

PTC 3450 - Aula 20

4.3 O Protocolo da Internet (IP): Repasse e Endereçamento na Internet

4.4 Repasse generalizado e SDN

(Kurose, p. 263 - 274)

(Peterson, p. 147-163)

09/06/2017

Capítulo 4: conteúdo

4.1 Introdução à camada de rede

- Plano de dados
- Plano de controle

4.2 o que tem dentro de um roteador?

4.3 IP: *Internet Protocol*

- formato do datagrama
- fragmentação
- endereçamento IPv4
- NAT
- **IPv6**

4.4 Repasse generalizado e SDN

- Casamento
- Ação
- Exemplos OpenFlow de casamento-mais-ação em andamento

IPv6: motivação

- ❖ *motivação inicial*: espaço de endereços de 32 bits em breve estará completamente alocada (percebeu-se no começo da década de 90!)
- ❖ IPv6 – [RFC 1883](#) (dez/1995)... [RFC 7112](#) (jan/2014)
- ❖ Feb. 2011 – IANA alocou último conjunto de endereços IPv4 a registrador regional
- ❖ Feb. 2017 – [LACNIC anuncia esgotamento de endereços para América do Sul e Caribe](#)
- ❖ *motivações adicionais*:
 - formato de cabeçalho ajuda a aumentar velocidade de processamento/repassagem
 - cabeçalho muda para facilitar QoS

formato datagrama IPv6 :

- cabeçalho de comprimento fixo 40 bytes
- não é permitida fragmentação

Endereços IPv6

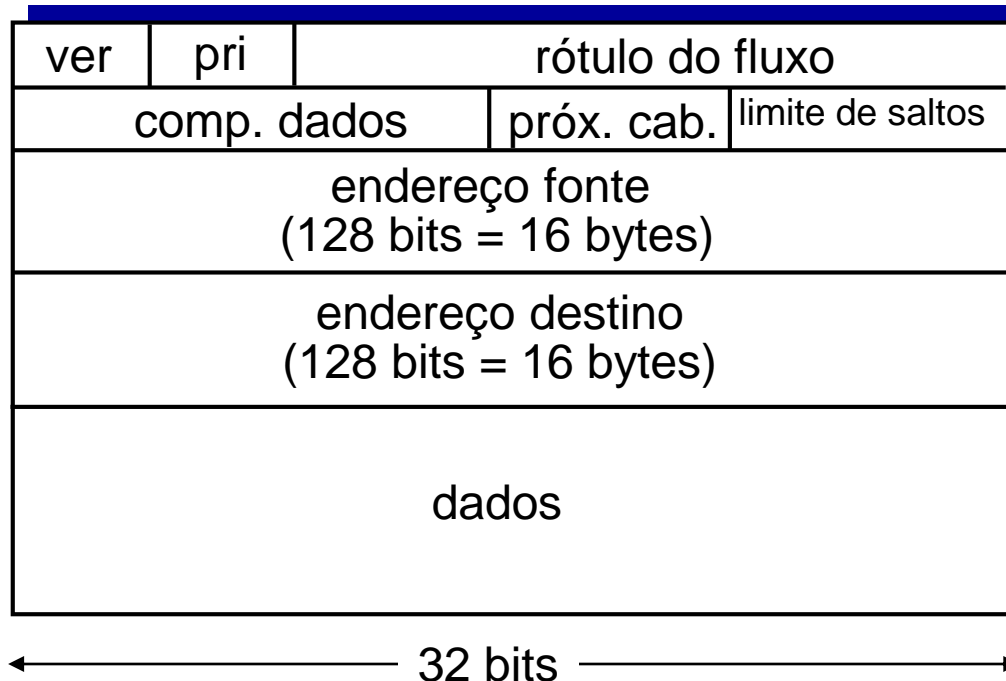
- ❖ Endereços com 128 bits ou 16 bytes
 - ❖ Permite $3,4 \times 10^{38}$ endereços!
 - ❖ Existem da ordem de [10²² estrelas no universo](#)
 - ❖ Existem da ordem de [10²² grãos de areia na Terra](#)
 - ❖ Os endereços IPv6 são escritos como oito grupos de 4 dígitos hexadecimais.
 - ❖ Por exemplo,
 - `2001:0db8:85a3:08d3:1319:8a2e:0370:7344`
 - ❖ Se um grupo de vários dígitos seguidos for 0000, pode ser omitido.
 - ❖ Por exemplo,
 - `2001:0db8:85a3:0000:0000:0000:0000:7344`
- é o mesmo endereço IPv6 que:
- `2001:0db8:85a3::7344`

Formato do datagrama IPv6

prioridade: identifica prioridade entre fluxo de datagramas (8 bits)

rótulo do fluxo: identifica datagramas no mesmo “fluxo.” (20 bits)
(conceito de “fluxo” ainda não bem definida).

