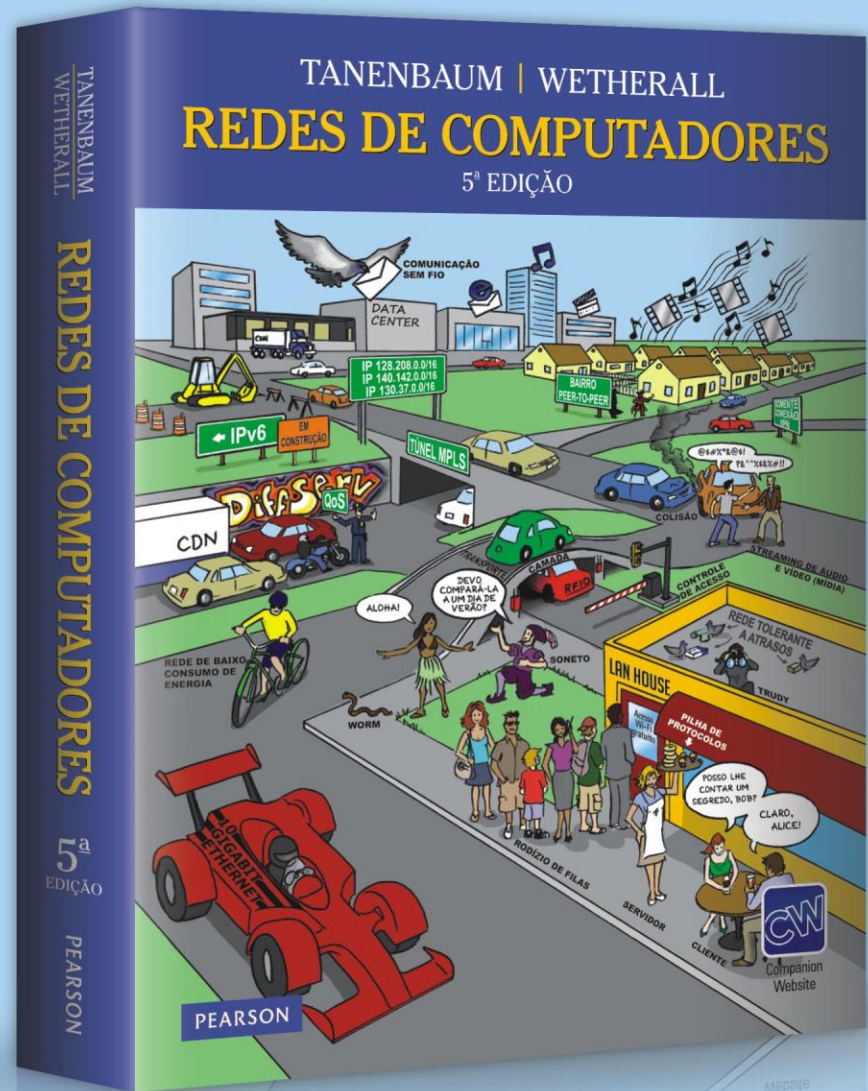


Capítulo 5

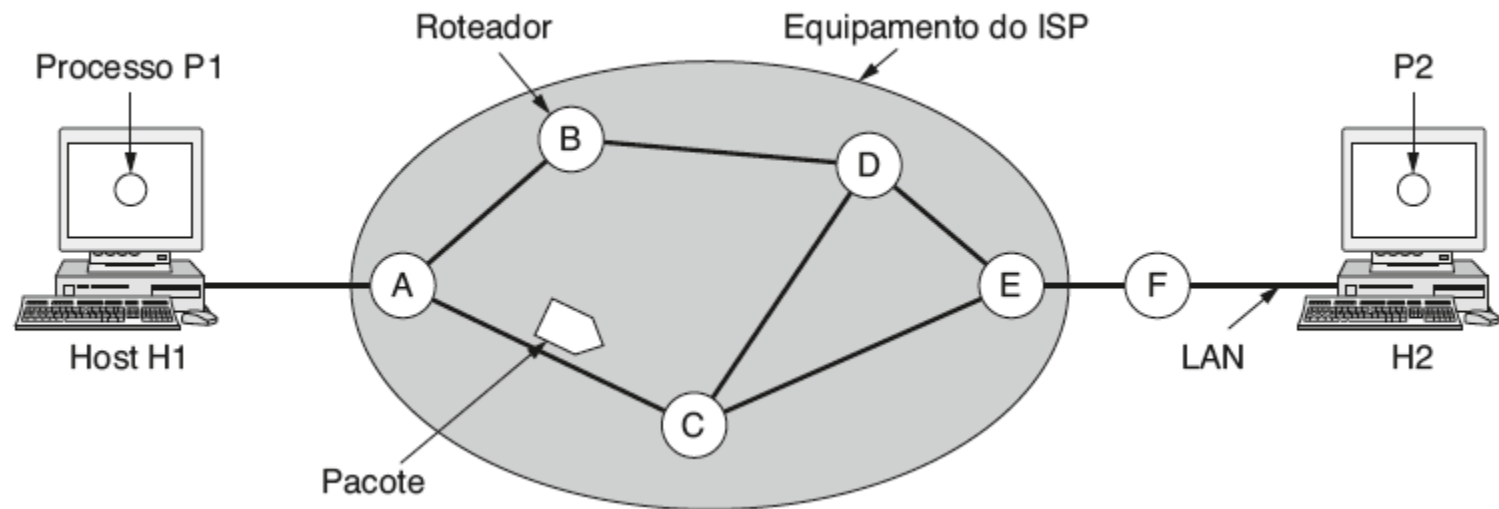
A camada de rede



Questões de projeto da camada de rede

- Comutação de pacote: store-and-forward
- Serviços fornecidos à camada de transporte
- Implementação do serviço não orientado à conexão
- Implementação do serviço orientado à conexão
- Comparação entre redes de circuitos virtuais e redes de datagramas

Comutação de pacotes: store-and-forward



Ambiente dos protocolos da camada de rede.

Serviços oferecidos à camada de transporte

1. Independência dos serviços em relação às técnicas de roteamento
2. Encapsulamento na camada de transporte, do número, do tipo e da topologia de roteadores
3. Endereçamento disponível para camada de transporte usando o planejamento sequencial
 - Mesmo em LANs e WANs

Implementação do serviço não orientado à conexão

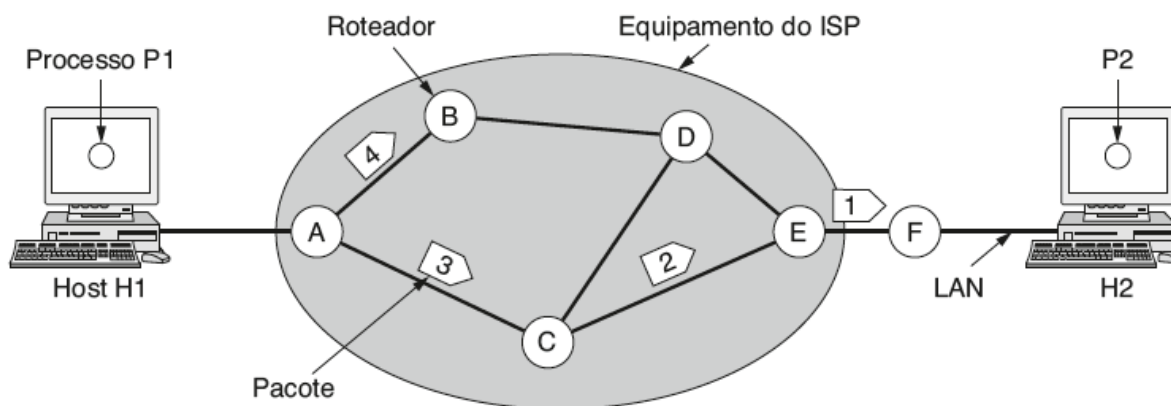


Tabela de A (inicial)

A	—
B	B
C	C
D	B
E	C
F	C

Dest. Interface

Tabela de A (depois)

