Administração de Redes 2020/21

Network Address Translation (NAT)

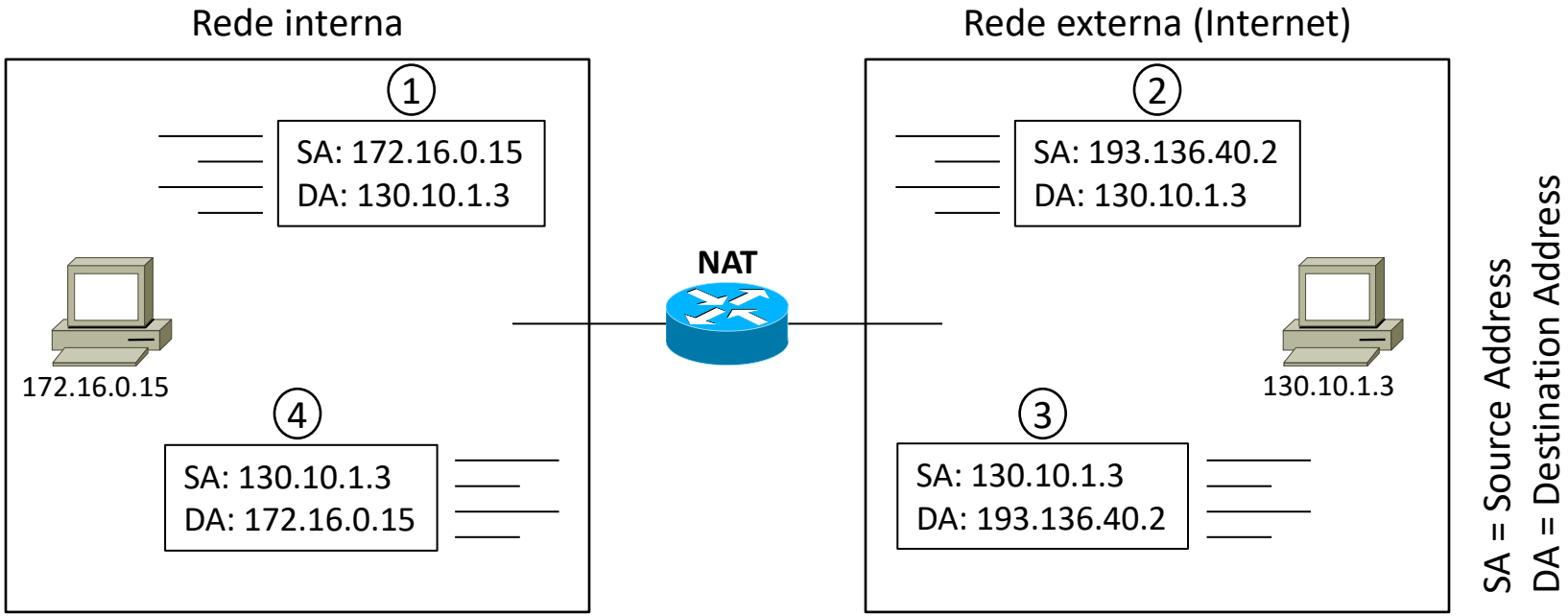
Motivação

- Escassez de endereços IP — motivação original
  - Nem todas as máquinas de uma rede necessitam de acesso ao exterior (e.g., impressoras)
  - Das que necessitam, nem todas acedem ao mesmo tempo
  - É possível usar um número de endereços IP públicos (encaminháveis na Internet) inferior ao de máquinas na rede interna
    - Poupança de endereços
    - Internamente, as máquinas são numeradas com endereços IP de blocos privados (reutilizáveis livremente dado não serem encaminháveis na Internet)
  - Traduzindo também as portas, pode usar-se um único endereço IP público para dar acesso ao exterior a múltiplas máquinas em simultâneo
    - Poupança de endereços ainda maior
    - Frequentemente, os ISP fornecem apenas um endereço IP público (nos acessos mais baratos)

Outras aplicações para o NAT

- Fusão de redes com endereços (privados) duplicados
- Tornar a numeração da rede independente do ISP
  - Facilidade de migração
  - *Dual homing* sem gerar rotas globais com prefixos demasiado longos
- Distribuição de carga
  - Múltiplas réplicas internas de um servidor vistas do exterior com um único endereço IP
  - Serviços implementados em máquinas diferentes vistos do exterior como estando no mesmo endereço IP
- Segurança (relativa)
  - Endereços reais das máquinas "escondidos" do exterior
  - Limitações no estabelecimento de conexões do exterior para o interior
    - É melhor ser uma *firewall* a fazê-lo…

NAT — Conceito



1. Primeiro pacote duma conexão para o exterior chega ao NAT
2. NAT escolhe um endereço público livre e traduz o endereço de origem
   - Tradução 172.16.0.15 ➔ 193.136.40.2 é guardada numa tabela
3. NAT recebe do exterior pacote destinado a 193.136.40.2 (resposta)
4. Usando a tabela, faz a tradução inversa

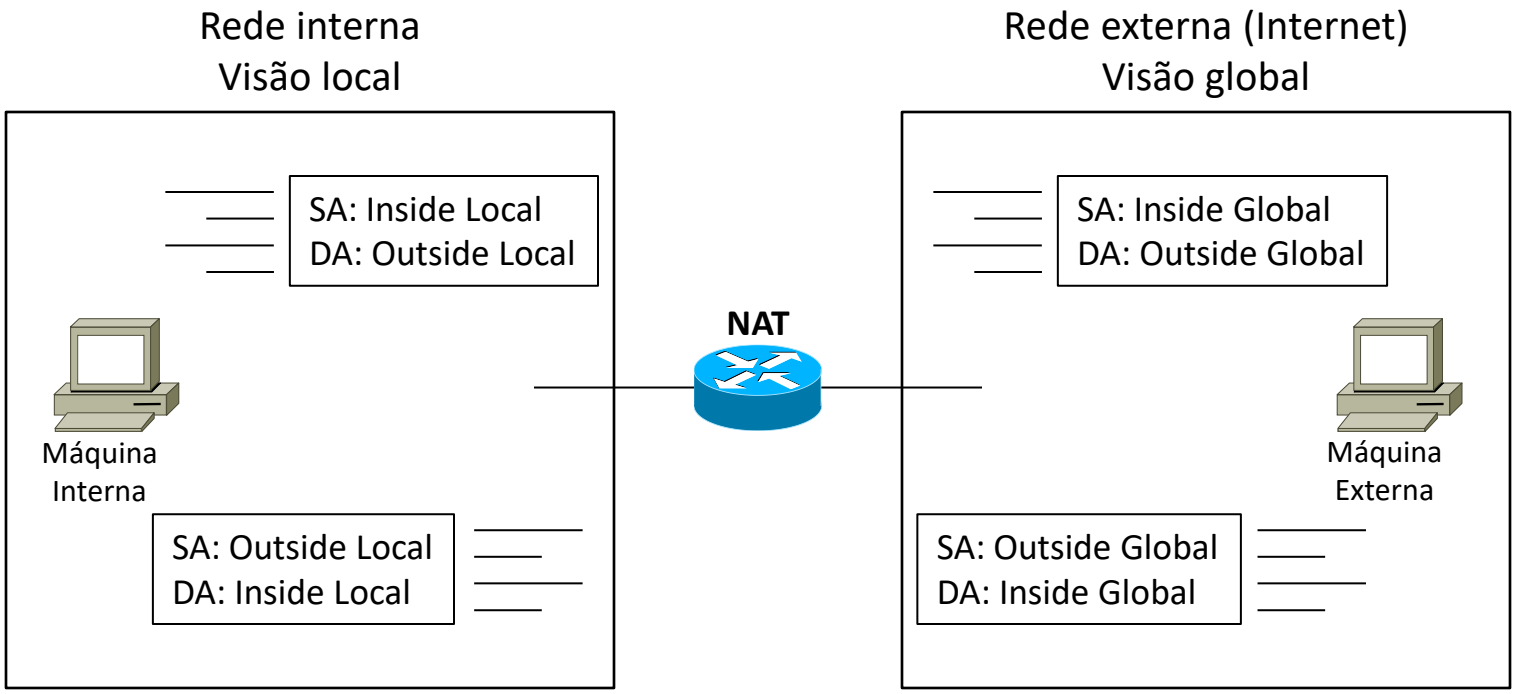
Tipos de NAT

- NAT Básico
  - Apenas os endereços IP são traduzidos
    - Outros campos também têm que ser ajustados, nomeadamente *checksums*
  - Também designado NAT Puro
- NAT com Tradução de Portas
  - Tradução de endereços IP e de portas (TCP, UDP)
    - O mesmo endereço IP público pode ser usado para várias máquinas internas
    - Maior poupança de endereços
  - Também designado como
    - Network Address and Port Translation (NAPT)
    - Port Address Translation (PAT)
    - Address Overloading
- Masquerading
  - Nome dado em Linux a variante do NAPT em que é usado como endereço público o endereço da interface externa do NAT
    - Cisco IOS também suporta, mas não lhe dá um nome específico

Alguma terminologia usada no Cisco IOS

- Inside/Outside refere-se à localização da máquina (no interior ou exterior do NAT)
- Local/Global refere-se ao ponto de vista (do interior ou do exterior do NAT)
- Quatro tipos de endereços
  - **Inside Local** (IL) é o endereço da máquina interna conforme ele é visto na rede interna (i.e., o endereço que ela realmente usa)
  - **Inside Global** (IG) é o endereço da máquina interna conforme ele é visto no exterior (normalmente é um endereço traduzido)
  - **Outside Global** (OG) é o endereço da máquina externa conforme ele é visto no exterior
  - **Outside Local** (OL) é o endereço da máquina externa conforme ele é visto na rede interna (pode ser um endereço traduzido)