próximo cabeçalho: identifica protocolo da camada superior para dados

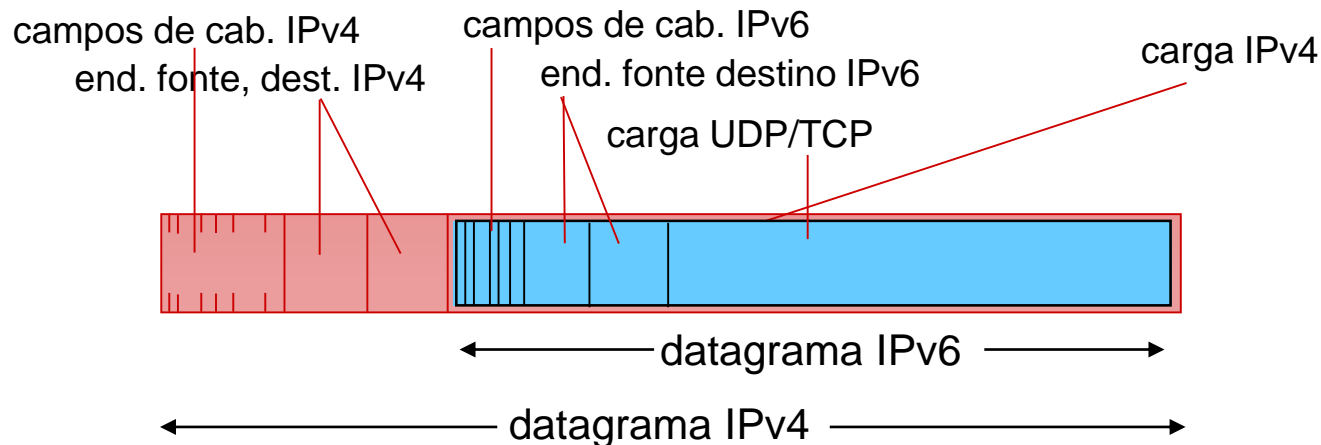


Outras mudanças em relação ao IPv4

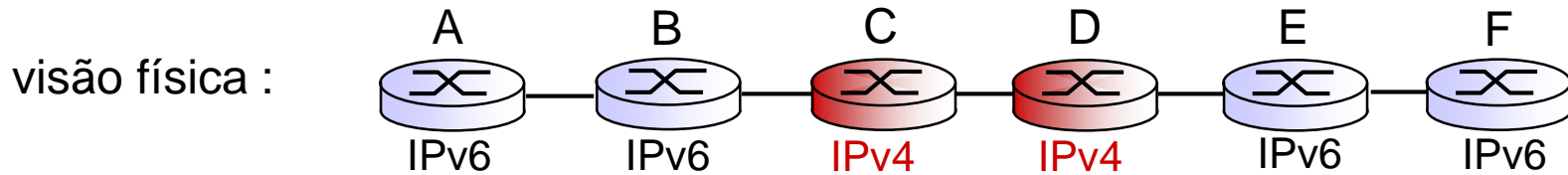
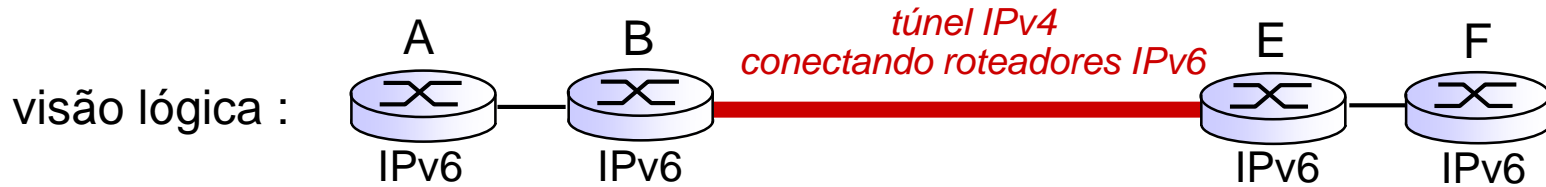
- ❖ *checksum*: removido inteiramente para reduzir o tempo de processamento em cada salto
- ❖ *opções*: permitidas, mas fora do cabeçalho, indicado pelo campo “Próximo Cabeçalho”
- ❖ *ICMPv6*: nova versão do ICMP [[RFC 2463](#) (1998) ... [RFC 4884](#) (2007)]
 - tipos de mensagens adicionais, e.g. “Pacote Muito Grande”
 - incorpora funções de gerenciamento de grupos *multicast* ([IGMP](#))

Transição do IPv4 para IPv6

- ❖ nem todos os roteadores podem ser atualizados simultaneamente
 - sem “dia D”
 - Como a rede opera com roteadores IPv4 e IPv6 misturados?
- ❖ **tunelamento**: datagrama IPv6 carregado como dados em datagrama IPv4 entre roteadores IPv4



Tunelamento

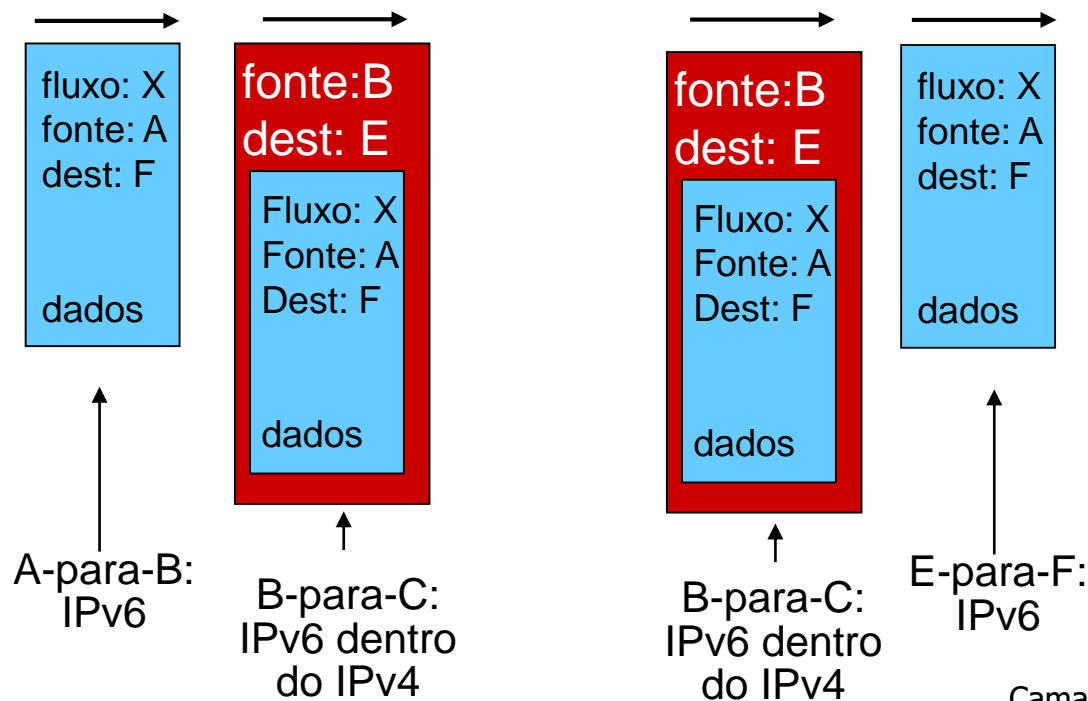
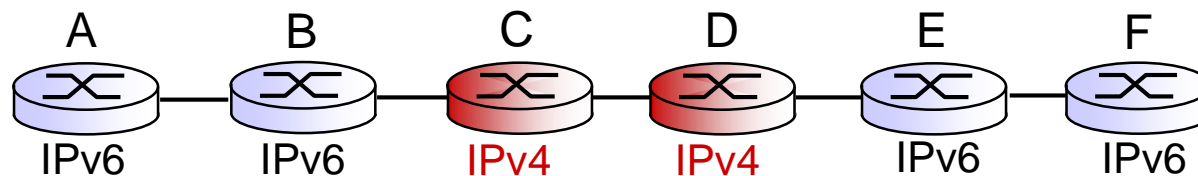