A	—
B	B
C	C
D	B
E	B
F	B

Tabela de C

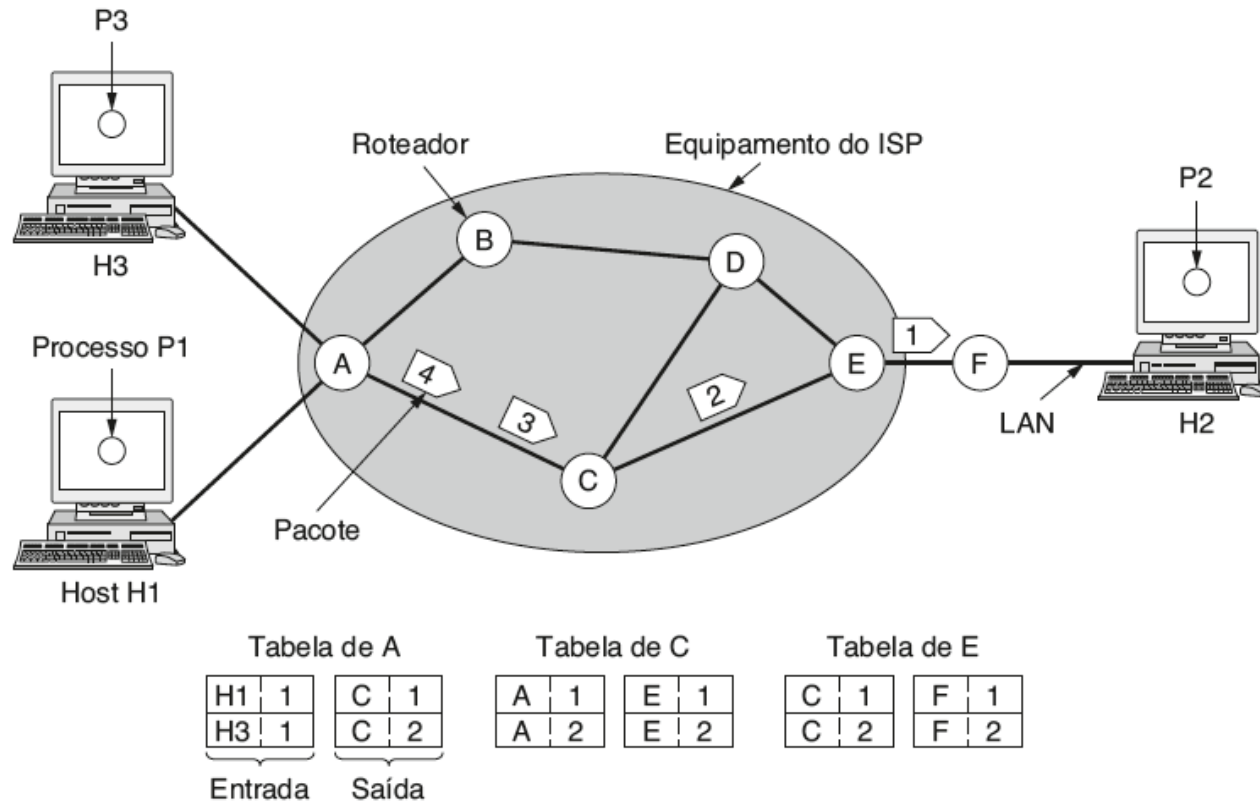
A	A
B	A
C	—
D	E
E	E
F	E

Tabela de E

A	C
B	D
C	C
D	D
E	—
F	F

Roteamento em uma rede de datagramas.

Implementação do serviço orientado à conexão



Roteamento em uma rede de circuitos virtuais.

Comparação entre redes de circuitos virtuais e redes de datagramas

Questão	Rede de datagramas	Rede de circuitos virtuais
Configuração de circuitos	Desnecessária	Obrigatória
Endereçamento	Cada pacote contém os endereços completos de origem e de destino	Cada pacote contém um pequeno número do circuito virtual
Informações sobre o estado	Os roteadores não armazenam informações sobre o estado das conexões	Cada circuito virtual requer espaço em tabelas de roteadores por conexão
Roteamento	Cada pacote é roteado independentemente	A rota é escolhida quando o circuito virtual é estabelecido; todos os pacotes seguem essa rota
Efeito de falhas no roteador	Nenhum, com exceção dos pacotes perdidos durante a falha	Todos os circuitos virtuais que tiverem passado pelo roteador que apresentou o defeito serão encerrados
Qualidade de serviço	Difícil	Fácil, se for possível alocar recursos suficientes com antecedência para cada circuito virtual
Controle de congestionamento	Difícil	Fácil, se for possível alocar recursos suficientes com antecedência para cada circuito virtual

Comparação entre as redes de datagramas e circuitos virtuais.

Qualidade de serviço

- Exigência das aplicações
- Característica do tráfego
- Controle de admissão
- Serviços integrados
- Serviços diferenciados

Exigência das aplicações

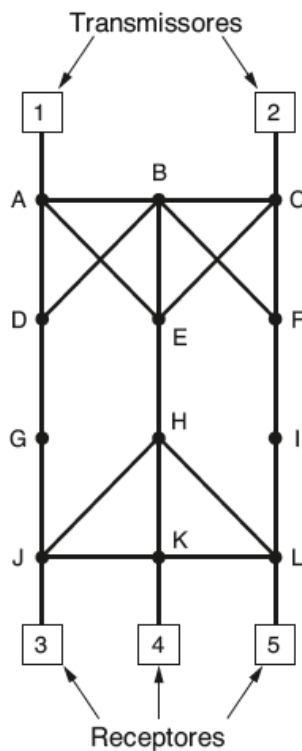
Aplicação	Largura de banda	Atraso	Flutuação	Perda
Correio eletrônico	Baixa	Baixo	Baixa	Média
Transferência de arquivos	Alta	Baixo	Baixa	Média
Acesso à Web	Média	Médio	Baixa	Média
Login remoto	Baixa	Médio	Média	Média
Áudio por demanda	Baixa	Baixo	Alta	Baixa
Vídeo por demanda	Alta	Baixa	Alta	Baixa
Telefonia	Baixa	Alta	Alta	Baixa
Videoconferência	Alta	Alta	Alta	Baixa

Quanto mais rigorosa a qualidade de serviço maiores as exigências.

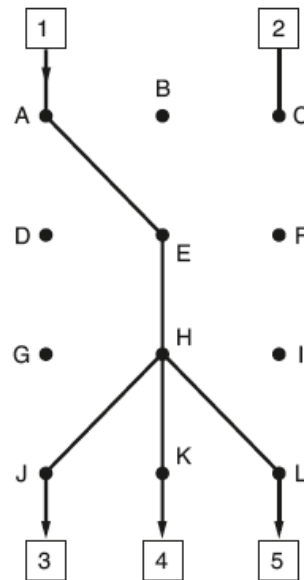
Categorias de QoS e exemplos

1. Taxa de bits constante
 - Telefonia
2. Taxa de bits variável on-line
 - Video-conferência
3. Taxa de bits variável off-line
 - Assistir a um vídeo por demanda
4. Taxa de bits disponíveis
 - Transferência de arquivos

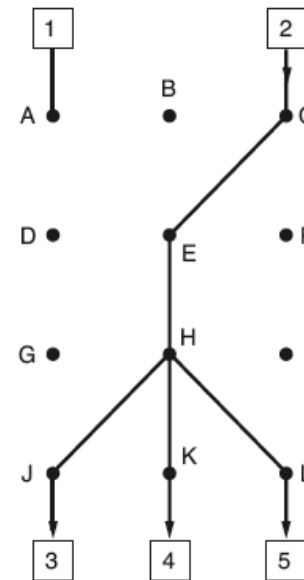
Serviços integrados



(a)



