



RIPE NCC
RIPE NETWORK COORDINATION CENTRE

Fundamentos do IPv6

Formação

Dezembro 2024

Material de Formação RIPE NCC



O material de formação encontra-se disponível na seguinte ligação

<https://www.ripe.net/training-material>



Horário



09h00 - 09h30

Café, Chá

11h00 - 11h15

Coffee Break

13h00 - 14h00

Almoço

15h30 - 15h45

Coffee Break

17h30

Fim

Introduções



- Nome
- Experiência com IPv6
- Objetivos

Visão geral



- IPv4?
- Noções básicas sobre Endereços IPv6
- Como o obter
- Exercício: Realizar atribuições
- Noções Básicas sobre Protocolo IPv6
- Exercício: Plano de Endereço
- Pacotes IPv6
- Implementação
- Exercício: Configurar o IPv6
- Implementação de IPv6 na Vida Real
- Dicas



IPv4?

Secção 1

Atingir os próximos mil milhões



- Cerca de 5,385 mil milhões atuais de utilizadores da Internet
 - cerca de 67,9 % de todas as pessoas no mundo
- Telefones, câmaras IP, dispositivos “smart” / Gateways são dispositivos de Internet
- A Internet das Coisas
 - Como será a Internet daqui a 5 - 10 anos?

A Internet das Coisas

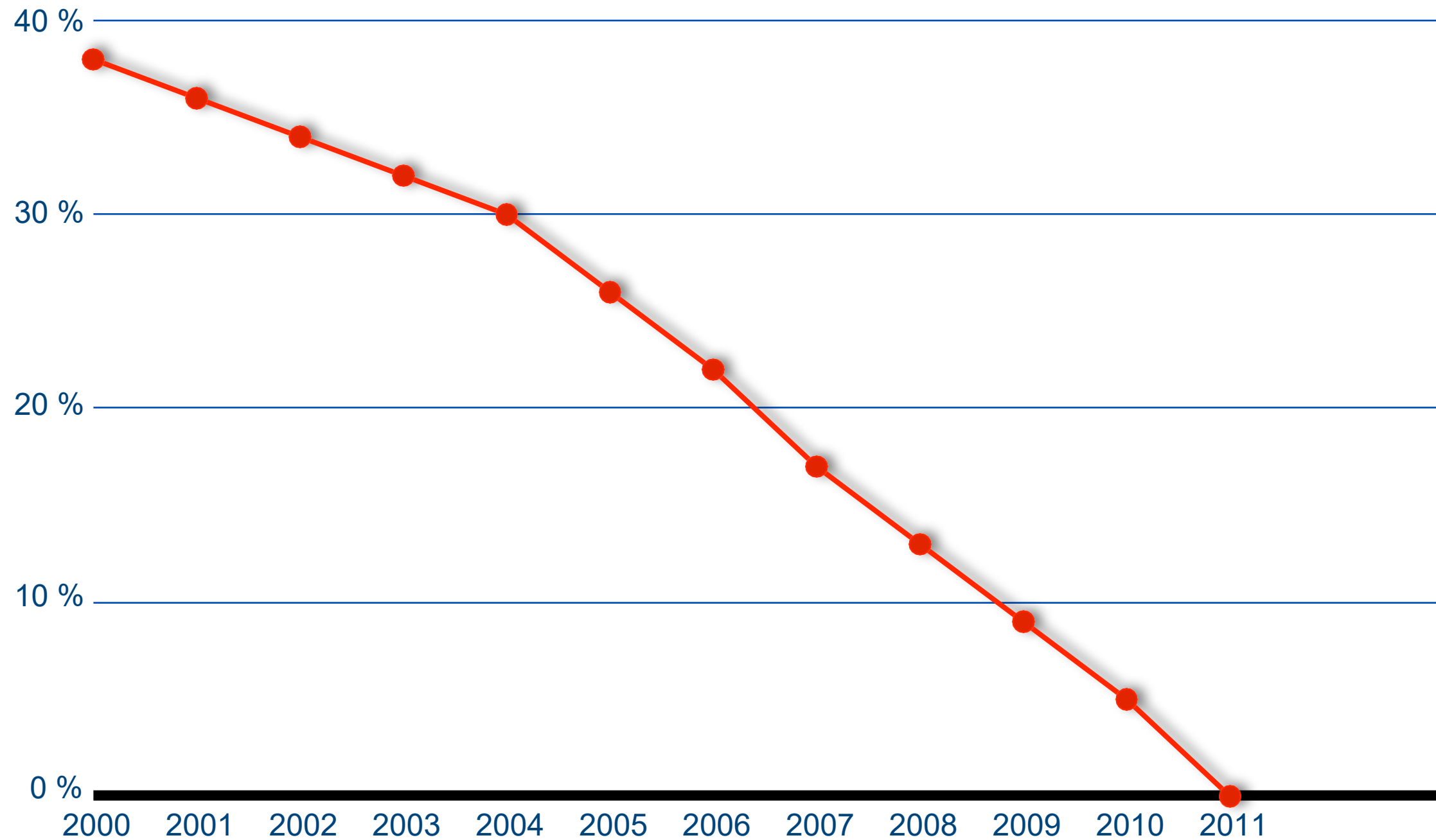


Libelium Smart World



http://www.libelium.com/top_50_iot_sensor_applications_ranking
© Libelium Comunicaciones Distribuidas S.L.

Pool de IANA de IPv4



Exaustão do IPv4



“A 14 de setembro de 2012, o RIPE NCC esgotou a sua pool regular de IPv4”



Esgotamento de IPv4



“Hoje, às 15:35 (UTC+1) de 25 de novembro de 2019, fizemos a nossa última alocação /22 IPv4 dos últimos endereços disponíveis na nossa pool. Esgotámos os nossos endereços IPv4.”



A nossa realidade: a lista de espera



1. Submeter o formulário de pedido de alocação IPv4 no Portal LIR (/24)
2. Esperar

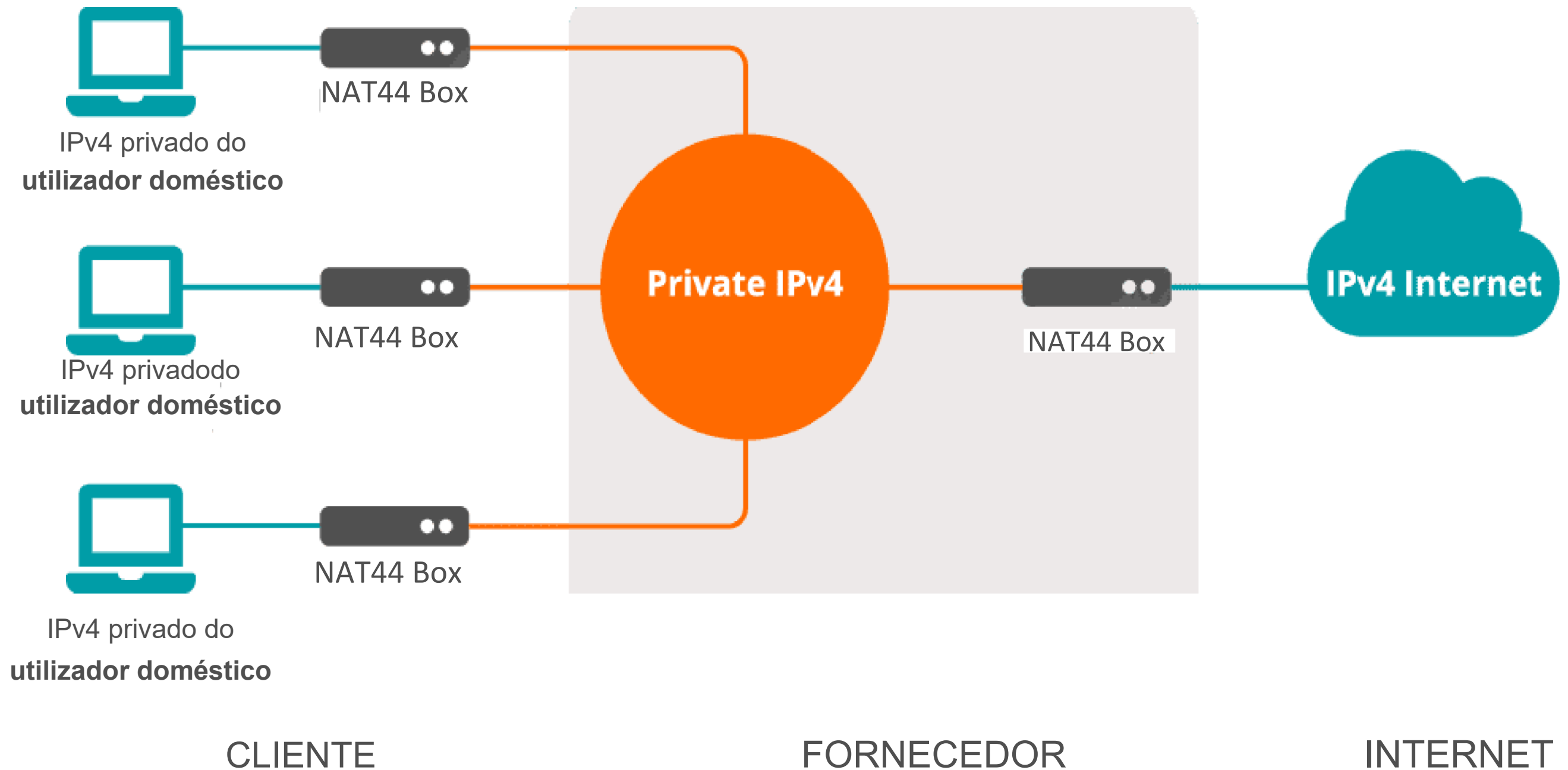


Tradução de Endereços de Rede



- Aumenta a capacidade do espaço de endereços IPv4 através da partilha de um endereço IPv4 entre clientes
- Tecnologia bastante comum, utilizada globalmente
- Quebra o modelo de conectividade ponta a ponta
- Não permite comunicação com IPv6!
- É provável que venha a precisar dele

