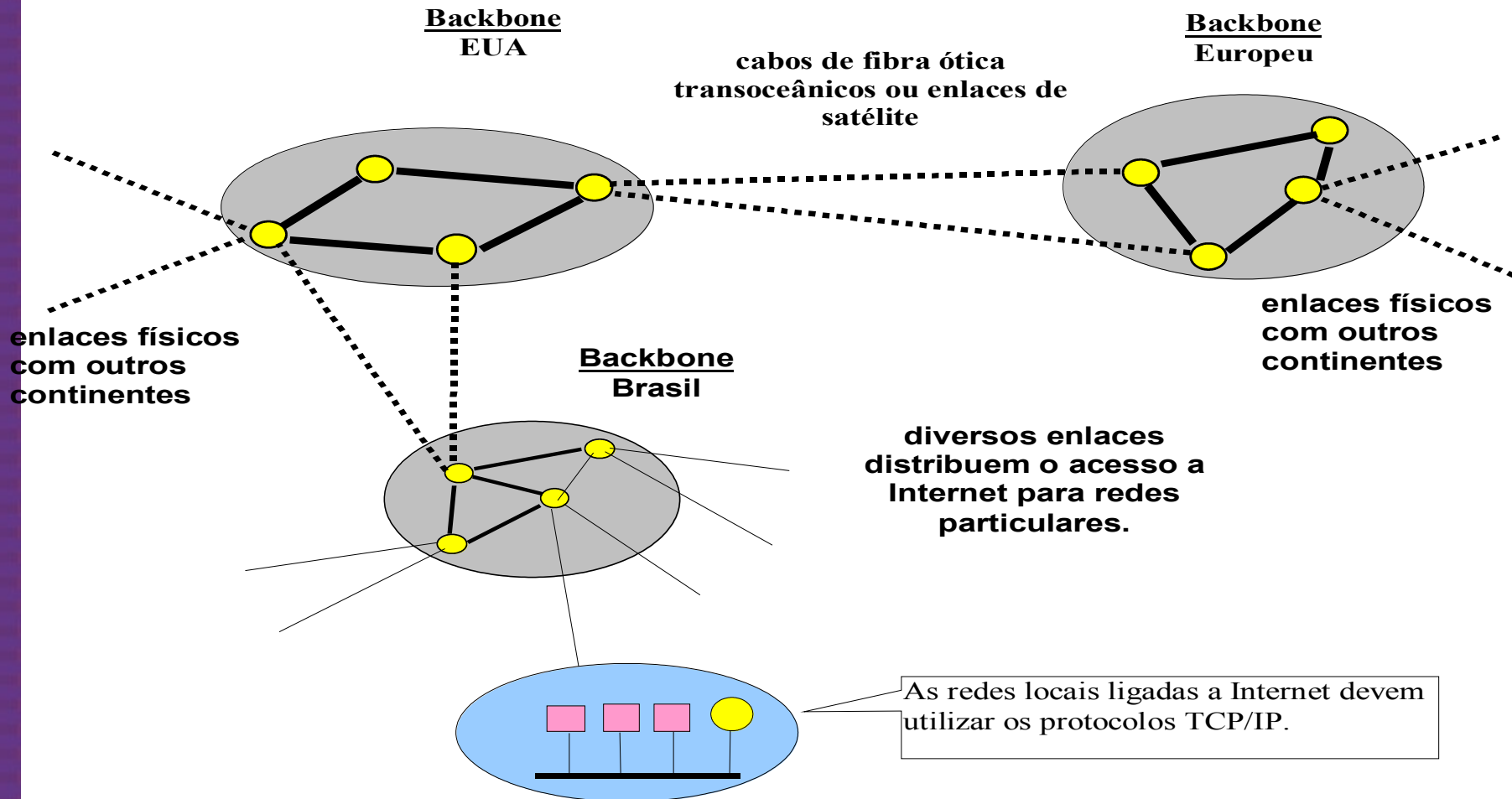
- Tem que ser configurado em todas estações da rede quem é o seu roteador;
- Ao receber um pacote, o roteador verifica se o pacote tem como destino uma estação das suas redes locais (redes que está ligado fisicamente), caso seja, ele o entrega diretamente para a estação de destino (ROTEAMENTO DIRETO), caso contrário, ele repassa o pacote para um prox. Roteador (ROTEAMENTO INDIRETO). A decisão para qual roteador o pacote deve ser passado é tomada com base na tabela de rotas;

Roteamento

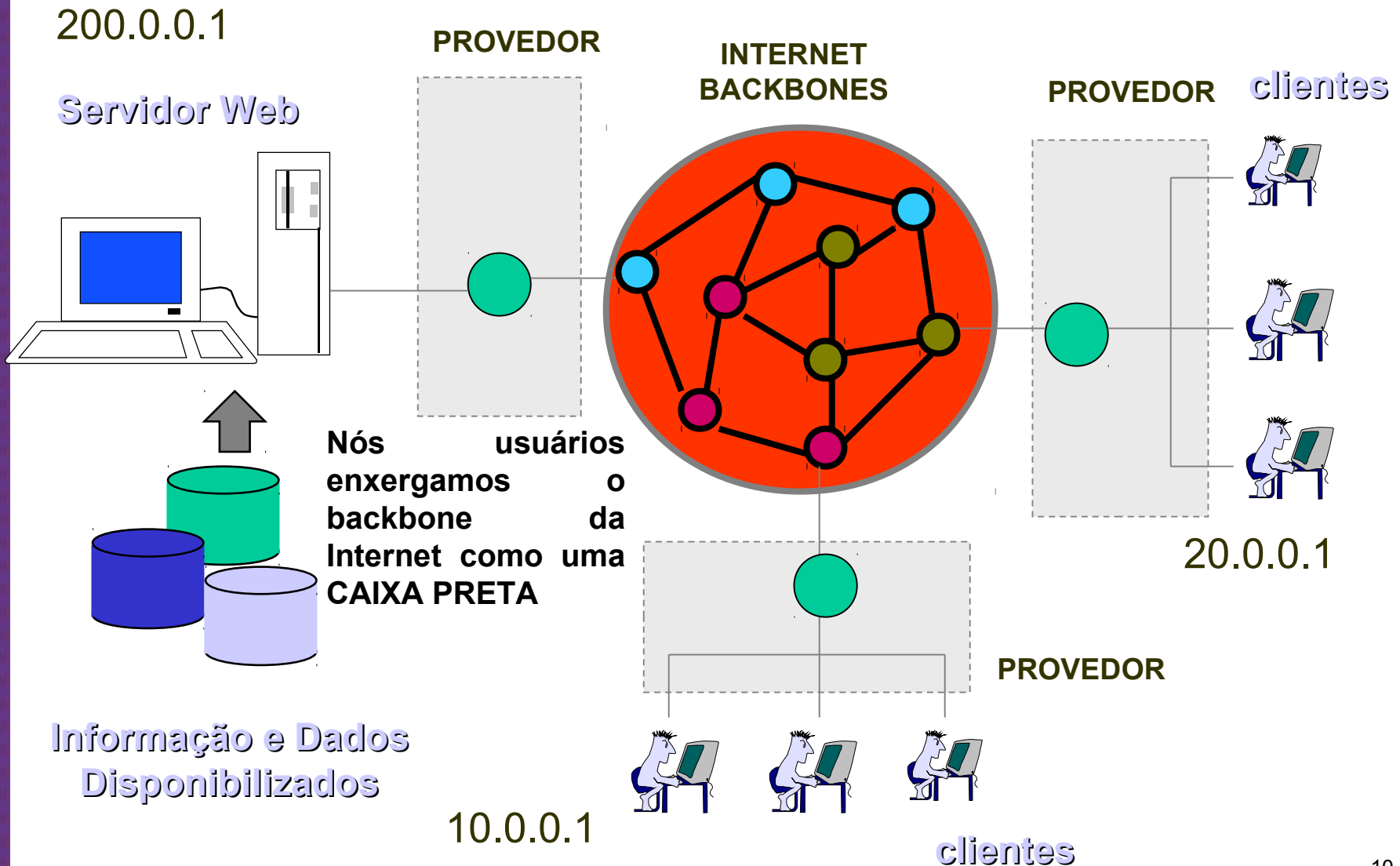


- Tem que ser configurado em todas estações da rede quem é o seu roteador;
- Ao receber um pacote, o roteador verifica se o pacote tem como destino uma estação das suas redes locais (redes que está ligado fisicamente), caso seja, ele o entrega diretamente para a estação de destino, caso contrário, ele repassa o pacote para um próximo roteador. A decisão para qual roteador o pacote deve ser passado é tomada com base na tabela de rotas;

Topologia Física da Internet

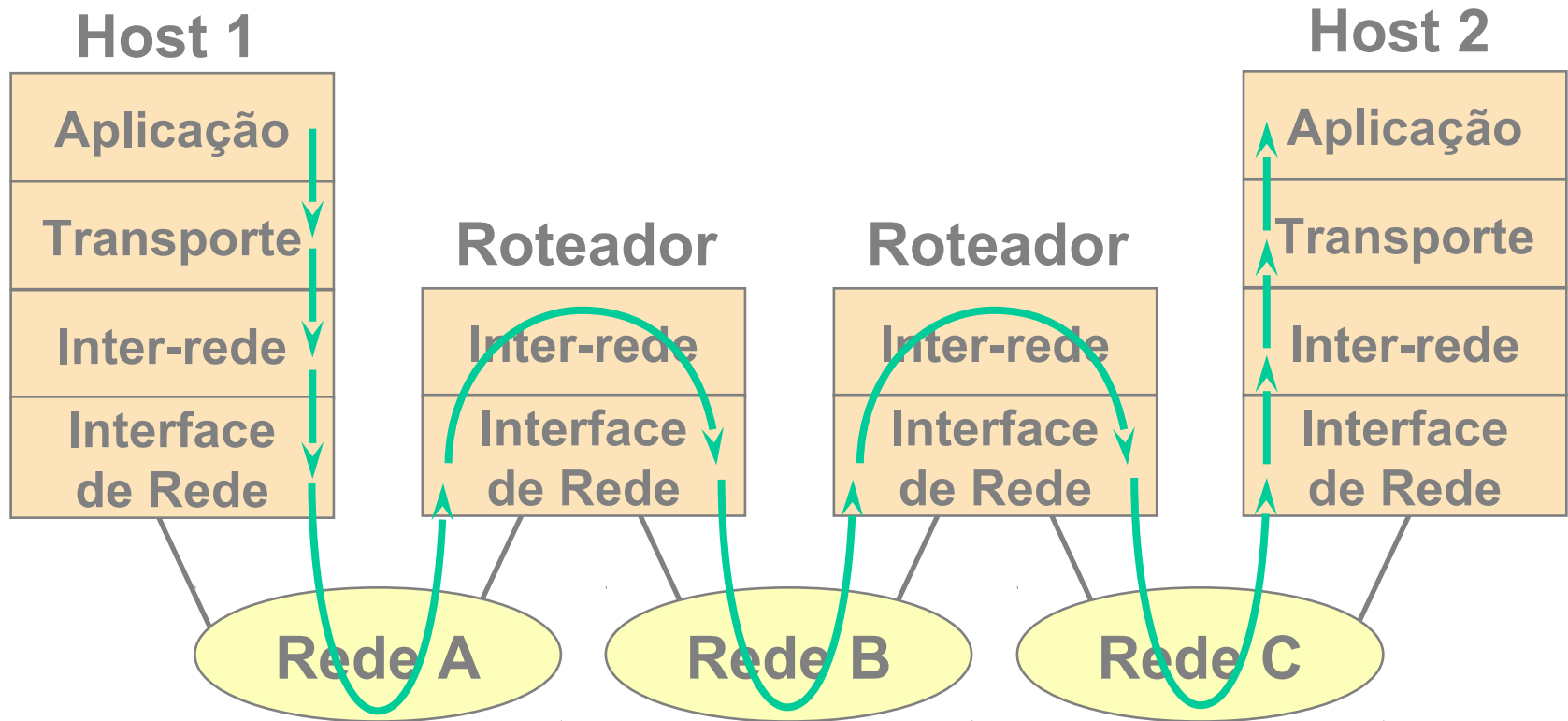


Infra-estrutura de Comunicação



Roteamento

■ Processo de roteamento



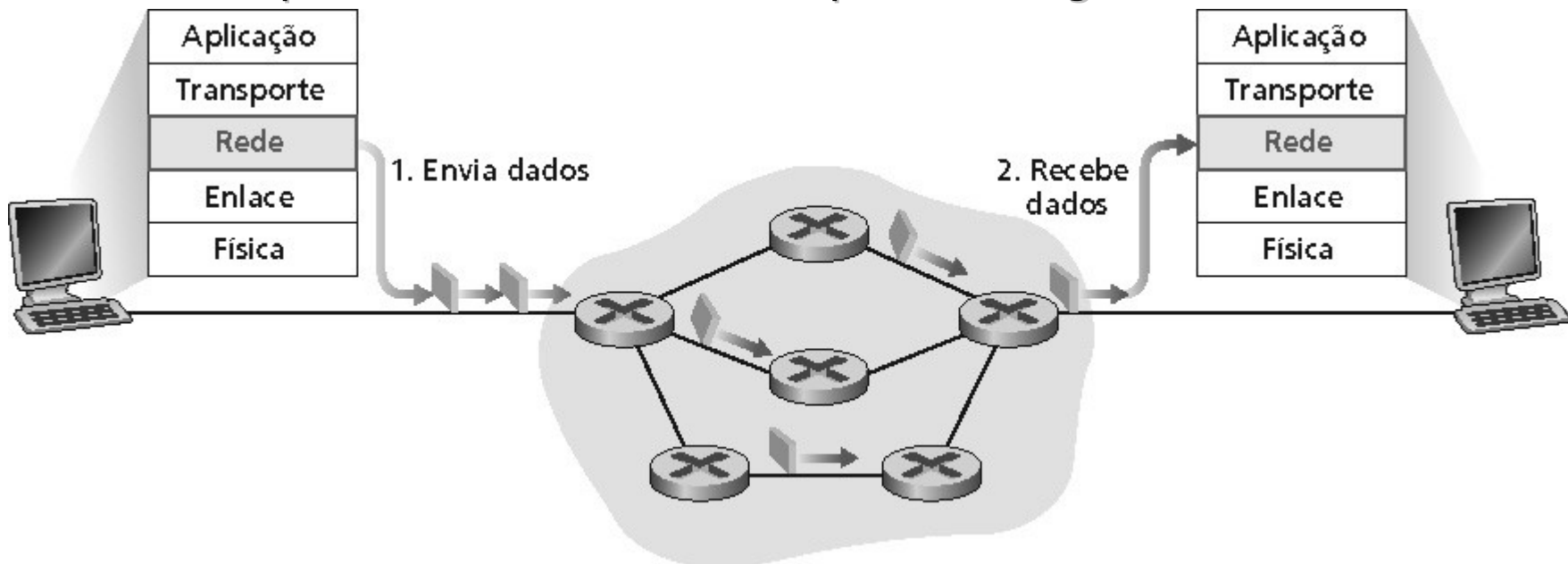
Nível de Rede

■ Roteamento:

- ◆ escolha do melhor caminho entre 2 nós, passando pelos elementos de interconexão de redes (roteadores)
- ◆ Métodos:
 - **Roteamento estático ou rota fixa**
mais simples
tabelas estáticas
 - **Roteamento dinâmico ou encaminhamento adaptivo**
tabelas dinâmicas de acordo com a carga da rede = retardo sofrido em um determinado caminho
- ◆ Critérios para escolha do melhor caminho:
 - menor número de saltos (*hop count*)
 - menor distância em metros
 - menor retardo de transferência

Redes de Datagrama

- Não existe estabelecimento de conexão na camada de rede
- Roteadores: não existe estado sobre conexões fim-a-fim
- O conceito “conexão” não existe na camada de rede
- Pacotes são encaminhados pelo endereço do hospedeiro de destino
- Pacotes para o mesmo destino podem seguir diferentes



Roteiro

- Funções do nível de rede
- Circuitos Virtuais e Datagramas
- Nível de Rede do IP
- Fragmentação
- Endereçamento IP
- NAT
- Máscaras de Rede
- Mapeamento de Endereços IP e MAC
- DHCP
- **Parte B: Roteamento e etc**

Nível de Rede

- Características do IP (*Internet Protocol*)
 - ◆ protocolo sem conexões (não confiável)
 - ◆ transfere datagramas
 - ◆ faz fragmentação e remontagem de datagramas grandes (caso as sub-redes só admitam pacotes pequenos)
 - ◆ não há controle de fluxo
 - ◆ não há controle de erros (exceto checksum do cabeçalho)
 - ◆ Implementa **descarte e controle de tempo de vida dos pacotes** nas inter-redes através dos gateways;
 - ◆ cada pacote contém um campo indicando o protocolo de transporte;
 - ◆ Host/estação origem e destino são identificados através dos “**endereços IP**”;

Nível de Rede

■ IP (Internet Protocol)

Vers	Hlen	Service Type	Total Length	
Identification			Flags	Fragment Offset
Time to Live	Protocol		Header Checksum	
Source IP Address				
Destination IP Address				
Options (if any)				Padding
Data				
...				

Nível de Rede

■ Campos do Datagrama IP:

◆ **Vers:**

- Versão do IP (atualmente 4)

◆ **Hlen:**

- Tamanho do cabeçalho do datagrama
- Unidade: 4 octetos

◆ **Total Length:**

- Tamanho do datagrama (máximo: 64 Kbytes = 65535 bytes)
- Unidade: 1 octeto

Nível de Rede

■ Campos do Datagrama:

◆ **Service Type:**

- Define a qualidade do serviço (sem garantia)
- Auxilia o algoritmo de roteamento:
 - **Precedence:** normal - controle
 - **D:** Baixo retardo
 - **T:** Alto throughput
 - **R:** Alta confiabilidade

0	1	2	3	4	5	6	7
Precedence			D	T	R	Unused	

Nível de Rede

■ Campos do Datagrama:

◆ Identification:

- Identificador do datagrama
- Único para cada datagrama

◆ Time to Live:

- Tempo de vida máximo do datagrama
- Decrementado a cada roteador intermediário:
 - O roteador descarta o datagrama e gera mensagem de erro quando o TTL atingir **0 (ZERO)**.

Nível de Rede

■ Campos do Datagrama:

◆ **Protocol:**

- Especifica protocolo de nível superior

◆ **Header Checksum:**

- Assegura integridade do cabeçalho

◆ **Source IP Address:**

- Endereço IP do sistema origem

◆ **Destination IP Address:**

- Endereço IP do sistema destino

Nível de Rede

■ Campos do Datagrama:

◆ **Flags:**

- **don't fragment (DF):** habilita fragmentação
 - DF = 1 Datagrama não pode ser fragmentado
- **more fragments (MF):** fim do datagrama original
 - MF= 1 Existe mais fragmentos do pacote IP em questão;

◆ **Fragment Offset:**

- Posição do fragmento no datagrama original;

◆ **Data:**

- Transporta dados do datagrama

Quadro e Pacote

- Os pacotes são transportados no interior dos quadros.