Tunelamento

visão lógica:



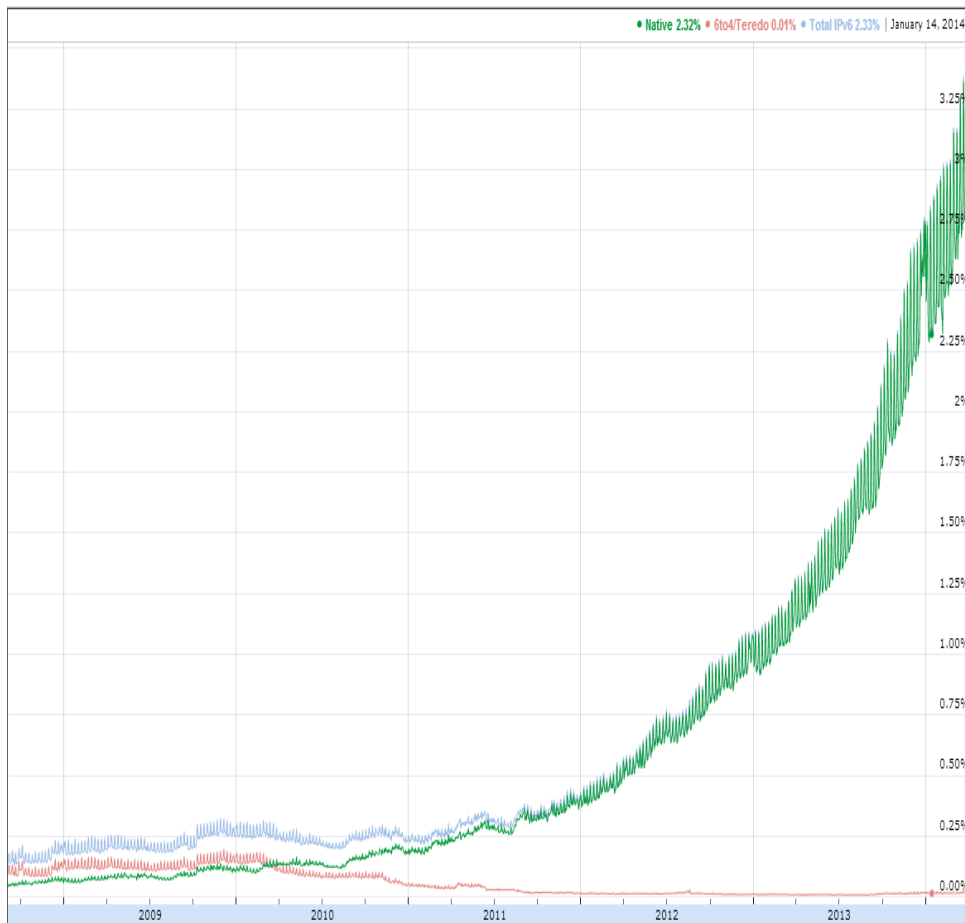
visão física:



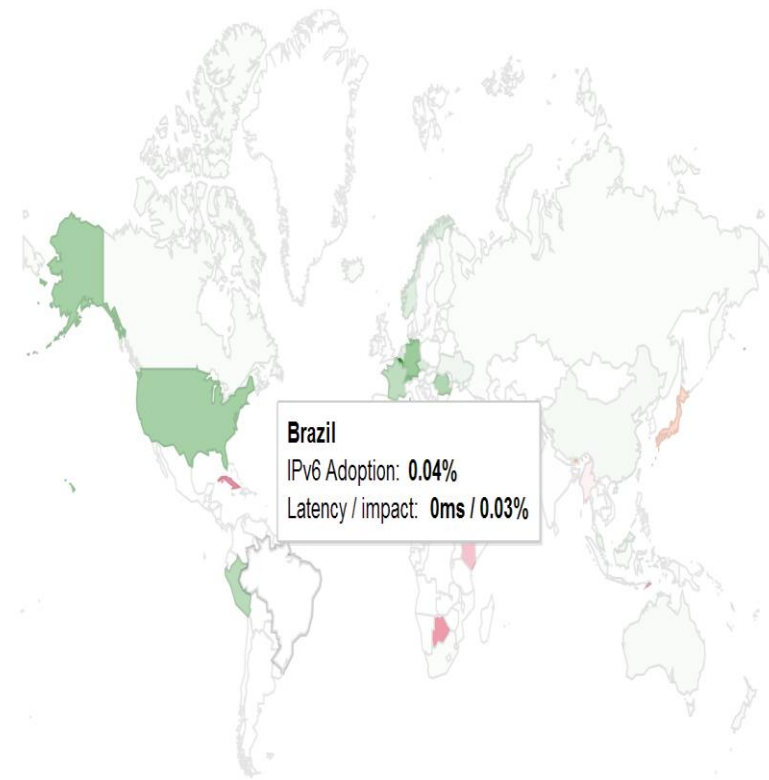
Estado em janeiro de 2014

Veja

- <http://ipv6.br/>
- <http://www.google.com/intl/en/ipv6/statistics.html#tab=ipv6-adoption>