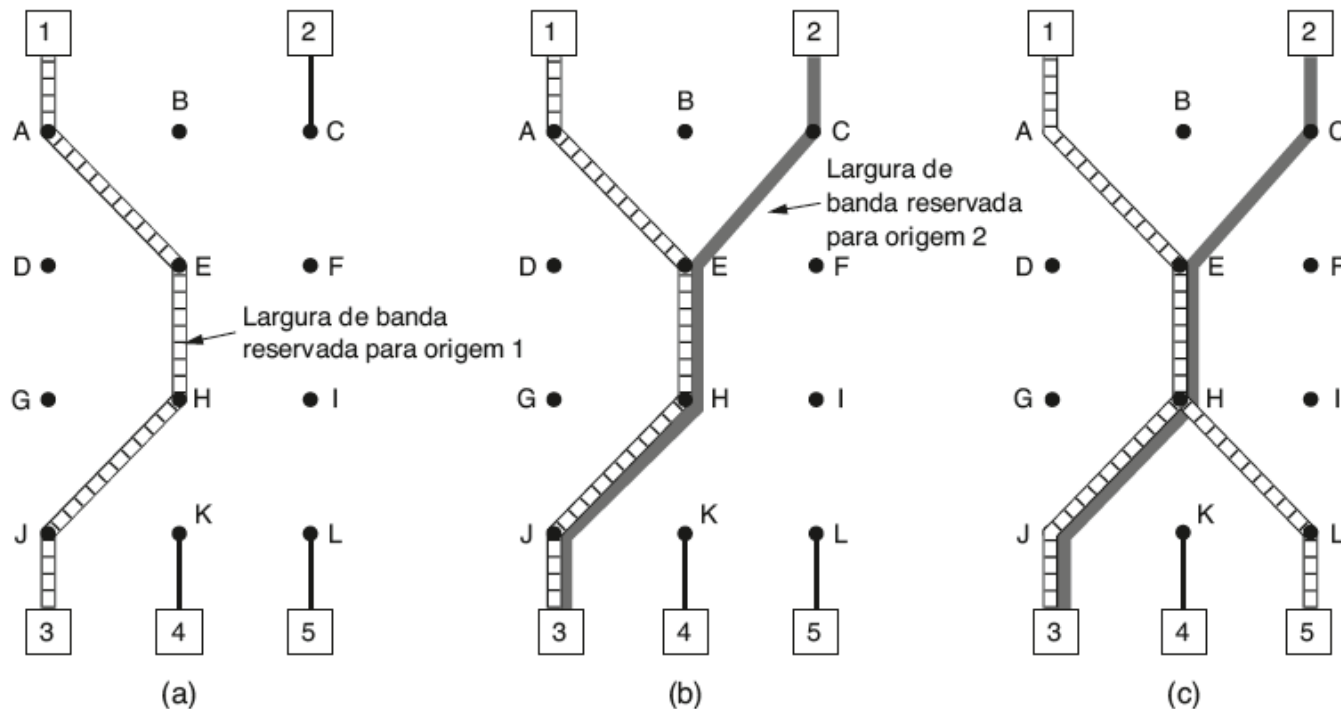
(b)



(c)

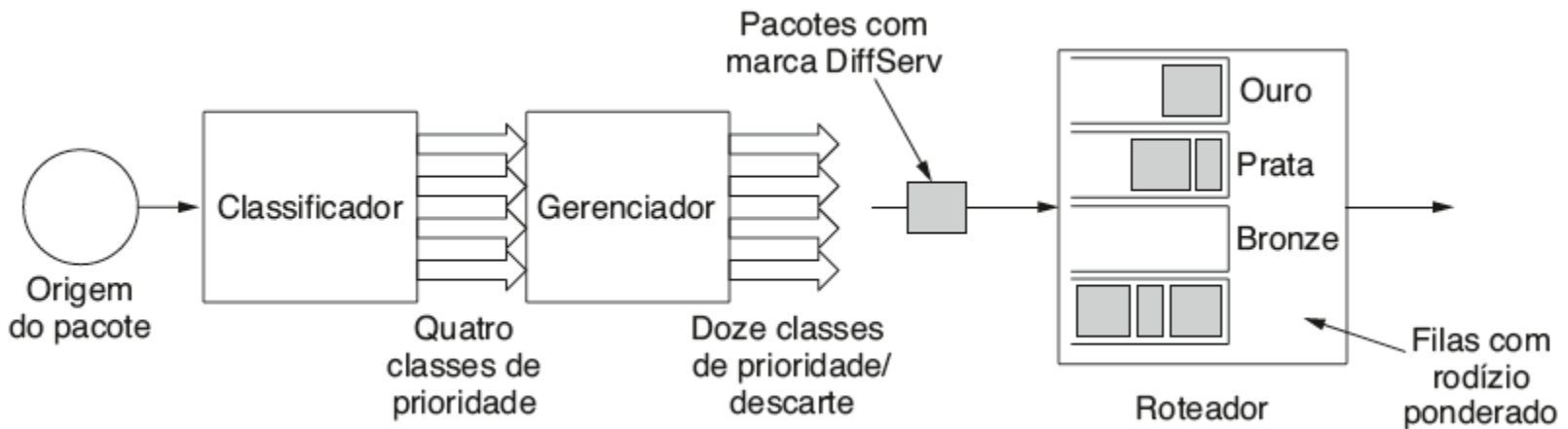
- (a) Rede. (b) A spanning tree multicast para o host 1.
(c) A spanning tree multicast para o host 2.

Serviços integrados



- (a) O host 3 solicita um canal para o host 1.
- (b) O host 3 então solicita um canal para o host 2.
- (c) O host 5 solicita um canal para o host 1.

Serviços diferenciados



Uma implementação possível de garantia de encaminhamento.

Interconexão de redes

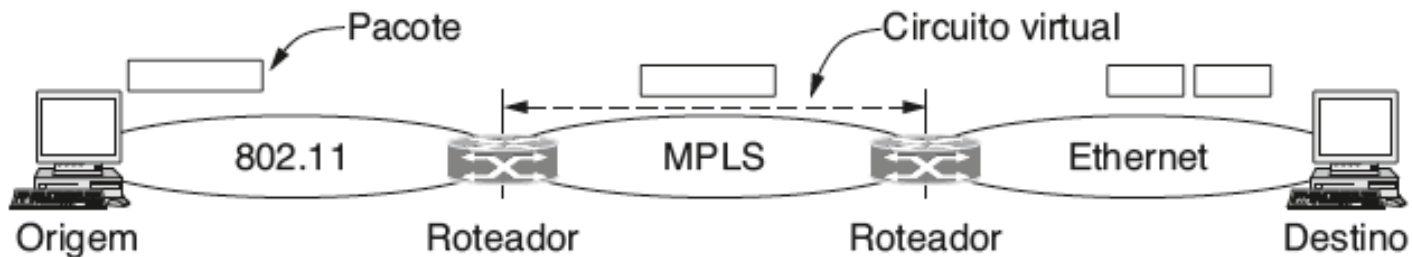
- Diferentes tipos de redes
- Como conectar redes diferentes
- Tunelamento
- Roteamento entre redes
- Fragmentação de pacotes

Diferenças entre as redes

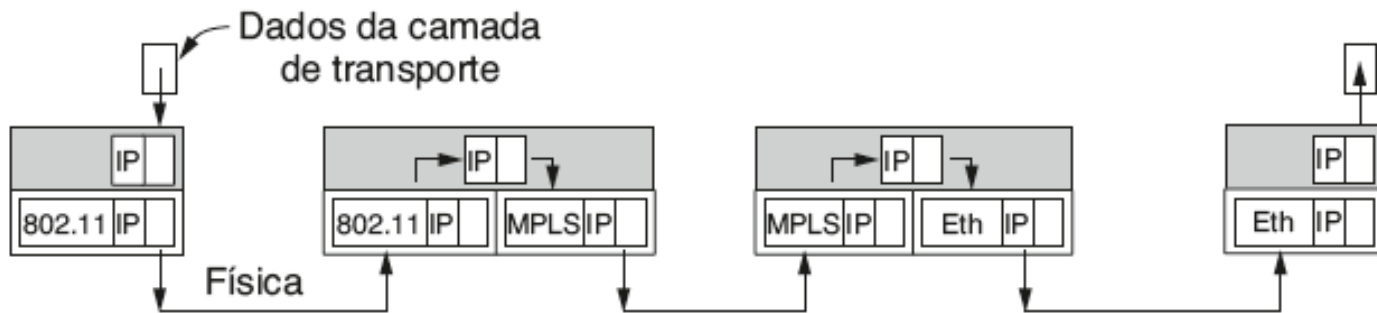
Item	Algumas possibilidades
Serviço oferecido	Orientado a conexões e não orientado a conexões
Endereçamento	Diferentes tamanhos, simples ou hierárquico
Broadcasting	Presente ou ausente (também multicast)
Tamanho do pacote	Cada rede tem seu próprio tamanho máximo
Ordenação	Entrega ordenada e não ordenada
Qualidade de serviço	Pode estar presente ou ausente; muitos tipos
Confiabilidade	Diferentes níveis de perda
Segurança	Regras de privacidade, criptografia etc.
Parâmetros	Diferentes timeouts, especificações de fluxo etc.
Contabilidade	Por tempo de conexão, por pacote, por byte ou nenhuma

As muitas diferenças entre redes diferentes.