Inside/Outside, Local/Global



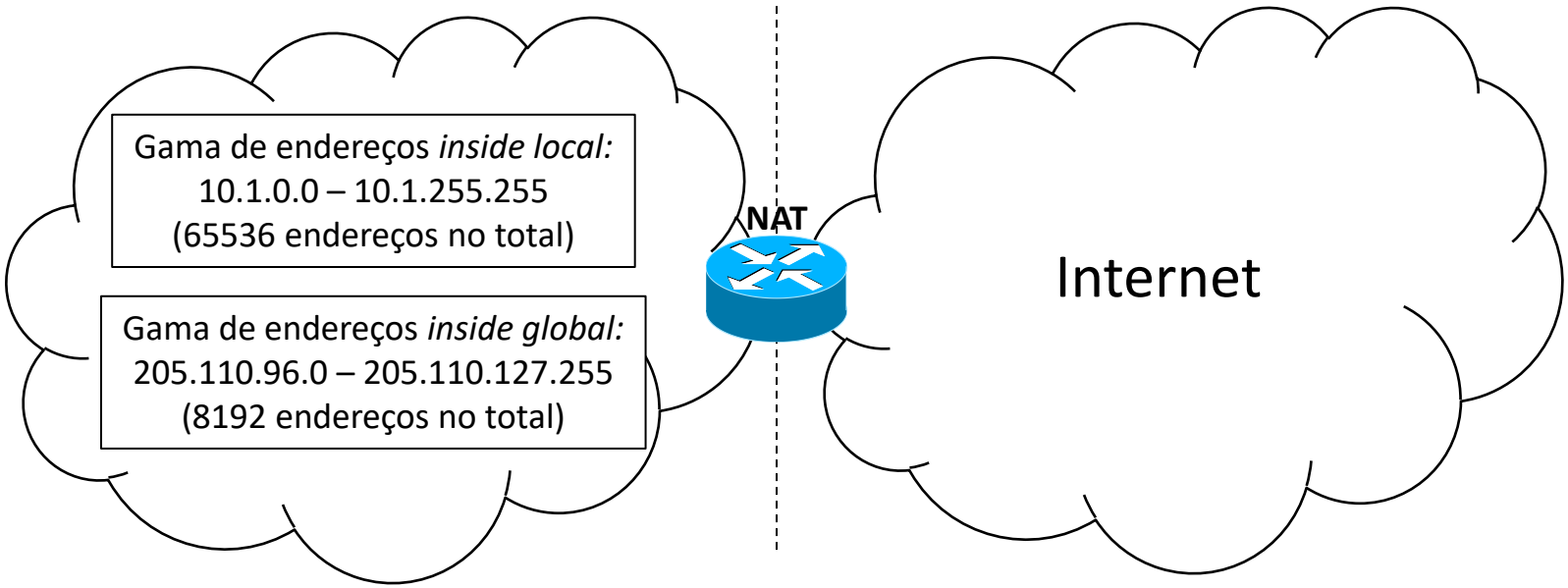
SA = Source Address

DA = Destination Address

NAT Básico (NAT Puro)

- Apenas são traduzidos endereços IP
- Endereços podem ser
  - Obtidos dinamicamente de uma *pool*
    - Normalmente menor que a gama de endereços privados usada
  - Configurados num mapeamento directo (estático)
    - Neste caso não há poupança de endereços
    - Tradução fixa é útil para ter servidores acessíveis do exterior
- Dependendo da aplicação, podem ser traduzidos
  - Apenas os endereços internos (mais comum)
  - Apenas os endereços externos
  - Ambos

Poupança de endereços IP



- Mapeamentos são criados quando uma máquina interna acede ao exterior (Internet)
- São apagados após um tempo de inactividade
  - Endereço público fica livre para ser usado por outra máquina interna

Exemplo de tabela NAT

- Após alguns acessos ao exterior, a tabela poderá conter

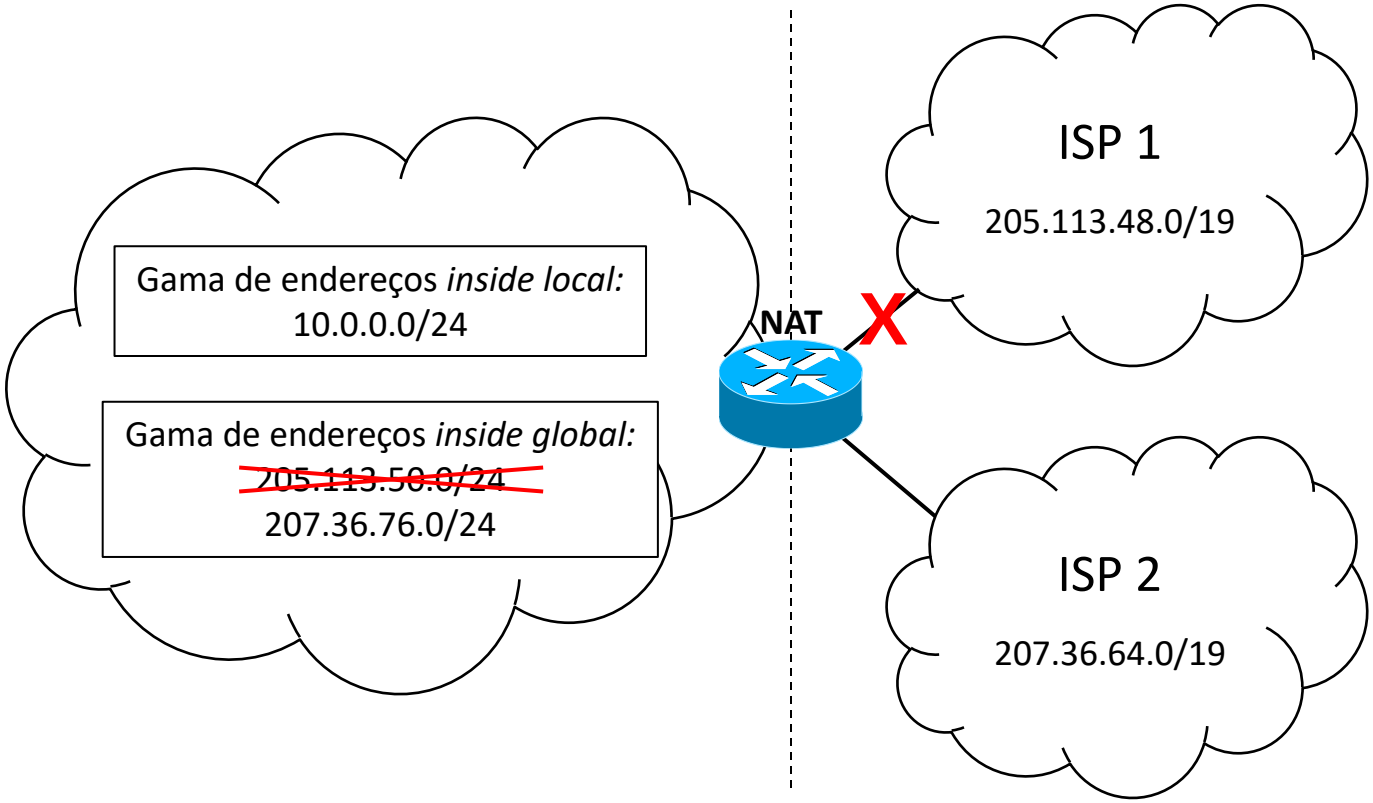
```
NATrouter#show ip nat translations
Pro Inside global      Inside local       Outside local      Outside global
--- 205.110.96.2       10.1.1.20          ---                ---
--- 205.110.96.3       10.1.197.64        ---                ---
--- 205.110.96.1       10.1.63.148        ---                ---
NATrouter#
```

- Note-se que, neste caso,
  - Apenas os endereços *inside* estão a ser traduzidos
  - A tradução é independente da máquina externa
  - Não há informação de portas na tabela ➔ NAT Básico

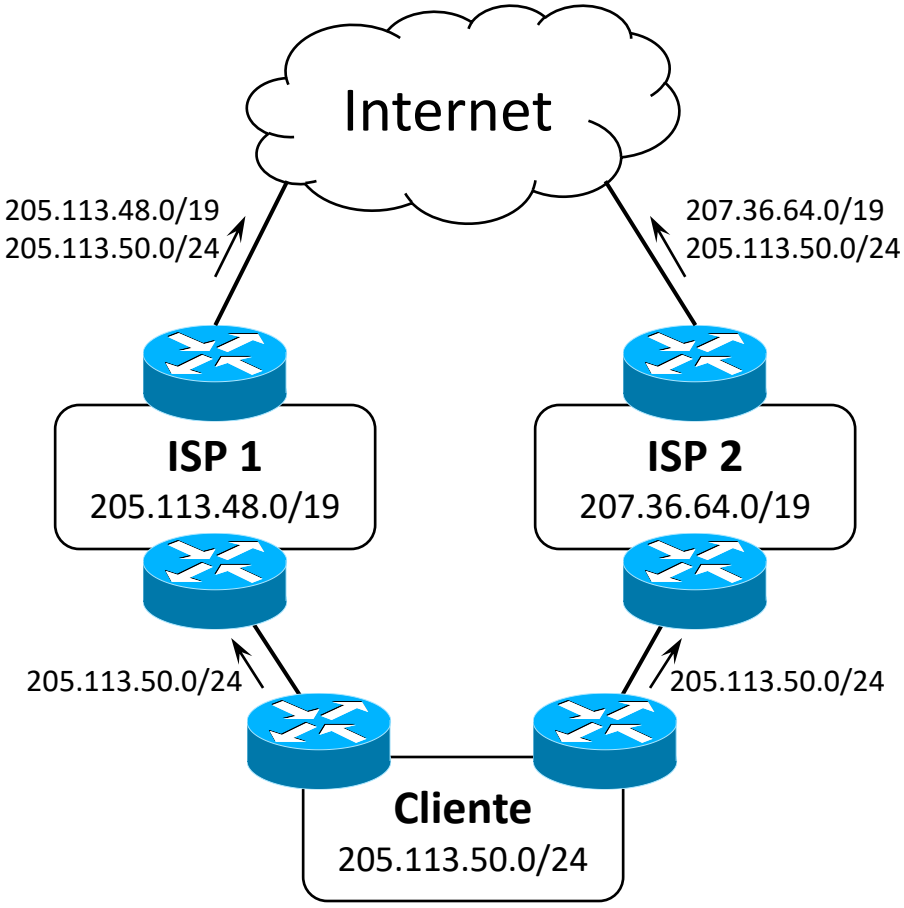
Migração de ISP

- Ao mudar de ISP
  - Novo ISP atribui um bloco diferente de endereços
  - ISP antigo atribui o bloco anteriormente usado a outro cliente
  - Normalmente obrigaria a alterar o endereço IP de cada máquina ☹
- Para manter independência do ISP, a rede pode ser numerada com endereços privados
  - NAT com mapeamento directo (estático) entre endereços privados e públicos
  - E.g., 10.0.0.x é sempre mapeado para 205.113.50.x
- Ao mudar de ISP basta mudar a gama de endereços *inside global*
  - E.g., 10.0.0.x passa a ser mapeado para 207.36.76.x
- Não é preciso alterar o endereço IP de cada máquina ☺