Nível de Inter-rede

■ Processamento de Datagramas no Roteador:

- ◆ Recebe datagrama:
 - Se memória insuficiente, aplica algoritmo de controle de congestionamento (por ex.: descartar datagrama)
- ◆ Calcula checksum:
 - Se diferente, descarta datagrama
- ◆ Decrementa o TTL:
 - Se zero, descarta datagrama e gera mensagem de erro
- ◆ Aplica algoritmo de roteamento:
 - Fragmentação pode ser necessária
 - Trata os campos Service Type

Nível de Inter-rede

■ Processamento de Datagramas no **Destino:**

- ◆ Recebe datagrama:
 - Se memória insuficiente, aplica algoritmo de controle de congestionamento (por ex.: descartar datagrama)
- ◆ Calcula checksum:
 - Se diferente, descarta datagrama
- ◆ Se fragmento de datagrama:
 - Inicializa temporizador
 - Remonta datagrama original
- ◆ Entrega datagrama ao protocolo indicado no campo *protocol*

Roteiro

- Funções do nível de rede
- Circuitos Virtuais e Datagramas
- Nível de Rede do IP
- Fragmentação
- Endereçamento IP
- NAT
- Máscaras de Rede
- Mapeamento de Endereços IP e MAC
- DHCP
- **Parte B: Roteamento e etc**

Endereçamento IP

■ Objetivo:

- ◆ Identificar unicamente uma rede na Internet
- ◆ Identificar unicamente cada host em suas redes

■ Representação do endereço IP:

32 bits – 4 bytes separados por um “.” Ex.:

200.3.16.1

Cada byte pode variar de 0 a 255 = 256

0 endereços

8	16	24	31
11001000	00000011	00010000	00000001
200	.3	.16	.1

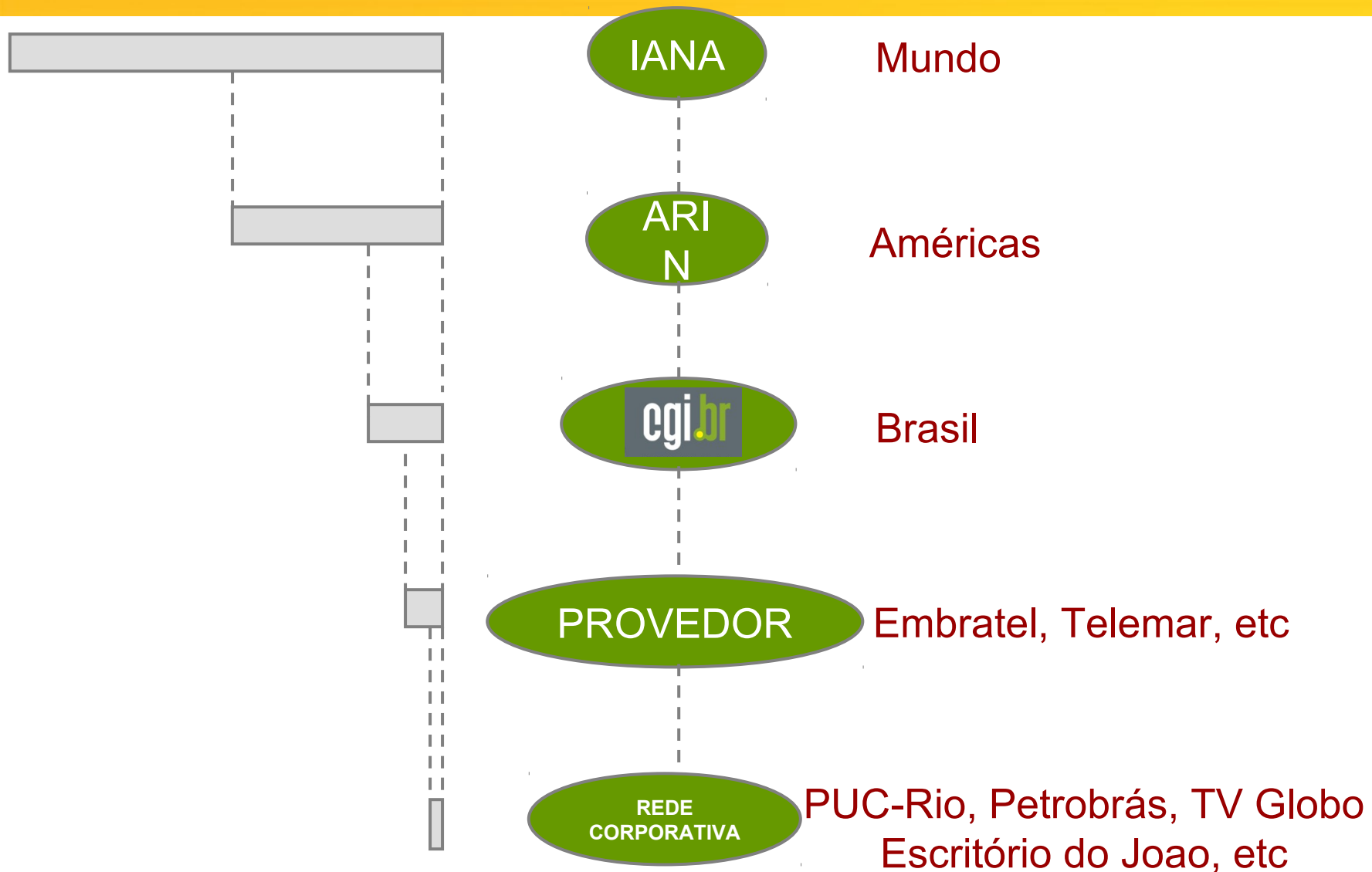
Endereço IP

- Todo roteador ou host na Internet tem um endereço IP, que codifica o número da rede a qual pertence e o número do host.
 - ◆ Parte do endereço IP identifica o HOST
 - ◆ Parte do endereço IP identifica a rede, na qual o HOST pertence

Endereços IP

- Regra básica para atribuição de endereços IP
 - ◆ HOSTS NA MESMA REDE LOCAL
 - Devem ter o mesmo identificador de rede
 - ◆ HOSTS LIGADOS ATRAVÉS DE **ROTEADORES**
 - Devem ter identificador de rede diferente;

Distribuição de IP's



Classes de Endereçamento

■ Classificação de endereços IP

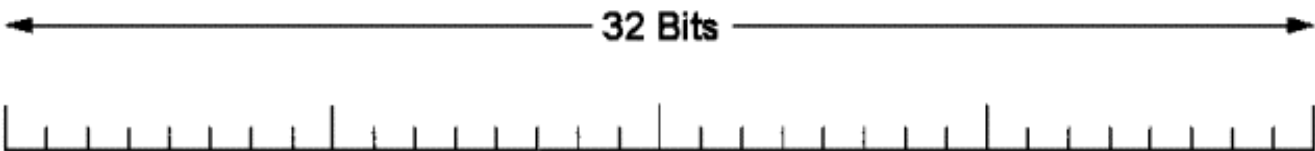
- ◆ A comunidade Internet definiu originalmente 5 classes de endereços para acomodar as redes de tamanhos variados.
- ◆ A classe de um endereço define quantos bits estão sendo usados para identificação de rede e quantos para identificação do host. Definindo, também, o possível número de redes e hosts por rede.

■ *Observação:*

A organização dos endereços em classes é um mecanismo não utilizado na Internet desde 1993, quando foi substituído pelo método CIDR. Entretanto, o mecanismo continua sendo ministrado por três grandes razões:

- *É didático*
- *Na perspectiva das LANs, não “enxergamos” a organização por CIDR*
- *As classes de endereçamento são um caso particular do mecanismo CIDR*

Classes de Endereçamento

				Range of host addresses
Class				
A	0	Network	Host	1.0.0.0 to 127.255.255.255
B	10	Network	Host	128.0.0.0 to 191.255.255.255
C	110	Network	Host	192.0.0.0 to 223.255.255.255
D	1110	Multicast address		224.0.0.0 to 239.255.255.255
E	11110	Reserved for future use		240.0.0.0 to 247.255.255.255

Endereços IP Especiais

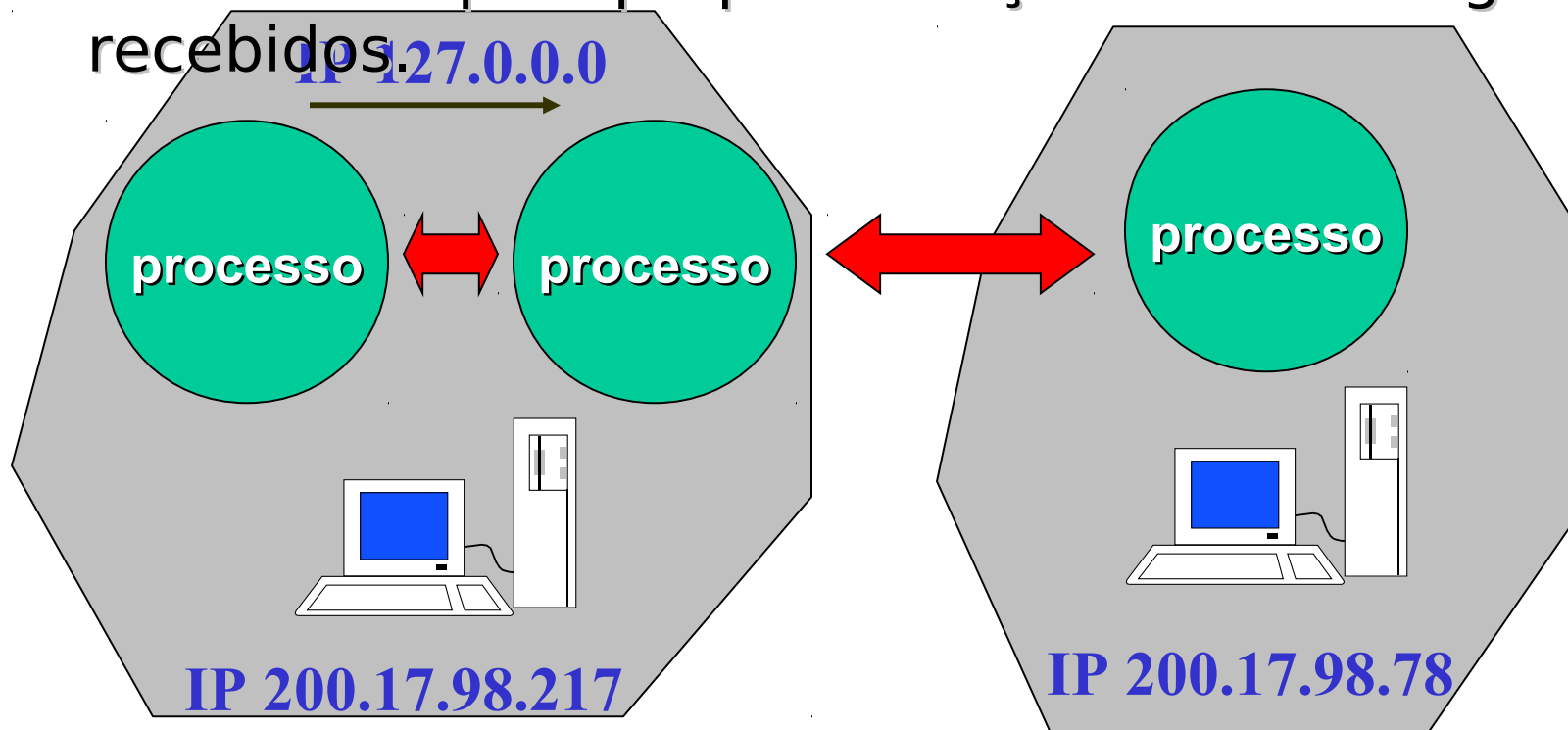
0 0		Default Route
0 0 ... 0 0	Host	A host on this network
1 1		Broadcast on the local network
Network	1 1 1 1 ... 1 1 1 1	Broadcast on a distant network
127	(Anything)	Loopback

Endereços IP Especiais

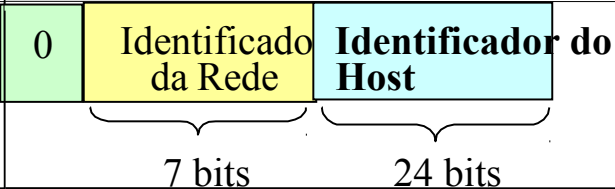
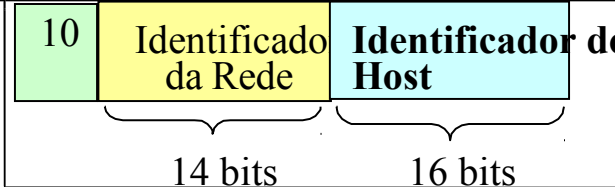
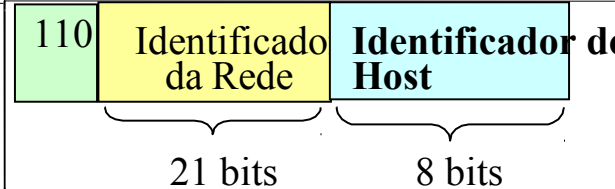
- A classe **A** perde dois endereços de Rede: 0.0.0.0 e 127.0.0.0
- **0.0.0.0** é utilizado para representar a rota default;
- **127.0.0.0** é utilizado para representar o loopback da máquina. Comunicação local entre processos dentro do próprio sistema;

Loopback

- **LoopBack** = Enviar para si mesmo.
- Os datagramas com endereço IP **127.x.x.x** não são enviados para rede. Eles são tratados localmente pela própria estação como datagramas recebidos.



Classes de Endereçamento

Classe	Formato do Endereço	Organização da Rede	Intervalo dos endereços da classe
A		$2^7 = 128 - 2 = \mathbf{126 \text{ redes}}$ Úteis com até $((256*256*256) - 2) = \mathbf{16.777.214 \text{ Hosts em cada rede}}$	de 1.0.0.0 até 126.0.0.0.
B		$2^{14} = \mathbf{16.384 \text{ redes}}$ Com até $((256*256) - 2) = \mathbf{65534 \text{ Hosts}}$	de 128.0.0.0 até 191.255.0.0
C		$2^{21} = \mathbf{2.097.152 \text{ redes}}$ com até $\mathbf{254 \text{ Hosts}}$ $(256 - 2) = \mathbf{254}$	de 192.0.0.0 até 223.255.255.0

- Redes da classe A utilizam o primeiro byte para identificar a rede e os últimos três bytes para identificar os hosts. **Ex.: 20.0.0.0**
- Redes da classe B utilizam os dois primeiros bytes para identificar a rede e os últimos dois bytes para identificar os hosts. **Ex.: 135.10.0.0**
- Redes da classe C utilizam os três primeiros bytes para identificar a rede e o último byte para identificar os hosts. **Ex.: 200.3.16.0**

Classes de Endereçamento

■ Classe D

Endereços classe D são reservados para endereçamento IP de Multicast ([veja RFC 2236](#)). Os quatro bits de maior grau em uma classe D são sempre os valores binários 1110. Os bits restantes são utilizados para endereçamento dos hosts reconhecidos como interessados em fazer parte do grupo Multicast.

■ Classe E

Classe E é um endereçamento experimental que está reservado para uso futuro. Os quatro bits de maior grau em uma classe E são sempre 1111.

Nível de Rede

- Os números IP podem ter três possíveis significados: ►

1. O endereço de uma rede IP:

- Identifica um grupo de dispositivos IP compartilhando um acesso comum para a transmissão de informações.
Ex.: todos estando no mesmo segmento Ethernet
- Todo endereço de rede tem o campo identificador de host com todos os bits iguais a 0 (a não ser que a rede seja dividida em sub-redes)
 - **Ex.: 200.3.16.0**
- Existem para identificar um grupo de computadores de uma rede e para facilitar o roteamento

0	7	15	23	31
11001000	00000011	00010000	00000000	
200	.3	.16	.0	

Nível de Rede

- Os números IP podem ter três possíveis significados: ►

2. Endereço de broadcast

- O endereço de transmissão (**BROADCAST**) de uma rede IP (comunicação por difusão - utilizado para enviar uma mensagem para todos os hosts de uma rede)
- Todo endereço de transmissão (broadcast) tem o campo identificador de host com todos os bits iguais a 1
 - **Ex.: 200.3.16.255**

11001000	00000011	00010000	11111111
200	.3	.16	.255

Nível de Rede

- Os números IP podem ter três possíveis significados: ◀

3. Endereço de uma interface de um host

- Ex.: placa de rede Ethernet de uma estação de trabalho).
- Estes endereços podem ter qualquer valor nos bits que identificam os hosts, exceto todos os bits em 0 ou 1
 - **Ex.: 200.3.16.1, 200.3.16.2, ... , 200.3.16.254**

11001000	00000011	00010000	00000001
200	.3	.16	.1

Nível de Rede

- Intervalos válidos de identificação de hosts com base nas classes de endereçamento IP

Considere às seguintes redes:

Rede Classe A: 10.0.0.0

Rede Classe B: 130.10.0.0

Rede Classe C: 200.3.16.0

Classe do endereço - Endereço de rede IP - Endereço de Broadcast/difusão IP

Classe A	10.0.0.0	10.255.255.255
Classe B	130.10.0.0	130.10.255.255
Classe C	200.3.16.0	200.3.16.255

Endereços úteis para endereçar as estações das redes ACIMA:

Classe do endereço - Primeiro endereço IP - Último endereço IP válido da rede

Classe A	10.0.0.1	10.255.255.254
Classe B	130.10.0.1	130.10.255.254
Classe C	200.3.16.1	200.3.16.254

Nível de rede

- Identificando a Classe de Rede definida pela comunidade Internet
 - ◆ Os bits reservados no início de um endereço
 - ◆ A partir do valor do primeiro byte. Ex.: Endereço IP que tem o primeiro byte com valor 1 à 126 se encaixa na classe A
 - ◆ A quantidade de bits de um endereço IP utilizada para identificar a rede determina a classe de rede que está sendo utilizada

Endereços Reservados/Privados

ENDEREÇOS RESERVADOS

- **0.0.0.0** → não utilizado (Rota Default)
- **255.255.255.255** → broadcast ou difusão (para todas as redes IP)
- **127.0.0.0** → endereço reservado para teste (loopback) e comunicação entre processos da mesma máquina

ENDEREÇOS PRIVADOS

1 Rede Classe A: 10.0.0.0 a 10.255.255.255
16 Redes Classe B: 172.16.0.0 a 172.31.255.255
256 Redes Classe C: 192.168.0.0 a 192.168.255.255

Obs.: As outras redes que não pertencem às redes acima contém os endereços IP públicos

Endereços na Intranet (Endereços IP Privados)

10.0.0.0 a 10.255.255.255	Uma rede de endereços classe A.
172.16.0.0 a 172.31.255.255	16 redes contíguas de endereços classe B.
192.168.0.0 a 192.168.255.255	256 redes contíguas de endereços classe C.

REGRA:

- ◆ A RFC 1918 recomenda que os roteadores em redes que não estiverem usando um espaço de endereço privado, especialmente aqueles provedores de serviço Internet, devem configurar seu roteadores para rejeitar a informação de roteamento sobre as redes privadas (Fev, 1996).

Endereços na Intranet (Endereços IP Privados)

- O pacote (dentro da Internet) com endereço de destino privado não consegue chegar até o seu destino porque não existem rotas nos roteadores para roteá-lo.
 - ◆ A rota default sempre é aplicada.
 - O pacote é descartado quando o **TTL** for igual a 0 (zero);

Roteiro

- Funções do nível de rede
- Circuitos Virtuais e Datagramas
- Nível de Rede do IP
- Fragmentação
- Endereçamento IP
- NAT
- Máscaras de Rede
- Mapeamento de Endereços IP e MAC
- DHCP
- **Parte B: Roteamento e etc**

NAT: Network Address Translation

- Permite traduzir endereços privados em endereços públicos.
 - ◆ Seu funcionamento é definido pela RFC 1631
- A função de NAT é geralmente executada por:
 - ◆ Roteadores, firewalls ou aplicativos instalados em computadores com duas placas de rede
 - Em todos os casos, os clientes são configurados para utilizar o dispositivo de NAT como roteador.