NAT em grande escala

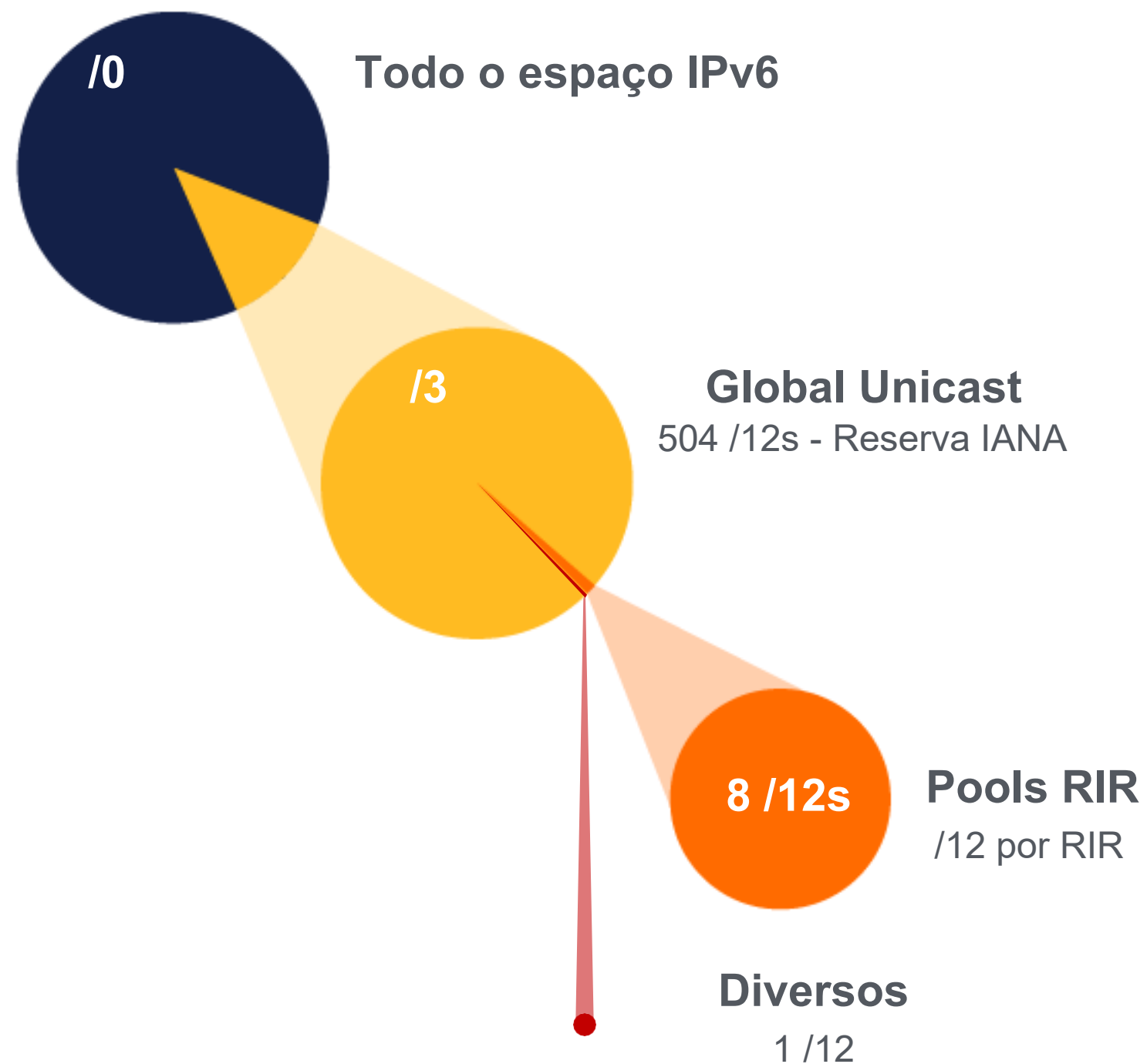




Noções básicas sobre endereços IPv6

Secção 2

Distribuição de endereços IP



Pools RIR



Outubro 2006

RIR	Alcance IPv6
AFRINIC	2C00:0000::/12
APNIC	2400:0000::/12
ARIN	2600:0000::/12
LACNIC	2800:0000::/12
RIPE NCC	2A00:0000::/12

Junho 2019

RIPE NCC	2A10:0000::/12
-----------------	----------------

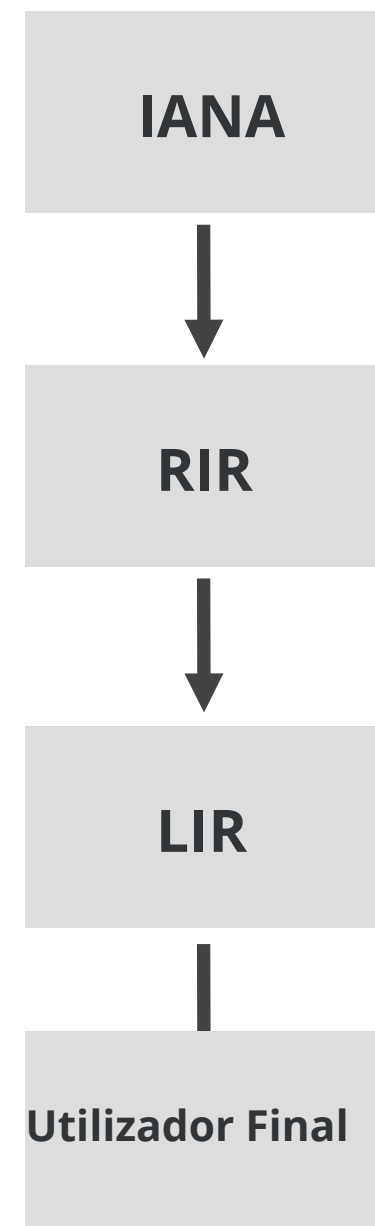
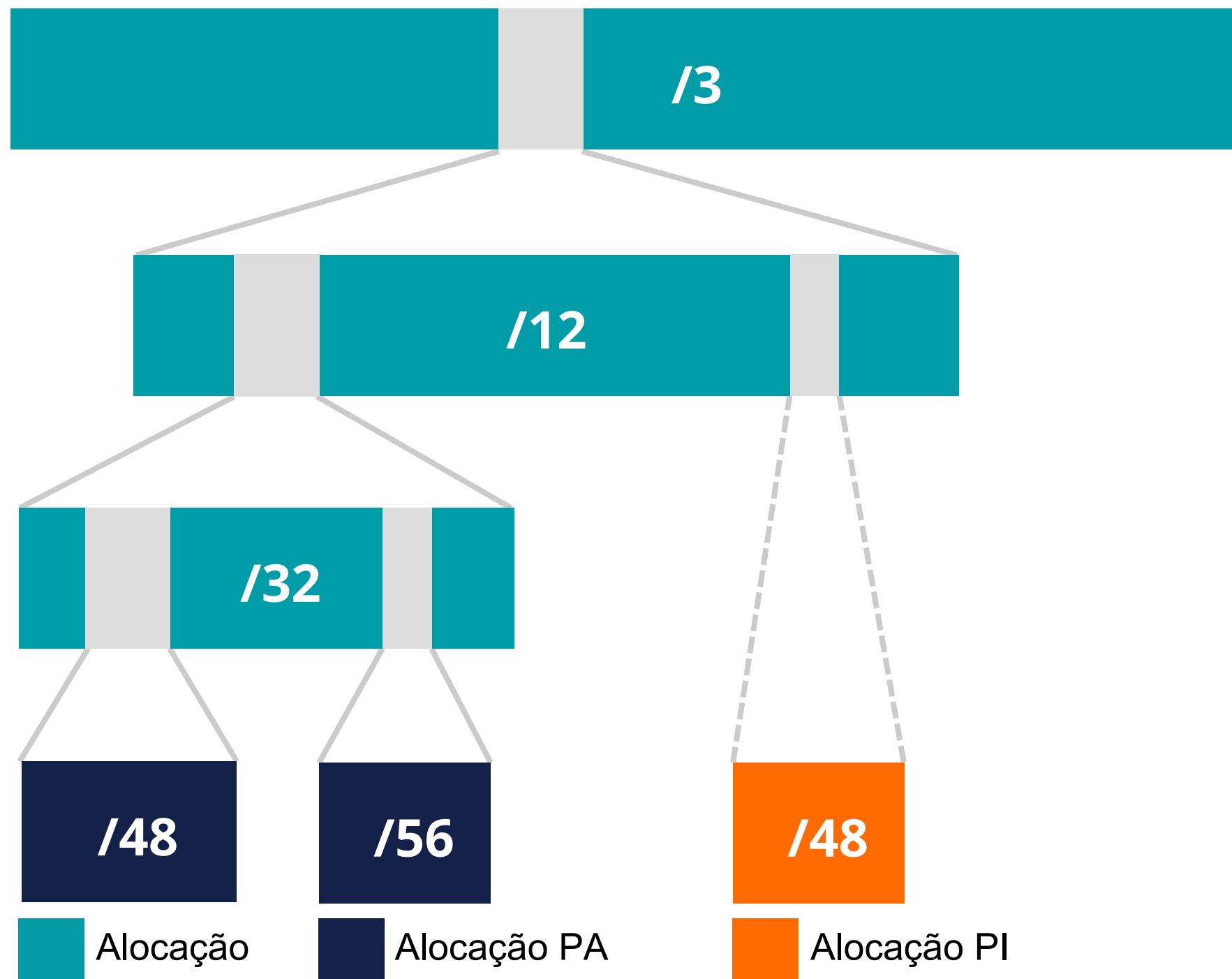
Novembro 2019