Per-Country IPv6 adoption



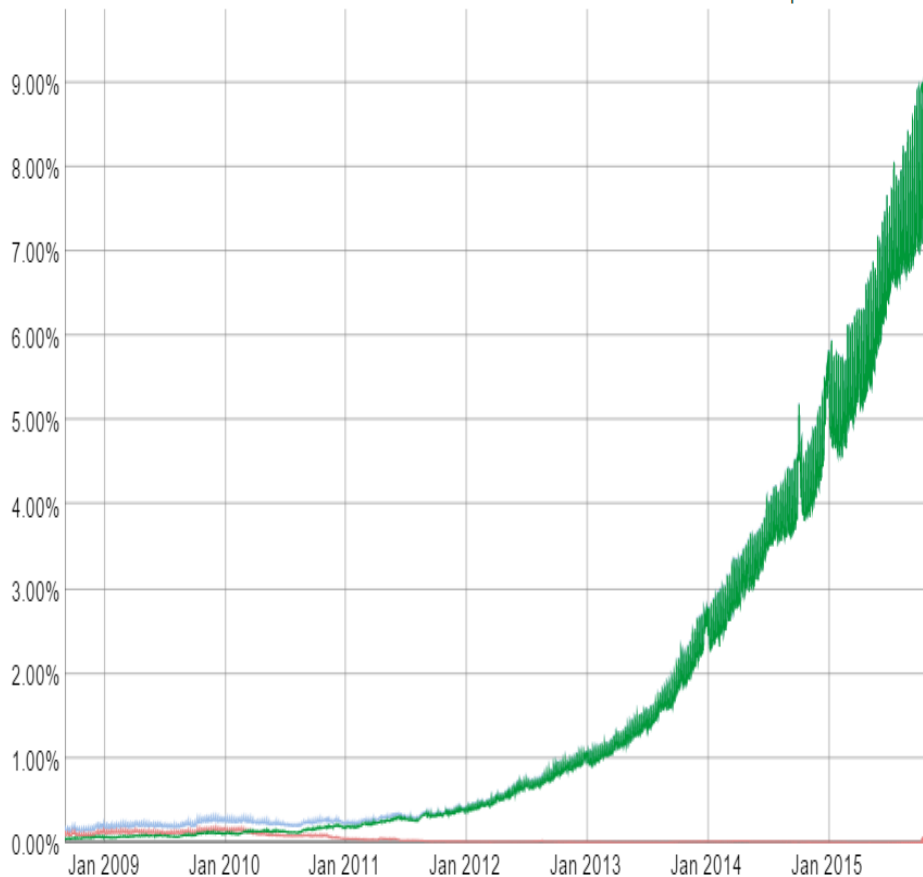
Camada de rede 4-10

Estado em outubro 2015

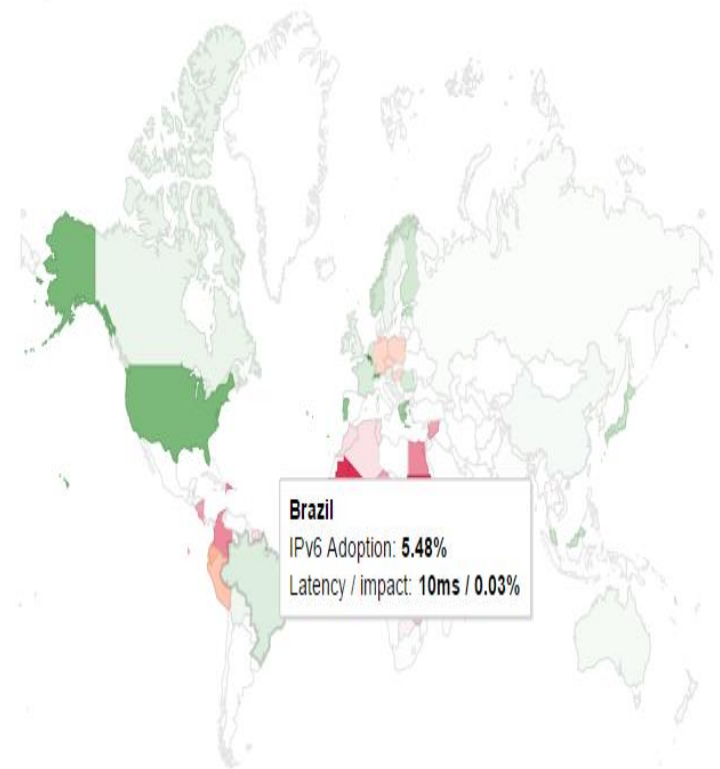
Veja

- <http://ipv6.br/>
- <http://www.google.com/intl/en/ipv6/statistics.html#tab=ipv6-adoption>