Tipos de NAT

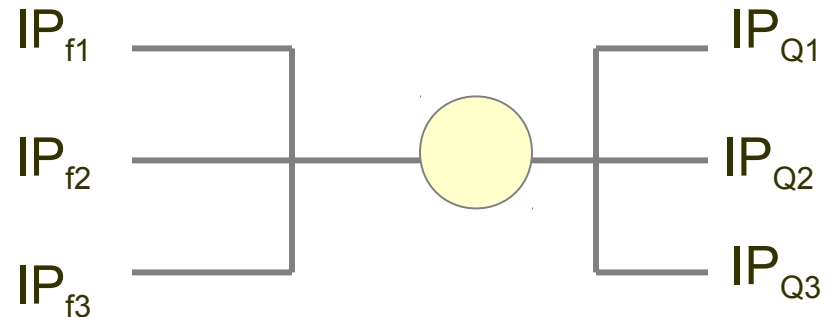
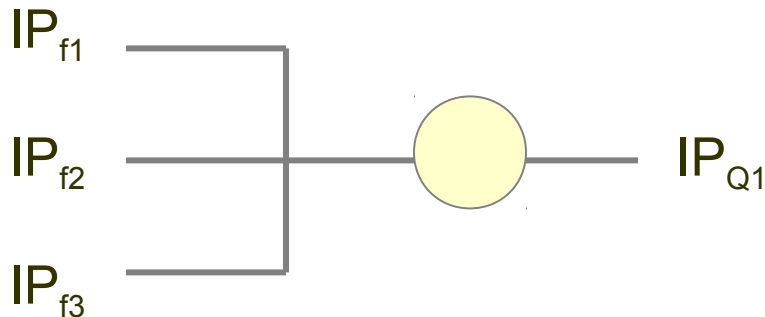
■ Traduções:

◆ Many-TO-One (Dinâmico)

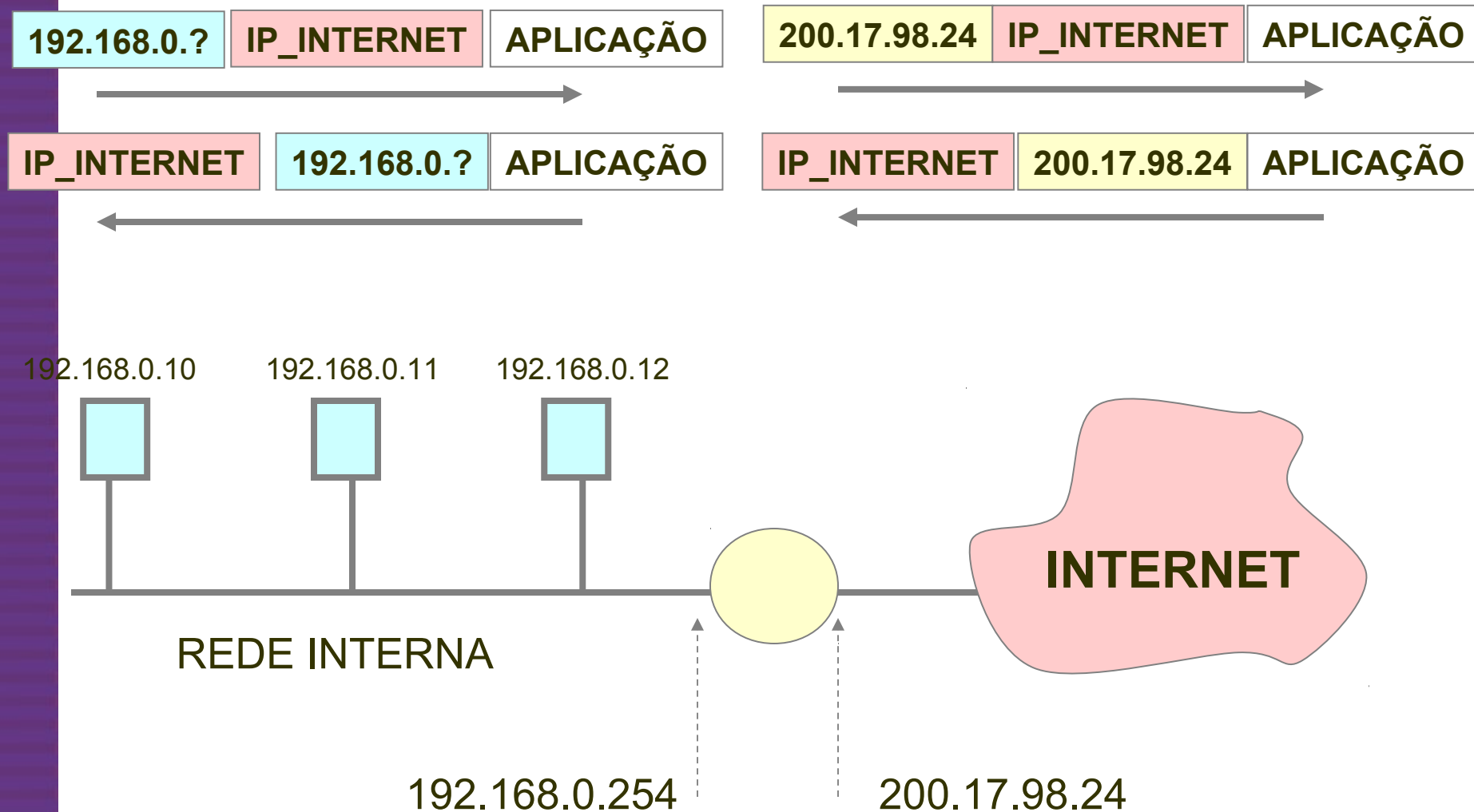
- Traduzir vários IP's para um único
- Funcionamento similar ao Proxy (mais usual)

◆ Many-TO-Many (Estático)

- Traduzir um grupo de IP's para outro grupo de IP's



NAT: Implementado em Roteadores ou Firewalls



Limitações do NAT

- NAT dinâmico permite apenas que clientes internos acessem servidores externos:
 - Um computador com IP privado funcionará apenas como cliente.
- Além da troca dos IPs, muitos parâmetros precisam ser recalculados:
 - IP checksum e TCP checksum
 - Estas operações diminuem a velocidade do roteador.

Limitações do NAT

- O NAT utiliza tabelas internas para mapear conexões ativas:
 - Tabelas grandes levam a baixo desempenho.
 - As entradas das tabelas tem um tempo de vida pré-determinado.
 - Se a resposta não retornar nesse tempo, a entrada é eliminada.

Tipos de NAT

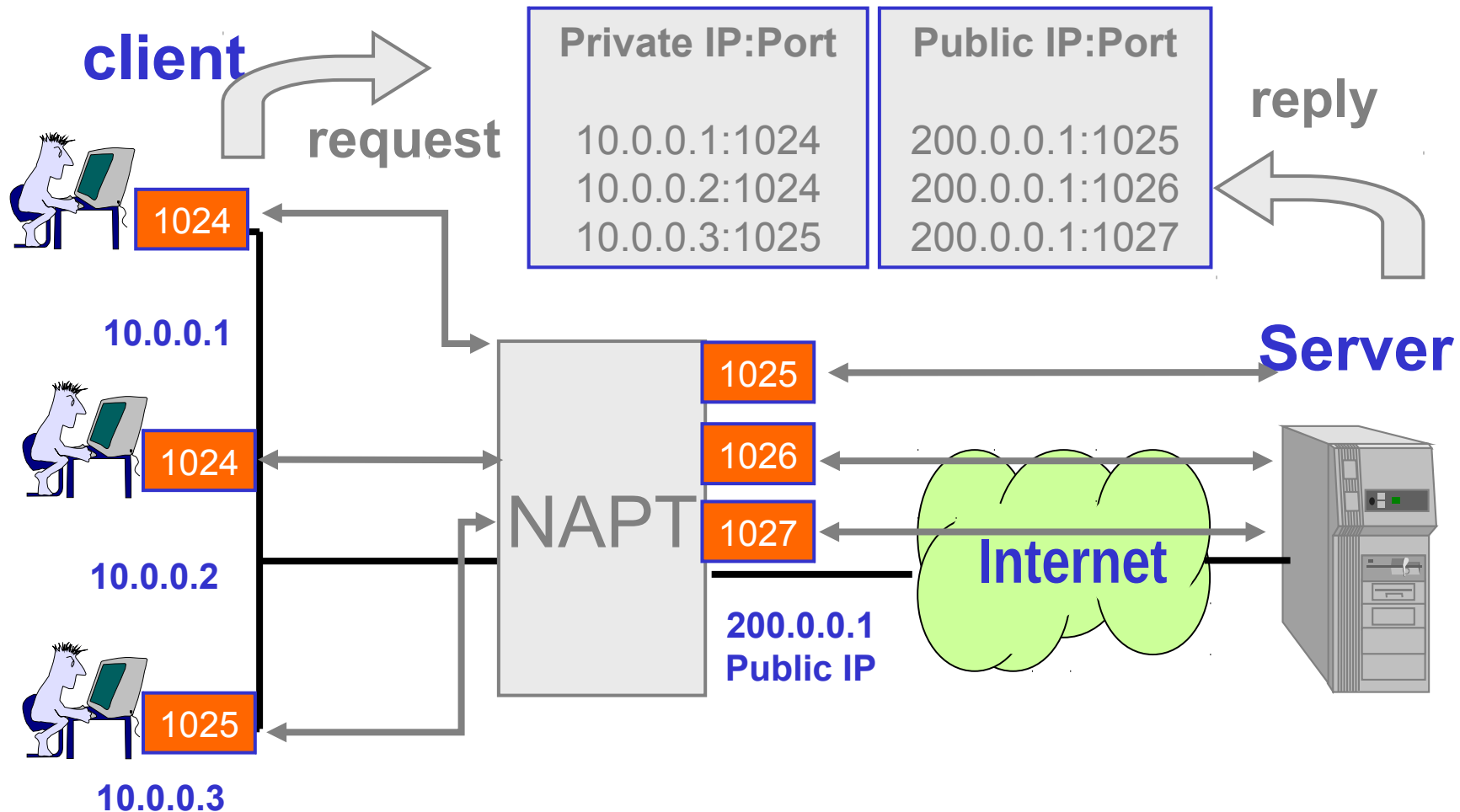
■ NAT Estático

- ◆ Mapeia um Endereço IP em Outro
- ◆ Equivalência de um Endereço Privado para um endereço Público
- ◆ Converte apenas endereços IP

■ NAT Dinâmico

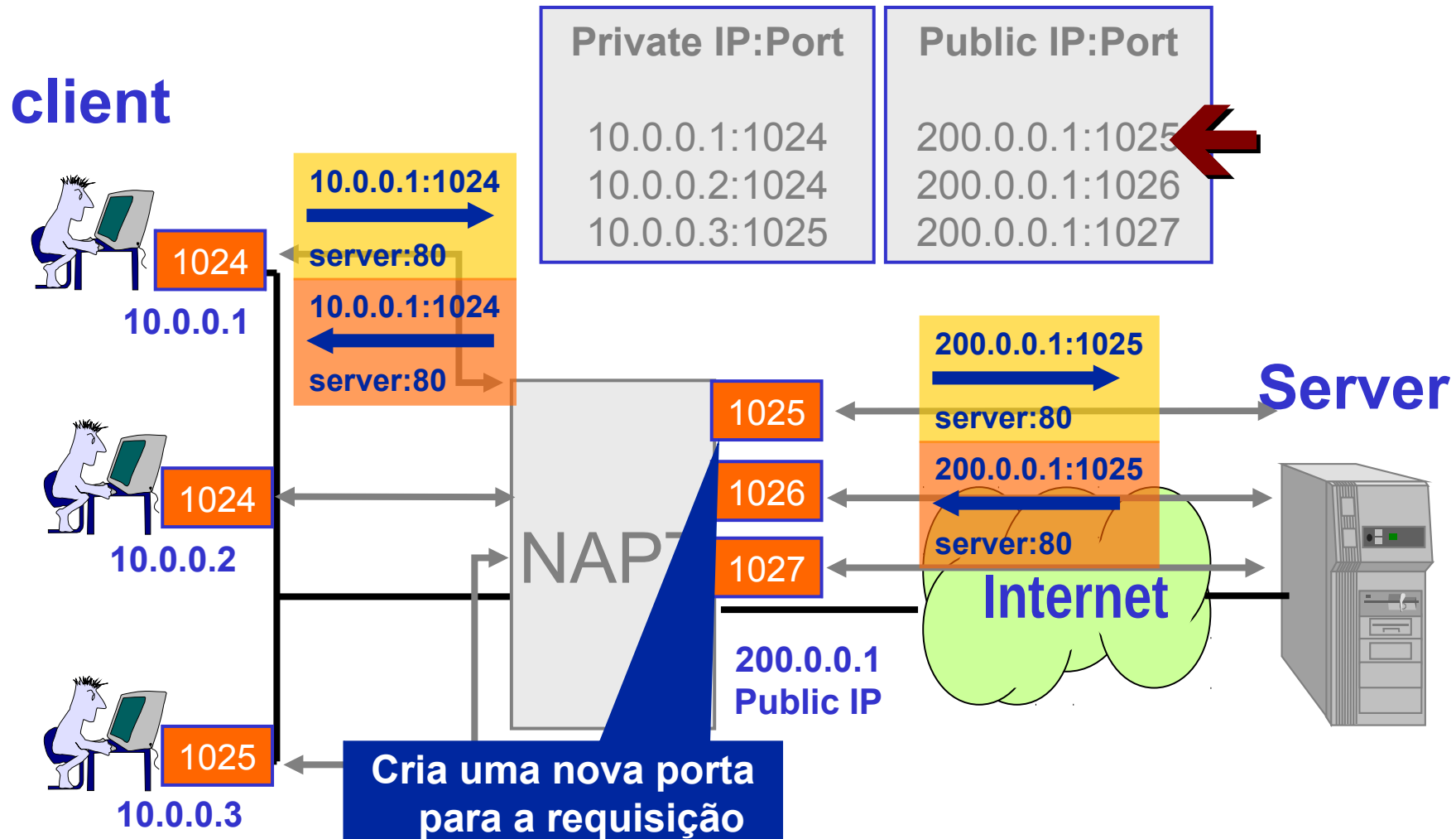
- ◆ Mapeia um Endereço IP público em vários endereços Privados
- ◆ Utiliza informação das portas UDP e TCP para fazer o mapeamento.
- ◆ Usualmente chamado de
 - PAT: Port Address Translation (PAT) ou
 - NAPT: Network and Address Port Translation

NAPT (Network Address and Port Translation)



NAPT (Network Address and Port Translation)

Tabela do NAPT

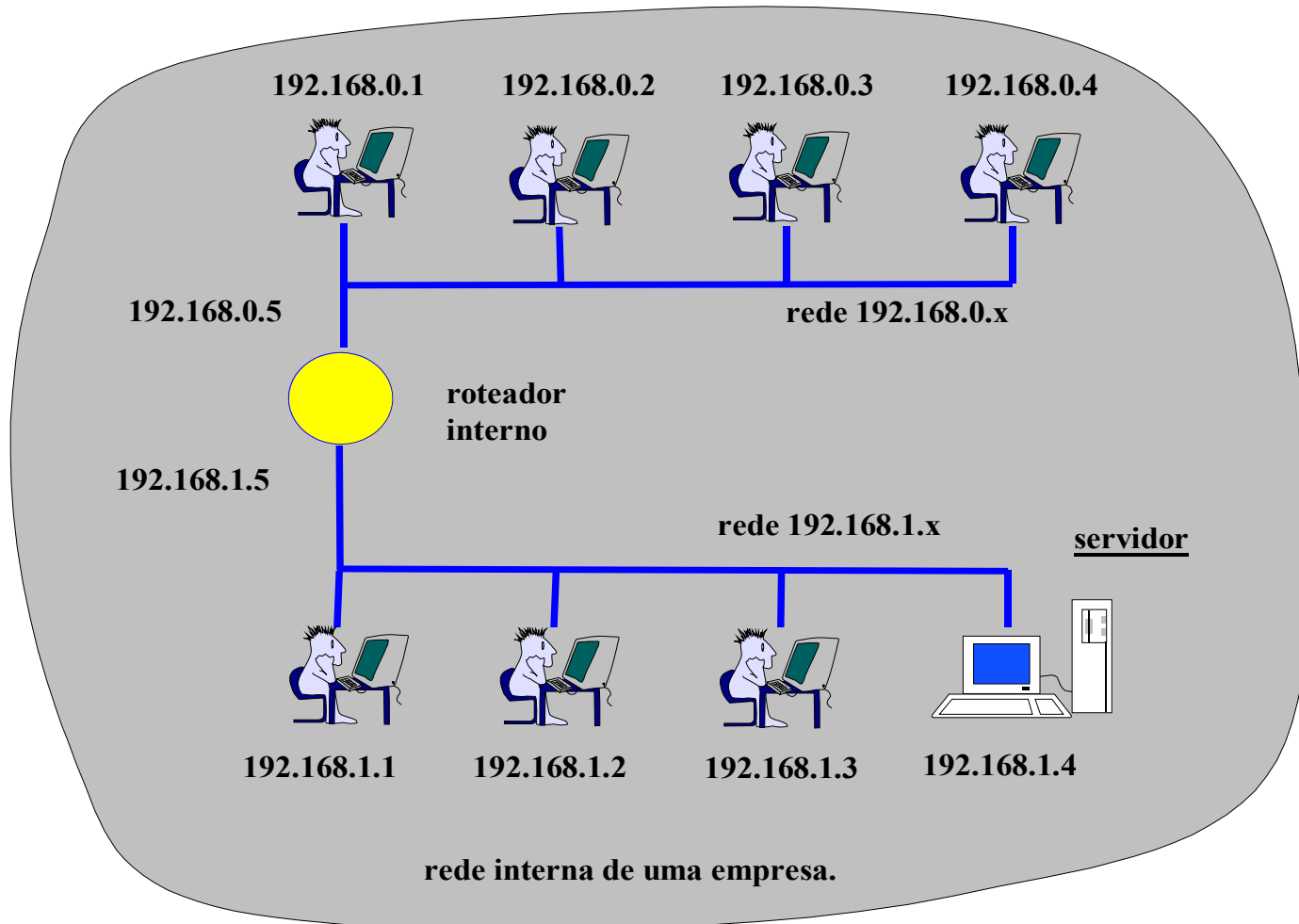


Conexão de Intranets com a Internet

- **Tipos de hosts numa empresa:**
 - ◆ **Hosts acessíveis** apenas internamente.
 - ◆ **Hosts acessíveis tanto** internamente quanto externamente.
- **As regras para atribuições de endereços IPs com diferentes graus de conectividade com o mundo externo são definidas pela RFC 1918.**
 - ◆ **Hosts categoria 1:**
 - **Hosts que se comunicam APENAS INTERNAMENTE.**
 - ◆ **Hosts categoria 2:**
 - **Hosts que se comunicam INDIRETAMENTE com o mundo externo.**
 - ◆ **Hosts categoria 3:**
 - **Hosts que se comunicam DIRETAMENTE com o mundo externo.**

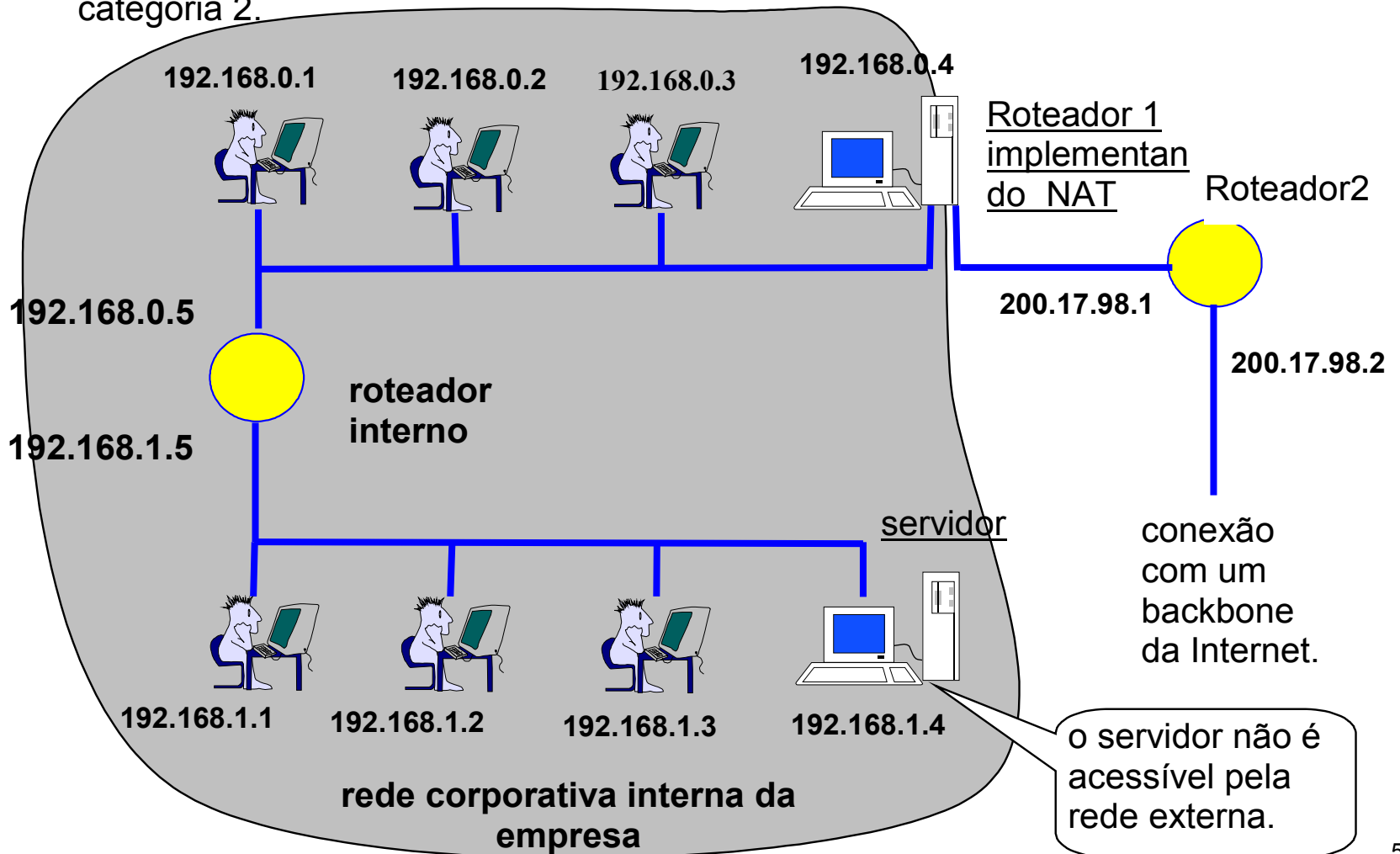
Hosts Categoria 1

Exemplo de uma rede Intranet constituída de duas redes físicas conectadas por um roteador.