Como conectar as redes



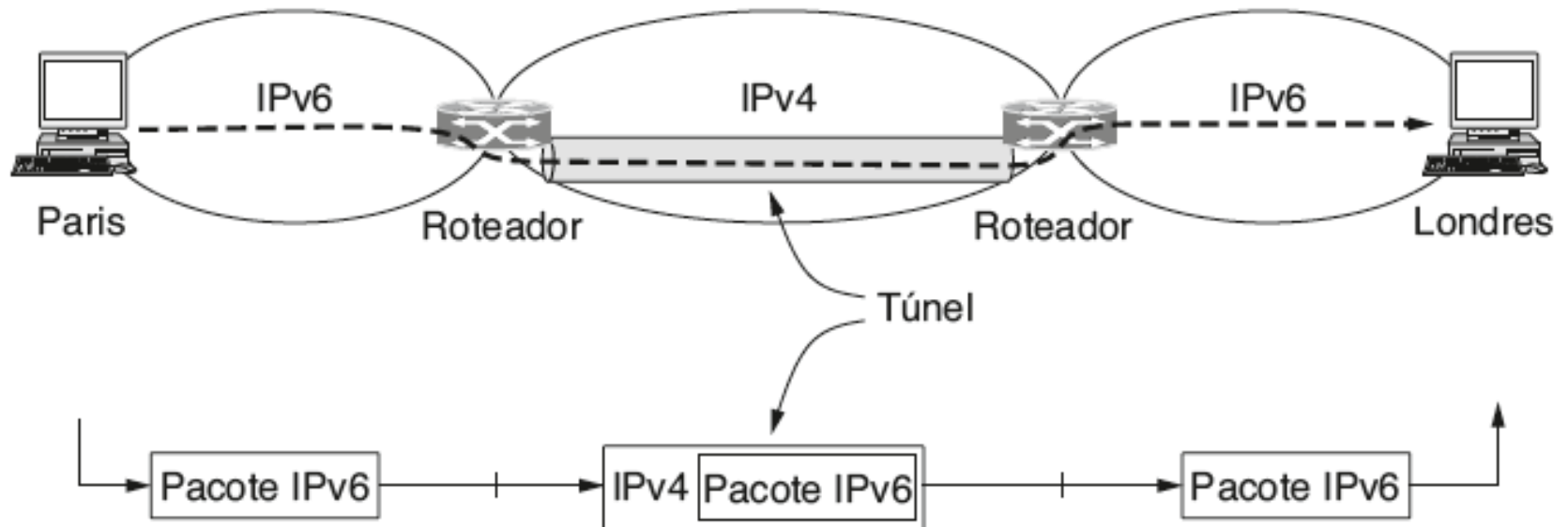
(a)



(b)

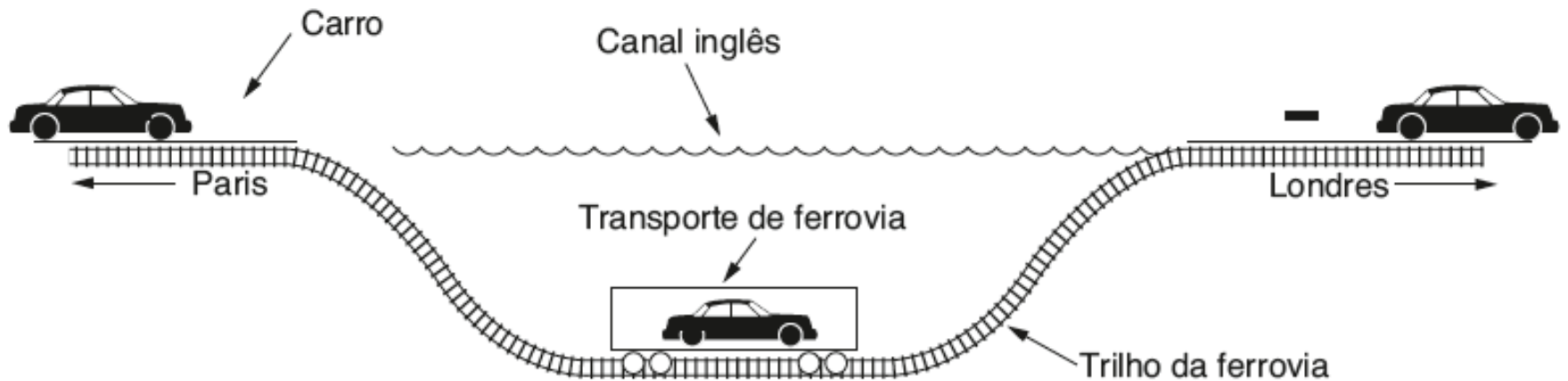
(a) Pacote cruzando diferentes redes. (b) Rede interligada e processamento de protocolo da camada de enlace.

Tunelamento



Túnel entre Paris e Londres.

Tunelamento



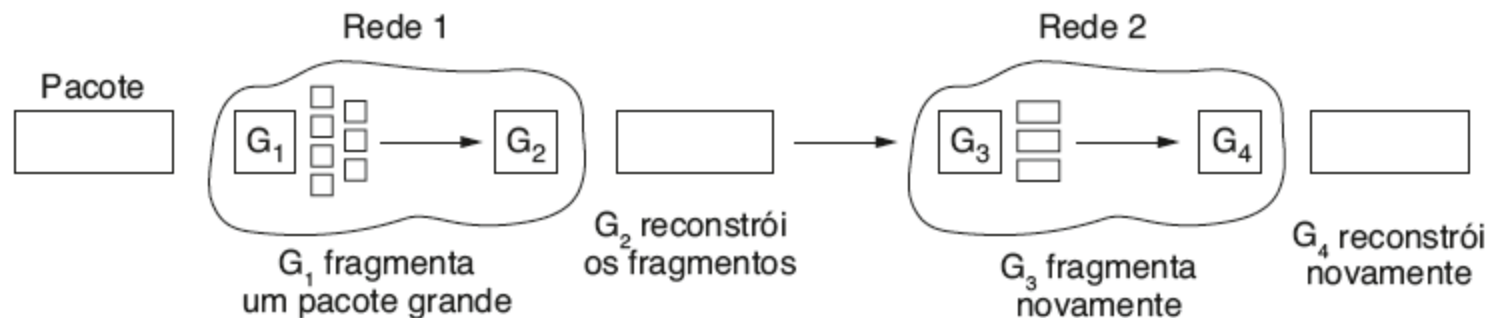
Carro como carga no túnel entre Paris e Londres.

Fragmentação de pacotes

Questões relacionadas ao tamanho do pacote:

1. Hardware
2. Sistema operacional
3. Protocolos
4. Adequação aos padrões (inter)nacionais
5. Redução nas retransmissões devido a erros
6. Impedir que pacotes ocupem o canal por muito tempo

Fragmentação de pacotes



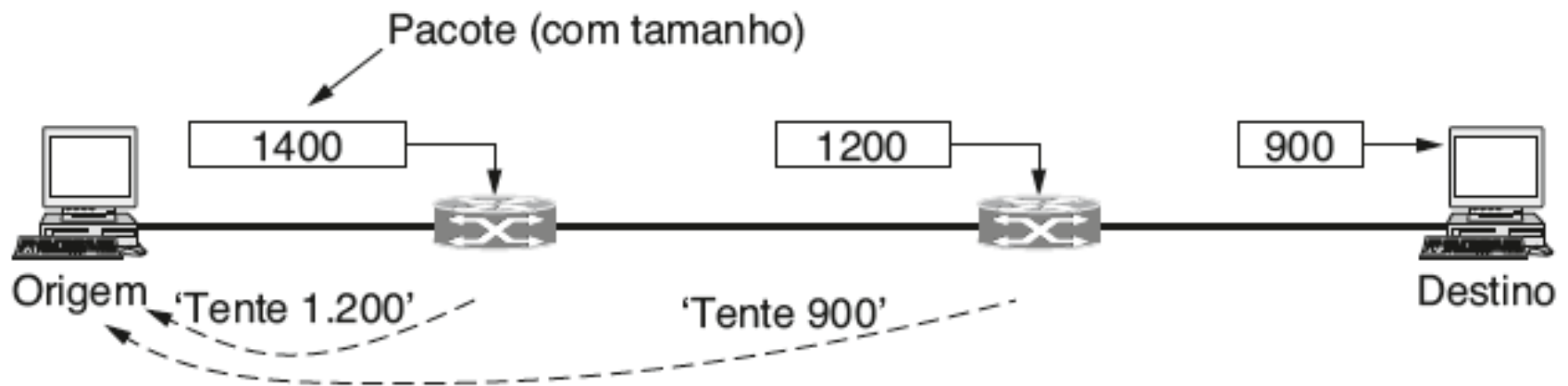
(a)



(b)

(a) Fragmentação aparente. (b) Fragmentação não aparente.