ARIN	2630:0000::/12
-------------	----------------

Novembro 2024

APNIC	2410:0000::/12
--------------	----------------

Distribuição de endereços IP



Noções básicas sobre endereços IPv6



- Endereço IPv6: **128 bits**
 - 32 bits em IPv4
- Cada sub-rede deter ser um **/64**
- Atribuições de clientes (websites) entre:
 - **/64** (1 sub-rede)
 - **/48** (65 536 sub-redes)
- Tamanho de alocação mínimo **/32**
 - 65 536 /48s
 - 16 777 216 /56s

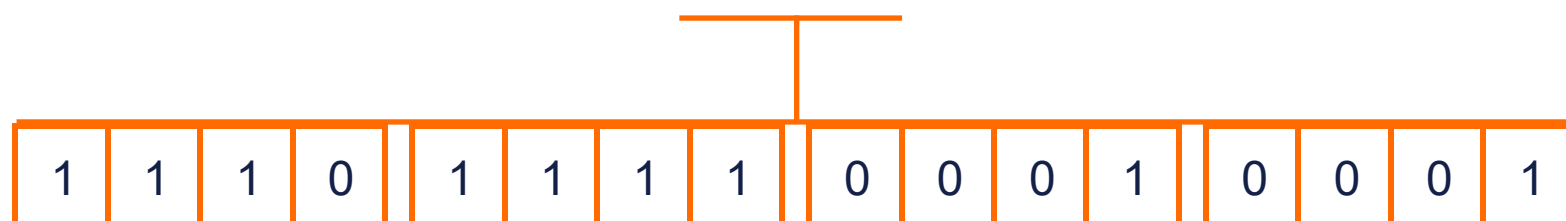
Notação de endereços



2001:0db8:003e:ef11:0000:0000:c100:004d

2001:0db8:003e:ef11:0000:0000:c100: 004d

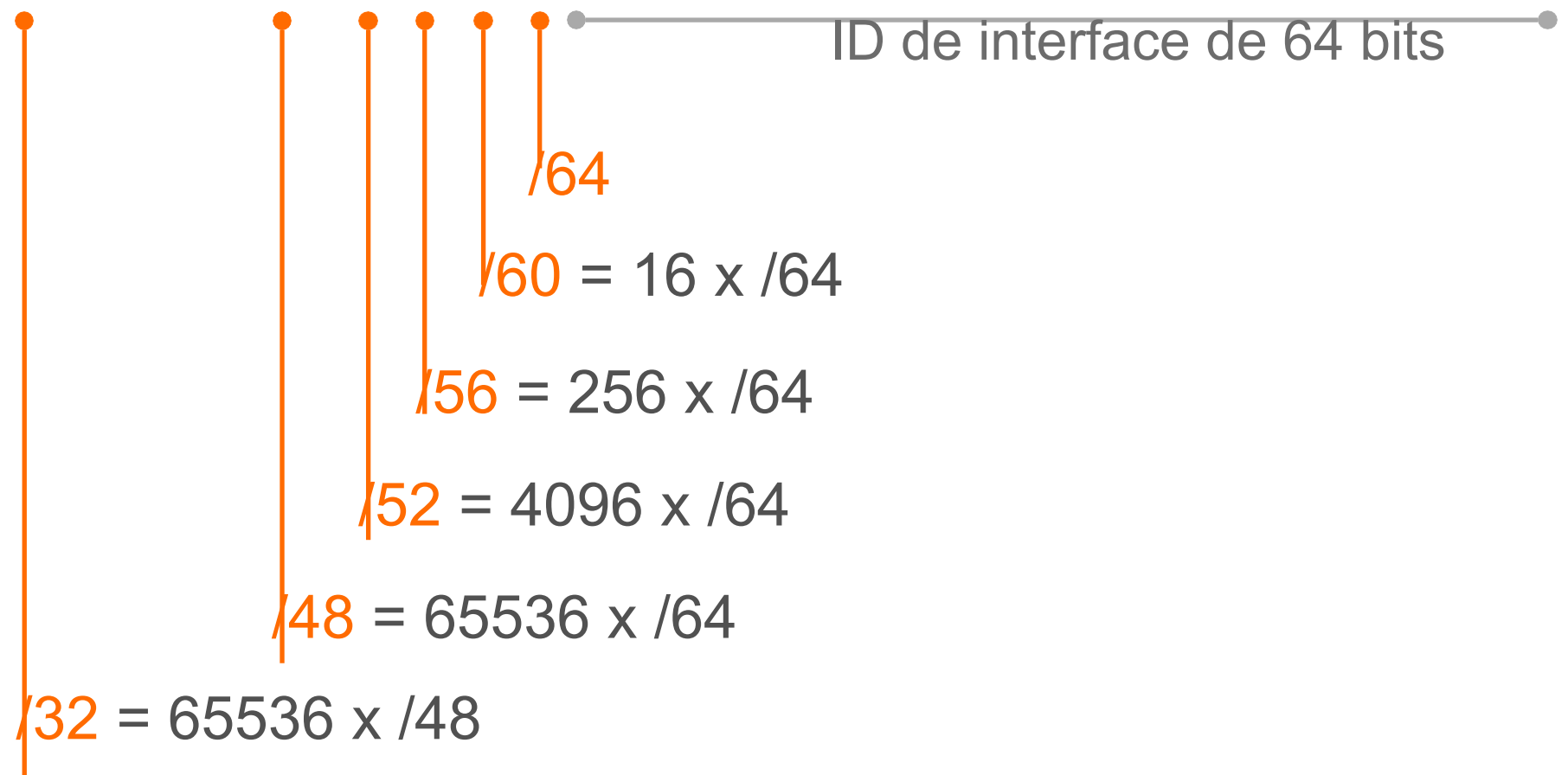
2001:db8:3e:ef11:0:0:c100:4d



Sub-rede IPv6



2001:0db8:0000:0000:0000:0000:0000:0000

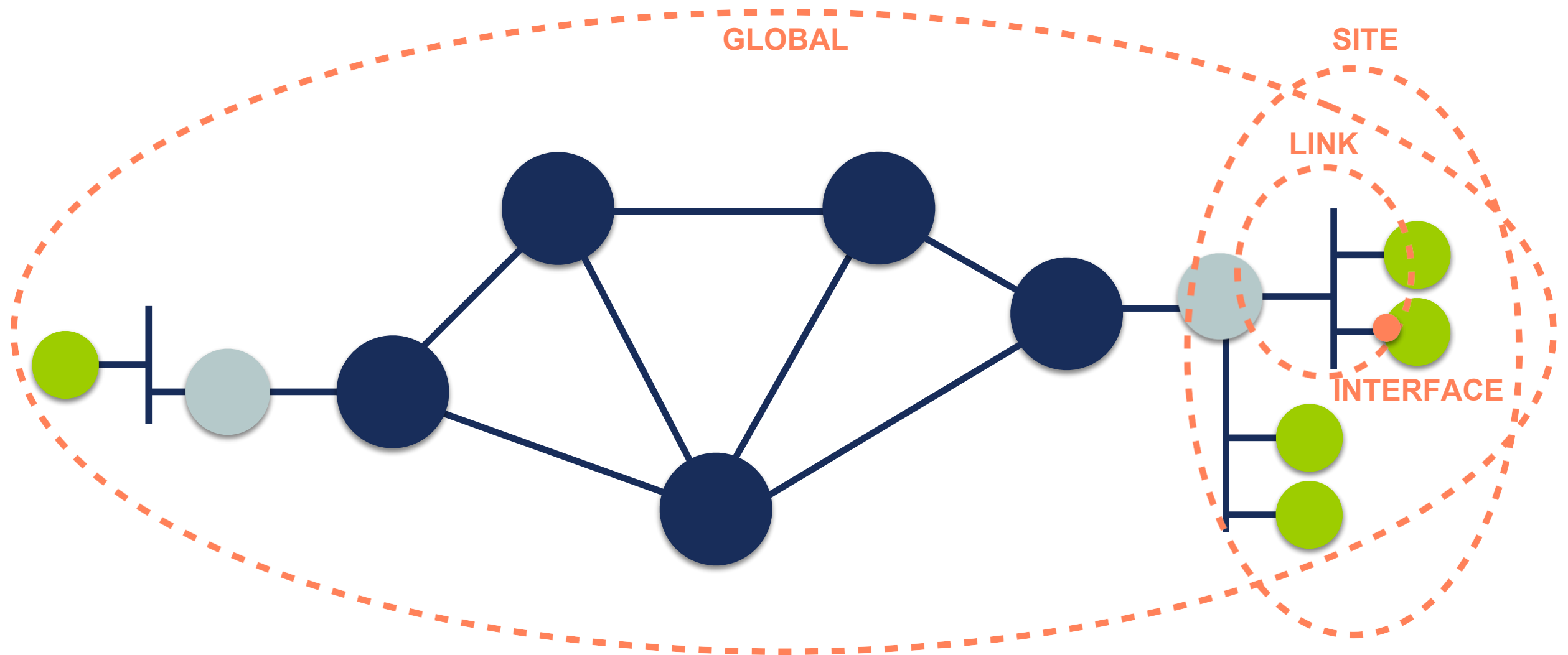


Vários tipos de endereços



Endereços	Alcance	Âmbito
Não especificado	::/128	n/a
Loopback	::1	host
IPv4-Embedded	64:ff9b::/96	n/a
Discard-Only	100::/64	n/a
Link Local	fe80::/10	link
Global Unicast	2000::/3	global
Unique Local	fc00::/7	global
Multicast	ff00::/8	variável

Âmbito do endereço IPv6



FE80::A:B:100

FF01::2

2001:67C:2E:1::C1

FD00:A:B::100

FF05::1:3

FF02::1



Notação de endereços IPv6

Exercício

Pergunta n.º 1

Considere um prefixo que começa por /32 com **2001:0db8**.

Como é procurado na base de dados RIPE?

- a. 2001:0db8
- b. 2001:0db8/32
- c. 2001:0db8::/32
- d. 2001:db8::/32

Resposta à pergunta n.º 1

Considere um prefixo que começa por /32 com **2001:0db8.**

Como é procurado na base de dados RIPE?