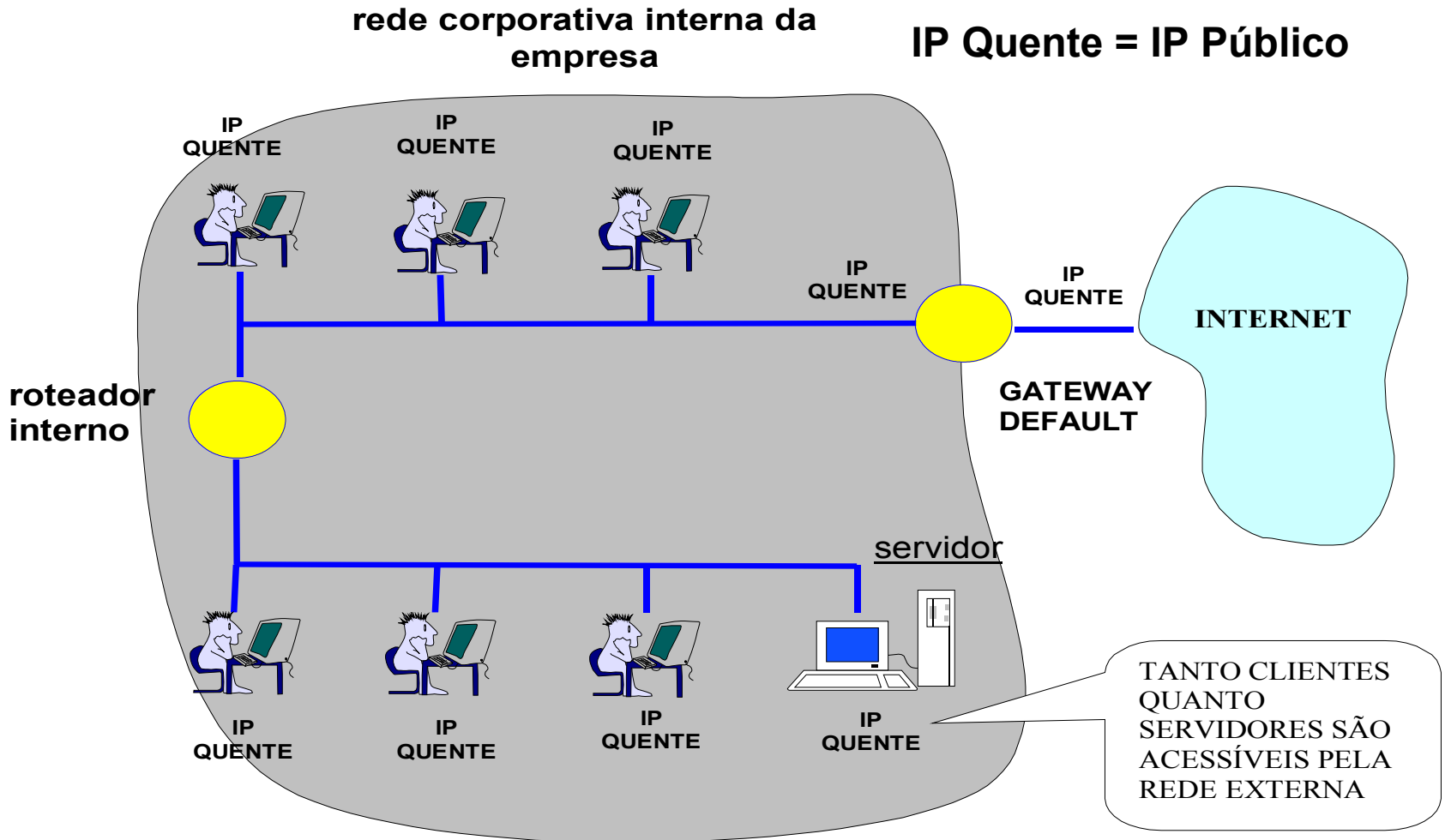


Hosts Categoria 2

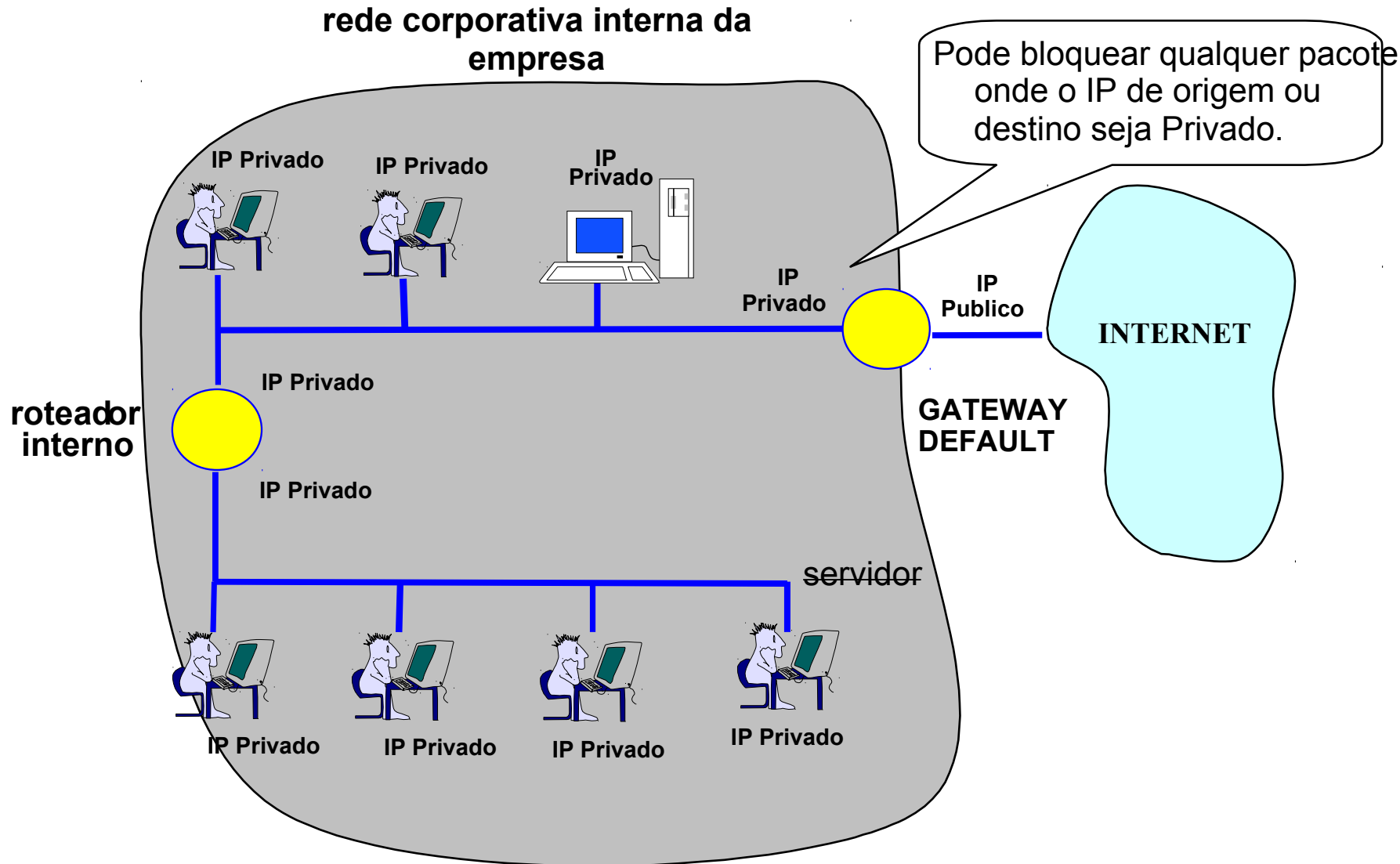
Exemplo de uma rede Intranet interligada a Internet através de um **servidor/serviço/roteador que implementa NAT**. Nessa rede, os hosts estão na categoria 2.



Hosts Categoria 3



Endereço Privado/Público



Roteiro

- Funções do nível de rede
- Circuitos Virtuais e Datagramas
- Nível de Rede do IP
- Fragmentação
- Endereçamento IP
- NAT
- Máscaras de Rede
- Mapeamento de Endereços IP e MAC
- DHCP
- **Parte B: Roteamento e etc**

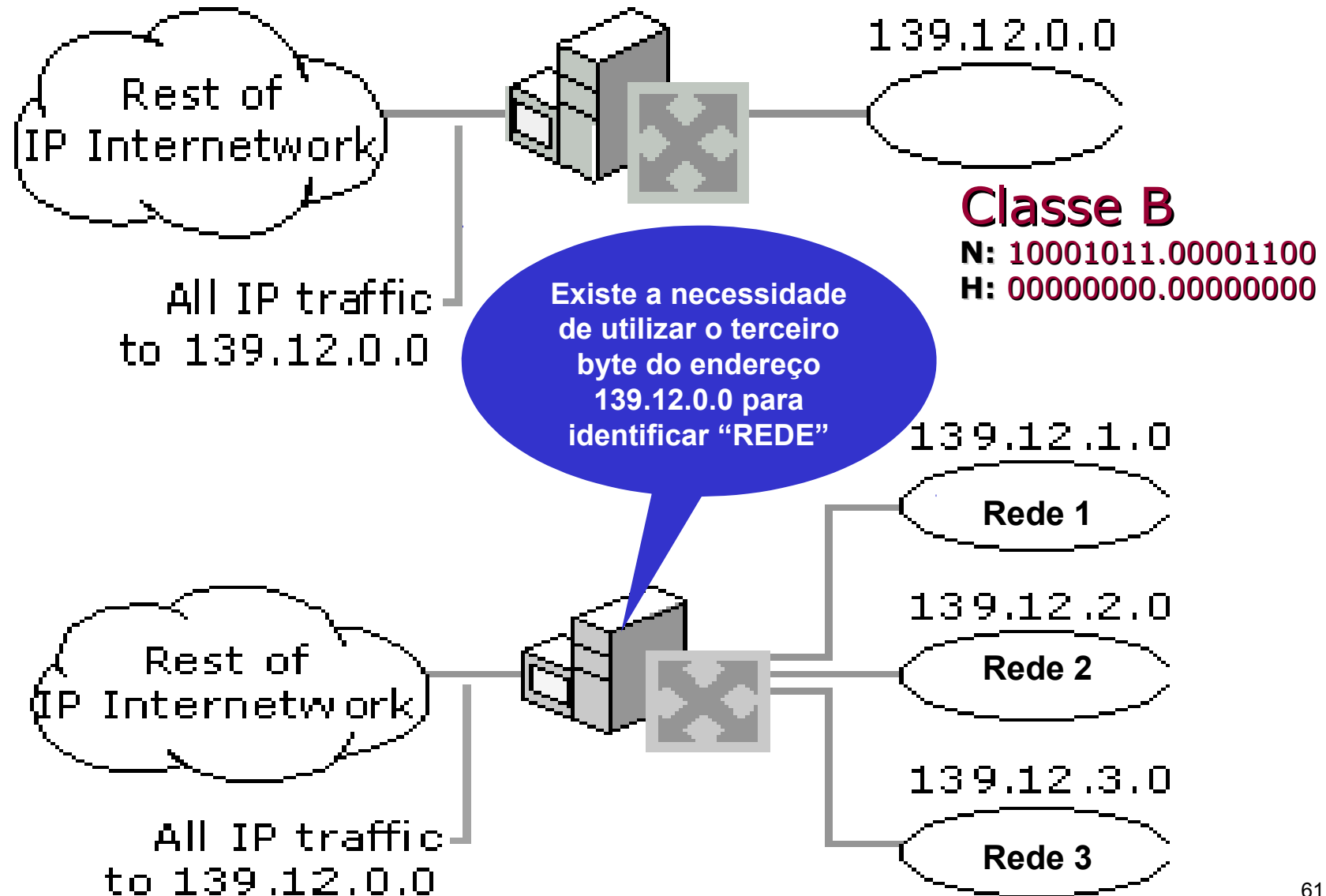
Máscara de Rede

■ Porque uma sub-rede?

- ◆ Distribuir melhor os endereços de rede IP. Inicialmente havia algumas poucas redes funcionando nos números de rede Classe A, o que permitia milhões de hosts para cada uma destas redes;
- ◆ Fica evidente um enorme tráfego e problemas de administração se todos os computadores (utilizando o IP), num grande site, precisam ser conectados numa mesma rede
- ◆ Numa sub-rede um endereço de classe A pode ser dividido para permitir sua distribuição através de algumas redes separadas. A administração de cada rede separada pode ser facilmente delegada;
- ◆ Através de sub-redes é possível utilizar diferentes tecnologias de rede (Ethernet, Token-Ring, ATM,...)

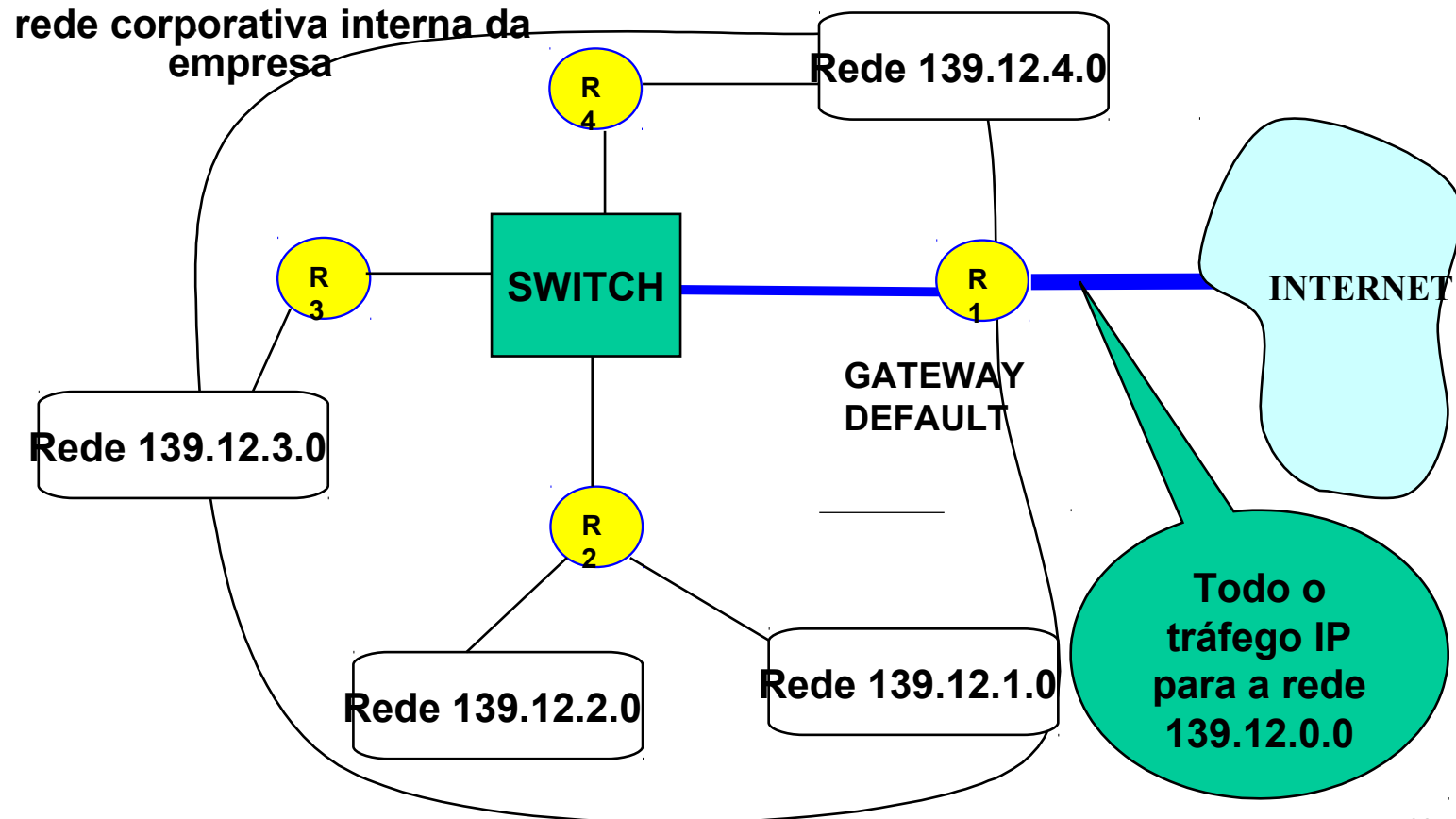
Segmentação da rede

Sub-redes



Exemplo de Segmentação de Rede

- Segmentação da Rede IP 139.12.0.0 em sub-redes com 256 endereços



Máscara de Rede

- A máscara de rede realiza a divisão de uma rede IP em sub-redes
 - ◆ Para tanto, todo endereço IP deve estar associado a uma máscara de rede;
- A máscara de rede é composta por 4 bytes (32 bits). Todos os bits de uma máscara configurados para '1' afirmam que o bit correspondente de um endereço IP é utilizado para identificar a rede e não o *host*;



255.255.255.0

Máscara de Rede

- A máscara de rede é composta por 4 bytes (32 bits). Todos os bits de uma máscara configurados para '1' afirmam que o bit correspondente de um endereço IP é utilizado para identificar a rede e não o host;

255	.255	.255	.0
11111111	11111111	11111111	00000000
11001000	00000011	00010000	00000001
200	.3	.16	.1

= 200.3.16.0

Máscara de Rede

- Todos os bits do terceiro byte da máscara estão inicializados em '1'. Isso implica que todos os bits do terceiro byte da rede IP 150.161.0.0 serão utilizados para representar bits de rede
- Interpretando os bits do terceiro byte utilizado no IP Classe B para identificar HOSTS (originalmente), para identificar sub-redes classe B.