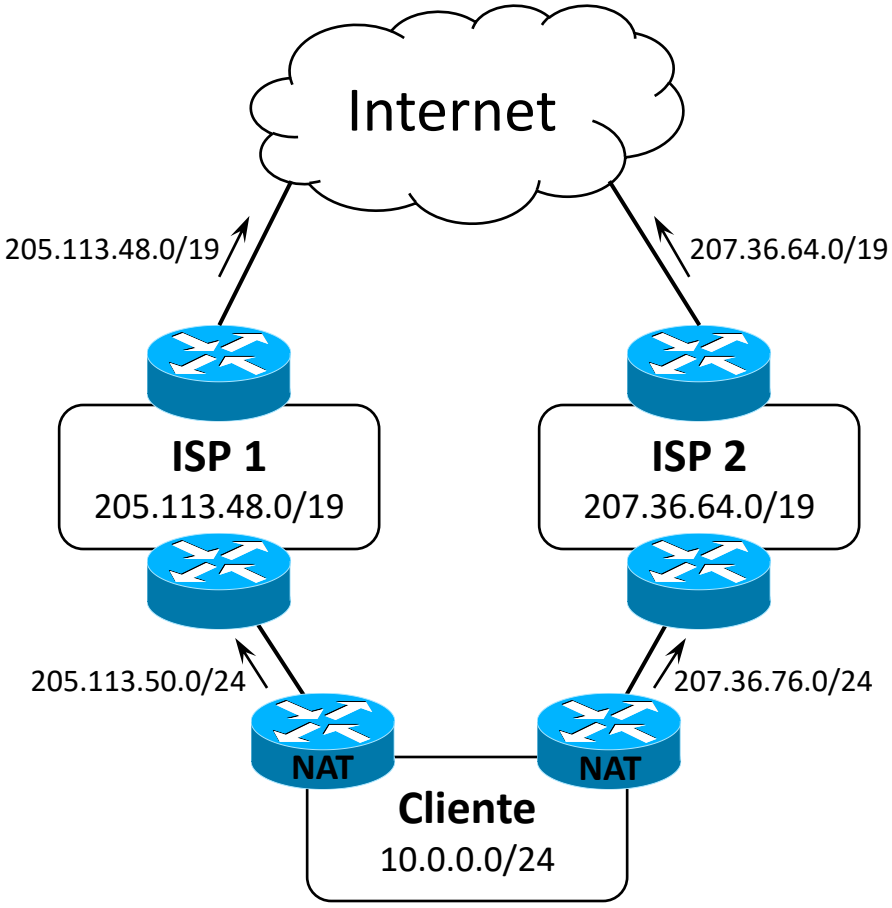
Migração de ISP



Ligação a múltiplos ISP

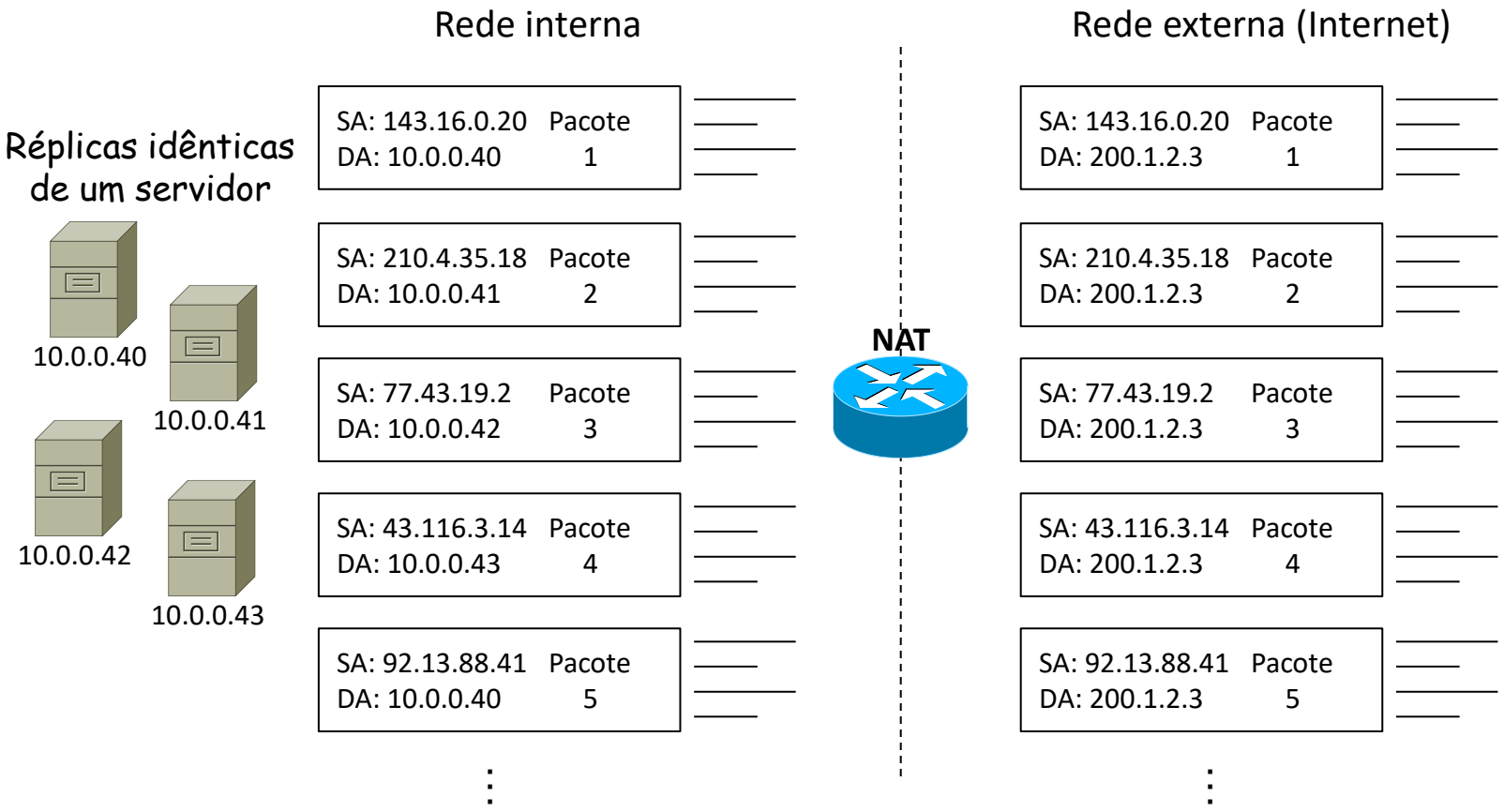


Sem NAT



Com NAT

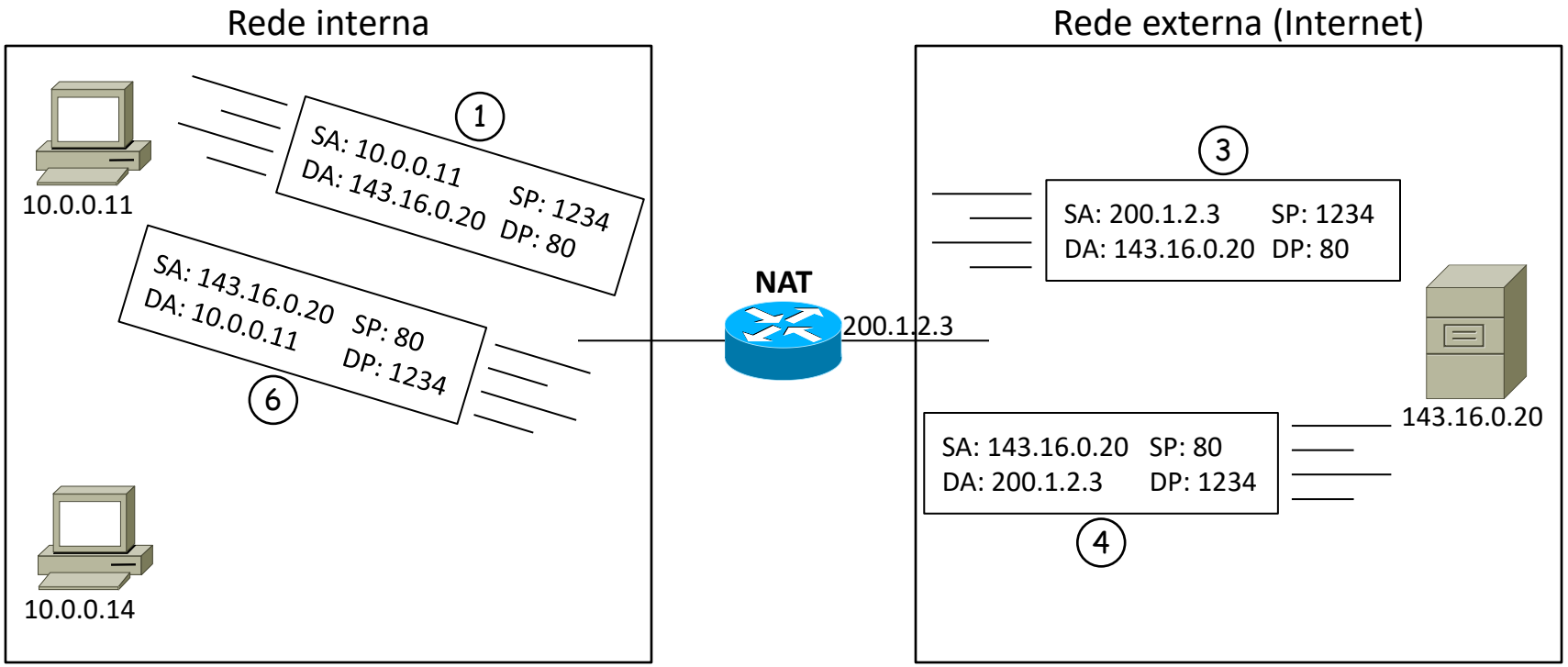
Distribuição de carga



NAT com Tradução de Portas

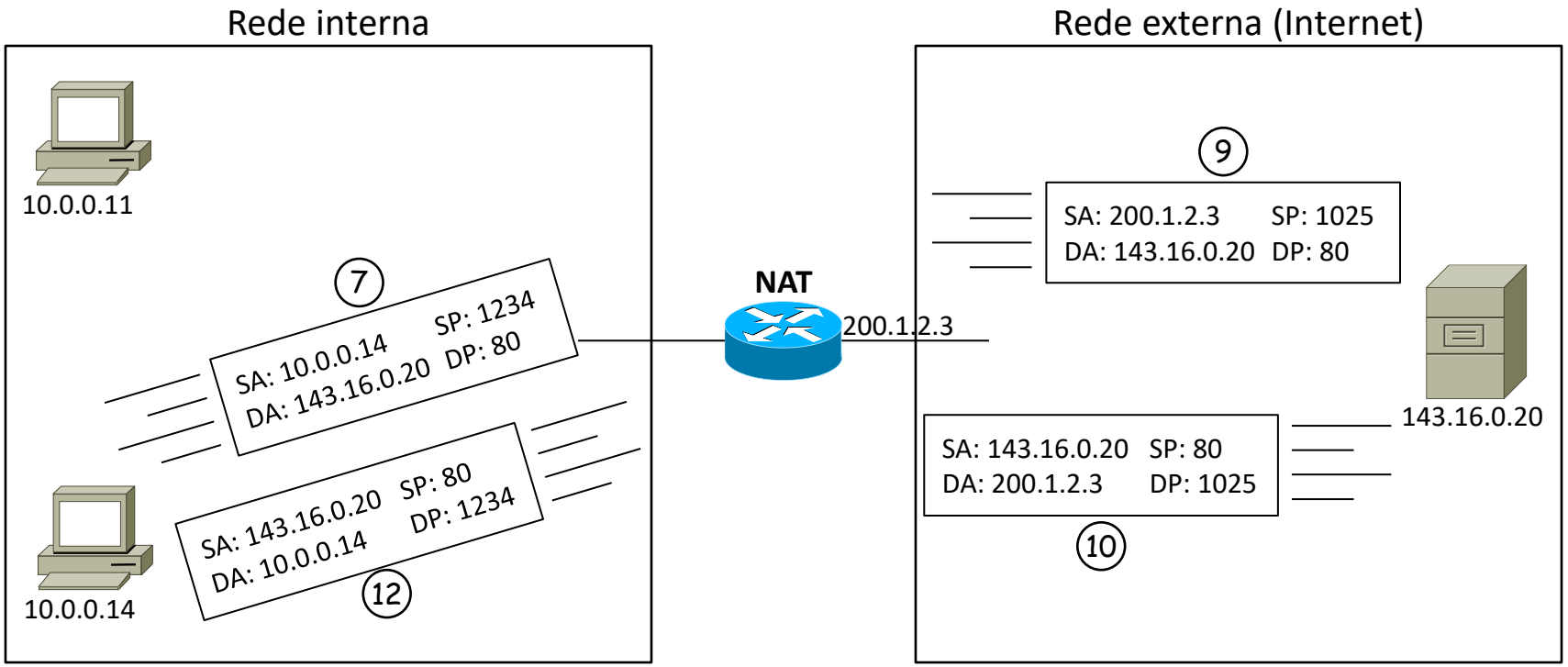
- Além do endereço IP, traduz-se também a porta (TCP, UDP)
  - Tabela de NAT guarda também essa informação
  - Um único endereço público pode ser usado por muitas máquinas internas em simultâneo
    - Porta permite desambiguar
- Poupança de endereços muito maior que NAT Básico
  - Portas têm 16 bits — um endereço público pode ser utilizado por até 65535 máquinas internas em simultâneo
    - Menos se se usarem apenas portas efémeras
  - Tipo de NAT mais usado em redes caseiras e de pequenas empresas
    - Acesso Internet de baixo custo com um único IP público atribuído