Native: 8.94% 6to4/Teredo: 0.01% Total IPv6: 8.94% | 18 de out de 2015



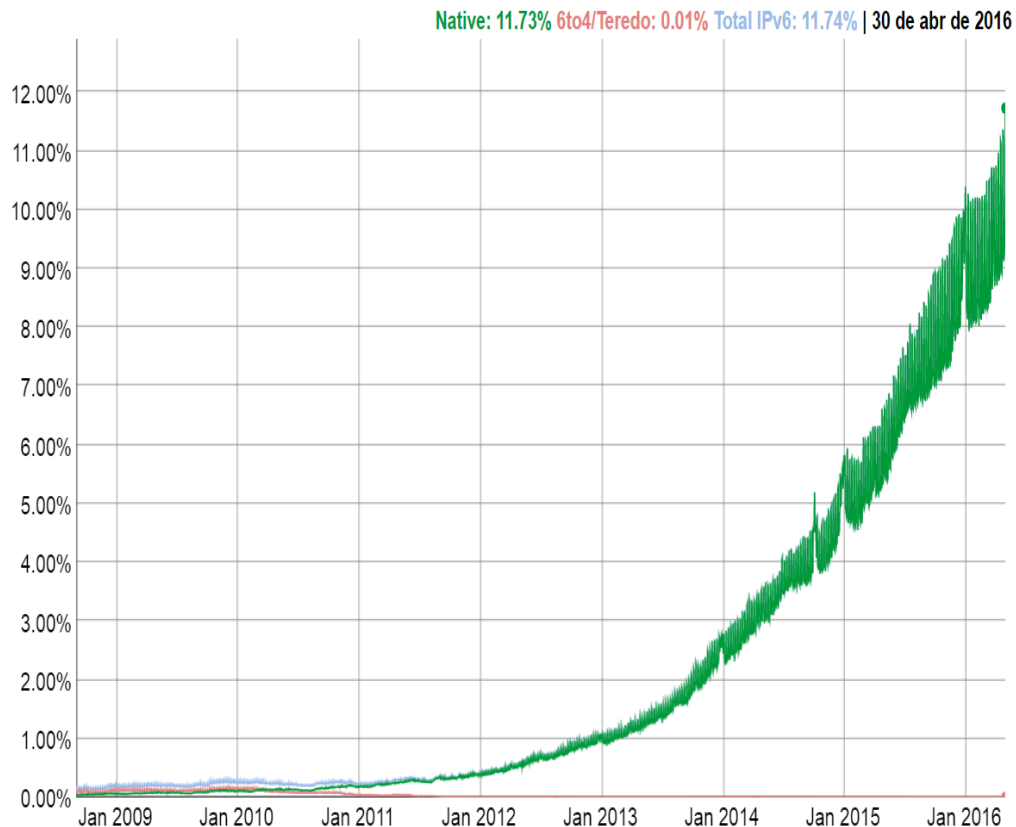
Per-Country IPv6 adoption



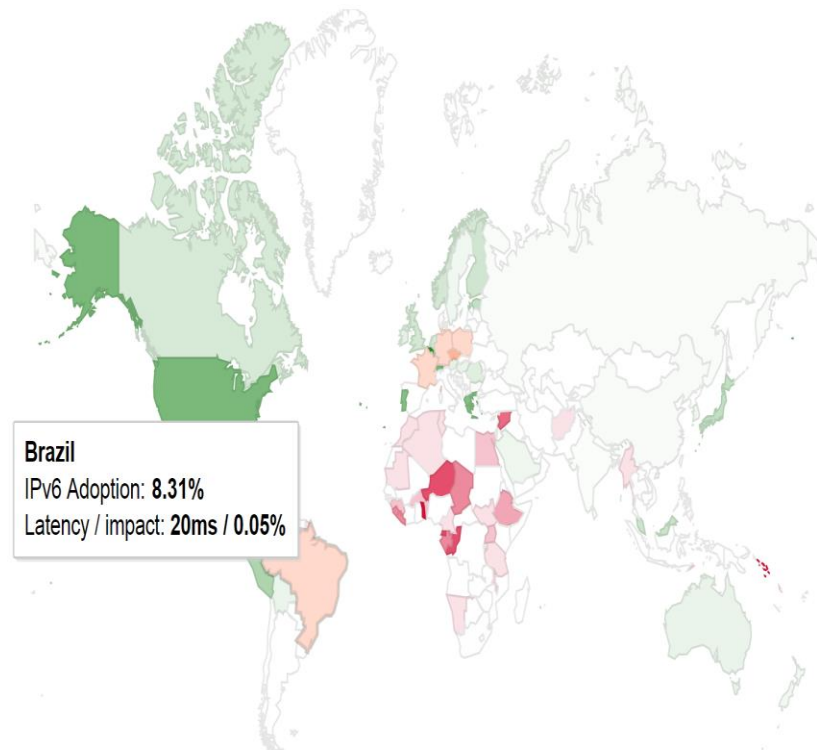
Estado atual: abril 2016

Veja

- <http://ipv6.br/>
- <http://www.google.com/intl/en/ipv6/statistics.html#tab=ipv6-adoption>



Per-Country IPv6 adoption

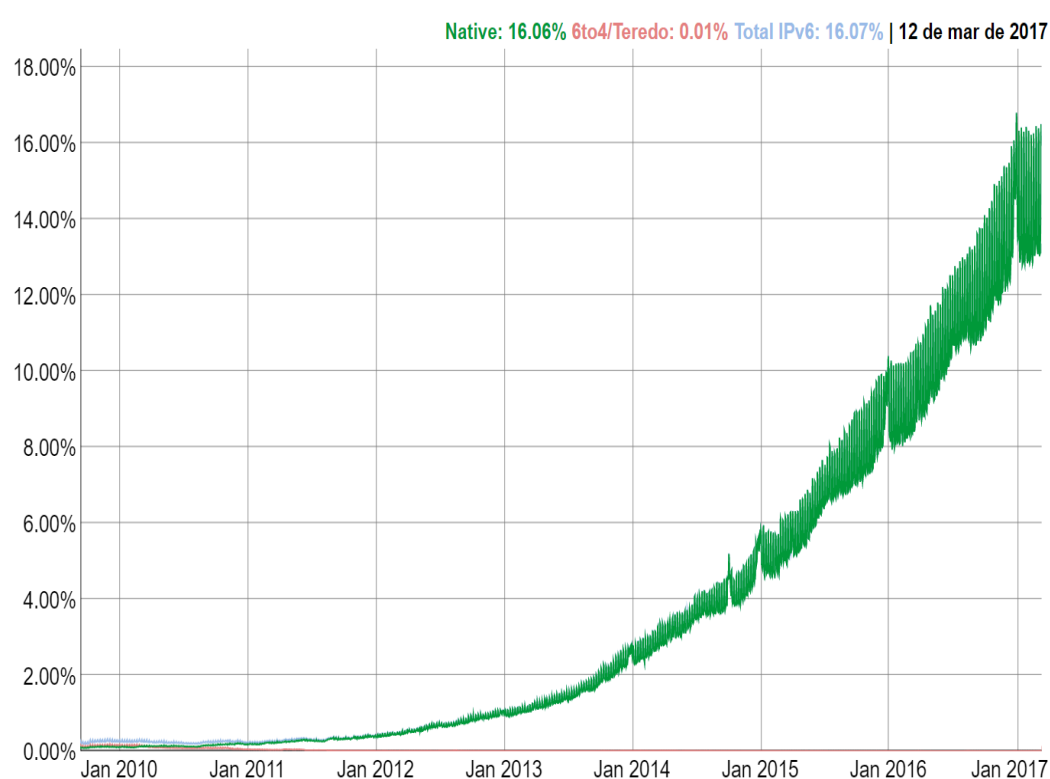


Estado atual: março 2017

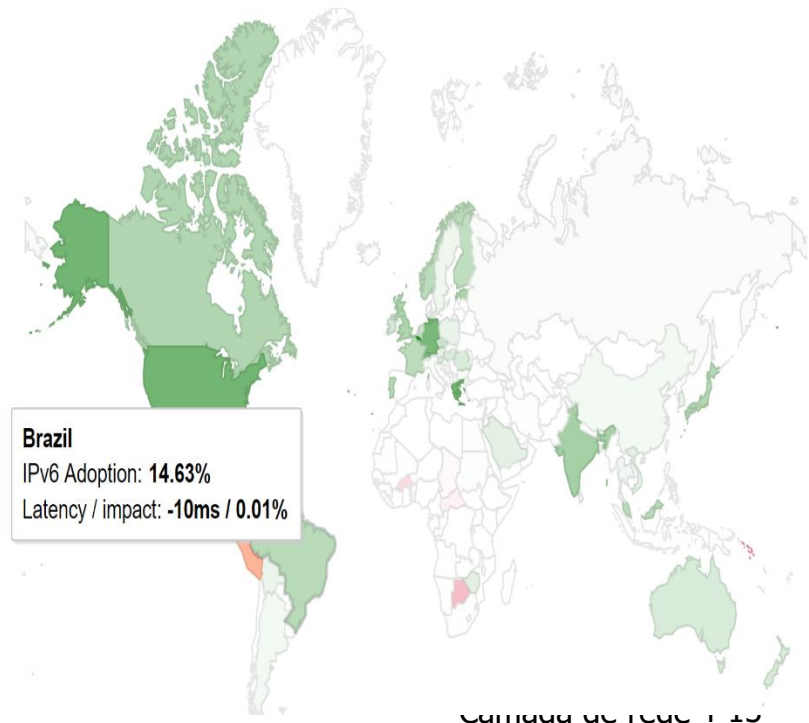
Veja

- <http://ipv6.br/> - Teste sua conectividade IPv6
- <http://www.google.com/intl/en/ipv6/statistics.html#tab=ipv6-adoption>