Fragmentação de pacotes

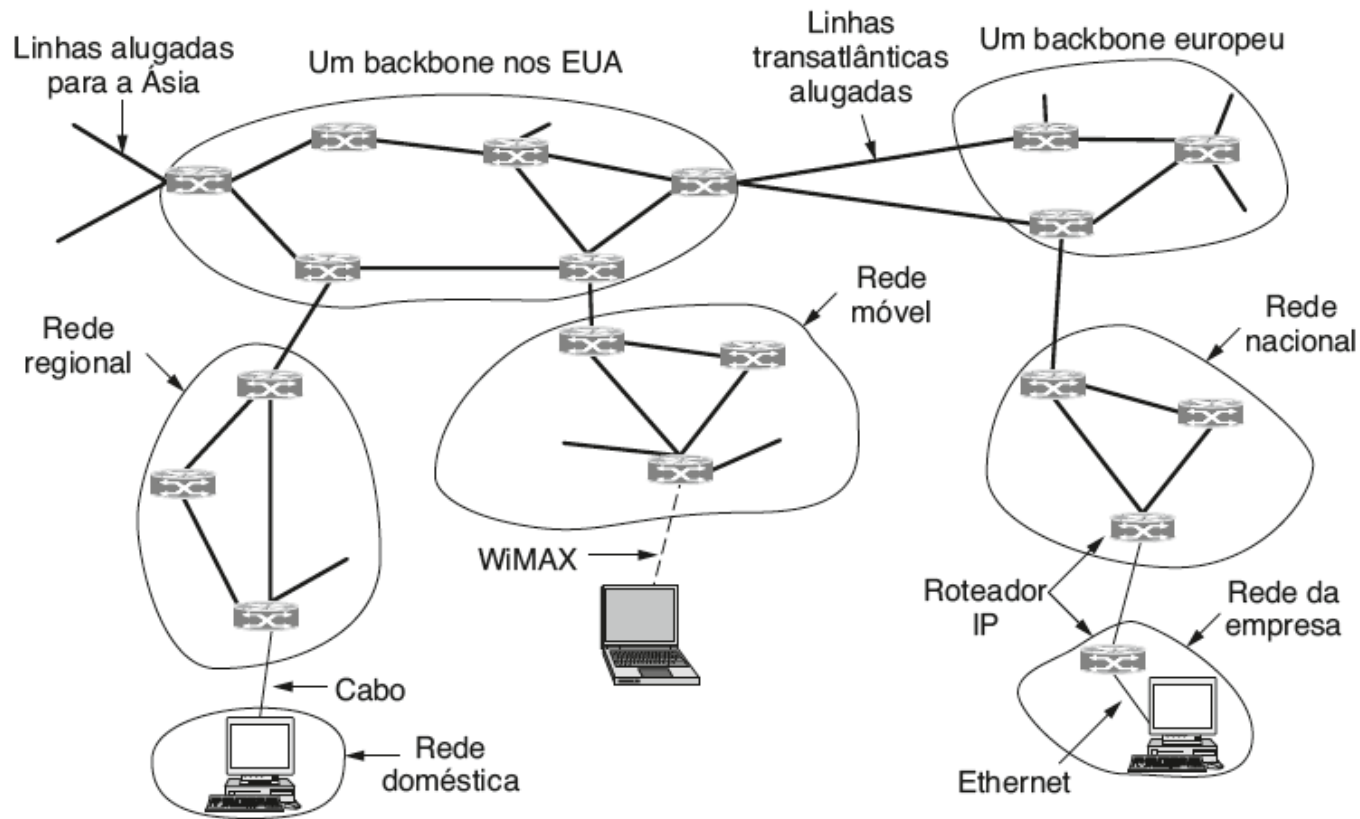


Descoberta da MTU do caminho.

A camada de rede da Internet

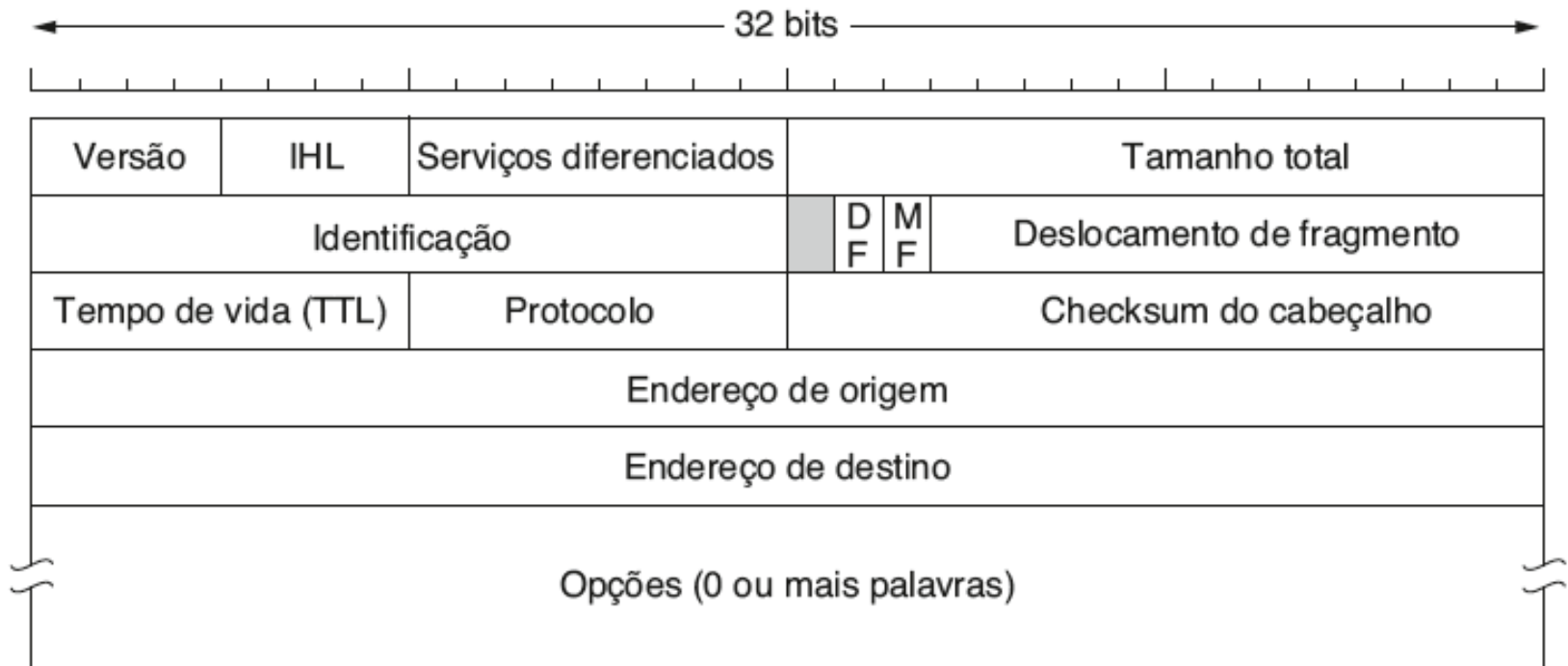
- O protocolo IP versão 4
- Endereçamento IP
- IP versão 6
- Protocolos de controle da Internet
- Rótulos de comutação e MPLS
- OSPF – Protocolo de roteamento de gateway interior
- BGP – Protocolo de roteamento de gateway exterior
- Multicasting na Internet
- IP móvel

A camada de rede da Internet



A Internet é um conjunto de várias redes interconectadas.