NAT com Tradução de Portas

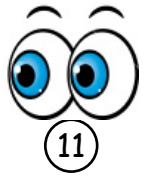


	Pro	Inside global	Inside local	Outside local	Outside global
2	tcp	200.1.2.3:1234	10.0.0.11:1234	143.16.0.20:80	143.16.0.20:80

NAT com Tradução de Portas



	Pro	Inside global	Inside local	Outside local	Outside global
	tcp	200.1.2.3:1234	10.0.0.11:1234	143.16.0.20:80	143.16.0.20:80
8	tcp	200.1.2.3:1025	10.0.0.14:1234	143.16.0.20:80	143.16.0.20:80

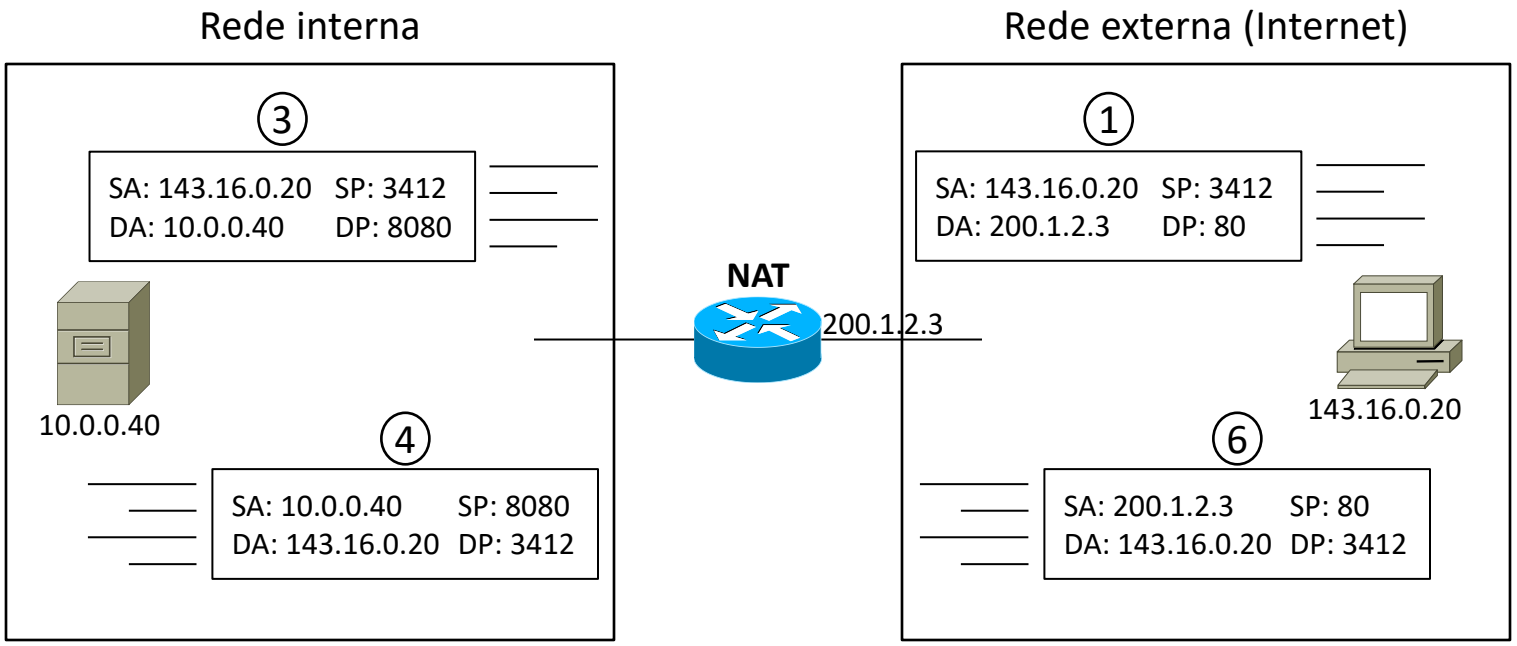


A porta só é traduzida se houver necessidade

Redireccionamento de portas

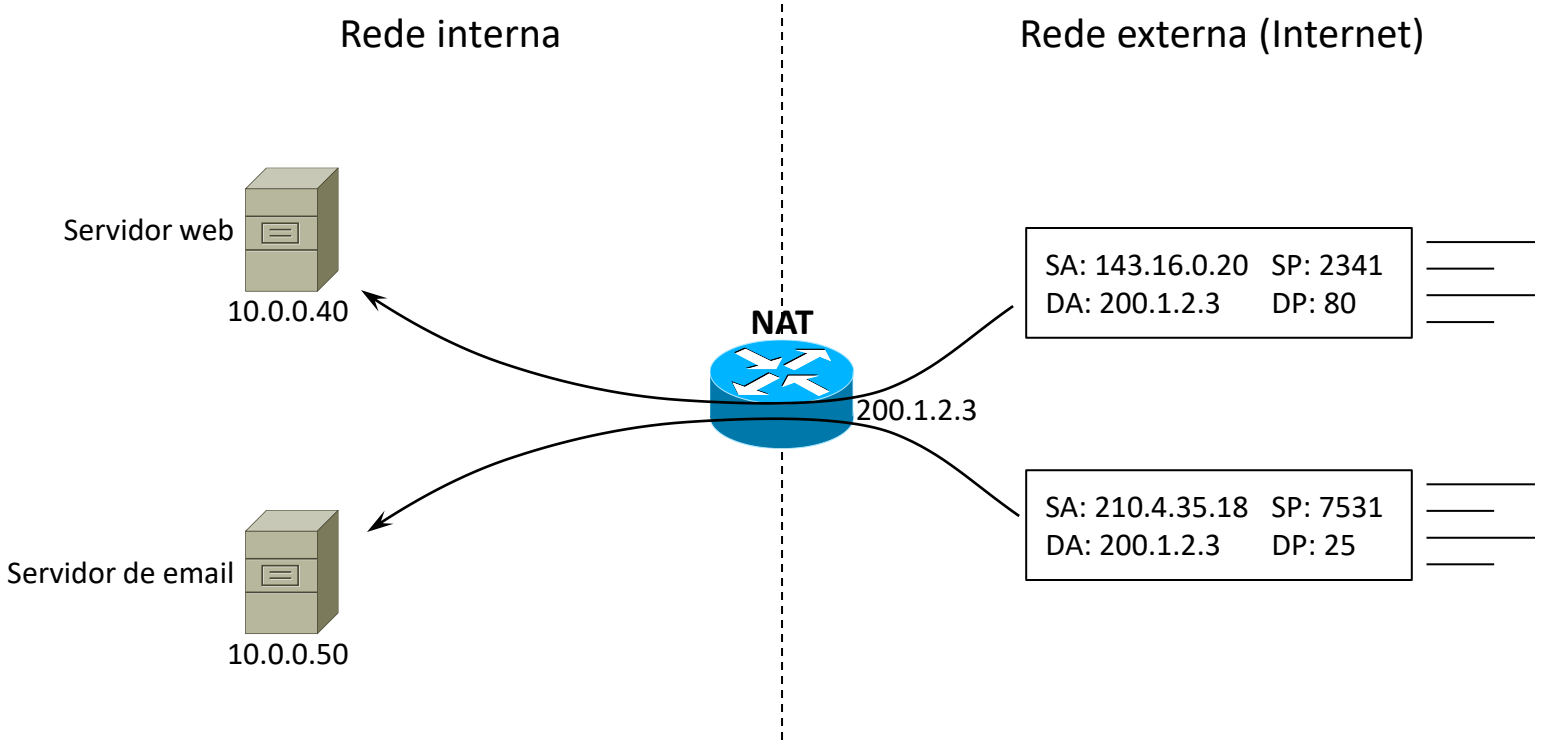
- No exemplo anterior, as conexões são estabelecidas do interior para o exterior
  - Entradas dinâmicas são criadas na tabela NAT quando sai o primeiro pacote
- Para ter servidores visíveis na Internet é preciso permitir conexões do exterior para o interior
  - Quando chega ao NAT um pacote para um endereço da *pool*, não sabe para que endereço interno o deve traduzir
  - Com *masquerading*, o NAT acha que o pacote é para si próprio
- Solução: entradas estáticas na tabela NAT
  - Pacotes para um IP+porta *inside global* especificado são traduzidos sempre para o mesmo IP+porta *inside local*
  - Normalmente designado *Port Forwarding*

Redireccionamento de portas



Pro	Inside global	Inside local	Outside local	Outside global
tcp	200.1.2.3:80	10.0.0.40:8080	---	---