- a. 2001:0db8
- b. 2001:0db8/32
- c. 2001:0db8::/32
- d. 2001:db8::/32

Pergunta n.º 2

Como se comprime corretamente o seguinte endereço IPv6:

2001:0db8:0000:0000:0000:0000:0000:0c50

- a. 2001:0db8:0:0:0:0:0:0c50
- b. 2001:0db8::0c50
- c. 2001:db8::c50
- d. 2001:db8::c5

Resposta à pergunta n.º 2

Como se comprime corretamente o seguinte endereço IPv6:

2001:0db8:0000:0000:0000:0000:0000:0c50

- a. 2001:0db8:0:0:0:0:0:0c50
- b. 2001:0db8::0c50
- c. 2001:db8::c50 *
- d. 2001:db8::c5

Pergunta n.º 3

Como se comprime corretamente o seguinte endereço IPv6:

2001:0db8:0000:0000:b450:0000:0000:00b4

- a. 2001:db8::b450::b4
- b. 2001:db8::b450:0:0:b4
- c. 2001:db8::b45:0000:0000:b4
- d. 2001:db8:0:0:b450::b4

Resposta à pergunta n.º 3

Como se comprime corretamente o seguinte endereço IPv6:

2001:0db8:0000:0000:b450:0000:0000:00b4

- a. 2001:db8::b450::b4
- b. 2001:db8::b450:0:0:b4 *
- c. 2001:db8::b45:0000:0000:b4
- d. 2001:db8:0:0:b450::b4

Pergunta n.º 4

Como se comprime corretamente o seguinte endereço IPv6:

2001:0db8:00f0:0000:0000:03d0:0000:00ff

- a. 2001:0db8:00f0::3d0:0:00ff
- b. 2001:db8:f0:0:0:3d0:0:ff
- c. 2001:db8:f0::3d0:0:ff
- d. 2001:0db8:0f0:0:0:3d0:0:0ff

Resposta à pergunta n.º 4

Como se comprime corretamente o seguinte endereço IPv6:

2001:0db8:00f0:0000:0000:03d0:0000:00ff

- a. 2001:0db8:00f0::3d0:0:00ff
- b. 2001:db8:f0:0:0:3d0:0:ff
- c. 2001:db8:f0::3d0:0:ff *
- d. 2001:0db8:0f0:0:0:3d0:0:0ff

Pergunta n.º 5

Como se comprime corretamente o seguinte endereço IPv6:

2001:0db8:0f3c:00d7:7dab:03d0:0000:00ff

- a. 2001:db8:f3c:d7:7dab:3d:0:ff
- b. 2001:db8:f3c:d7:7dab:3d0:0:ff
- c. 2001:db8:f3c:d7:7dab:3d0::ff
- d. 2001:0db8:0f3c:00d7:7dab:03d::00ff

Resposta à pergunta n.º 5

Como se comprime corretamente o seguinte endereço IPv6:

2001:0db8:0f3c:00d7:7dab:03d0:0000:00ff

- a. 2001:db8:f3c:d7:7dab:3d:0:ff
- b. 2001:db8:f3c:d7:7dab:3d0:0:ff *
- c. 2001:db8:f3c:d7:7dab:3d0::ff
- d. 2001:0db8:0f3c:00d7:7dab:03d::00ff

Pergunta n.º 6

Como se acede ao servidor web IPv6 em **2001:db8::8080** na porta 8080 utilizando com um navegador de internet?

- a. `https://2001:db8::8080:8080`
- b. `https://2001:0db8:0000:0000:0000:0000:0000:8080:8080`
- c. `https://[2001:db8::8080]:8080`
- d. Não se pode utilizar o endereço IPv6, está-se dependente do DNS

Resposta à pergunta n.º 6

Como se acede ao servidor web IPv6 em **2001:db8::8080** na porta 8080 utilizando com um navegador de internet?

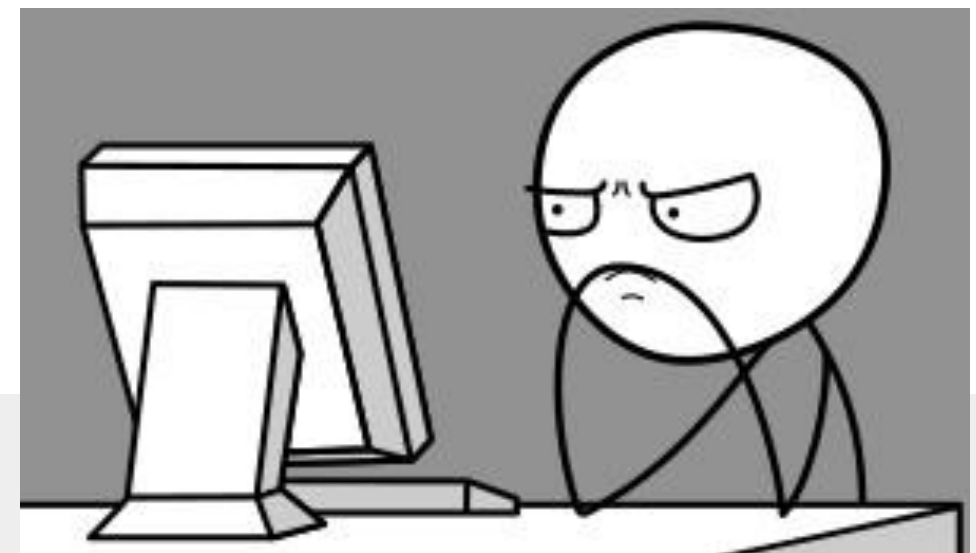
- a. `https://2001:db8::8080:8080`
- b. `https://2001:0db8:0000:0000:0000:0000:0000:8080:8080`
- c. `https://[2001:db8::8080]:8080`
- d. Não se pode utilizar o endereço IPv6, está-se dependente do DNS

Notação IPv6 - RFC 5952



Para mais informações, leia o RFC 5952:

“A Recommendation for IPv6 Address Text Representation”



Link para RFC:

<https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc5952>



Perguntas





Como o obter

Secção 3

Obter uma alocação IPv6



- Para se qualificar, uma organização **deve**:
 - Ser um LIR
 - Ter um plano para realizar atribuições no prazo de dois anos
- Tamanho de alocação mínimo **/32**
 - **Até /29** sem justificção adicional
 - Mais, se justificado pelo número de clientes e extensão da rede
 - Bits adicionais baseados na estrutura hierárquica e geográfica, longevidade planeada e níveis de segurança

Atribuições de clientes



- Dê aos seus clientes endereços suficientes
 - **Mínimo de /64**
 - **Não existe um tamanho de atribuição máximo**
- Mantenha um bom registro de documentação em caso de auditoria ou se lhe for solicitada uma alocação posterior
- Cada atribuição **tem de ser registrada** na base de dados RIPE

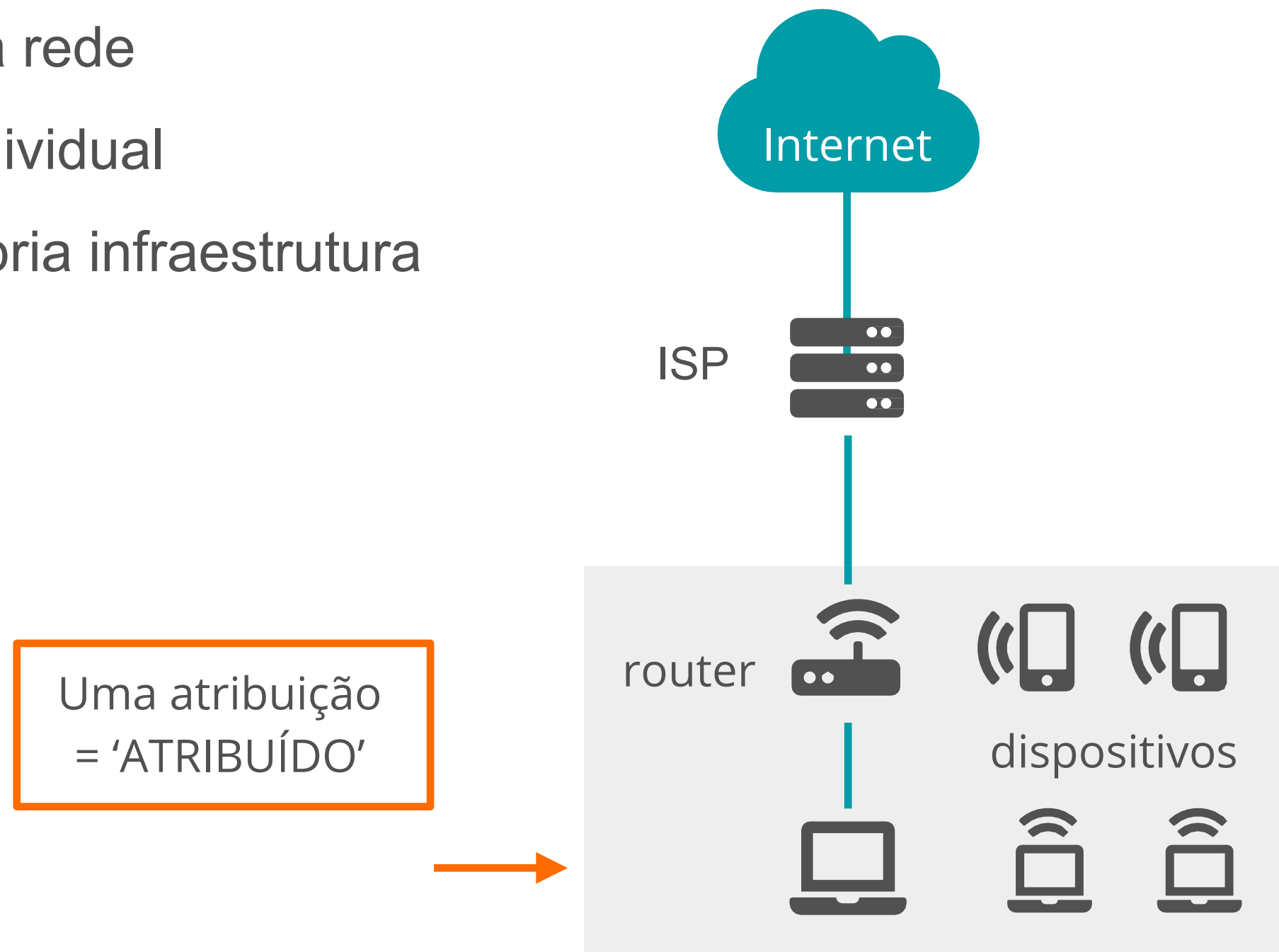
Comparação dos estados IPv4 e IPv6

IPv4		IPv6
PA ALOCADO	Alocação	ALOCAÇÃO-POR-RIR
PA ATRIBUÍDO	Atribuição	ATRIBUÍDO
AGREGAÇÃO-POR-LIR	Grupo de atribuições	AGREGAÇÃO-POR-LIR
PA SUB-ALOCADO	Sub-alocação	ALOCAÇÃO-POR-LIR
PI ATRIBUÍDO	Atribuição PI	PI ATRIBUÍDO