We are continuously measuring the availability of IPv6 connectivity among Google users. The graph shows the percentage of users that access Google over IPv6.



Per-Country IPv6 adoption



Capítulo 4: conteúdo

4.1 Introdução à camada de rede

- Plano de dados
- Plano de controle

4.2 o que tem dentro de um roteador?

4.3 IP: *Internet Protocol*

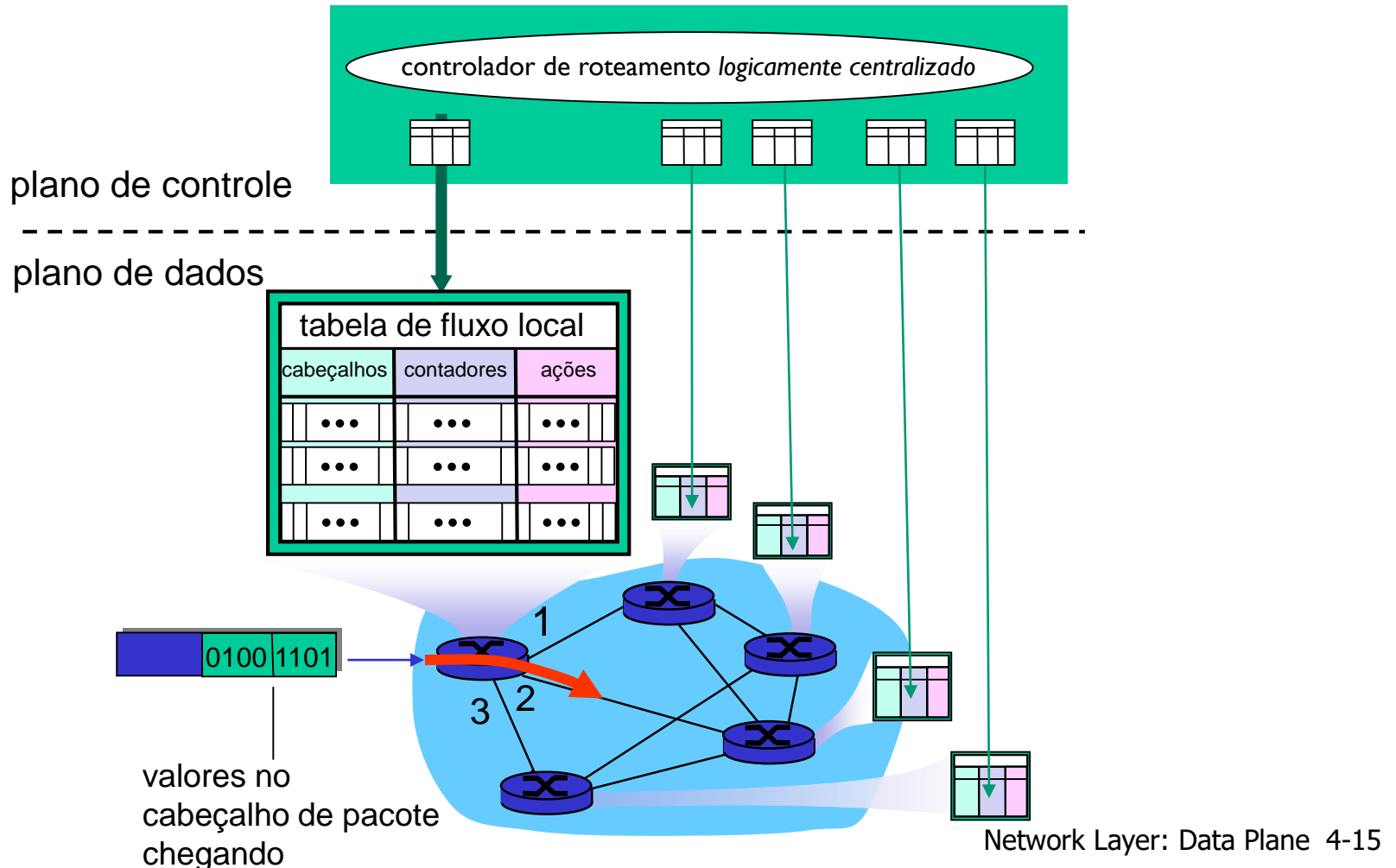
- formato do datagrama
- fragmentação
- endereçamento IPv4
- NAT
- IPv6

4.4 Repasse generalizado e SDN

- Casamento
- Ação
- Exemplos OpenFlow de casamento-mais-ação em andamento

Repasse generalizado e SDN

Cada roteador contém uma *tabela de fluxo (flow table)* que é computada e distribuída por um controlador de roteamento *logicamente centralizado*



Abstração do plano de dados OpenFlow

- *fluxo*: definido pelos campos de cabeçalho
- repasse generalizado: regras simples de manipulação de pacotes – como comutador atua é *definido por software* (SDN)
 - *Padrão*: casa valores nos campos de cabeçalho do pacote
 - *Ações: para pacote casado*: eliminar, repassar, modificar, enviar pacote para controlador, ...
 - *Prioridade*: eliminar ambiguidade de padrões que se sobrepõem
 - *Contadores*: #bytes e # pacotes