Endereço IP Classe B: 150.161.0.0
Máscara: 255.255.255.0

11111111 11111111

11111111

00000000

150.161.1.0

Subrede 1

150.161.10.0

Subrede 10

150.161.5.17

Subrede 5 Host 17

Máscara de Rede

Subredes

- Máscara de sub-rede (subnet Mask):
 - ◆ Máscara de 32 bits (4 bytes) permite identificar o NetId, SubnetId e HostId de uma determinada subrede/host:
 - Bits em 1 representam o NetId e SubnetId
 - Bits em 0 representam o HostId

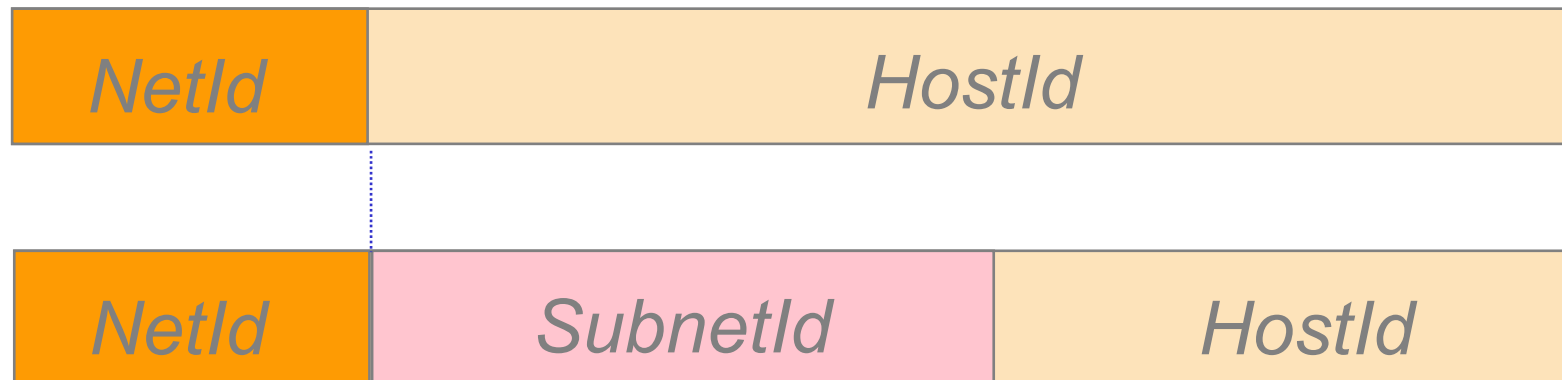


255.255.255.0

Máscara de Rede

Subredes

- A máscara de rede faz uma modificação na hierarquia NetId e HostId
- Uma sub-rede é criada a partir da divisão do HostId em:
 - ◆ **SubnetId:** Identifica a rede IP
 - ◆ **HostId:** Identifica um host na rede IP

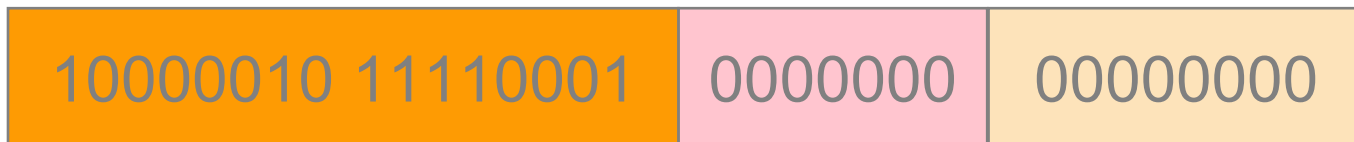


Máscara de Rede

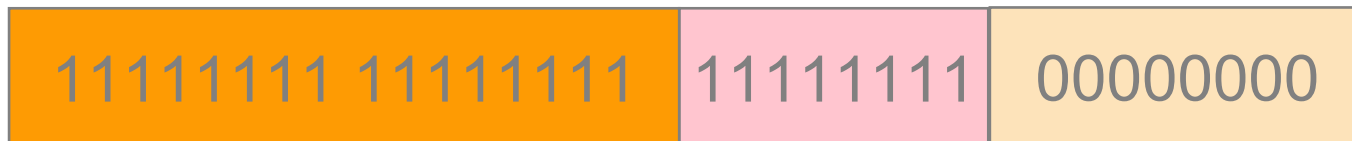
- Informações importantes sobre a máscara de rede:
 - ◆ A máscara de rede afeta somente a interpretação local de números IP (somente no segmento de rede local – Ex.: Rede Ethernet)
 - ◆ A máscara de rede não é um número IP
 - ◆ Possibilita criar sub-redes a partir de uma rede IP maior

Máscara de Rede

- Dividindo um endereço **Classe B** em 256 sub-redes **Classe B**



130. 241. 0. 0



255. 255. 255. 0

130.241.0.0 à 130.241.0.255

130.241.1.0 à 130.241.1.255

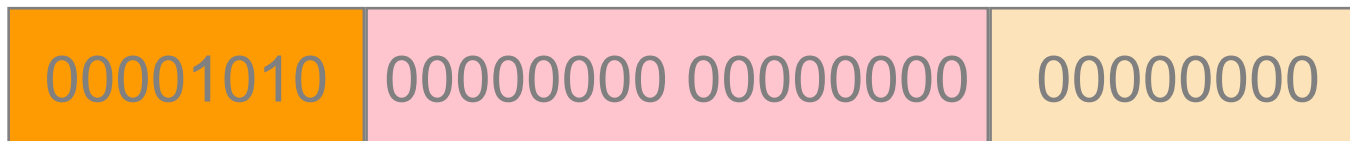
130.241.2.0 à 130.241.1.255

...

130.241.255.0 à 130.241.255.255

Máscara de Rede

- Dividindo um endereço de rede Classe A em 65536 sub-redes Classe A



10. 0. 0. 0



255. 255. 255. 0

10.0.0.0 à 10.0.0.255

10.0.1.0 à 10.0.1.255

10.0.2.0 à 10.0.2.255

...

10.241.74.0 à 10.241.74.255

...

10.255.255.0 à 10.255.255.255

Máscara de Rede

- O endereço IP + Máscara de rede determina:

- ◆ Sub-rede na qual o endereço IP faz parte;

00001010

10.

11110001 1001010

241. 74.

00000001

1

E (AND) LÓGICO

11111111

255.

11111111 11111111

255.

255.

00000000

0

= 10.241.74.0

Máscara de Rede

00100111	00001100 00000001	00000001
----------	-------------------	----------

71.

12.

1.

1

E (AND) LÓGICO

11111111	11111111 11111111	00000000
----------	-------------------	----------

255.

255.

255.

0

=

71.12.1.0

Máscara de Rede

- A máscara de rede padronizada de acordo com as classes de rede iniciais (A, B ou C), tem todos os bits de REDE inicializados para '1' e todos os bits de *HOST* inicializados para '0'. Isto implica que a máscara de rede padrão para as três classes de rede A, B e C são:
 - ◆ Máscara de rede para redes Classe **A**: 255.0.0.0
 - ◆ Máscara de rede para redes Classe **B**: 255.255.0.0
 - ◆ Máscara de rede para redes Classe **C**: 255.255.255.0

Máscara de Rede

- Máscara de rede utilizando a notação padrão
 - ◆ Máscara de rede para redes Classe A: **255.0.0.0**
 - ◆ Máscara de rede para redes Classe B: **255.255.0.0**
 - ◆ Máscara de rede para redes Classe C: **255.255.255.0**
- Máscara de sub-redes padrão (Notação de prefixo de rede) ou **CIDR** (Classless Interdomain Routing)

Classe do endereço IP	Bits da máscara de endereço IP				Prefixo de rede
Classe A	11111111	00000000	00000000	00000000	/8
Classe B	11111111	11111111	00000000	00000000	/16
Classe C	11111111	11111111	11111111	00000000	/24

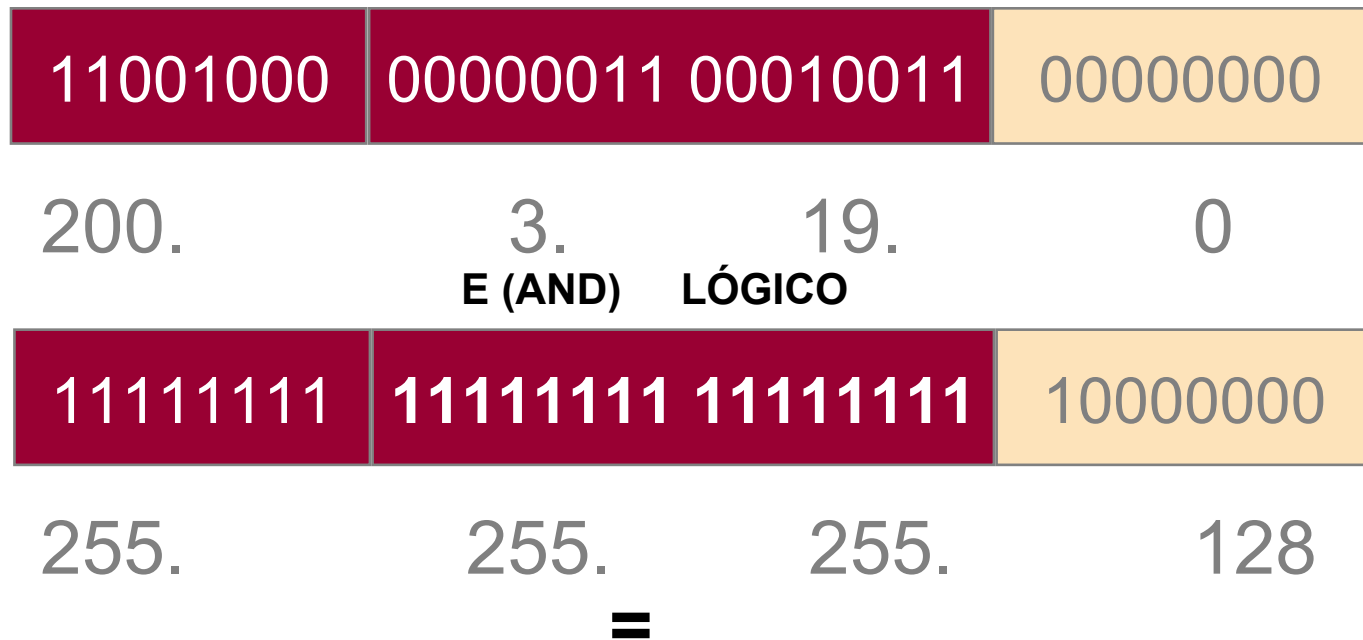
Máscara de Rede

Subdivisões de uma identificação de rede classe C.

Número de sub-redes	Número de bits para sub-rede	Máscara de sub-rede	Número de hosts por sub-rede
1	0	255.255.255.0 ou /24	254
1-2	1	255.255.255.128 ou /25	126
3-4	2	255.255.255.192 ou /26	62
5-8	3	255.255.255.224 ou /27	30
9-16	4	255.255.255.240 ou /28	14
17-32	5	255.255.255.248 ou /29	6
33-64	6	255.255.255.252 ou /30	2

Máscara de Rede

- Dividindo uma classe C em 2 sub-redes



Rede: 200.3.19.0 / Broadcast: 200.3.19.127

Rede: 200.3.19.128 / Broadcast: 200.3.19.255

Máscara de Rede

- O endereço IP + Máscara de rede determina:

- ◆ Sub-rede na qual o endereço IP faz parte;

11001000	00000011	00010011	10000010
----------	----------	----------	----------

200.	3.	19.	130
------	----	-----	-----

E (AND) LÓGICO

11111111	11111111	11111111	10000000
----------	----------	----------	----------

255.	255.	255.	128
------	------	------	-----

=

Rede: 200.3.19.128

Broadcast: 200.3.19.255

Máscara de Rede

- Dividindo uma classe C em 4 sub-redes



200. 3. 19. 0

E (AND) LÓGICO



255. 255. 255. 192

Rede: 200.3.19.0 / Broadcast: 200.3.19.63

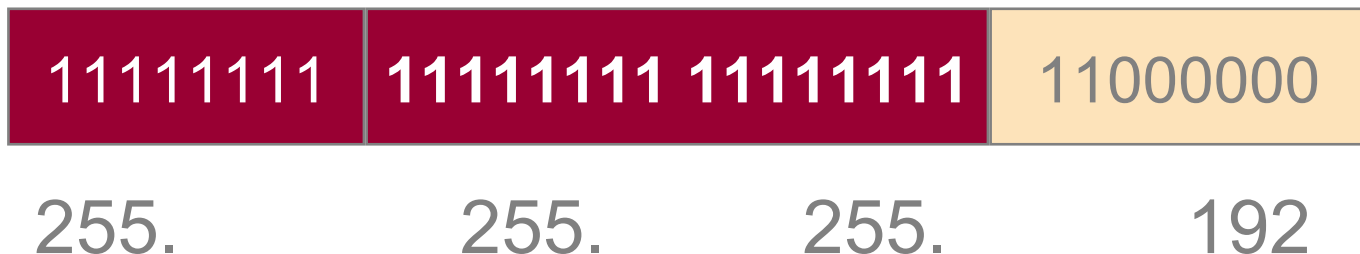
Rede: 200.3.19.64 / Broadcast: 200.3.19.127

Rede: 200.3.19.128 / Broadcast: 200.3.19.191

Rede: 200.3.19.192 / Broadcast: 200.3.19.255

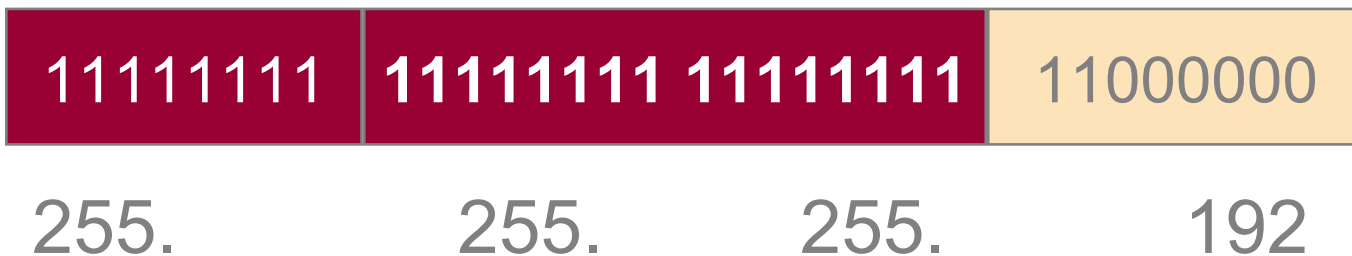
Máscara de Rede

- Dica de como identificar a quantidade de sub-redes e endereços IP por sub-rede extraídos a partir de uma máscara de rede
 - ◆ Analisando o último byte da máscara diferente de 255, a quantidade de bits 1 elevado a base 2 representa o número de sub-redes
 - ◆ O quantidade de bits 0 elevado a base 2 representa a quantidade de endereços IP em cada sub-rede
 - Ex.: $2^2 = 4$ sub-redes
 - $2^6 = 64$ endereços (62 endereços úteis)



Máscara de Rede

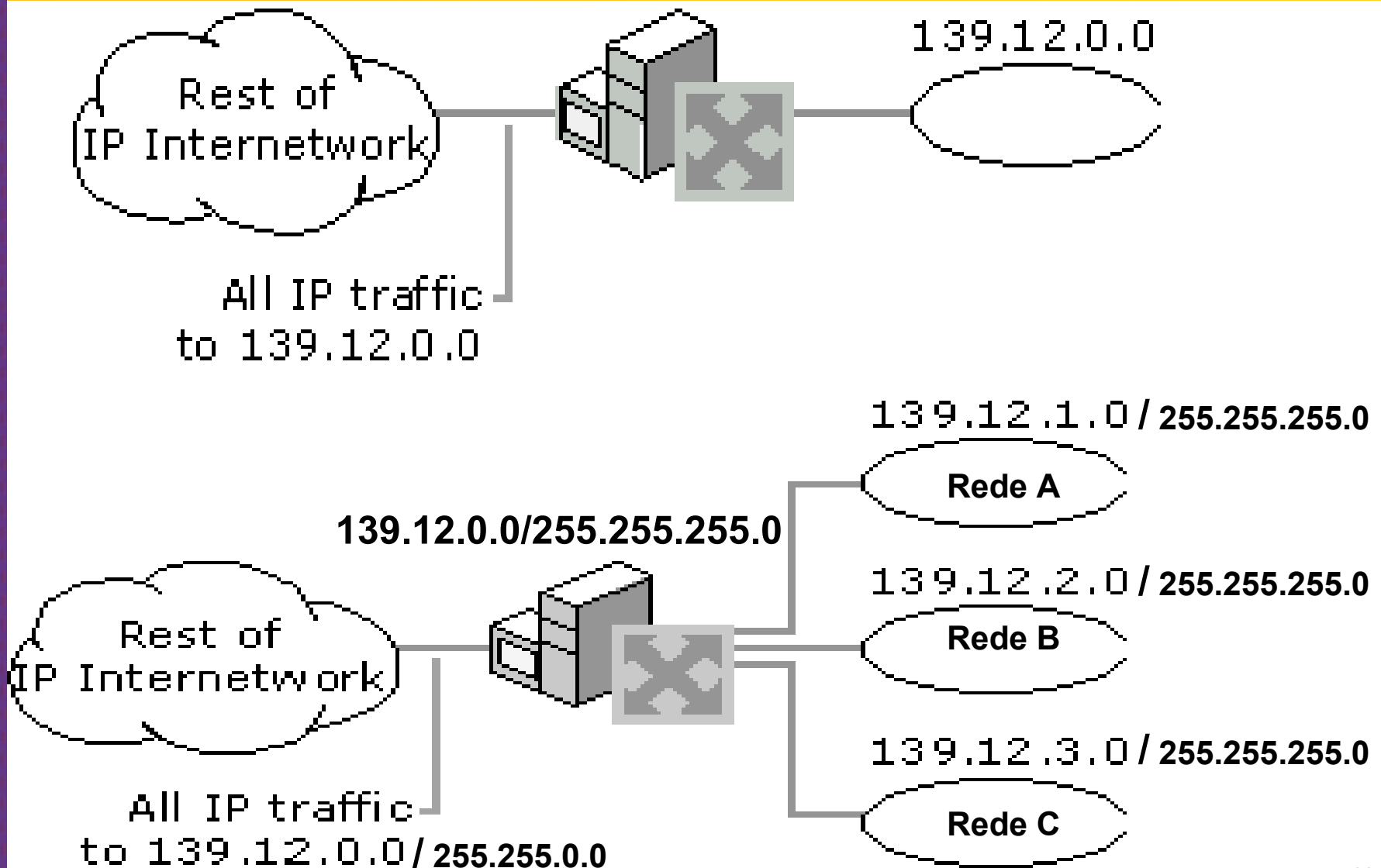
- Outra dica: calcular a diferença entre o maior valor de um byte IP, 256, e o último byte da máscara de rede diferente de 255.
 - ◆ Dividindo 256/resultado da subtração, obtém-se a quantidade de sub-redes
 - ◆ O resultado da subtração x qtd de byte de host é a quantidade de endereços IP dentro de cada sub-rede
 - ◆ Por exemplo:
 - $256 - 192 = 64$ * qtd de byte de host (IPs em cada sub-rede)
 - $256/64 = 4$ sub-redes



Máscara de Rede

- Todos os hosts na mesma rede devem usar a mesma identificação de rede como também a mesma máscara de sub-rede. Por exemplo, **138.23.0.0/16** não está na mesma rede que **138.23.0.0/24**.
- A máscara de rede e suas implicações em como os endereços IP são interpretados localmente em um segmento de rede IP, determina em qual rede/sub-rede um host se encontra;
- Os roteadores e estações se baseiam no par IP+MASCARA para transmitir a mensagem pela sub-rede/rede (enlace de comunicação) apropriada;
- Um problema a ser considerado na divisão de uma rede maior em sub-redes menores é a perda de dois endereços úteis em cada sub-rede;
- O IP realiza um AND lógico entre um endereço IP arbitrário e uma máscara de sub-rede arbitrária para extrair a identificação de rede;

Máscara de Rede



Máscara de Rede

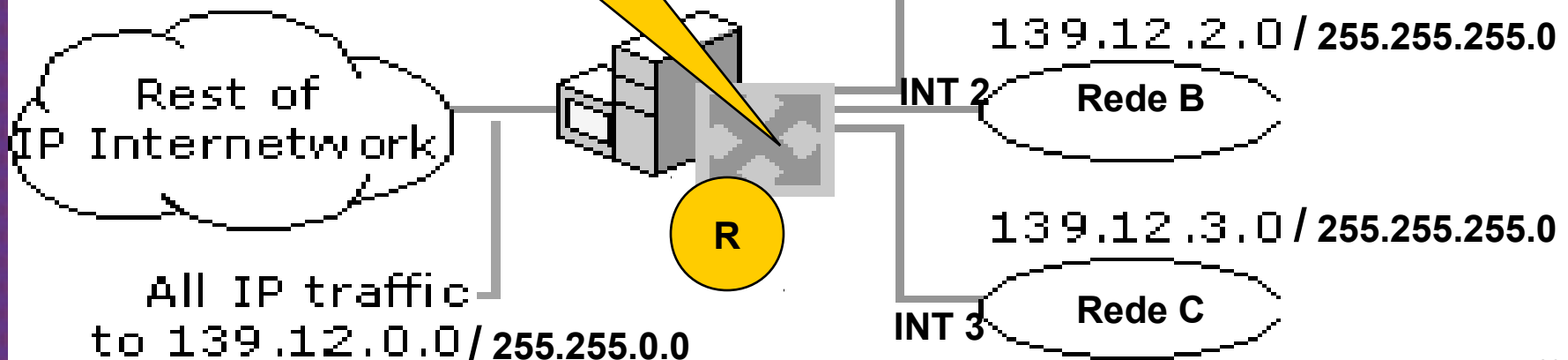
Dentro do roteador existe rotas para tratar pacotes destinados para todas sub-redes ligadas a ele. Ex. de rota:

Destino é 139.12.1.5

Aplicar Máscara 255.255.255.0

Rede Destino = 139.12.1.0

Então encaminhar para rede A (interface 1)



Roteiro

- Funções do nível de rede
- Circuitos Virtuais e Datagramas
- Nível de Rede do IP
- Fragmentação
- Endereçamento IP
- NAT
- Máscaras de Rede
- Mapeamento de Endereços IP e MAC
- DHCP
- **Parte B: Roteamento e etc**

Mapeamento de Endereços

- O endereço IP são endereços temporários (o administrador da rede ou o proprietário da máquina pode mudar o endereço qdo desejar).
- O verdadeiro identificador da estação para rede local é o endereço MAC/Físico
 - ◆ endereço físico associado a placa adaptadora de rede: NIC - Network Interface Card.