Exemplos ATRIBUÍDOS



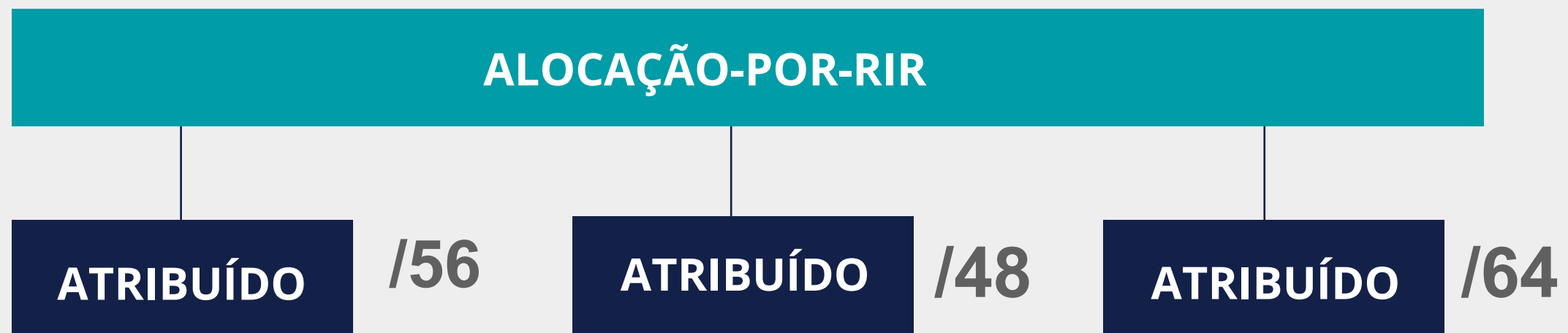
- Uma única rede
- Cliente individual
- A sua própria infraestrutura



Utilização de ATRIBUÍDO



- Representa uma atribuição
- O tamanho de atribuição mínimo é um /64



Utilização de ATRIBUÍDO - Exemplo de objeto



inet6num: 2001:db8:1000::/48

netname: CUSTOMER-NET

country: NL

admin-c: ADM321-RIPE

tech-c: NOC123-RIPE

status: **ASSIGNED**

mnt-by: LIR-MNT

created: 2015-05-31T08:23:35Z

last-modified: 2015-05-31T08:23:35Z

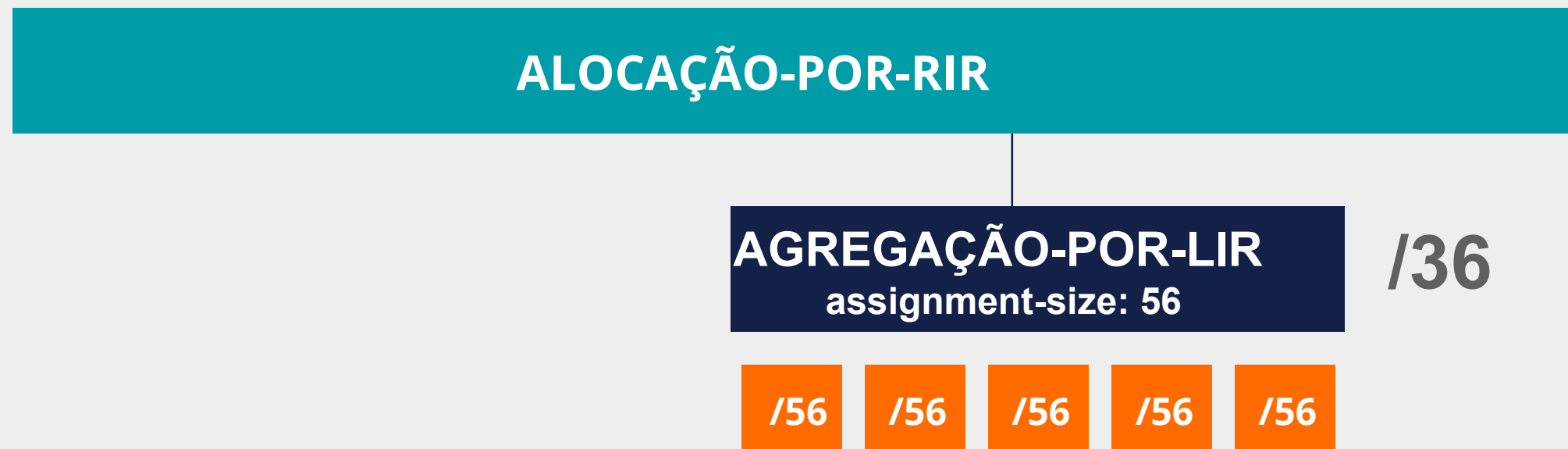
Exemplos de AGREGAÇÃO-POR-LIR

- Grupo de clientes
- Mesmo tamanho de atribuição



Utilização de AGREGAÇÃO-POR-LIR

- Pode ser utilizado para agrupar clientes
 - P. ex.: Clientes residenciais de banda larga
- “assignment-size:” = atribuição de cada cliente



Utilização de AGREGAÇÃO-POR-LIR - Exemplo



inet6num:	2001:db8:1000::/36
netname:	DSL-Broadband-Pool
country:	NL
admin-c:	ADM321-RIPE
tech-c:	NOC123-RIPE
status:	AGGREGATED-BY-LIR
assignment-size:	56
mnt-by:	LIR-MNT
notify:	noc@example.net
created:	2015-05-31T08:23:35Z
last-modified:	2015-05-31T08:23:35Z
source:	RIPE

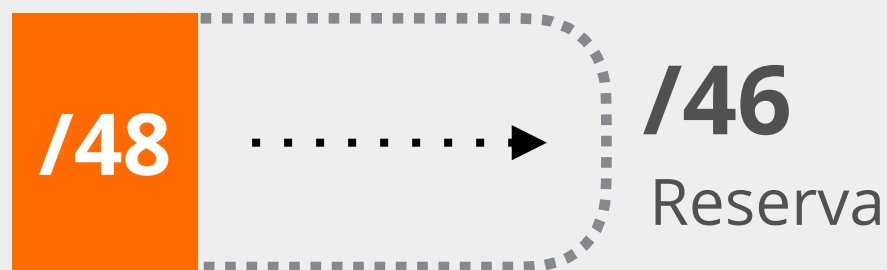
Exemplos ALOCAÇÃO-POR-LIR



Reserva para um grande cliente



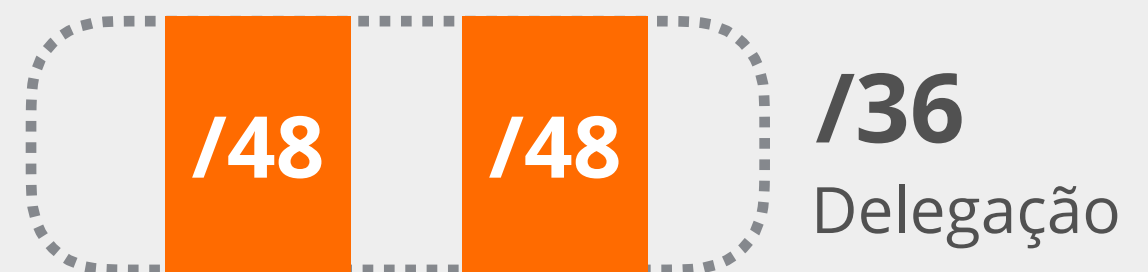
Grande cliente



Filial ou departamento



Filial



Utilização de ALOCAÇÃO-POR-LIR



Pode ser utilizado para clientes com **potencial de crescimento**

- Ou para a sua própria infraestrutura
- Ou para delegar espaço de endereço a um ISP mais à frente