Servidores diferentes com um único endereço IP público

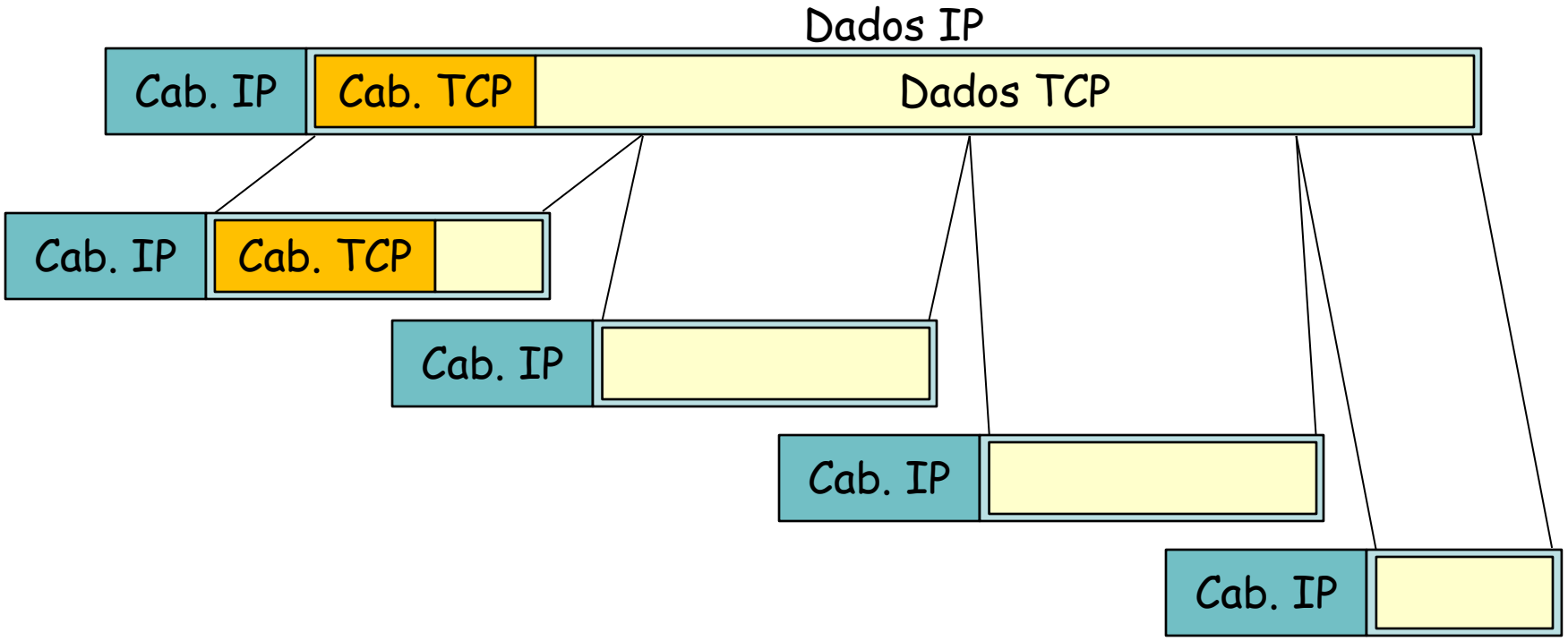


Pro	Inside global	Inside local	Outside local	Outside global
tcp	200.1.2.3:25	10.0.0.50:25	---	---
tcp	200.1.2.3:80	10.0.0.40:80	---	---

NAT e *checksums*

- *Checksum* do IP calculado sobre todo o cabeçalho, incluindo endereços
  - Se um endereço muda, o *checksum* tem que ser recalculado
  - Pode ser recalculado de forma incremental
- O cálculo do *checksum* do TCP e UDP inclui um pseudo-cabeçalho que inclui os endereços IP
  - Também é necessário recalcular este *checksum*, mesmo com NAT Básico

NAPT e fragmentação IP



- Cabeçalho TCP (ou UDP) só no primeiro fragmento
- Outros fragmentos não têm informação sobre portas
- Fragmentação IP incompatível com NAPT

NAT e cifragem

- Alguns protocolos incluem informação sobre endereços IP nas mensagens
- Para o NAT funcionar com esses protocolos, é necessário alterar o conteúdo das mensagens
- Se elas estiverem cifradas, não podem ser alteradas
  - Se estiverem protegidas por *hash* criptográfico também não

- Nalguns tipos de VPN (e.g., com alguns modos do IPSec), alterando um endereço IP o pacote fica corrompido
  - NAT tem que ser feito fora do túnel protegido

NAT e segurança

- Há quem acredite que o uso de NAT acrescenta alguma segurança às redes
  - Esconde endereçamento interno
  - Nalguns tipos de NAT, evita estabelecimento de conexões de fora para dentro
- Estes aspectos podem atrasar um atacante, mas não o impedem totalmente
- Evitar conexões de fora para dentro também se faz com *firewall* (dispositivo especificamente para segurança)
- Segurança é uma "má" razão para usar NAT...

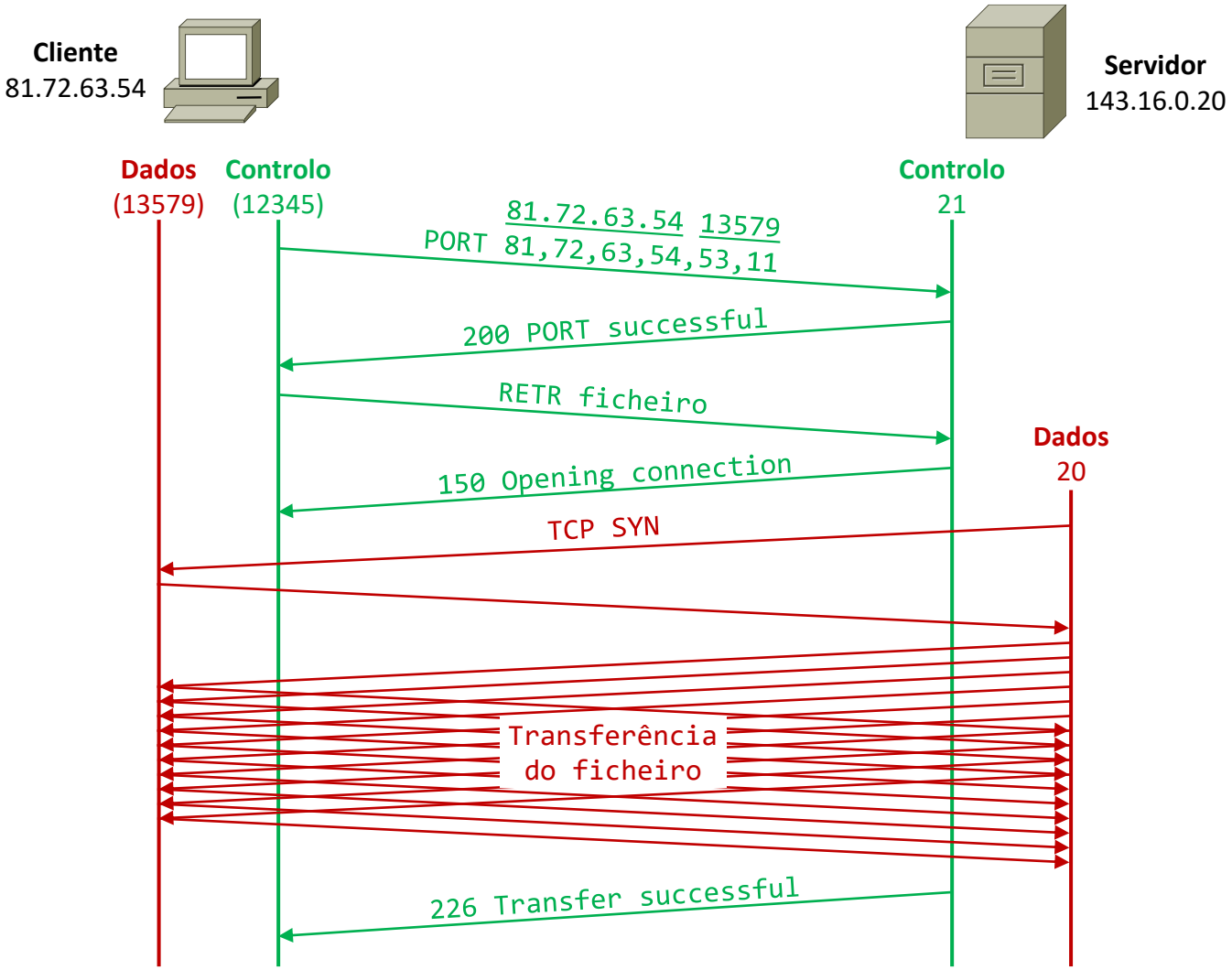
Compatibilidade com protocolos

- Há aspectos de alguns protocolos que trazem problemas de compatibilidade com o NAT
  - Inclusão de endereços IP nas mensagens
    - Obriga a interceptar a conexão e alterar as mensagens de acordo com o NAT
  - Uso de múltiplas conexões relacionadas
    - Obriga a interceptar a conexão e interpretar as mensagens para associar as diferentes conexões
  - Estabelecimento de conexões de fora para dentro do NAT
    - Obriga à criação prévia de entradas para as portas em questão (com base na sinalização)
- Cisco IOS inclui este tipo de suporte para uma série de protocolos
- No Linux existem módulos que implementam a funcionalidade necessária e o suporte para protocolos específicos

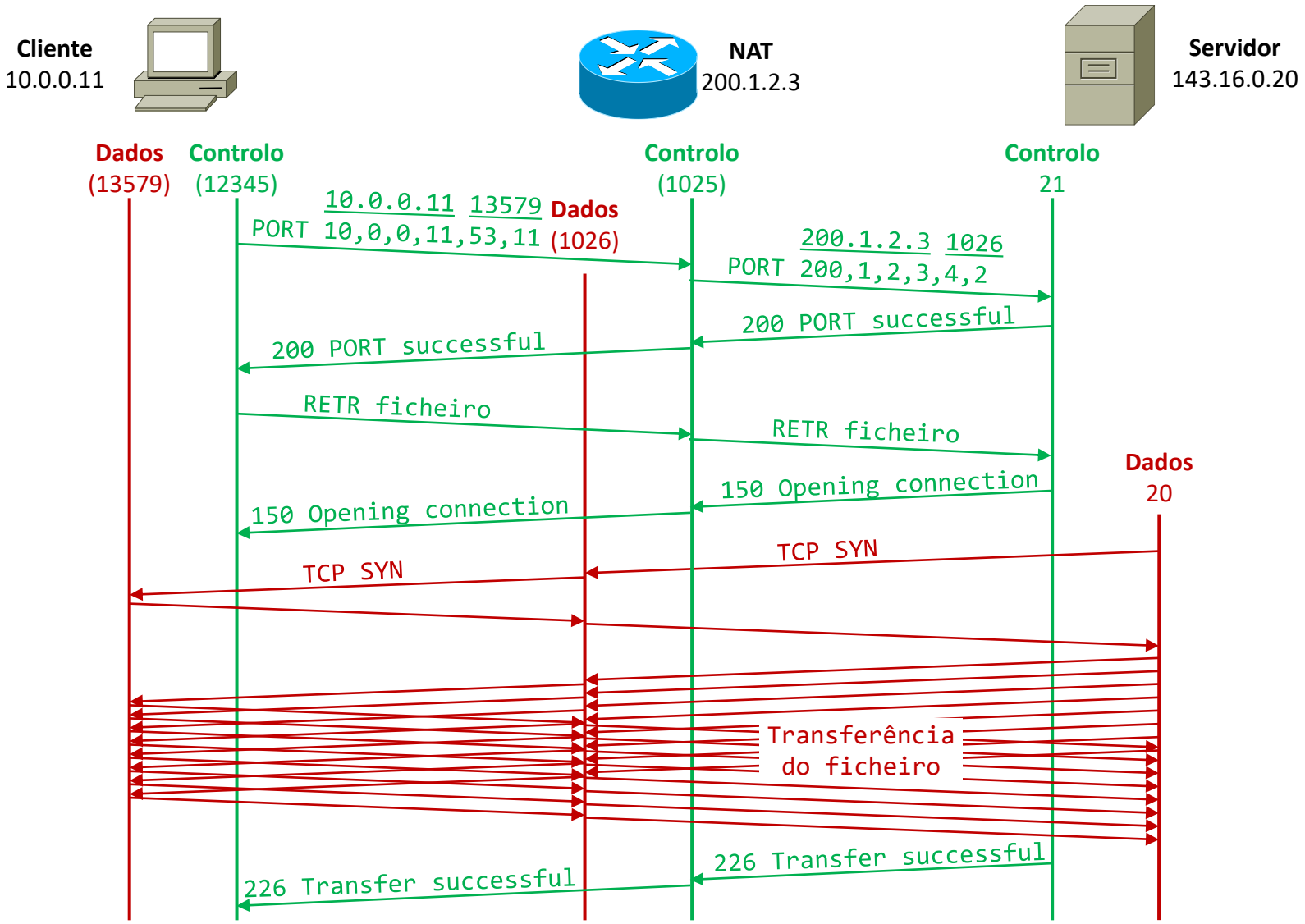
Alguns protocolos com questões de compatibilidade com o NAT