IP (200.17.98.217)



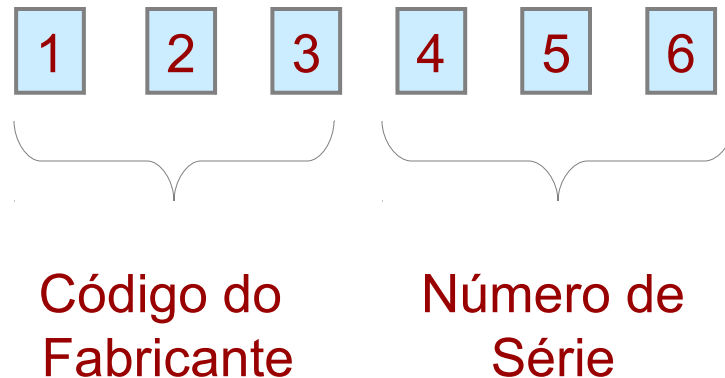
NIC

MAC (00-60-08-16-85-B3)

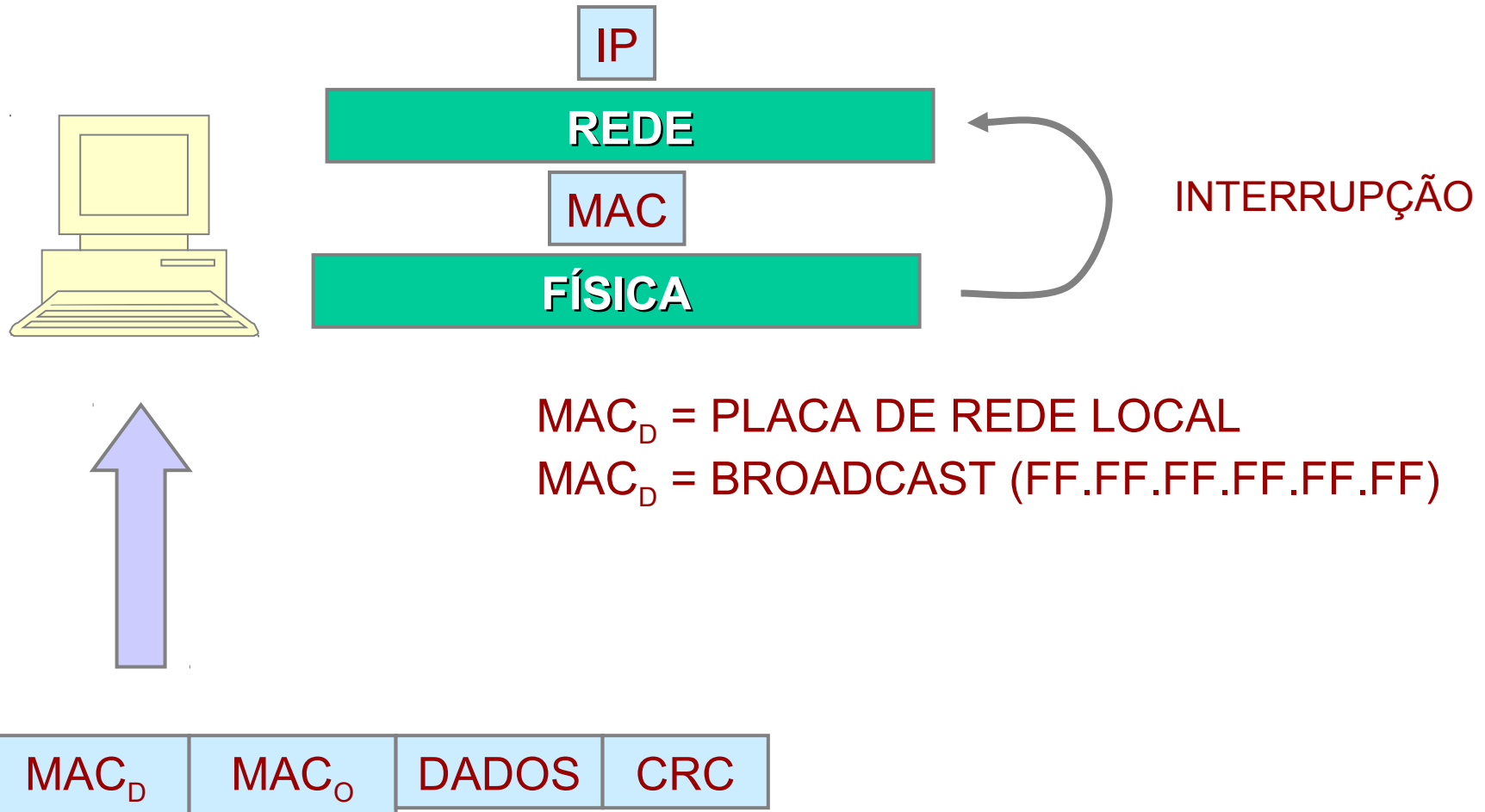
Endereços de 48 bits
(6 bytes)

Endereços MAC

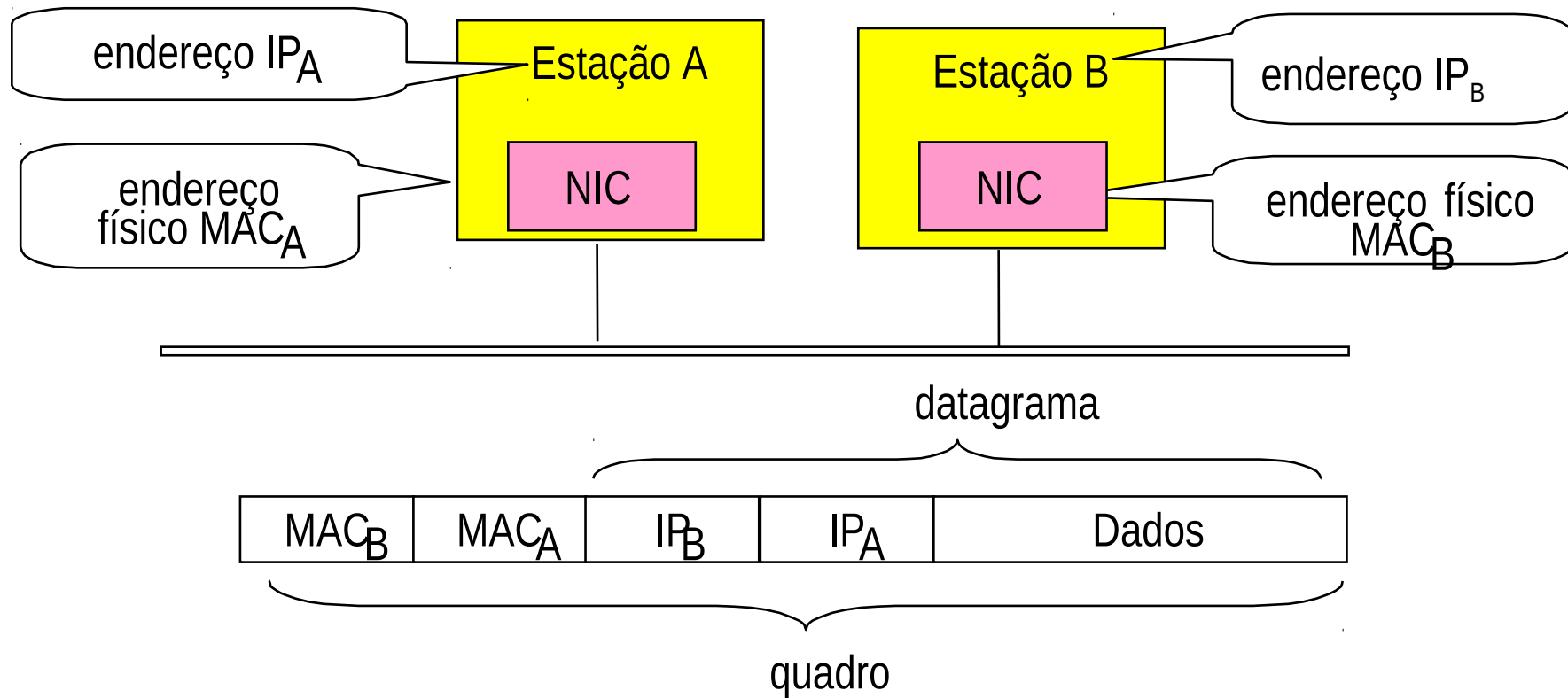
- O padrão IEEE 802 define a seguinte forma de endereçamento MAC:
 - ◆ endereços universais
 - Pelo fabricante.



Filtragem de Endereços

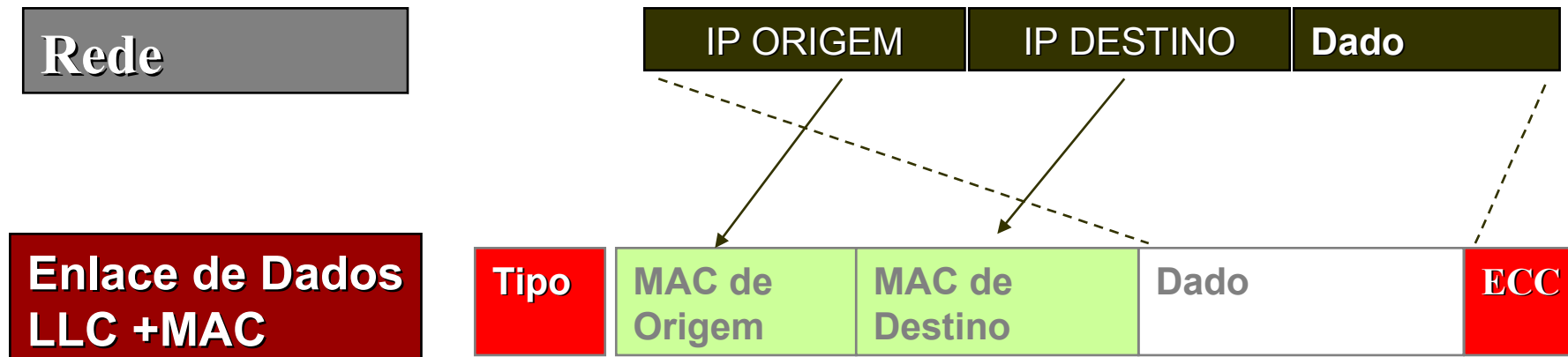


Relação entre IP e MAC



Address Resolution Protocol - ARP

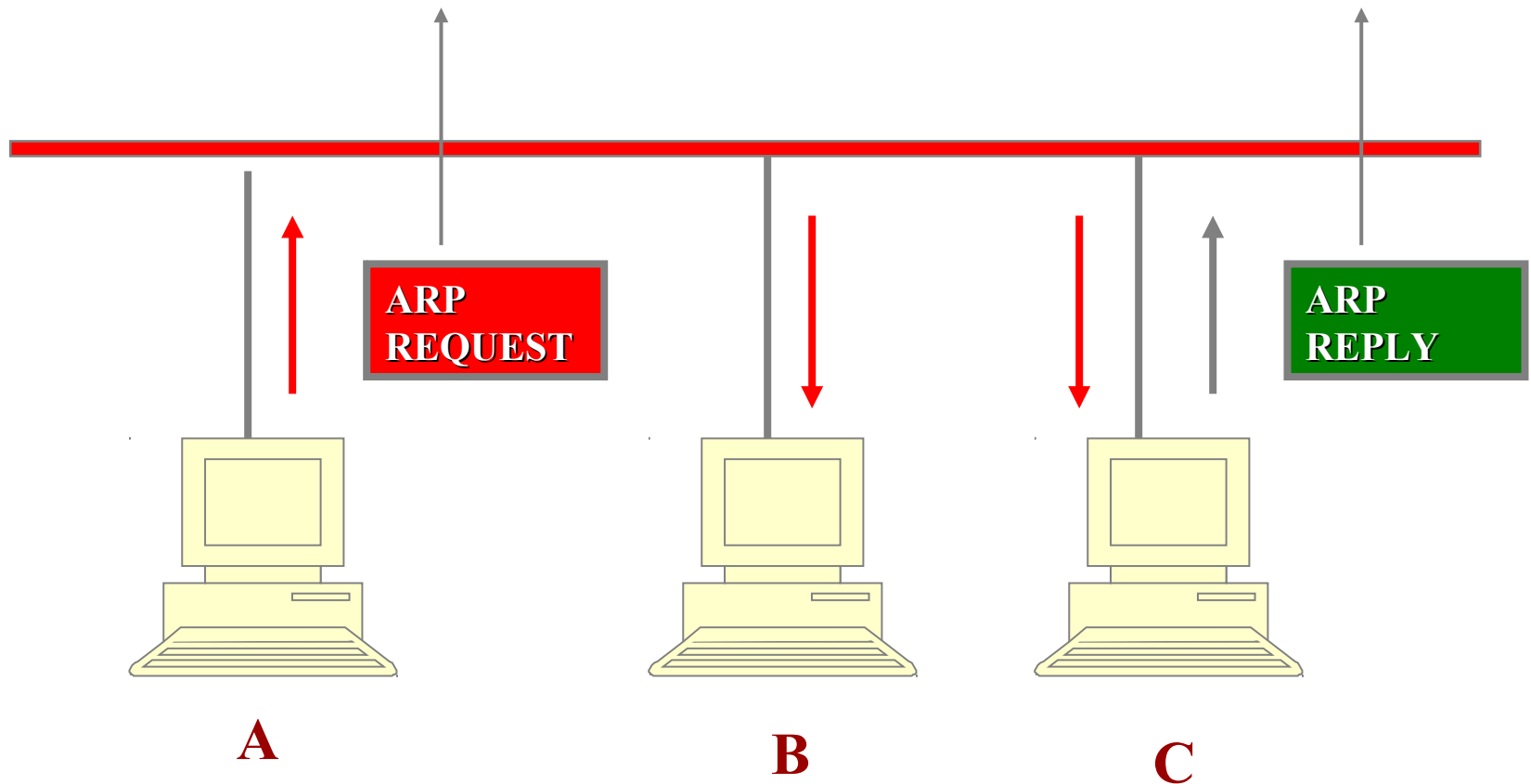
- O ARP é um protocolo que efetua a conversão de endereços IP para MAC (Físico).
 - ◆ As mensagens são passadas para a camada de rede especificando o destinatário através do endereço IP.
 - ◆ O protocolo ARP precisa determinar o endereço MAC (Físico) do destinatário para a camada de enlace de dados.



ARP

qual o MAC do IP 200.134.51.6 ?

o MAC do IP 200.134.51.6 é C



ARP

- Passos para descobrir um endereço físico de uma estação da LAN:
 1. O protocolo ARP identifica se o endereço IP de destino faz parte da rede IP local; Ou seja, identifica se pacote se destina para um host local ou remoto;
 2. Caso o pacote se destine à uma estação local, ele faz o seguinte:
 - O protocolo ARP verifica se o endereço IP e o endereço físico equivalente estão na *ARP Cache*;
 - Se o par acima for encontrado, o endereço MAC ou endereço físico é copiado da cache;
 - Se não, um pacote *ARP Request* é enviado em broadcast para subrede.

ARP Cache		
endereço IP	endereço MAC	tipo
200.17.98.217	00-60-08-16-85-B3	dinâmico
10.17.98.30	00-60-08-16-85-ca	dinâmico

ARP

■ Passos para descobrir um endereço físico de uma estação da LAN: ◀

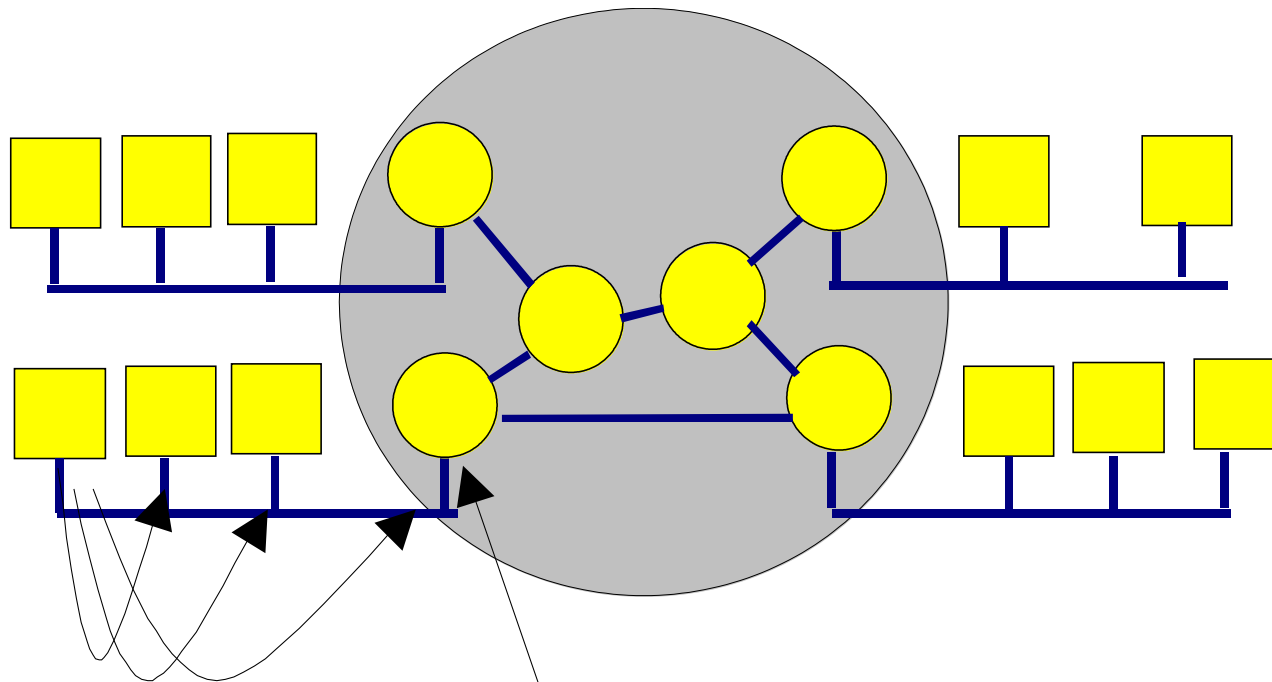
3. Se o destinatário final for um endereço IP externo (host remoto), o ARP deve encaminhar esse pacote ao endereço do roteador responsável por tratar este tráfego externo. Isso ocorre após consultar as rotas indiretas.