ALOCAÇÃO-POR-RIR

ALOCAÇÃO-POR-LIR

/36

ATRIBUÍDO

/52

ATRIBUÍDO

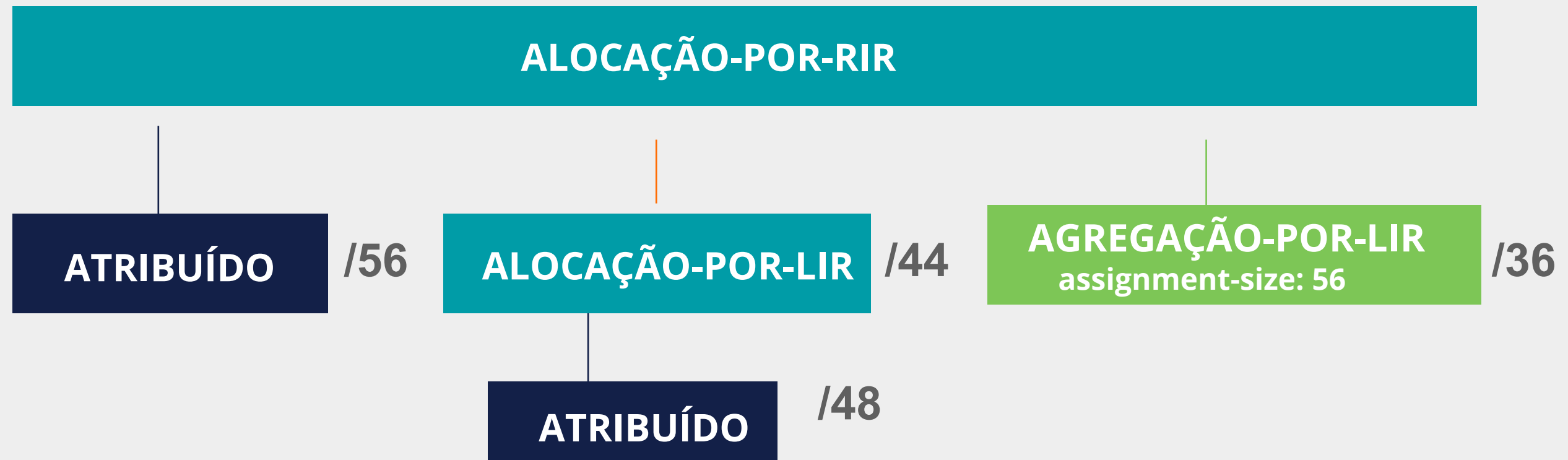
/48

Utilização de ALOCAÇÃO-POR-LIR - Exemplo



inet6num:	2001:db8:50::/44
netname:	Branch-Office-Network
country:	NL
admin-c:	ADM321-RIPE
tech-c:	NOC123-RIPE
status:	ALLOCATED-BY-LIR
mnt-by:	LIR-MNT
mnt-lower:	BRANCH-OFFICE-MNT
notify:	noc@example.net
created:	2015-05-31T08:23:35Z
last-modified:	2015-05-31T08:23:35Z
source:	RIPE

Visão geral



Obter espaço de endereço IPv6 PI



- Para se qualificar, uma organização deve:
 - **Cumprir os requisitos** contratuais para fornecimento de recursos independentes
 - Os LIR devem demonstrar **requisitos especiais de encaminhamento**
- Tamanho mínimo de atribuição: **/48**
- O espaço PI **não pode** ser utilizado para sub-atribuições

Endereços locais únicos



- Prefixos de fc00::/7
 - Apenas do bloco **fd00::/8**
- **Não** devem ser encaminhados na Internet
- Gerar um ID Global aleatório de 40 bits e inseri-lo em fd**xx:xxxx:xxxx**

ID Global: da24154e1d

Prefixo: fd**da:2415:4e1d**::/48



Realizar atribuições

Exercício

Crie tarefas para uma cidade inteligente!



Contexto



- Considere que trabalha para o LIR: **nl.ripencc-ts**
- O seu LIR tem uma alocação /32: **2001:db8::/32**
- O seu cliente Future Casa está a trabalhar num projeto chamado “Smart Home 6”
- Precisam de endereços IPv6 do seu espaço de endereços
- Future Casa quer conectar **1 milhão** de Casas Inteligentes

Descrição de Produto

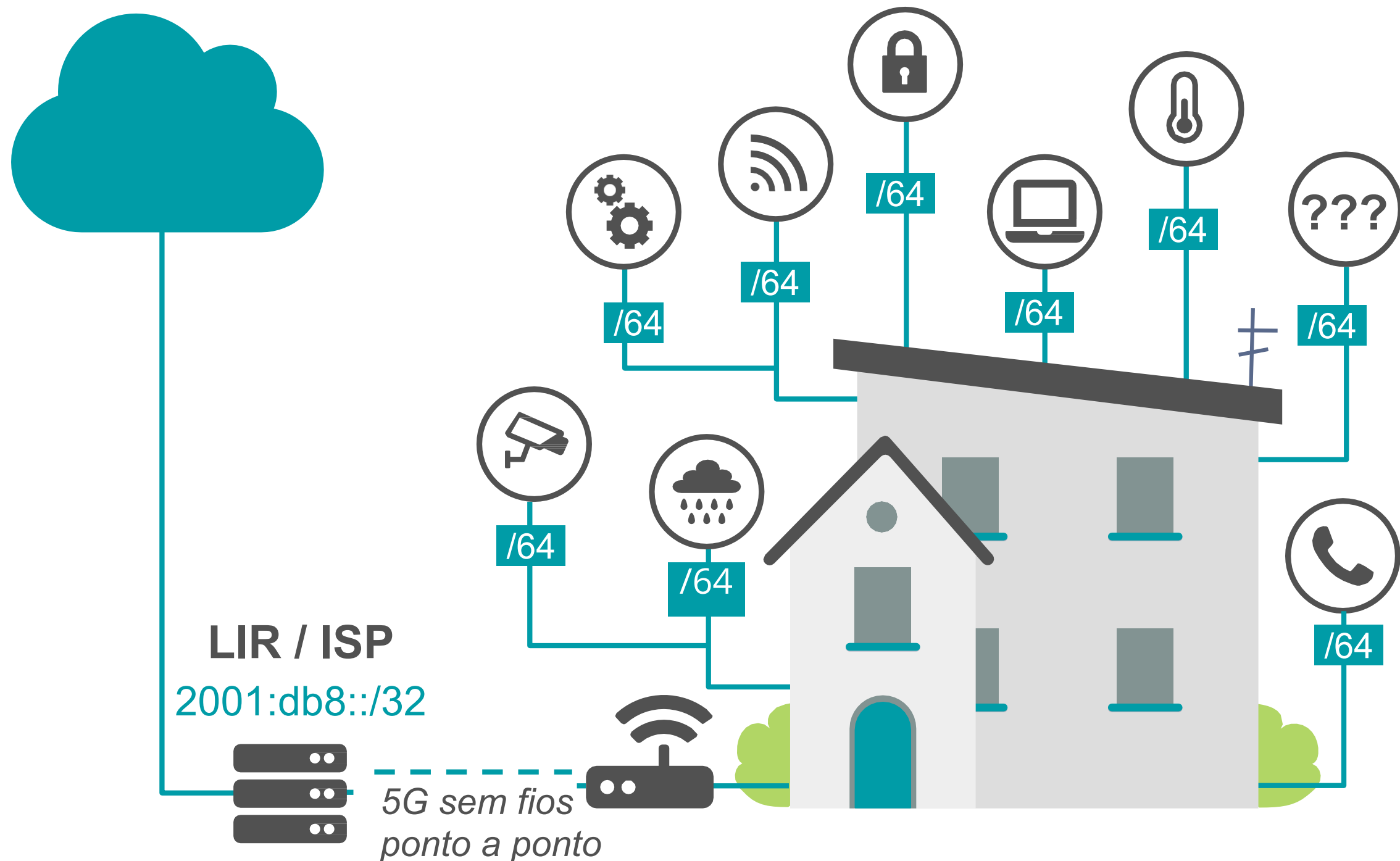


- Cada casa será equipada com uma unidade base com ativação via 4G
- A unidade de base será a gateway central para os serviços inteligentes na casa
- Cada serviço inteligente funciona numa **sub-rede dedicada**
- Os serviços podem ser ativados ou desativados a qualquer momento a partir da aplicação no smartphone do utilizador
- Future Casa estará a lançar **novos serviços no futuro**

Diagrama de rede da Smart Home 6



Internet IPv6



Cálculos...



- **/64 = 1 sub-rede**
 - Não é suficiente. Precisamos de uma sub-rede só para a ligação p2p.
- **/63 = 2 sub-redes**
 - Sub-redes insuficientes.
 - Não no limite de 4-bit!
- **/60 = 16 sub-redes**
 - É suficiente para satisfazer as necessidades futuras?
 - O objetivo é evitar ter de renumerar!

Cálculos...



- **/56 = 256 sub-redes**
 - Parece razoável. De quantas sub-redes pode uma casa precisar?
- **/52 = 4096 sub-redes**
 - Mais do que suficiente.
- **/48 = 65K sub-redes**
 - Definitivamente mais do que suficiente.

Cálculos...



Um milhão de casas inteligentes

X

/56 por casa

=

/36

Opções possíveis para sub-redes /36

2001:db8::/32

/32

/36

/36

/36

/36

/36

/36

/36

/36

/36

/36

/36

/36

/36

/36

/36

/36

/36

2001:db8:0000::/36

2001:db8:1000::/36

2001:db8:2000::/36

2001:db8:3000::/36

2001:db8:4000::/36

2001:db8:5000::/36

2001:db8:6000::/36

2001:db8:7000::/36

2001:db8:8000::/36

2001:db8:9000::/36

2001:db8:a000::/36

2001:db8:b000::/36

2001:db8:c000::/36

2001:db8:d000::/36

2001:db8:e000::/36

2001:db8:f000::/36

Solução objeto de base de dados RIPE



```
inet6num:                2001:db8:1000::/36

netname:                  SMART-HOME-6
descr:                    Smart Home 6 network
country:                  NL
admin-c:                  RM1204-RIPE
tech-c:                   RM1204-RIPE
status:                  AGGREGATED-BY-LIR
assignment-size:        56
mnt-by:                  LIR-MNT
notify:                   noc@lir-example.com
created:                  2015-05-31T12:34:01Z
last-modified:            2015-05-31T12:34:01Z
source:                   RIPE
```

Solução objeto de base de dados RIPE



inet6num:	2001:db8:1000::/36
netname:	SMART-HOME-6
descr:	Smart Home 6 network
country:	NL
admin-c:	RM1204-RIPE
tech-c:	RM1204-RIPE
status:	ALLOCATED-BY-LIR
mnt-by:	LIR-MNT
mnt-lower:	SMART-CASA-MNT
notify:	noc@lir-example.com
created:	2015-05-31T12:34:01Z
last-modified:	2015-05-31T12:34:01Z
source:	RIPE