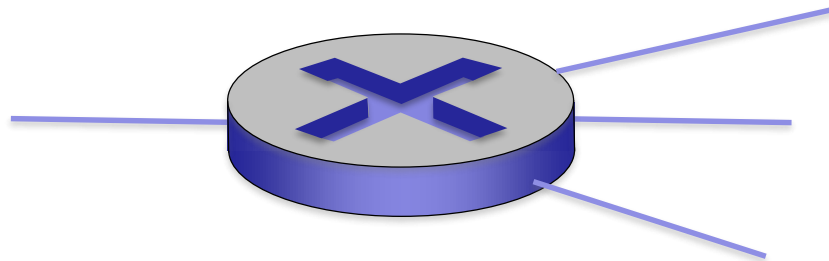
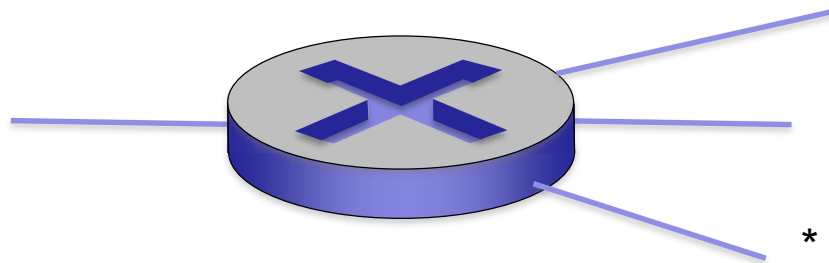


Tabela de fluxo em um roteador (comutador de pacotes) é computada e distribuída pelo controlador e define regras para casamento+ação do roteador

Abstração do plano de dados OpenFlow

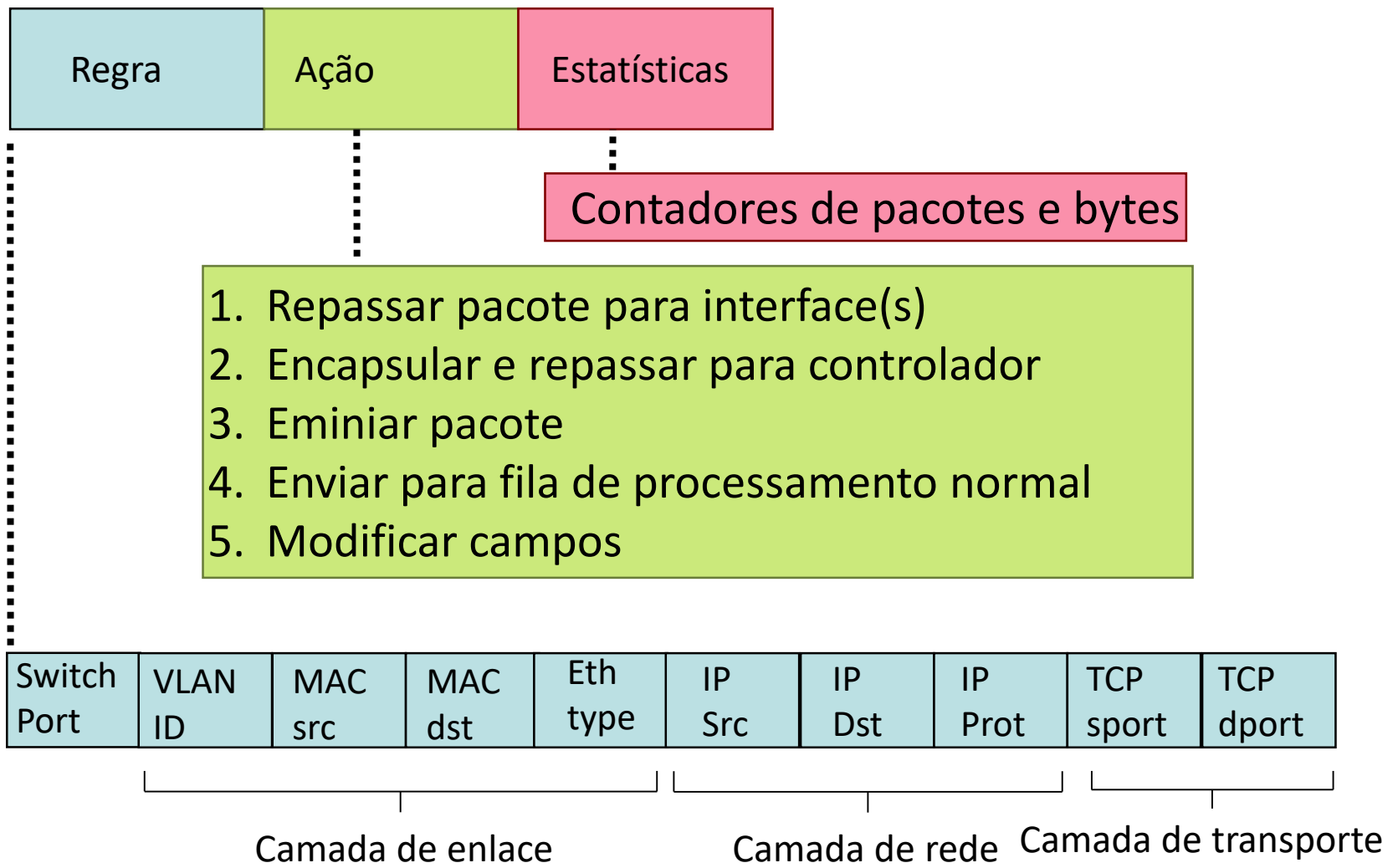
- *fluxo*: definido pelos campos de cabeçalho
- repasse generalizado: regras simples de manipulação de pacotes
 - *Padrão*: casa valores nos campos de cabeçalho do pacote
 - *Ações: para pacote casado*: eliminar (*drop*), repassar, modificar, enviar pacote para controlador, ...
 - *Prioridade entre campos*: eliminar ambiguidade de padrões que se sobrepõem
 - *Contadores*: #bytes e # pacotes



* : coringa (*wildcard*)

1. src=1.2.*.* , dest=3.4.5.* → eliminar (*drop*)
2. src = *.*.*.* , dest=3.4.*.* → repassar para saída 2
3. src=10.1.2.3, dest=*.*.*.* → enviar para controlador

OpenFlow 1.0: Entradas da Tabela de fluxo



Exemplos

Repasse baseado no destino (roteador tradicional) :

Switch Port	MAC src	MAC dst	Eth type	VLAN ID	IP Src	IP Dst	IP Prot	TCP sport	TCP dport	Ação
*	*	*	*	*	*	51.6.0.8	*	*	*	porta 6

datagramas IP destinados ao endereço IP 51.6.0.8 devem ser repassados para a interface de saída 6 do comutador