- O endereço IP de destino do pacote IP não é alterado, este permanece íntegro até chegar ao seu destino. O IP do roteador identificado a partir da consulta na tb de rotas é utilizado pelo ARP somente para descobrir o seu endereço físico.

ARP Cache		
endereço IP	endereço MAC	tipo
200.17.98.217	00-60-08-16-85-B3	dinâmico
10.17.98.30	00-60-08-16-85-CA	dinâmico

ARP

- ARP só funciona na rede local



ARP request

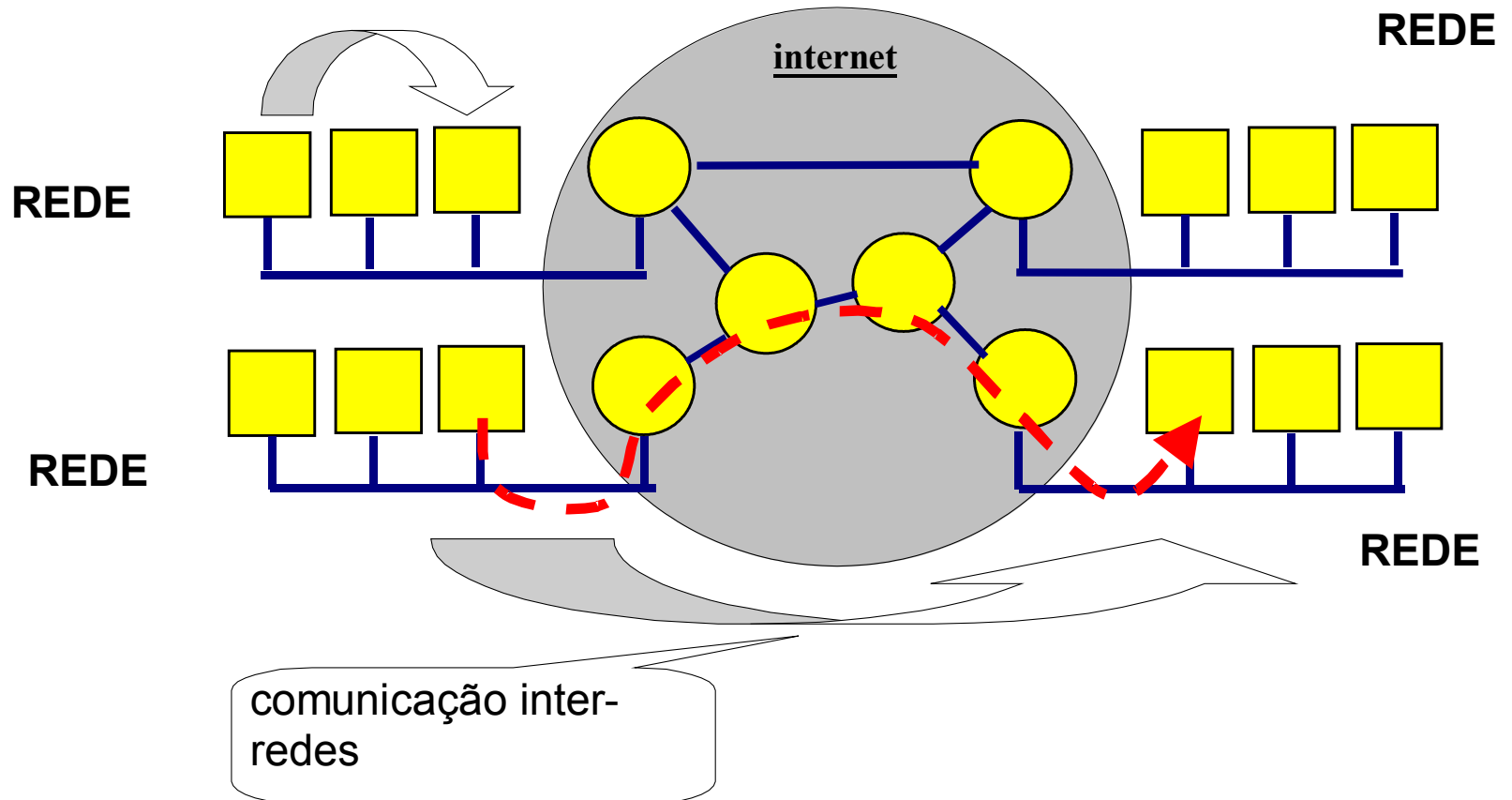
o roteador não propaga broadcast

Deteccção de Endereços IP Duplicados

- O ARP é utilizado para identificar se existem IP's duplicados.
- Quando o endereço IP de uma máquina é configurado, ela envia uma mensagem ARP perguntando o MAC desse IP.
- Se alguém responder, então o endereço já existe.

Roteamento

comunicação intra-rede.



Quadro e Pacote

- Os pacotes são transportados no interior dos quadros.

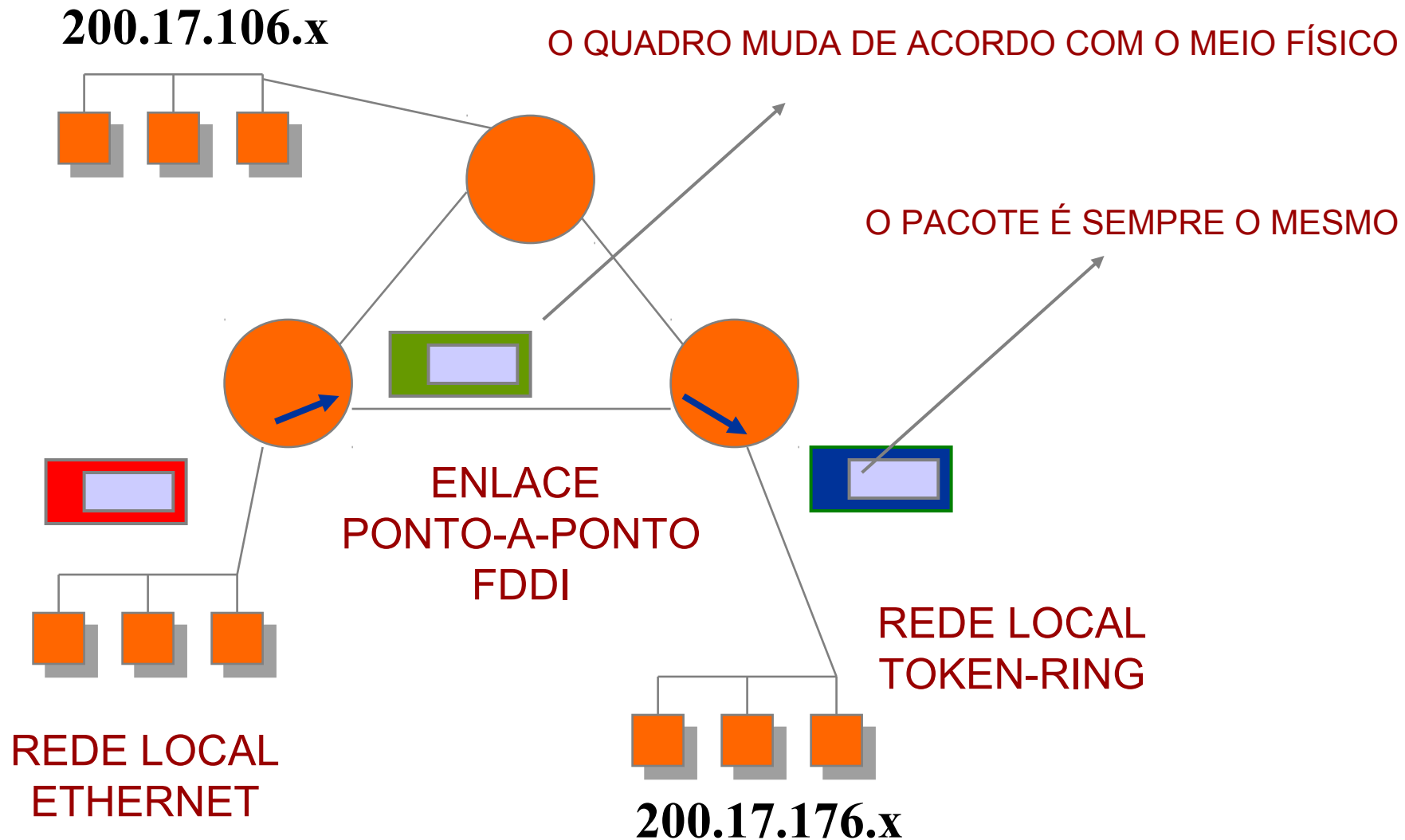
QUADRO

PACOTE



ENDEREÇO FÍSICO: endereço da placa de rede

Quadro e Pacote



Roteamento

- Comunicação intra-rede
 - ◆ Os endereço **FÍSICO** de destino é o endereço MAC do computador de destino.
- Comunicação inter-redes
 - ◆ O endereço **FÍSICO** de destino é o endereço MAC do roteador ligado a mesma rede física que a estação transmissora.

INTRA-REDE

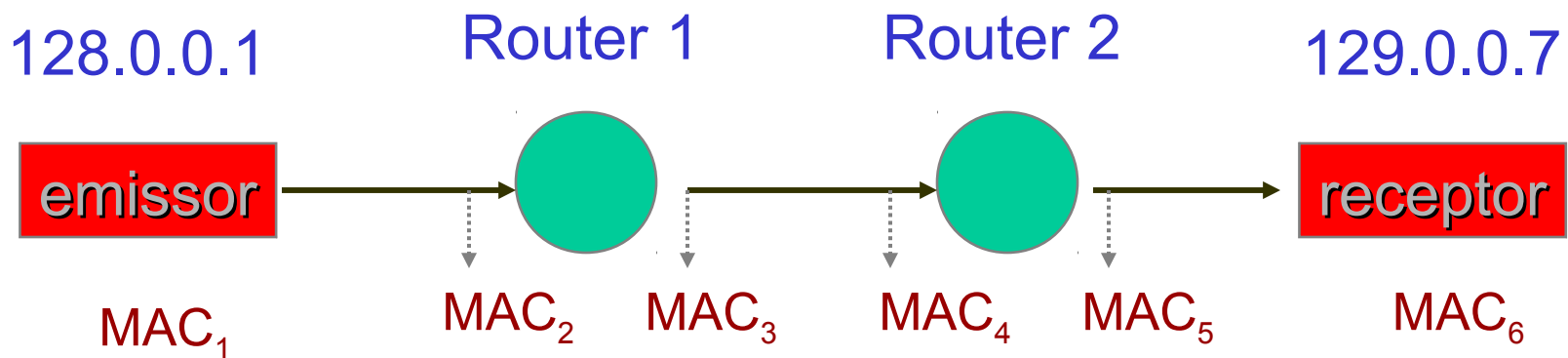
MAC TRANSMISSOR	MAC DESTINATARIO	IP TRANSMISSOR	IP DESTINATARIO	DADOS
--------------------	---------------------	-------------------	--------------------	-------

INTER-REDES

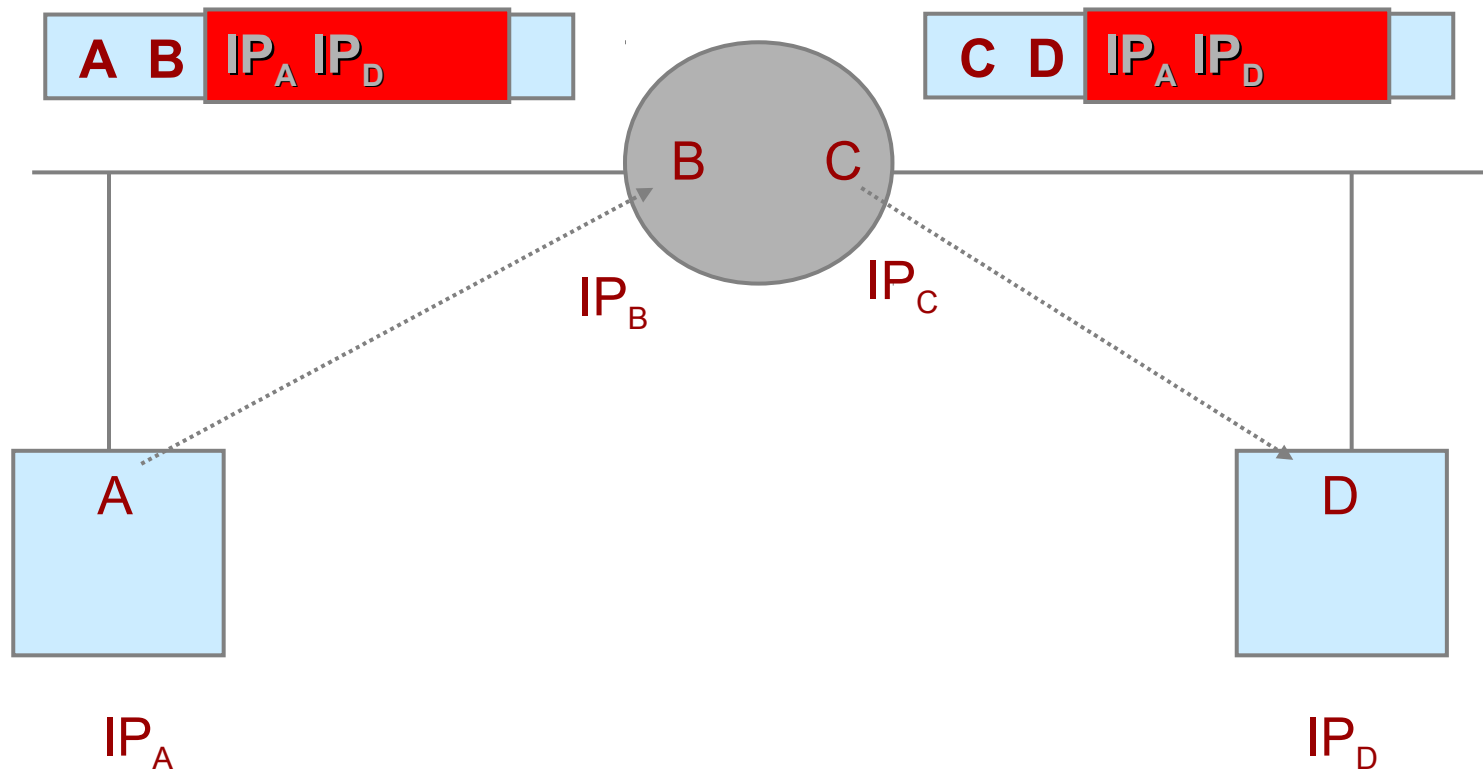
MAC TRANSMISSOR	MAC ROTEADOR	IP TRANSMISSOR	IP DESTINATARIO	DADOS
--------------------	-----------------	-------------------	--------------------	-------

Comunicação Inter-redes

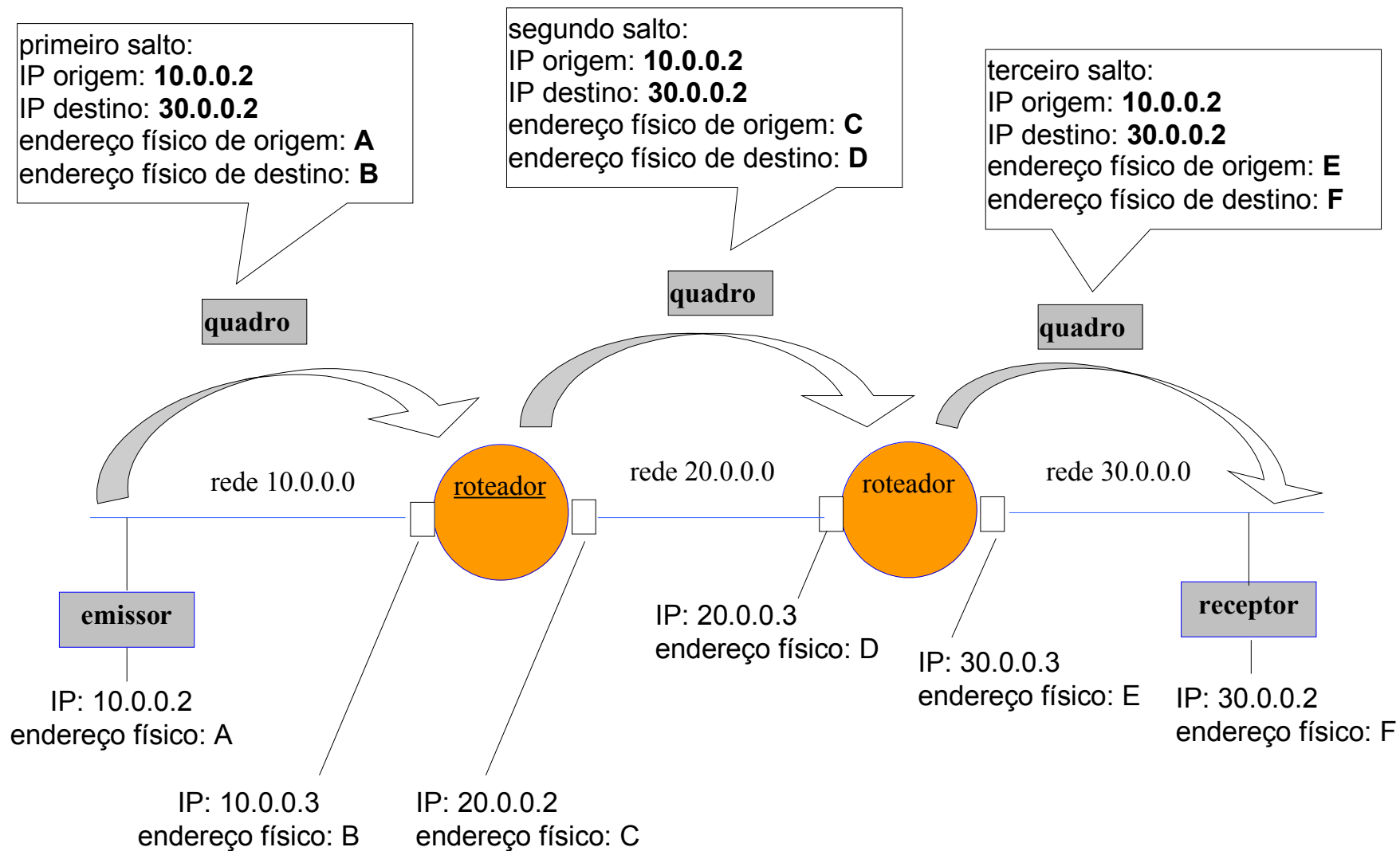
- O endereço IP de origem e de destino se mantém os mesmos durante todos os saltos de um pacote através de vários roteadores.
- O endereço MAC é modificado para endereçar os elementos participantes de cada salto.