O protocolo IP versão 4



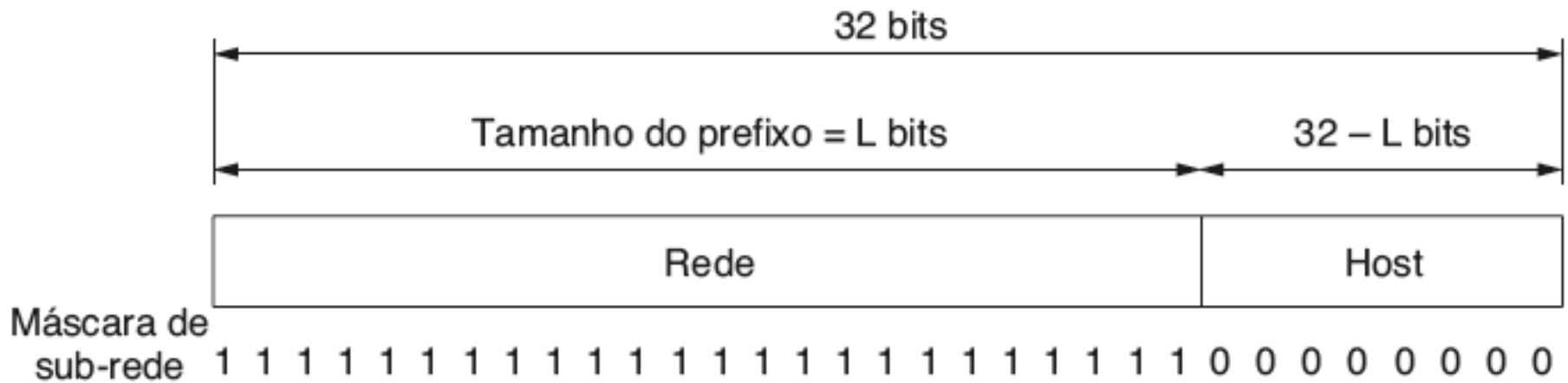
O cabeçalho IPv4 (Internet Protocol).

O protocolo IP versão 4

Opção	Descrição
Security	Especifica o nível de segurança do datagrama
Strict source routing	Mostra o caminho completo a ser seguido
Loose source routing	Apresenta uma lista de roteadores que não devem ser esquecidos
Record route	Faz com que cada roteador anexe seu endereço IP
Timestamp	Faz com que cada roteador anexe seu endereço e seu registro de tempo de tempo (flag)

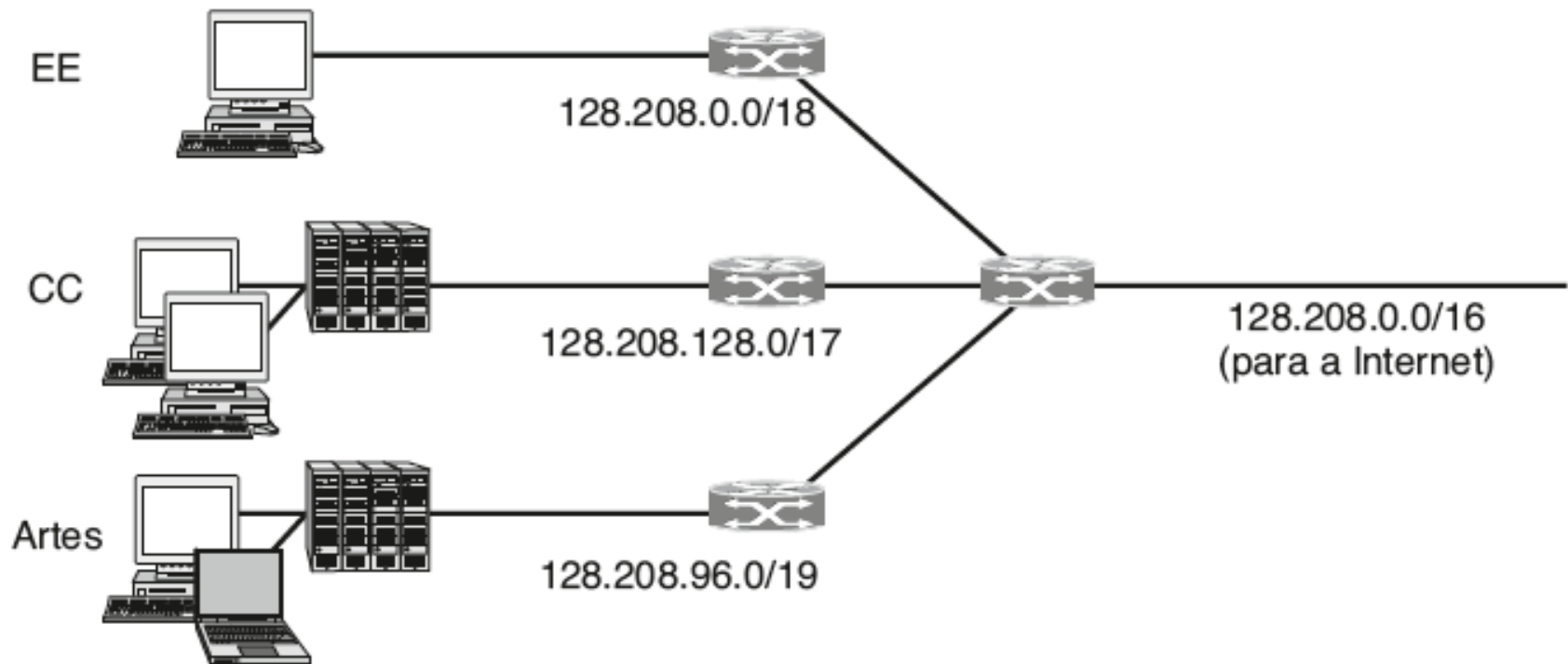
Algumas opções do IP.

Endereçamento IP



Prefixo IP.

Endereçamento IP



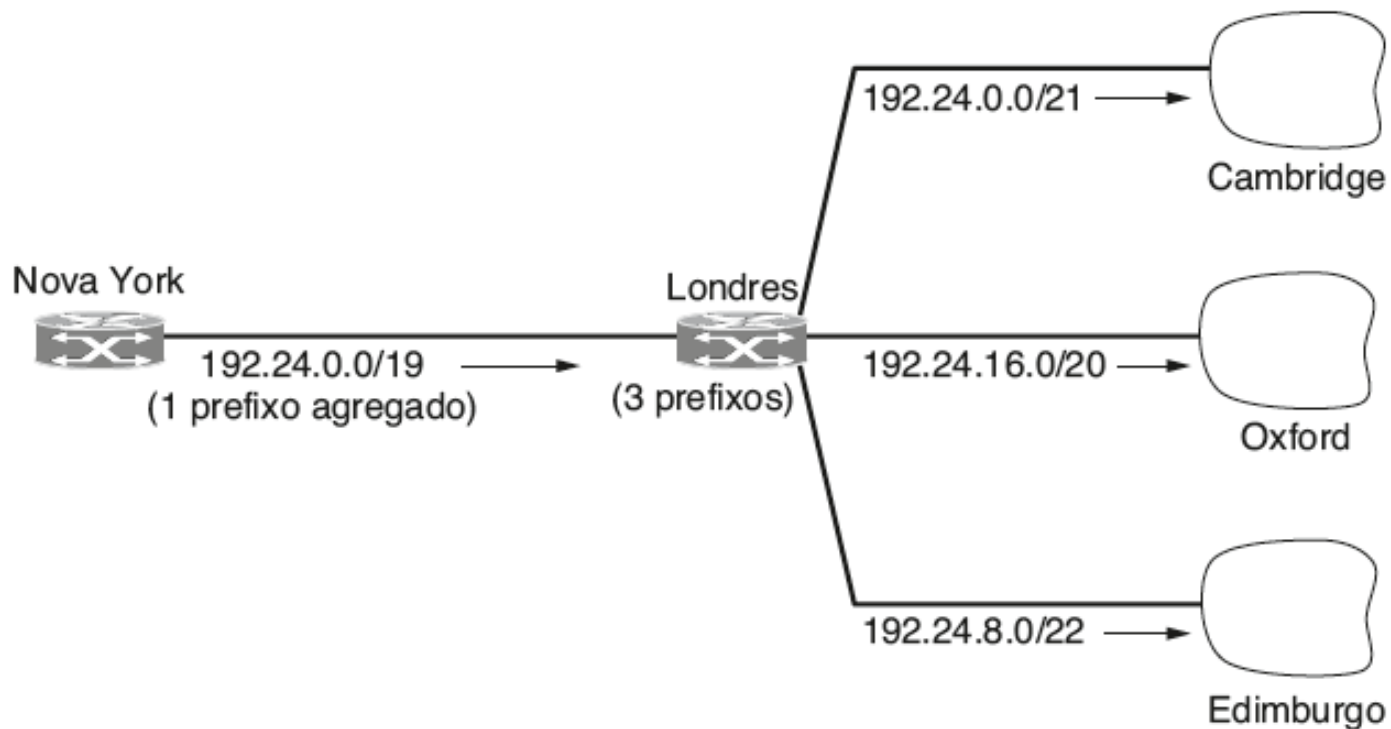
Dividindo um prefixo IP em redes e sub-redes.