Firewall:

Switch Port	MAC src	MAC dst	Eth type	VLAN ID	IP Src	IP Dst	IP Prot	TCP sport	TCP dport	Ação
*	*	*	*	*	*	*	*	*	81	drop

não repassar pacotes (bloquear) todos datagramas destinados à porta TCP 81

Switch Port	MAC src	MAC dst	Eth type	VLAN ID	IP Src	IP Dst	IP Prot	TCP sport	TCP dport	Ação
*	*	*	*	*	128.119.1.1	*	*	*	*	drop

não repassar (bloquear) todos os datagrmas enviados pelo host 128.119.1.1

Exemplos

Repasse baseado na camada 2 (switch):

Switch Port	MAC src	MAC dst	Eth type	VLAN ID	IP Src	IP Dst	IP Prot	TCP sport	TCP dport	Ação
*	22:A7:23: 11:E1:02	*	*	*	*	*	*	*	*	porta 6

quadros de camada 2 do endereço MAC 22:A7:23:11:E1:02 devem ser repassados para interface de saída 3

Abstração *OpenFlow*

- *casamento+ação*: unifica diferentes tipos de dispositivos
- Roteador
 - *casamento*: prefixo IP de destino mais longo
 - *ação*: repassa para um enlace de saída
- *Switch*
 - *casamento*: endereço MAC destino
 - *ação*: repassa ou inunda
- *Firewall*
 - *casamento*: endereços IP ou números de porta TCP/UDP
 - *action*: repassa ou elimina
- NAT
 - *casamento*: número IP e porta
 - *ação*: reescreve endereço e porta

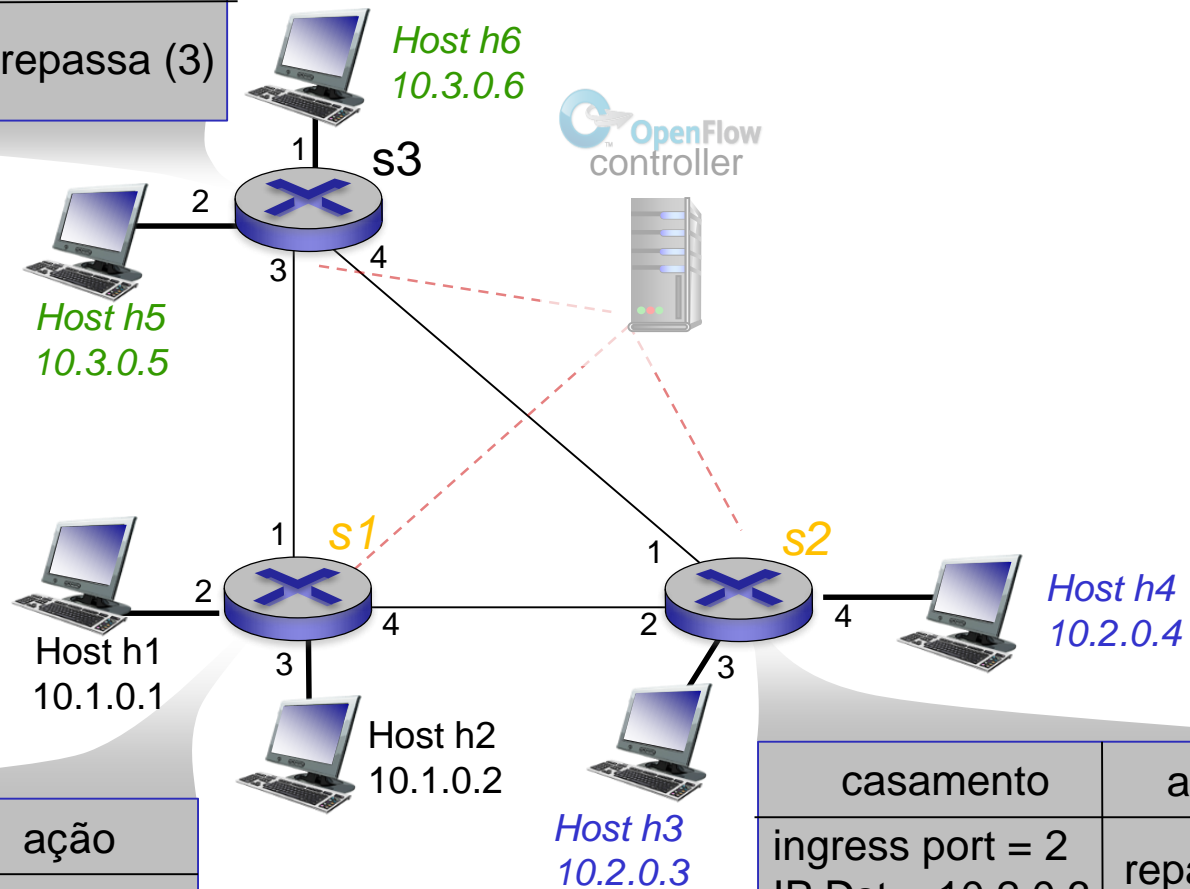
Para saber mais: veja [aqui](#)

Software livre: [aqui](#) Exemplo CISCO: [aqui](#)

Exemplo OpenFlow

Exemplo: datagramas dos hosts *h5* e *h6* devem ser enviados para *h3* ou *h4*, via *s1* e de lá para *s2*

casamento	ação
IP Src = 10.3.*.* IP Dst = 10.2.*.*	repassa (3)



casamento	ação
ingress port = 1 IP Src = 10.3.*.* IP Dst = 10.2.*.*	repassa (4)

casamento	ação
ingress port = 2 IP Dst = 10.2.0.3	repassa (3)
ingress port = 2 IP Dst = 10.2.0.4	repassa (4)

Capítulo 4: ok!

4.1 Introdução à camada de rede

- Plano de dados
- Plano de controle

4.2 o que tem dentro de um roteador?

4.3 IP: *Internet Protocol*

- formato do datagrama
- fragmentação
- endereçamento IPv4
- NAT
- IPv6

4.4 Repasse generalizado e SDN

- Casamento
- Ação
- Exemplos OpenFlow de casamento-mais-ação em andamento

Questão: como as tabelas de repasse (repasse baseado no destino) ou as tabelas de fluxo (repasse generalizado) são computadas?

Resposta: pelo plano de controle (a seguir!)