Comunicação Inter-redes



Exemplo



Roteiro

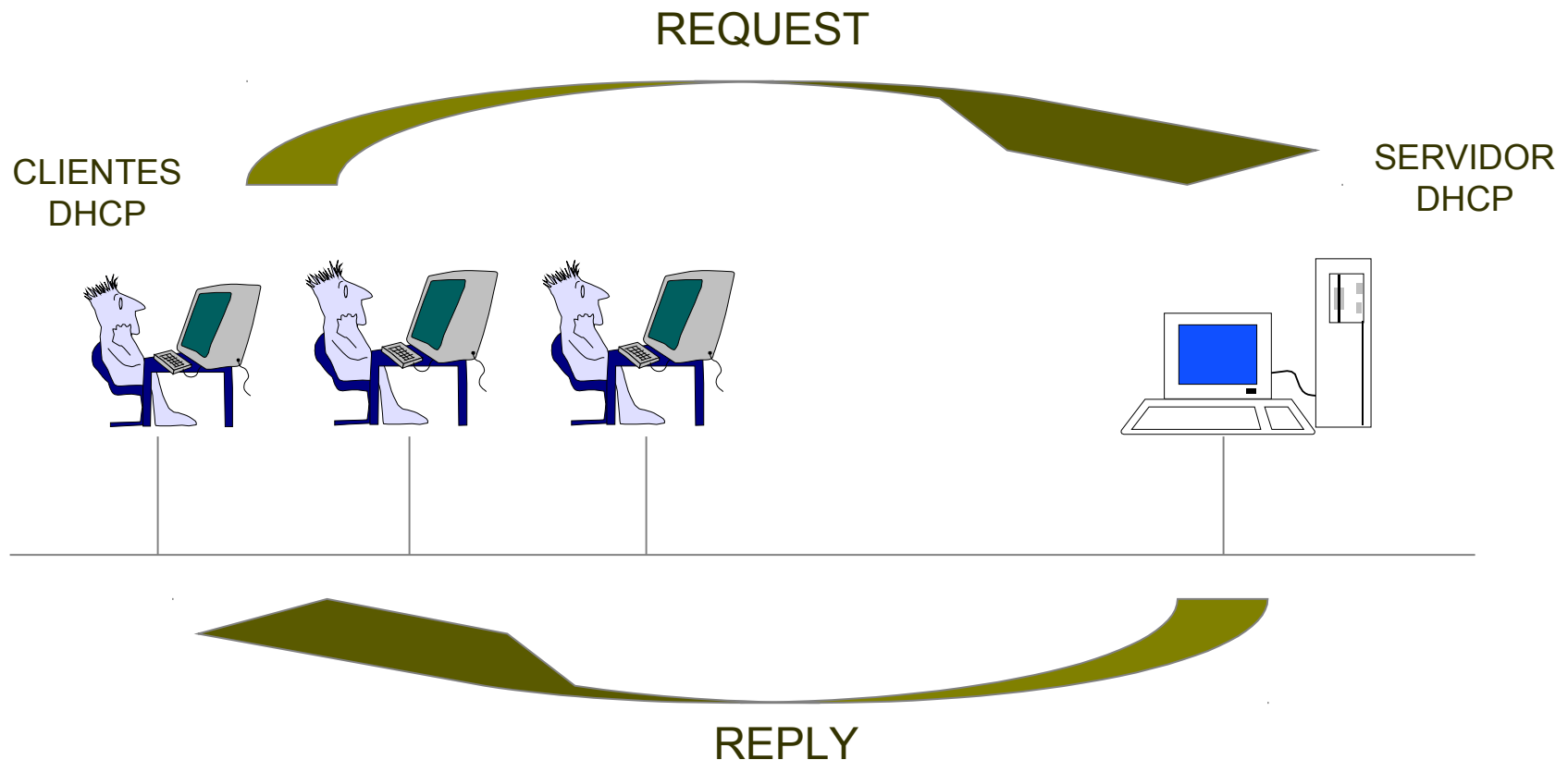
- Funções do nível de rede
- Circuitos Virtuais e Datagramas
- Nível de Rede do IP
- Fragmentação
- Endereçamento IP
- NAT
- Máscaras de Rede
- Mapeamento de Endereços IP e MAC
- DHCP
- Parte B: Roteamento e etc

DHCP

- Dynamic Host Configuration Protocol
 - ◆ Padrão Industrial Aberto
 - IETF RFC 1533, 1534, 1541 e 1542.
 - IETF: Internet Engineering Task Force
 - RFC: Request for Comments
 - ◆ Utilizado para centralizar a administração e configuração de parâmetros TCP/IP numa rede.
 - ◆ Elimina a necessidade de configurar manualmente os clientes numa rede TCP/IP.

DHCP - Arquitetura Cliente-Servidor

- Um computador da rede deve funcionar como servidor DHCP.



Administração de Endereços IP

- Cada computador numa rede TCP/IP deve ter um endereço IP único.
 - ◆ O endereço IP identifica a estação e a rede ao qual a estação pertence.
 - ◆ Quando o computador é movido para outra rede, seu endereço IP deve refletir esta mudança.
- DHCP especifica os seguintes serviços (RFC 1541):
 - ◆ um protocolo para que o servidor DHCP e seus clientes se comuniquem.
 - PROTOCOLO BOOTP (antecessor ao DHCP)
 - ◆ Um método para configurar os parâmetros de rede de um host IP:
 - IP, máscara, gateway default, servidores de nomes, etc.

Escopo DHCP

- Quando se utiliza DHCP, cada rede local é caracterizada por um ESCOPO:

PARTE FIXA

RANGE DE IP'S/MASCARA

Intervalo de endereços
IP que não são
distribuídos
dinamicamente

PARTE DINÂMICA

RANGE DE IP'S / MÁSCARA

GATEWAY

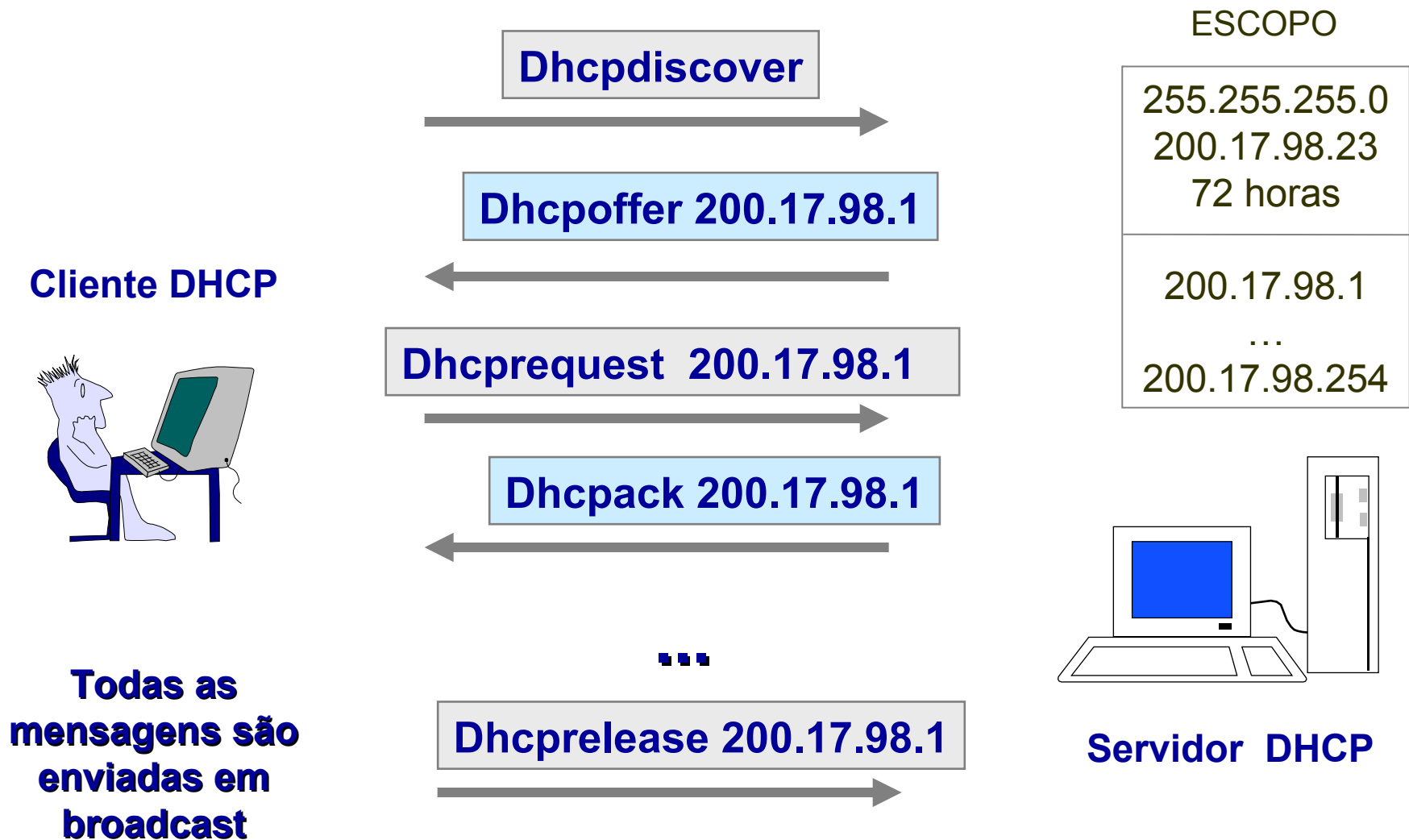
SERVIDOR DE NOMES

ROTAS

PERÍODO DE EMPRÉSTIMO

UM IP DIFERENTE PARA
CADA HOST DO ESCOPO

Processo de Atribuição



Processo de Atribuição

1. O cliente envia a mensagem **Dhcpdiscover** em broadcast.
 - ◆ O endereço IP de origem do pacote é 0.0.0.0 pois o cliente ainda não tem um endereço IP.
1. Quando o servidor recebe o pacote, ele seleciona um endereço IP disponível na sua lista e oferece ao cliente.
 - ◆ O servidor responde ao cliente com a mensagem **Dhcpoffer**
1. Quando o cliente recebe a oferta ele pode:
 - ◆ aceitar enviando a mensagem **Dhcprequest** (incluindo o IP dentro da mensagem) em broadcast
 - Isso é feito para que outros servidores DHCP possam ficar ciente da escolha do cliente DHCP
 - ◆ recusar enviando a mensagem **Dhcpdecline** em broadcast
1. Quando o servidor recebe o **Dhcprequest** ele pode:
 - ◆ confirmar para o cliente com a mensagem **Dhcpack**
 - ◆ recusar, se o endereço foi usado por outro, com a mensagem **Dhcpnack**
- O cliente pode liberar um endereço com a mensagem **Dhcprelease**.

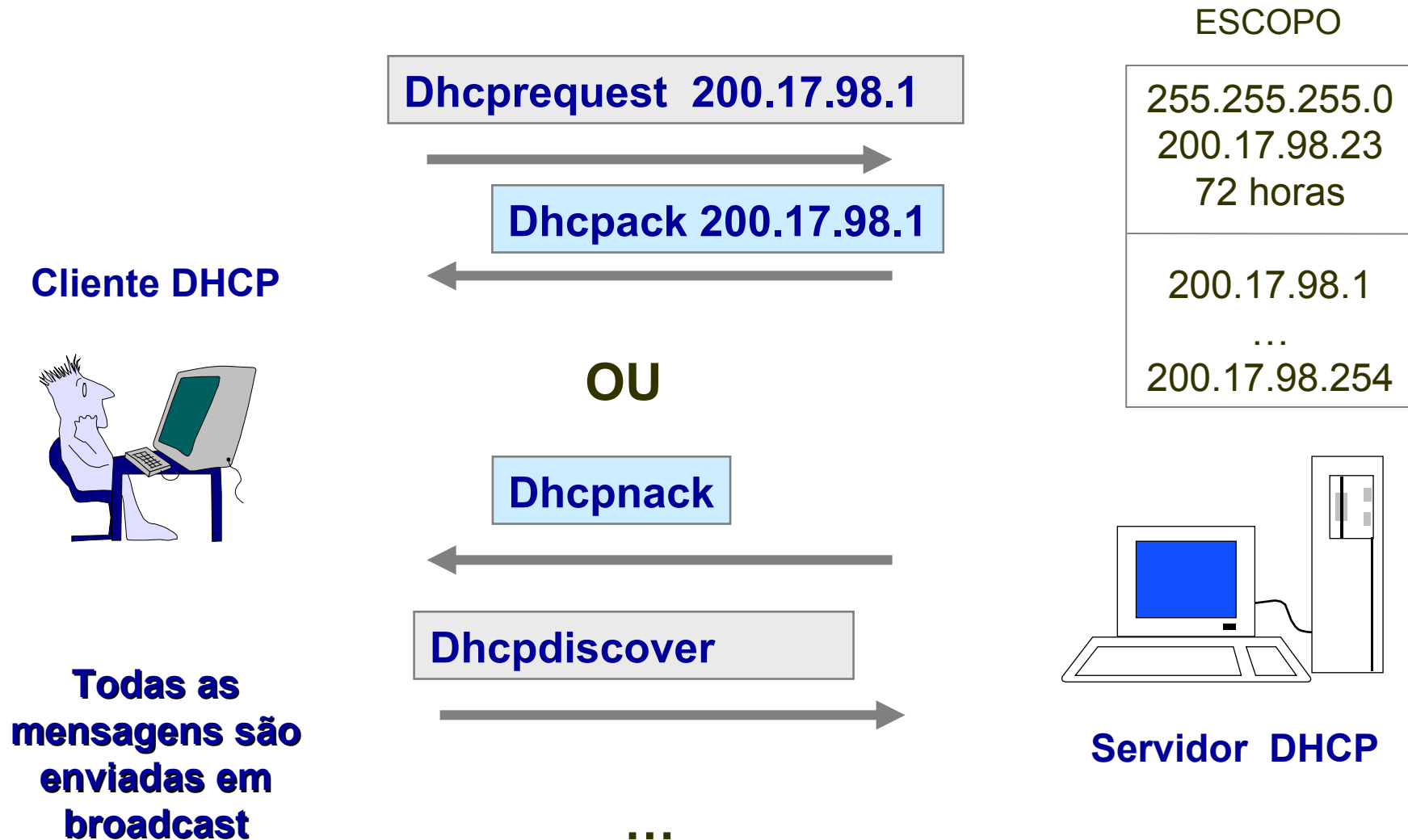
Observações

1. O cliente aceita a primeira oferta que receber.
 - ◆ Se houver mais de um servidor DHCP distribuindo endereços IP, não haverá como selecionar apenas um deles.
1. O direito do cliente de usar o endereço IP recebido pelo servidor DHCP é temporário.
 - ◆ Quando o prazo de validade do IP expira, o servidor pode atribuí-lo a outra estação na rede após o cliente que o detém desregistrá-lo.
 - ◆ O cliente pode liberá-lo antecipadamente com a mensagem **Dhcprelease**

Observações

- 3. Se o cliente não receber a oferta do servidor:
 - ◆ Ele repete o pedido em intervalos de 2, 4, 8, 16 segundos.
 - ◆ Se as 4 tentativas fracassarem, ele tenta novamente em intervalos de 5 minutos.
- 3. Quando o cliente é reinicializado, ele tenta utilizar o mesmo IP que tinha anteriormente.
 - ◆ Ele envia o pacote **Dhcprequest** com o endereço IP antigo ao invés do **Dhcpdiscover**.
 - ◆ Se o pedido é negado, então o cliente envia um **Dhcpdiscover**.

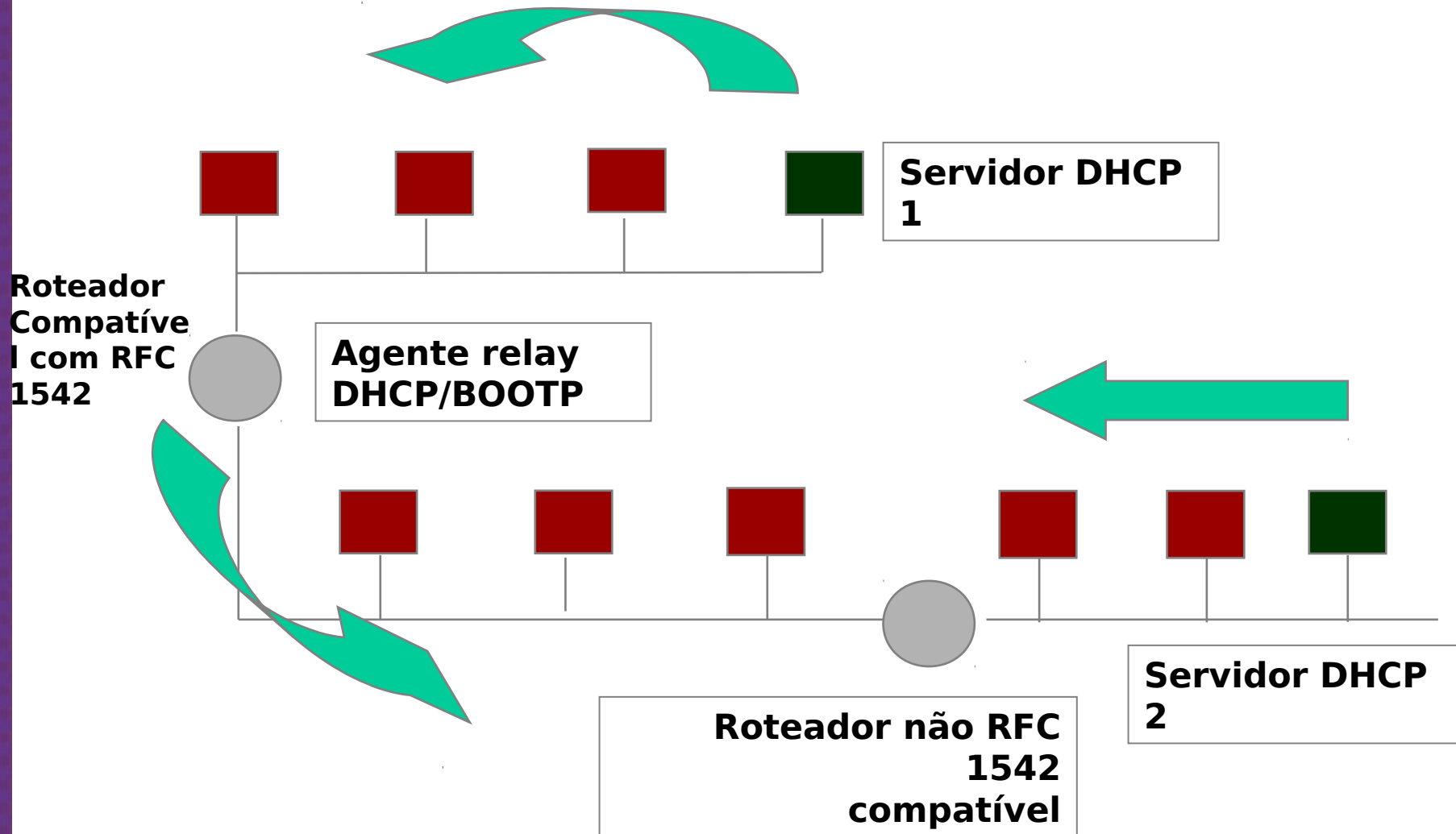
Processo de Atribuição: Outras Vezes



Planejamento da Implementação do DHCP

- Para redes não segmentadas:
 - ◆ Um único servidor DHCP pode atender até 10.000 clientes (estimativa).
- Para redes segmentadas:
 - ◆ Se os roteadores são compatíveis com a RFC1542
 - Um único servidor DHCP é suficiente.
 - ◆ Se os roteadores não são compatíveis com a RFC1542
 - Deve-se utilizar um servidor DHCP para cada rede.
- Computadores que se ligam temporariamente na rede (notebooks, por exemplo) devem receber IPs com tempo de “leasing” curto.

Posicionando Servidores DHCP



Roteiro

- Funções do nível de rede
- Circuitos Virtuais e Datagramas
- Nível de Rede do IP
- Fragmentação
- Endereçamento IP
- NAT
- Máscaras de Rede
- Mapeamento de Endereços IP e MAC
- DHCP
- **Parte B:** Roteamento e etc