- ICMP
  - Alguns tipos de mensagem ICMP (e.g., *Unreachable*) incluem um excerto do pacote que lhes deu origem
  - Para o NAT ser transparente, é necessário traduzir os endereços IP desses excertos
- DNS
  - Um servidor de DNS na rede interna responde com endereços *inside local*
  - É preciso traduzi-los para *inside global* se o pedido DNS vier de fora
- FTP
  - Usa conexões separadas (mas relacionadas) para controlo e dados
  - Na conexão de controlo, indica endereços IP e portas para estabelecer conexões de dados
  - Em modo activo, as conexões de dados são estabelecidas do servidor para o cliente
- Protocolos de encaminhamento em geral
  - Não funcionam com NAT pelo meio — NAT só pode estar na fronteira

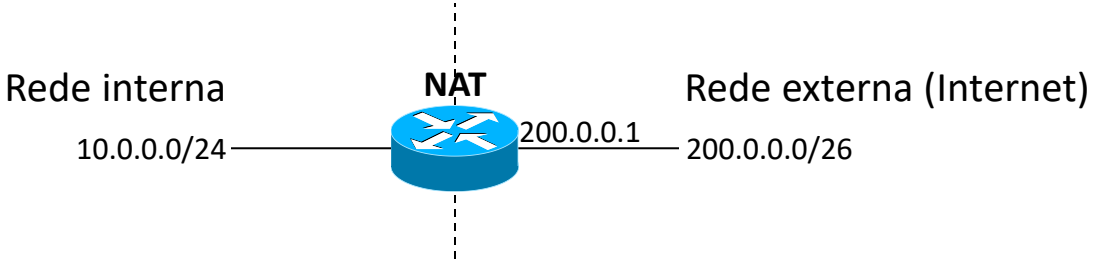
FTP (modo activo)



FTP (modo activo) com NAT

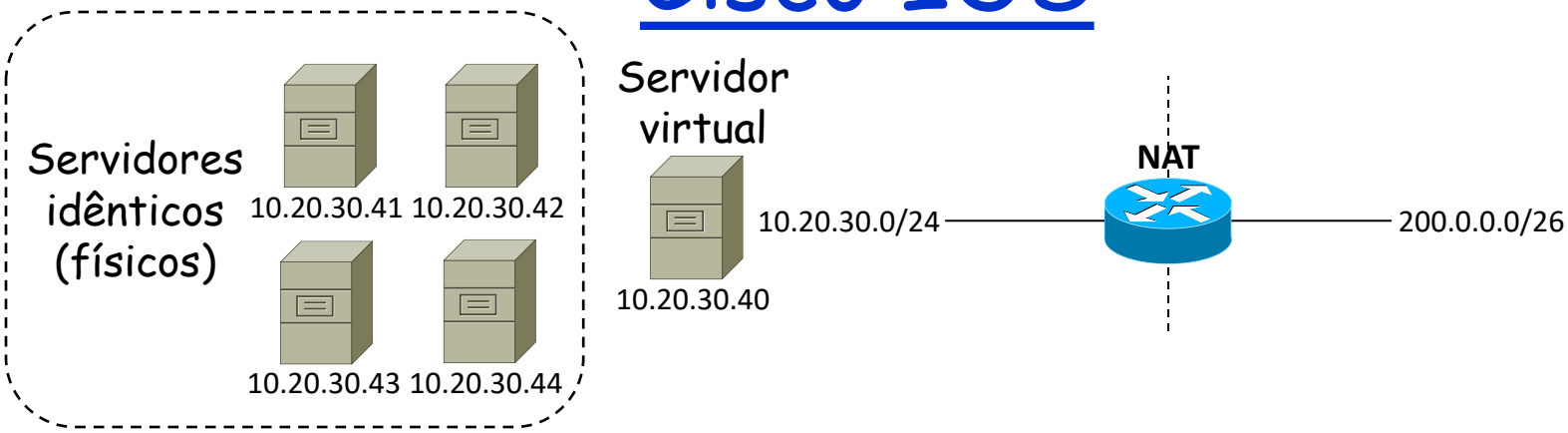


NAT Básico em Cisco IOS



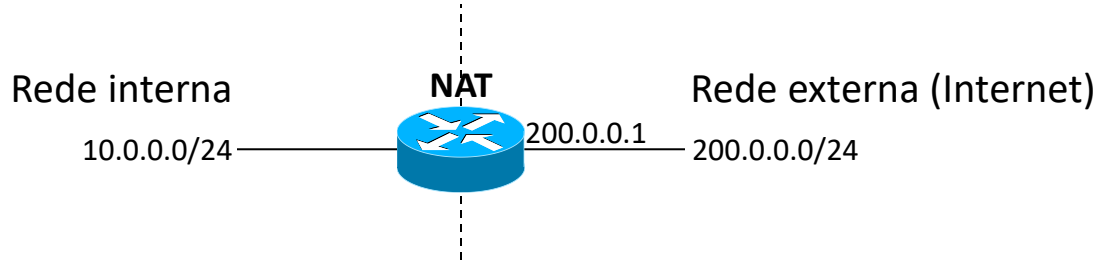

```
interface FastEthernet 1/0
 ip address 10.0.0.1 255.255.255.0
 ip nat inside
!
interface FastEthernet 1/1
 ip address 200.0.0.1 255.255.255.192
 ip nat outside
!
ip nat pool endpub 200.0.0.2 200.0.0.40 prefix-length 26
ip nat inside source list 10 pool endpub
!
access-list 10 permit 10.0.0.0 0.0.0.255
!
```

Distribuição de carga com NAT em Cisco IOS




```
interface FastEthernet 1/0
 ip address 10.20.30.1 255.255.255.0
 ip nat inside
!
interface FastEthernet 1/1
 ip address 200.0.0.1 255.255.255.192
 ip nat outside
!
ip nat pool servers 10.20.30.41 10.20.30.44 prefix-length 29 type rotary
ip nat inside destination list 10 pool servers
!
access-list 10 permit host 10.20.30.40
!
```

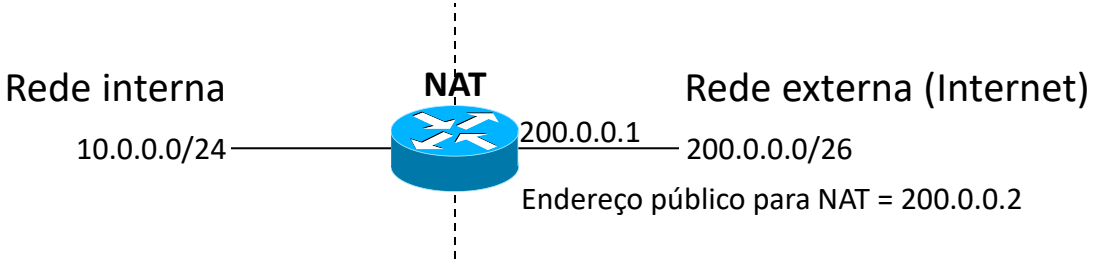
NAT Básico com mapeamento estático em Cisco IOS




```
interface FastEthernet 1/0
 ip address 10.0.0.1 255.255.255.0
 ip nat inside
!
interface FastEthernet 1/1
 ip address 200.0.0.1 255.255.255.0
 ip nat outside
!
ip nat inside source static network 10.0.0.0 200.0.0.0 /24
!
```

É necessário que a gama de endereços públicos tenha o mesmo tamanho que a rede a ser traduzida

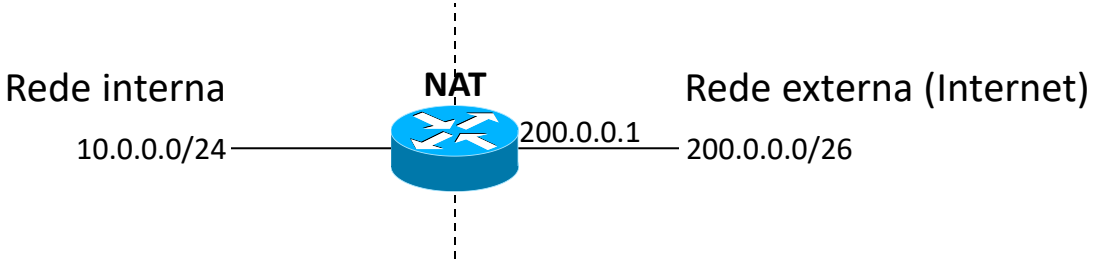
NAPT (PAT) em Cisco IOS




```
interface FastEthernet 1/0
 ip address 10.0.0.1 255.255.255.0
 ip nat inside
!
interface FastEthernet 1/1
 ip address 200.0.0.1 255.255.255.192
 ip nat outside
!
ip nat pool endpub 200.0.0.2 200.0.0.2 prefix-length 26
ip nat inside source list 10 pool endpub overload
!
access-list 10 permit 10.0.0.0 0.0.0.255
!
```

Só um endereço público para NAT, diferente do endereço da interface do *router*

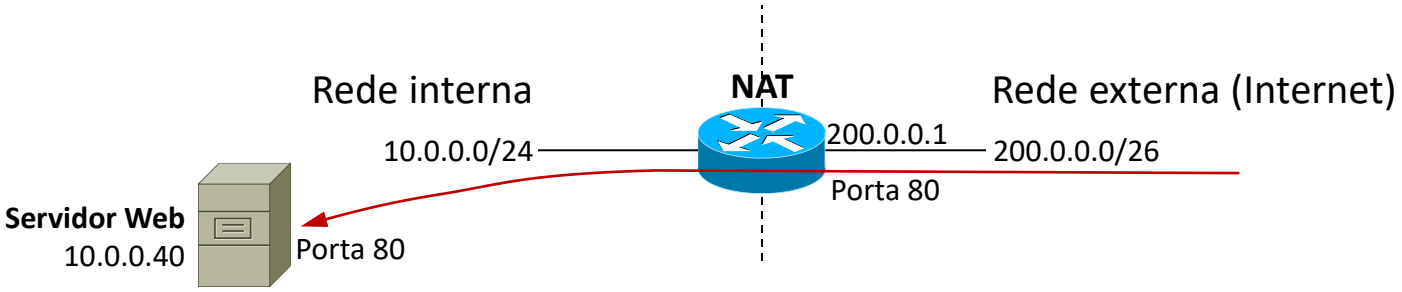
Masquerading* em Cisco IOS




```
interface FastEthernet 1/0
 ip address 10.0.0.1 255.255.255.0
 ip nat inside
!
interface FastEthernet 1/1
 ip address 200.0.0.1 255.255.255.192
 ip nat outside
!
ip nat inside source list 10 interface FastEthernet 1/1 overload
!
access-list 10 permit 10.0.0.0 0.0.0.255
!
```