Noções Básicas sobre Protocolo IPv6

Secção 4

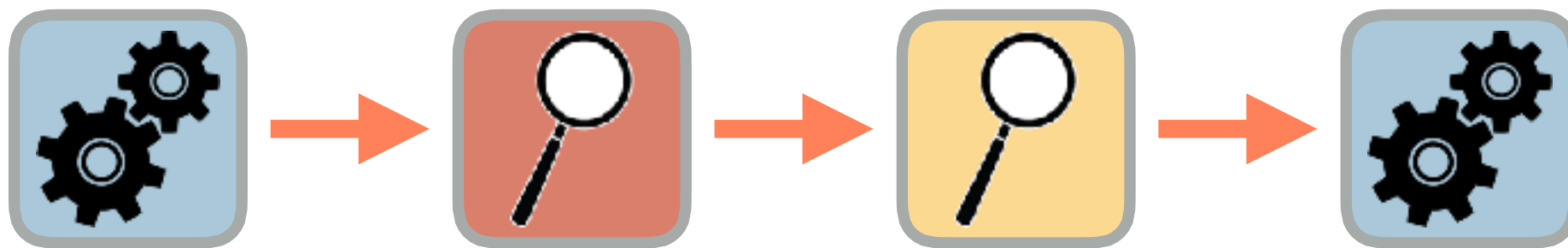
Funções do protocolo IPv6



- **Configuração automática de endereços**
 - Suportada pelo Neighbor Discovery
 - Stateless - com SLAAC
 - Stateful - com DHCPv6
- **Protocolo Neighbor Discovery**
 - Substitui o ARP do IPv4
 - Usa ICMPv6 e Multicast
 - Encontra os outros dispositivos IPv6 na ligação
 - Controla a acessibilidade

Processo de Configuração Automático

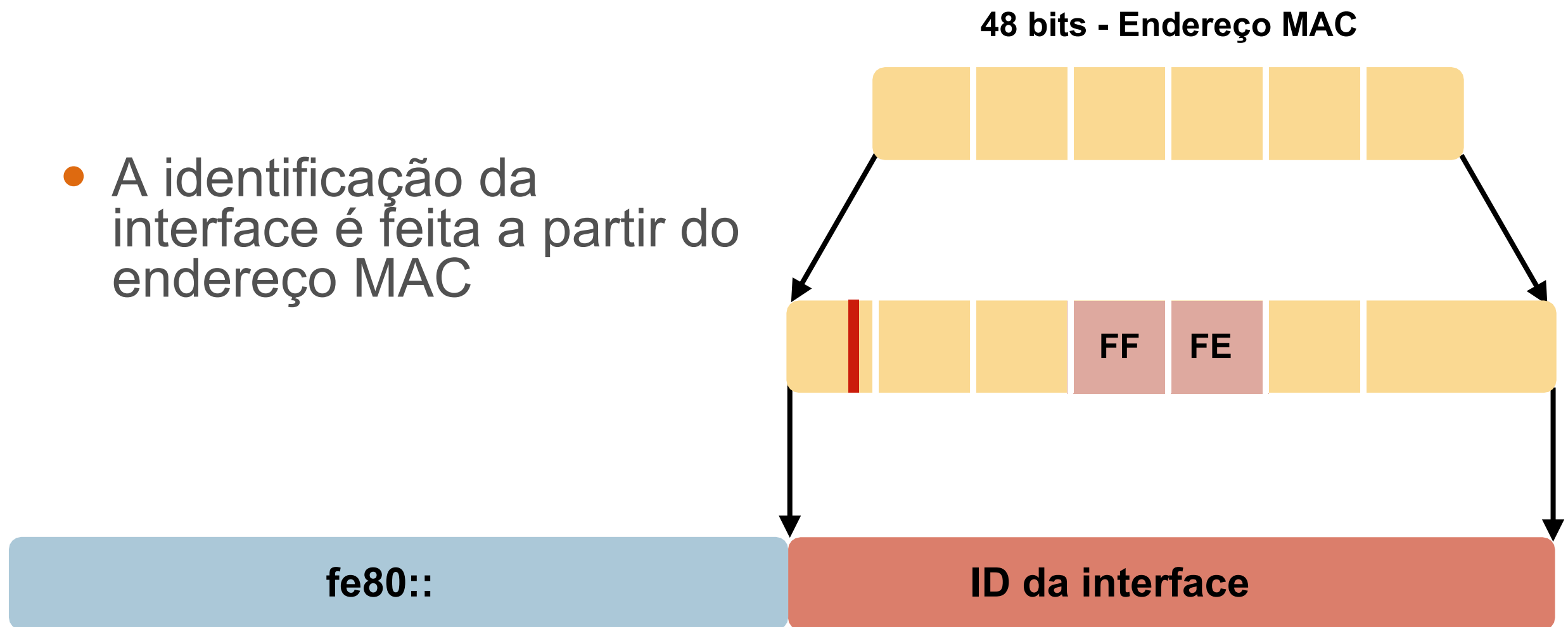
1. Criar um endereço Link-Local
2. Verificar duplicados no link
3. Procurar um router
4. Criar um endereço Global Unicast



Criar um endereço Link-Local



- A identificação da interface é feita a partir do endereço MAC



- $\text{fe80::} + \text{ID da interface} = \text{Endereço Link-Local para o host}$

Verificar Duplicados



Neighbor Solicitation

Olá! Este endereço IPv6 está a ser utilizado? Pode dizer-me o seu endereço MAC?



Neighbor Advertisement



Olá! Sim, estou a usar esse endereço IPv6. O meu endereço MAC é 72:D6:0C:2F:FC:01



Se ninguém responder à Neighbor Solicitation, o host usa o endereço link-local gerado

Endereço Multicast Solicited-Node



- Utilizado no Protocolo Neighbor Discovery para obter os endereços da camada de ligação (MAC) do nível 2

Endereço unicast IPv6

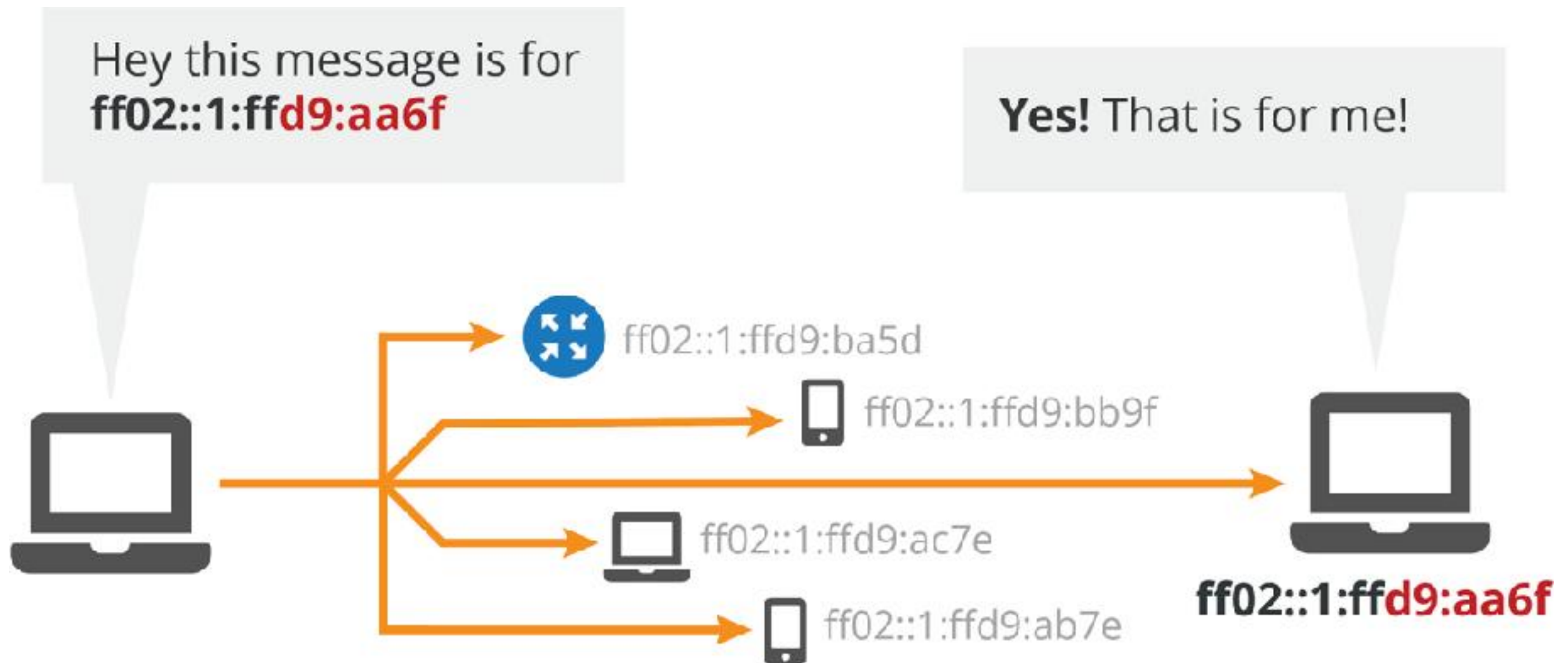


Endereço multicast solicited-node



128 bits

Endereço Multicast Solicited-Node



Procurar Routers



Router Solicitation

Olá! Existe aí algum router?



Router Advertisement



Olá! Sou um router e tenho informações para ti...