Endereçamento IP

Universidade	Primeiro endereço	Último endereço	Quantos	Prefixo
Cambridge	194.24.0.0	194.24.7.255	2.048	194.24.0.0/21
Edimburgo	194.24.8.0	194.24.11.255	1.024	194.24.8.0/22
(Disponível)	194.24.12.0	194.24.15.255	1.024	194.24.12.0/22
Oxford	194.24.16.0	194.24.31.255	4.096	194.24.16.0/20

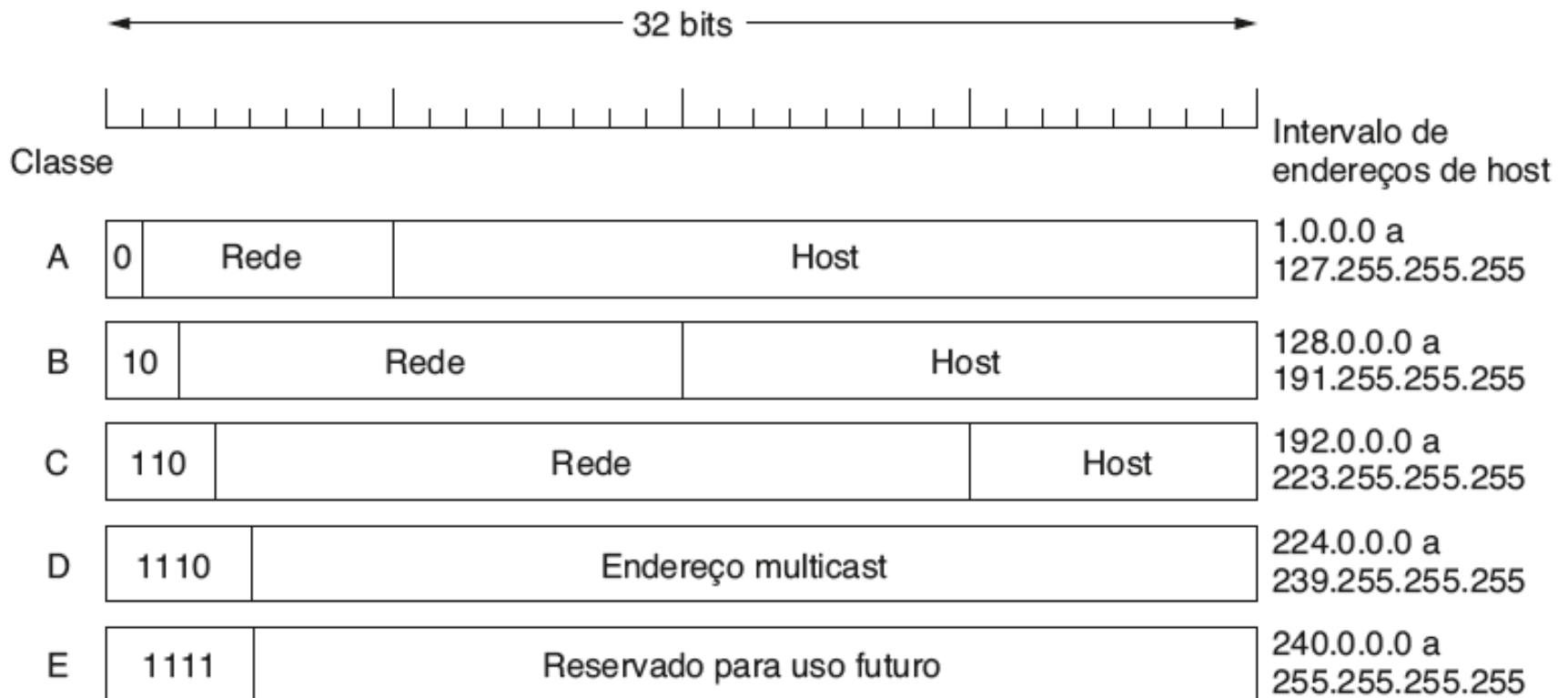
Conjunto de atribuições de endereços IP.

Endereçamento IP



Prefixos IP agregados.

Endereçamento IP



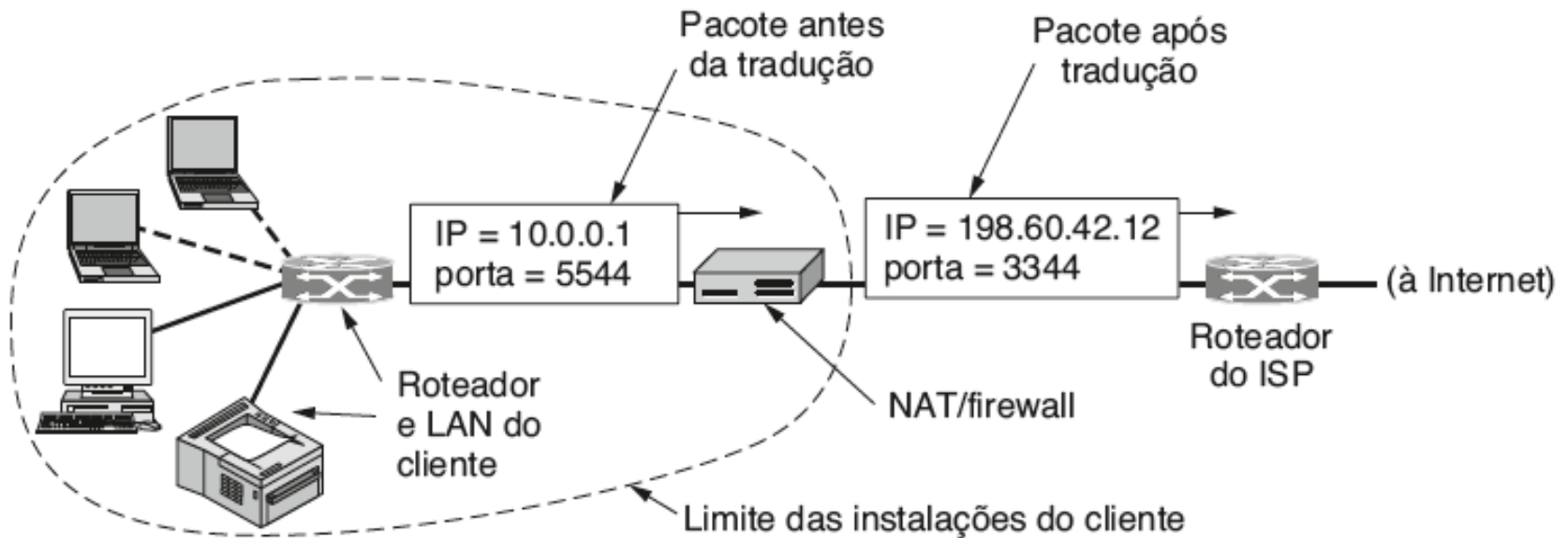
Classes de IP.

Endereçamento IP

0 0																																Este host
0 0 . . . 0 0																Host																Um host nesta rede
1 1																																Broadcast na rede local
Rede																1 1 1 1 . . . 1 1 1 1																Broadcast em uma rede distante
127								(Qualquer coisa)																								Loopback

Classes especiais de endereços IP.