*NAPT usando o endereço que, no momento, estiver atribuído à interface indicada (masquerading é um termo originário do Linux)

Port Forwarding em Cisco IOS




```
interface FastEthernet 1/0
 ip address 10.0.0.1 255.255.255.0
 ip nat inside
!
interface FastEthernet 1/1
 ip address 200.0.0.1 255.255.255.192
 ip nat outside
!
ip nat inside source list 10 interface FastEthernet 1/1 overload
ip nat inside source static tcp 10.0.0.40 80 interface FastEthernet 1/1 80
!
access-list 10 permit 10.0.0.0 0.0.0.255
!
```

Debugging do NA(P)T em Cisco IOS

```
   Router#debug ip nat detailed
 1: NAT: Allocated Port for 10.0.0.11 -> 200.0.0.1: wanted 34567 got 34567
 2: NAT*: i: tcp (10.0.0.11, 34567) -> (193.136.39.12, 80) [30470]
 3: NAT*: s=10.0.0.11->200.0.0.1, d=193.136.39.12 [30470]
 4: NAT*: o: tcp (193.136.39.12, 80) -> (200.0.0.1, 34567) [0]
 5: NAT*: s=193.136.39.12, d=200.0.0.1->10.0.0.11 [0]
 6: NAT*: i: tcp (10.0.0.11, 34567) -> (193.136.39.12, 80) [30471]
 7: NAT*: s=10.0.0.11->200.0.0.1, d=193.136.39.12 [30471]
 8: NAT*: i: tcp (10.0.0.11, 34567) -> (193.136.39.12, 80) [30472]
 9: NAT*: s=10.0.0.11->200.0.0.1, d=193.136.39.12 [30472]
10: NAT*: o: tcp (193.136.39.12, 80) -> (200.0.0.1, 34567) [36412]
11: NAT*: s=193.136.39.12, d=200.0.0.1->10.0.0.11 [36412]
```

NOTAS

Linha 1: Porta usada internamente estava livre no NAT, não é necessário traduzi-la; entrada criada na tabela NAT

Linha 2: Pacote recebido na interface interna (daí a linha anterior)

Linha 3: Tradução do endereço de origem nesse pacote (o de destino mantém-se)

Linha 4: Pacote recebido na interface externa

Linha 5: Tradução do endereço de destino nesse pacote (o de origem mantém-se)

Debugging do NA(P)T em Cisco IOS

```
   Router#debug ip nat detailed
 1: NAT: Allocated Port for 10.0.0.50 -> 200.0.0.1: wanted 34567 got 1026
 2: NAT*: i: tcp (10.0.0.50, 34567) -> (193.136.39.12, 80) [62942]
 3: NAT*: TCP s=34567->1026, d=80
 4: NAT*: s=10.0.0.50->200.0.0.1, d=193.136.39.12 [62942]
 5: NAT*: o: tcp (193.136.39.12, 80) -> (200.0.0.1, 1026) [0]
 6: NAT*: TCP s=80, d=1026->34567
 7: NAT*: s=193.136.39.12, d=200.0.0.1->10.0.0.50 [0]
 8: NAT*: i: tcp (10.0.0.50, 34567) -> (193.136.39.12, 80) [62943]
 9: NAT*: TCP s=34567->1026, d=80
10: NAT*: s=10.0.0.50->200.0.0.1, d=193.136.39.12 [62943]
```

NOTAS

Linha 1: Neste caso a porta usada internamente já estava ocupada no NAT, é preciso usar outra e fazer a tradução

Linha 3: Tradução da porta de origem (de 34567 para 1026) no pacote que sai

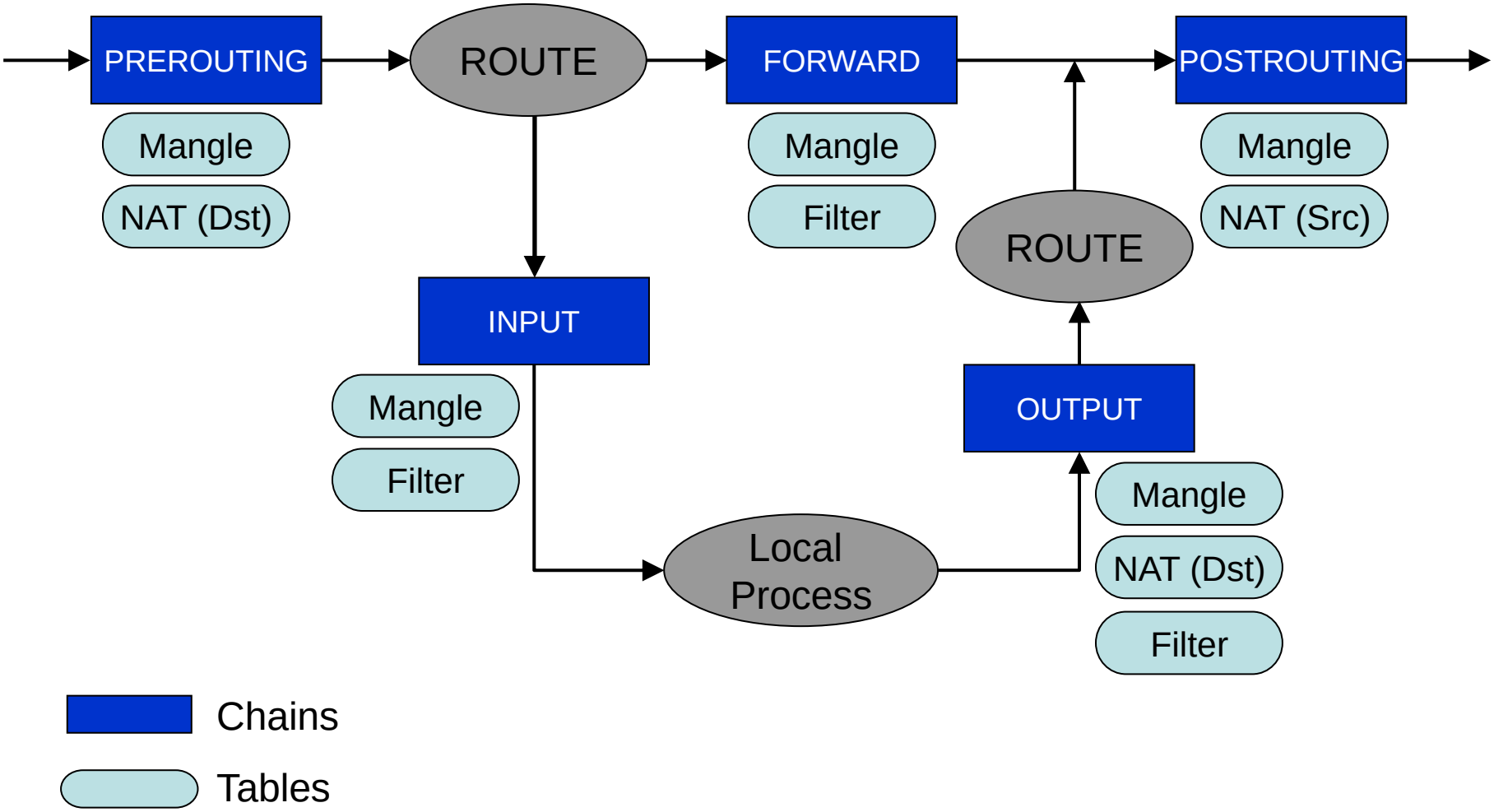
Linha 6: Tradução da porta de destino (de 1026 para 34567) no pacote que entra

Outros comandos úteis

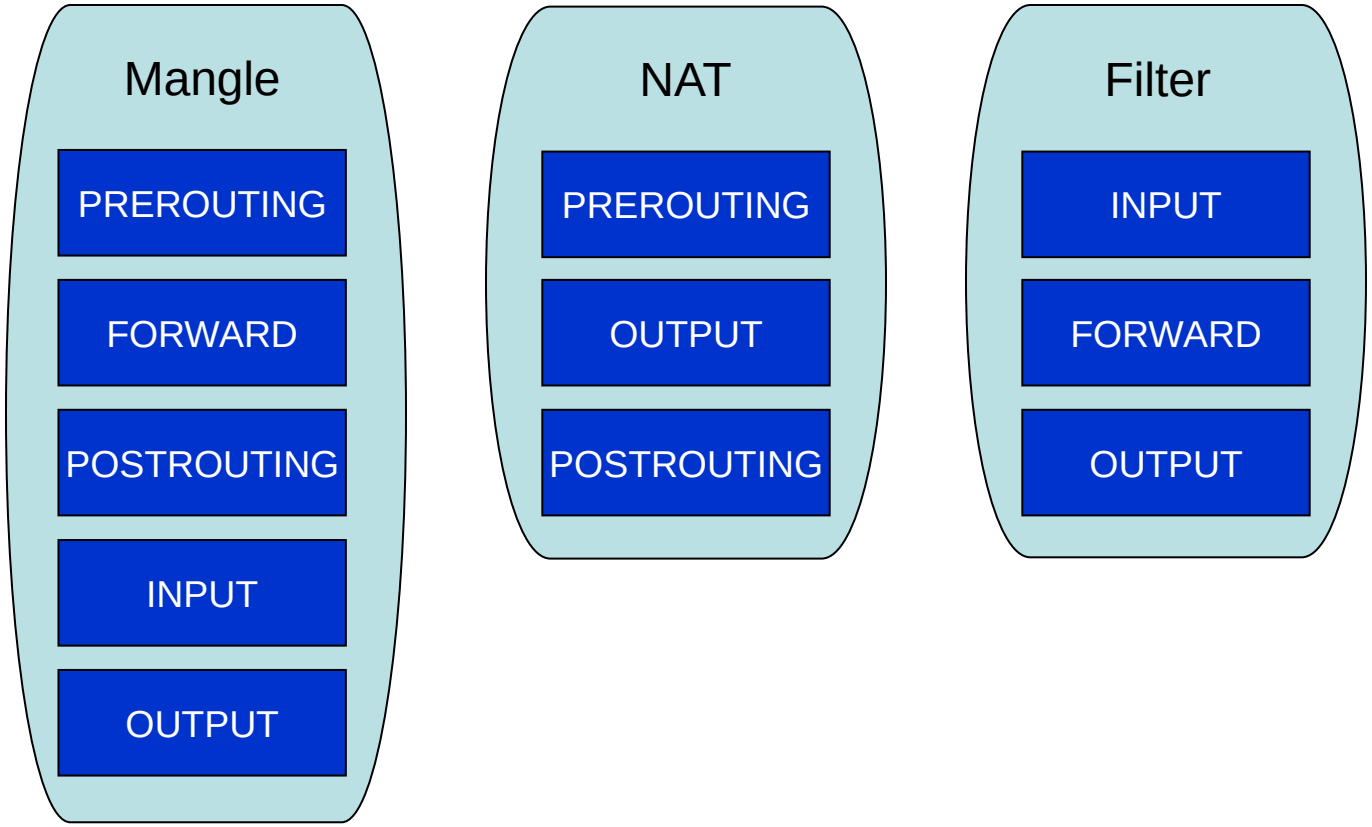
```
Router#show ip nat translations
Pro  Inside global   Inside local     Outside local     Outside global
icmp 200.0.0.1:4358  10.0.0.11:4358   133.16.8.1:4358   133.16.8.1:4358
tcp  200.0.0.1:1026  10.0.0.50:34567  193.136.39.12:80  193.136.39.12:80
tcp  200.0.0.1:34567 10.0.0.11:34567  193.136.39.12:80  193.136.39.12:80
tcp  200.0.0.1:80    10.0.0.40:80     ---               ---
---  200.0.0.2       10.0.0.7         ---               ---
```

```
Router#show access-lists
Standard IP access list 10
    10 permit 10.0.0.0, wildcard bits 0.0.0.255
```

Linux Netfilter / IPTables

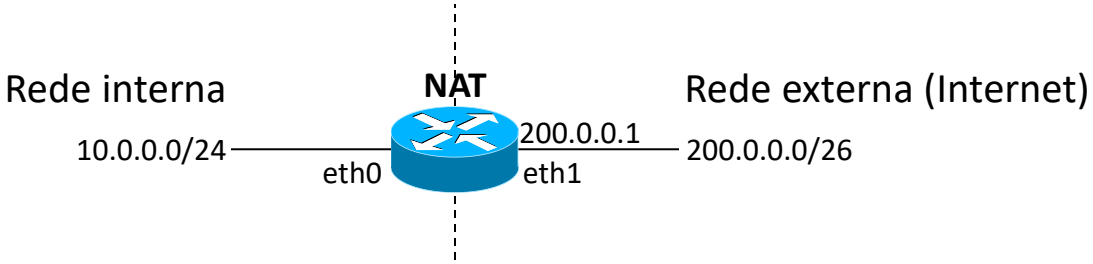


Linux Netfilter / IPTables



- *As tables* contêm *chains* com listas de regras
- Cada regra define um *target*, accionado se encaixar
- *Os targets* mais interessantes para NAT são `SNAT`, `DNAT`, `MASQUERADE` e `NETMAP`

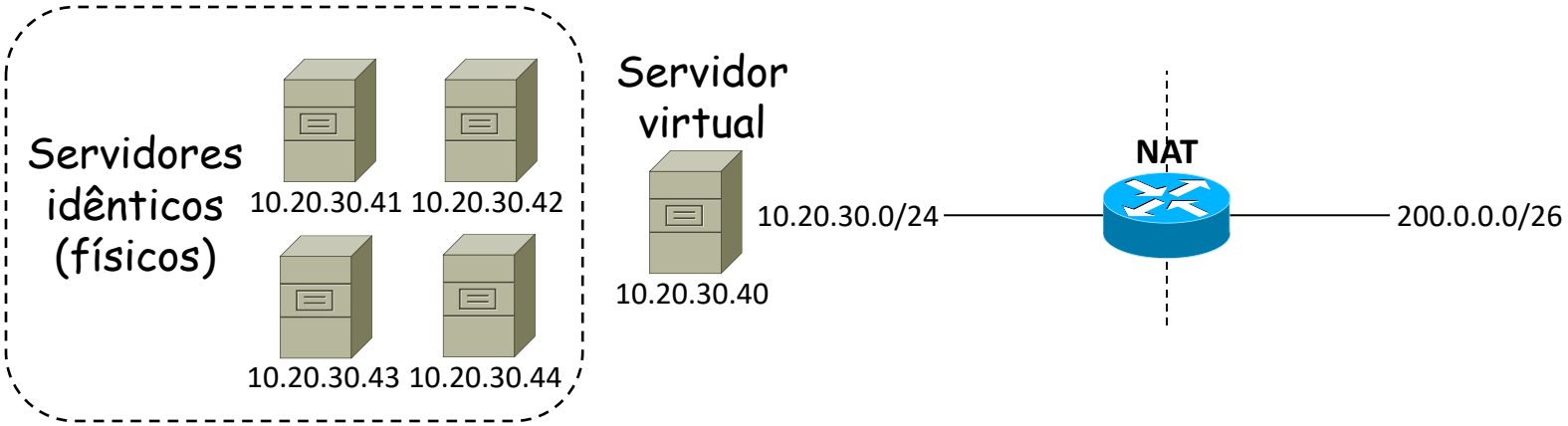
NAT Básico em Linux




```
iptables -t nat -A POSTROUTING -s 10.0.0.0/24 -o eth1 -j SNAT
   --to-source 200.0.0.2-200.0.0.40
```

Se a dado momento a gama de endereços *inside global* não for suficientemente grande, começa a ser feita também tradução das portas (ou seja, NAPT).

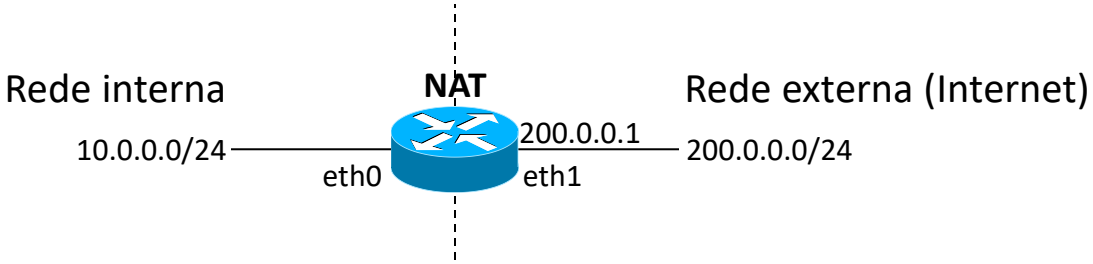
Distribuição de carga com NAT em Linux




```
iptables -t nat -A PREROUTING -d 10.20.30.40 -m statistic --mode nth \
   --every 4 --packet 0 -j DNAT --to-destination 10.20.30.41
iptables -t nat -A PREROUTING -d 10.20.30.40 -m statistic --mode nth \
   --every 3 --packet 0 -j DNAT --to-destination 10.20.30.42
iptables -t nat -A PREROUTING -d 10.20.30.40 -m statistic --mode nth \
   --every 2 --packet 0 -j DNAT --to-destination 10.20.30.43
iptables -t nat -A PREROUTING -d 10.20.30.40 -j DNAT --to-destination 10.20.30.44
```

- Em cada 4 pacotes, um é apanhado na primeira regra e os restantes 3 passam à segunda.
- Em cada 3 pacotes que chegam à segunda regra, um é apanhado por ela e os restantes 2 passam à terceira.
- Em cada 2 pacotes que chegam à terceira regra, um é apanhado por ela e o outro passa à quarta.
- Todos os pacotes que chegam à quarta regra são apanhados por ela (mas só $\frac{1}{4}$ dos pacotes chega lá).

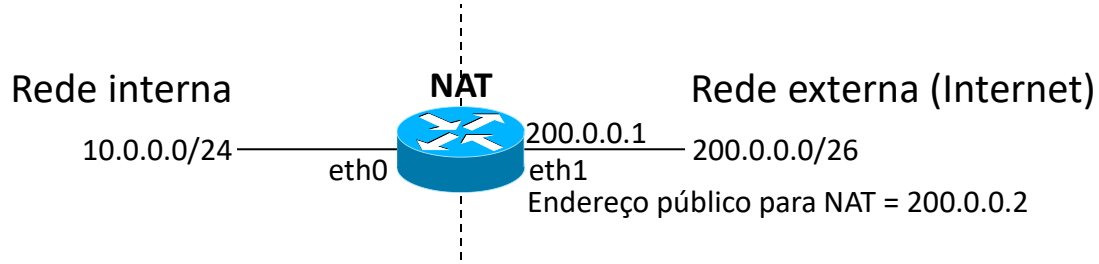
NAT Básico com mapeamento estático em Linux




```
iptables -t nat -A PREROUTING -d 200.0.0.0/24 -i eth1 -j NETMAP --to 10.0.0.0/24
iptables -t nat -A POSTROUTING -s 10.0.0.0/24 -o eth1 -j NETMAP --to 200.0.0.0/24
```

NOTA: Se a gama de endereços *inside global* pertencer à sub-rede da interface externa é necessário activar Proxy ARP.

NAPT (PAT) em Linux

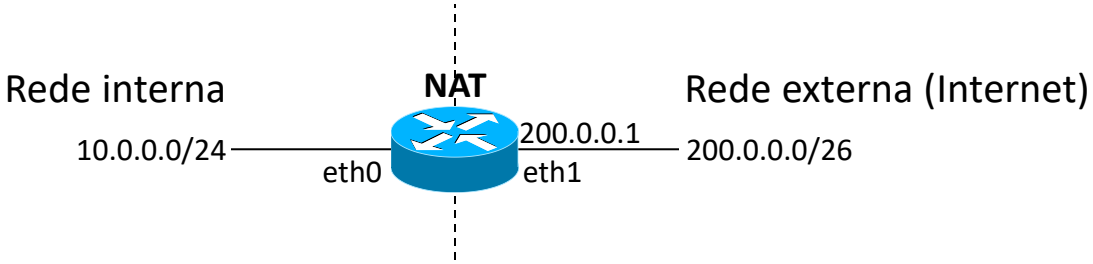



```
iptables -t nat -A POSTROUTING -s 10.0.0.0/24 -o eth1 -j SNAT
   --to-source 200.0.0.2
```

Só um endereço público para NAT, diferente do endereço da interface do *router*.

Se houver mais de uma máquina a tentar aceder ao exterior usando a mesma porta de origem, começa a ser feita também tradução das portas (ou seja, NAPT).

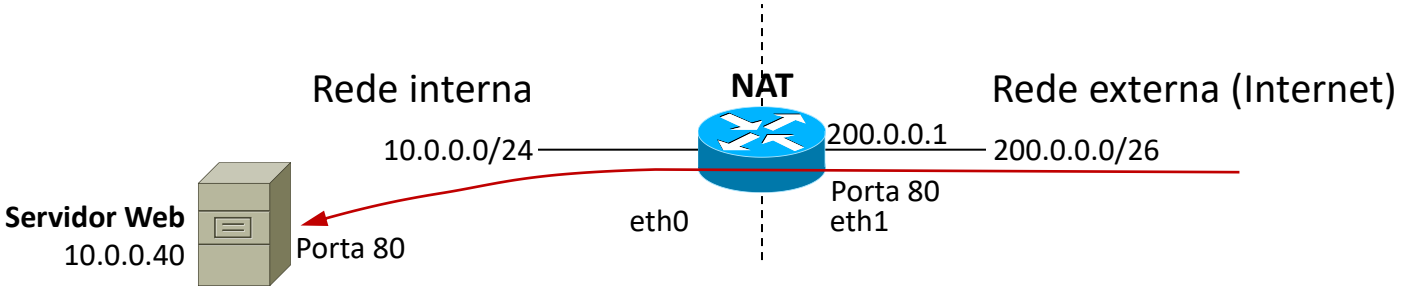
Masquerading em Linux




```
iptables -t nat -A POSTROUTING -s 10.0.0.0/24 -o eth1 -j MASQUERADE
```

É usado para NAT o endereço que, no momento, estiver atribuído à interface indicada.

Port Forwarding em Linux




```
iptables -t nat -A POSTROUTING -s 10.0.0.0/24 -o eth1 -j MASQUERADE
iptables -t nat -A PREROUTING -i eth1 -p tcp -m tcp --dport 80 -j DNAT
   --to-destination 10.0.0.40:80
```