Endereçamento IP

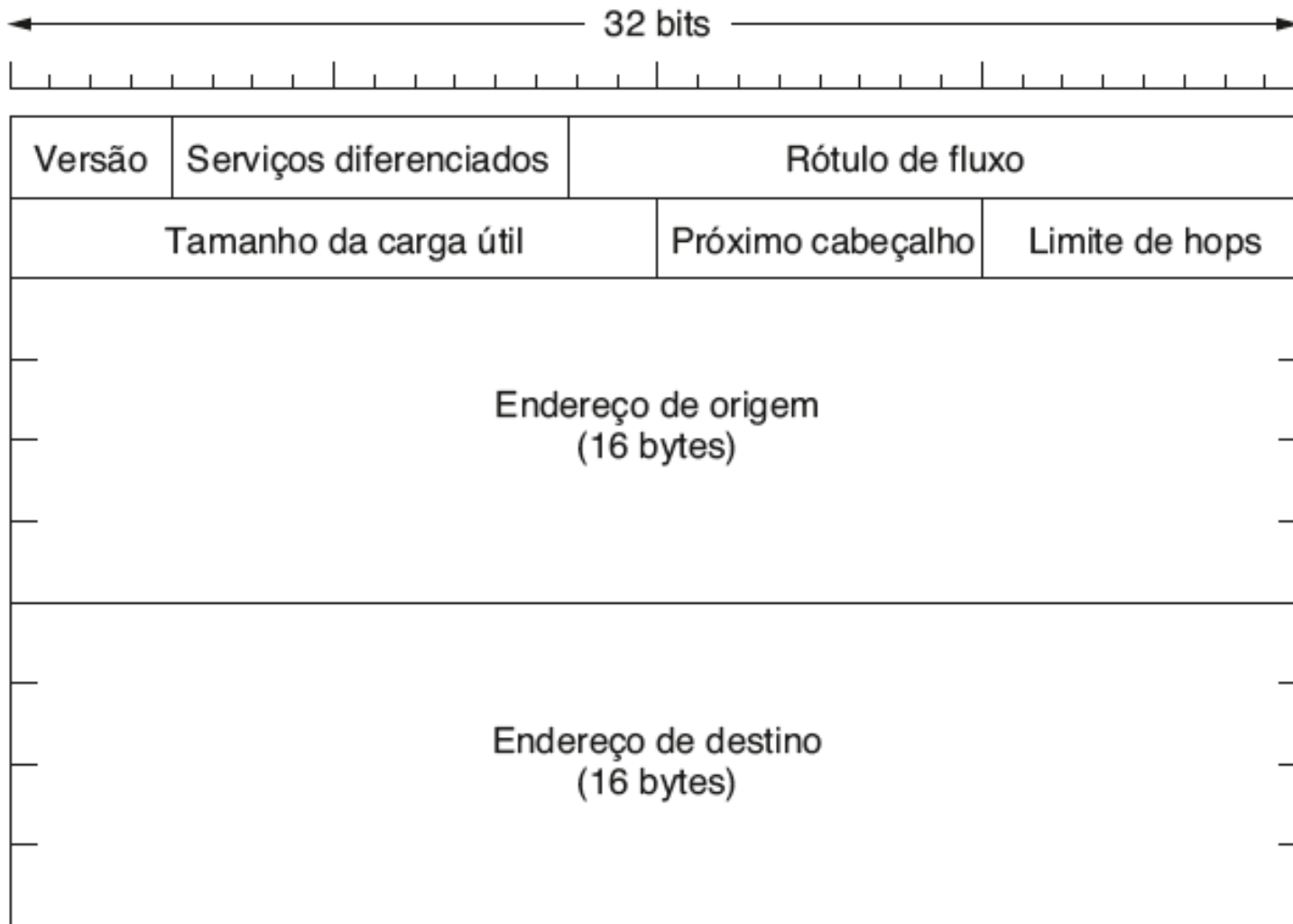


Disposição e operação de um NAT.

Características do IP versão 6

- Suporte a bilhões de hosts
- Redução das tabelas de roteamento
- Protocolo simplificado
- Melhoria na segurança
- Cuidado com o tipo de serviço
- Auxílio ao multicasting
- Deslocamento de hosts sem alteração do IP
- Possibilidade de evolução do protocolo
- Coexistência entre protocolos antigos e novos

IP versão 6



Cabeçalho fixo do IPv6 (exigência).

IP versão 6

Cabeçalho de extensão	Descrição
Hop-by-hop options	Informações diversas para os roteadores
Destination options	Informações adicionais para o destino
Routing	Lista parcial de roteadores a visitar
Fragmentation	Gerenciamento de fragmentos de datagramas
Authentication	Verificação da identidade do transmissor
Encrypted security payload	Informações sobre o conteúdo criptografado

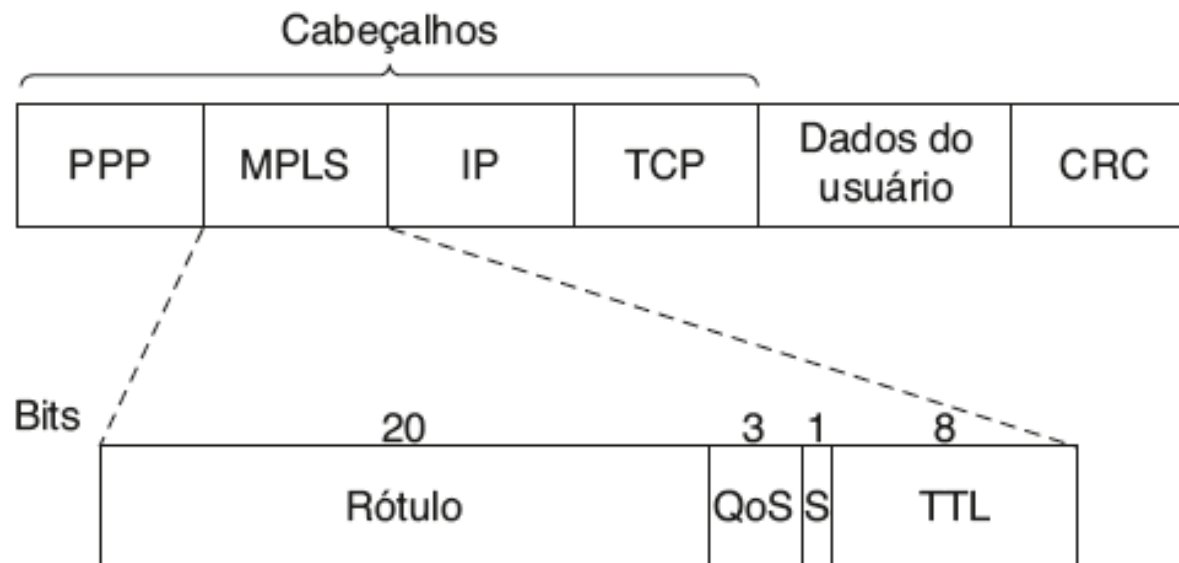
Cabeçalhos de extensão do IPv6 (next header).

Protocolo de Controle da Internet (ICMP)

Tipo de mensagem	Descrição
Destination unreachable	O pacote não pôde ser entregue
Time exceeded	O campo TTL atingiu 0
Parameter problem	Campo de cabeçalho inválido
Source quench	Restringe o envio de pacotes
Redirect	Ensina uma rota a um roteador
Echo e Echo reply	Verificam se uma máquina está ativa
Timestamp request/reply	O mesmo que Echo, mas com registro de tempo
Router advertisement/solicitation	Encontra um roteador próximo

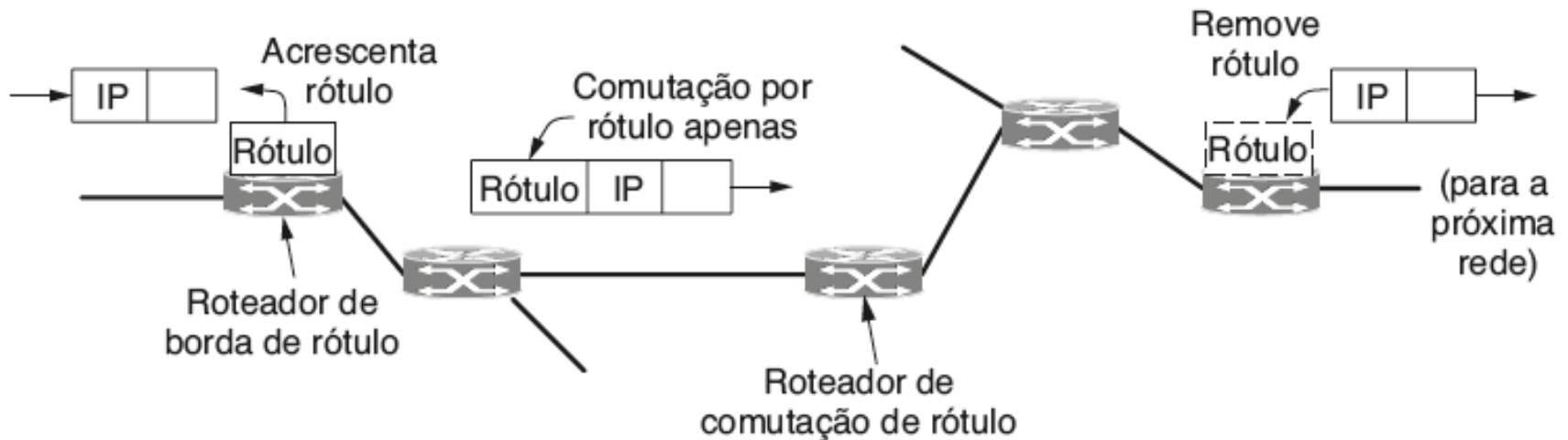
Os principais tipos de mensagens ICMP.

Rótulo de comutação e MPLS



Transmissão de segmento TCP usando IP, MPLS e PPP.

Rótulo de comutação e MPLS



Encaminhamento de pacote IP por uma rede MPLS.