O Router Advertisement fornece ao host mais informações para obter um endereço IPv6 e estabelecer uma ligação

Configuração Automática de Endereço Stateless



- A mensagem do Router Advertisement informa o host sobre:
 - Endereço do router
 - Zero ou mais prefixos de ligação
 - SLAAC permitido (sim/não)
 - Opções DHCPv6
 - Tamanho da MTU (opcional)

Prefixo de ligação

ID da interface

Endereço IPv6 Global Unicast

As interfaces terão vários endereços



- Unicast

- Link Local `fe80::5a55:caff:fef6:bdbf/64`
- Global Unicast `2001::5a55:caff:fef6:bdbf/64` (múltiplo)

- Multicast

- Todos os Nós `ff02::1` (âmbito: link)
- Solicited-Node `ff02::1:fff6:bdbf` (âmbito: link)

- Routers

- Todos os Routers `ff02::2` (âmbito: link)

Verificar a Acessibilidade



Neighbor Solicitation

Olá! Ainda está por aí? O teu endereço MAC ainda é válido?



Neighbor Advertisement



Olá! Sim, ainda estou online.
O meu endereço MAC é 72:D6:0C:2F:FC:01



Se o alvo não responder à Neighbor Solicitation, o remetente remove o endereço MAC da cache

Redirecionamentos



Pacote IPv6

Este pacote é para um host IPv6.



Redirecionamento



Olá! Conheço uma forma melhor de chegar ao destino que procura.



- Os hosts podem ser redirecionados para um router de primeiro salto melhor
- Também podem ser informados de que o destino é um vizinho no link



Perguntas





Planos de Endereço

Secção 5

Porquê criar um Plano de Endereço?



- **Benefícios de um Plano de Endereço IPv6**
 - Saúde mental durante a implementação (!)
 - Facilidade de implementação de políticas de segurança
 - Planos de endereço eficientes escaláveis
 - Agregação de rotas mais eficiente

Gestão de Endereços IPv6



- **A sua folha de cálculo pode não ser escalável**
 - Há 65 536 /64s num /48
 - Há 65 536 /48s num /32
 - Há 524 288 /48s num /29
 - Há **16 777 216** /56s num a /32
 - Há **134 217 728** /56s num /29
- Encontrar uma solução IPAM adequada



Plano de Endereço

Exercício

Exercício do Plano de Endereço



- A considerar
 - facilidade de administração
 - utilizar atribuições num limite de 4 bits
 - 2 cenários possíveis para a rede
 - 5 cenários possíveis para atribuições de clientes
- 20 minutos de preparação
- 10 minutos de discussão

Diagrama de rede - POPs

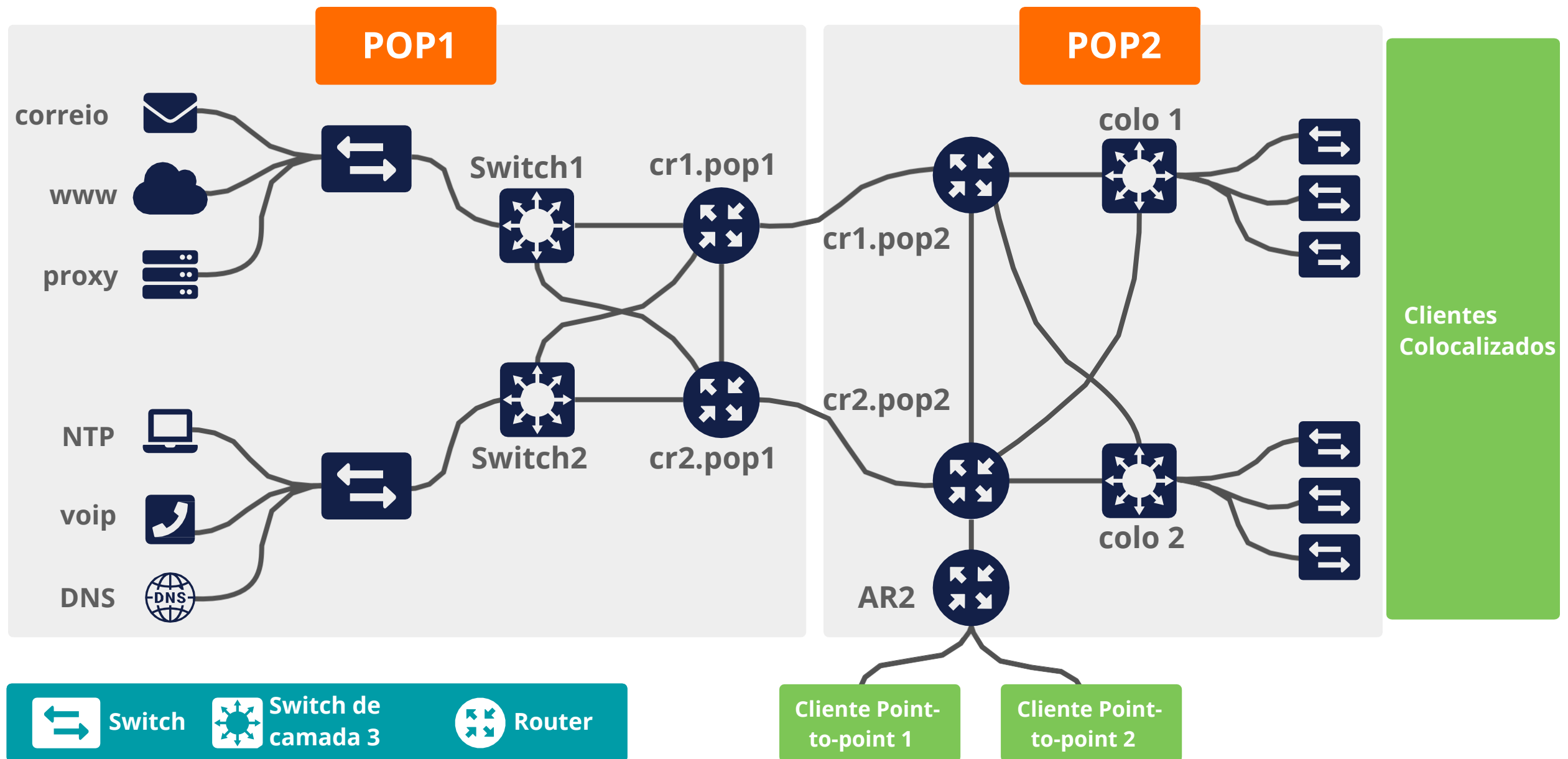


Diagrama de Rede - POP1

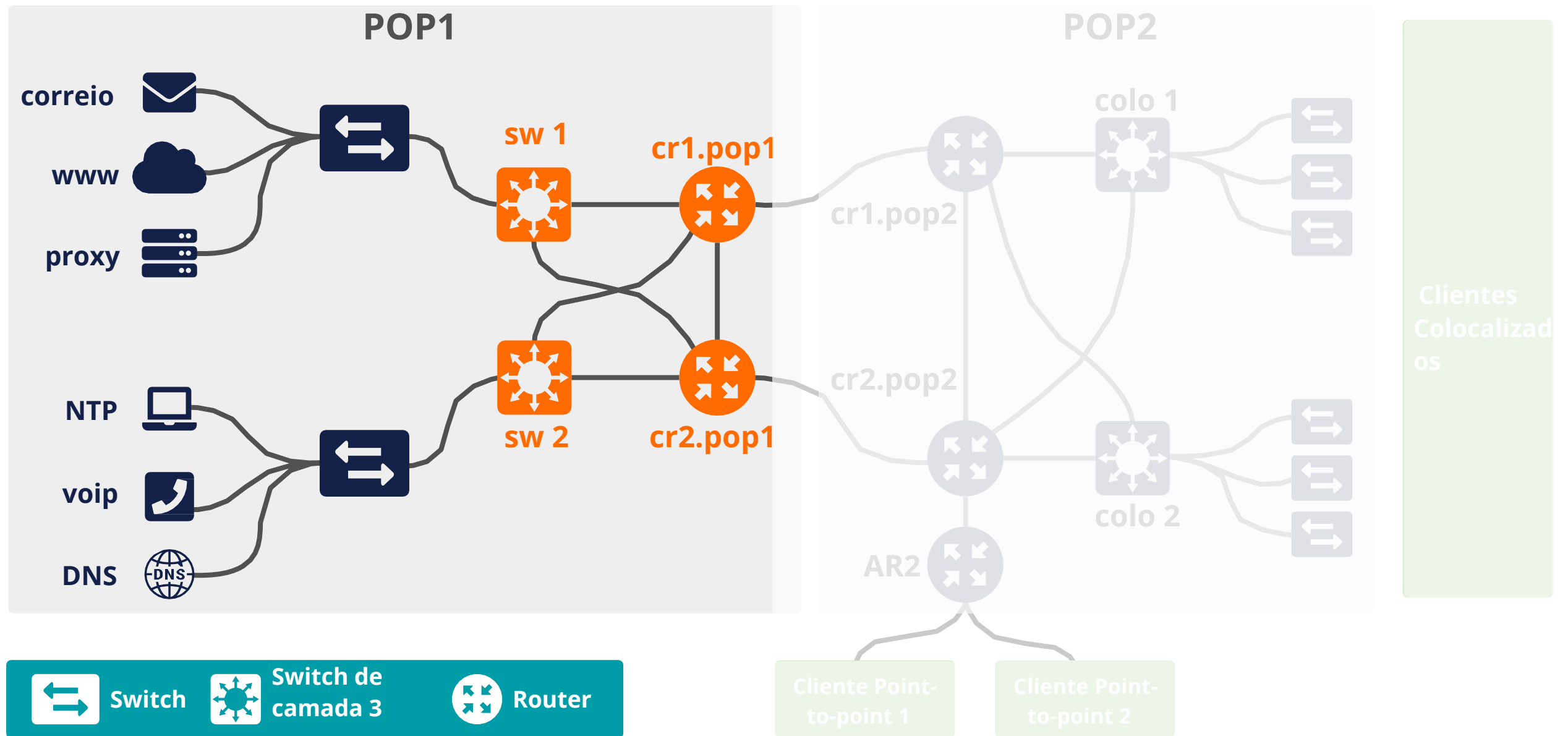


Diagrama de Rede - POP1

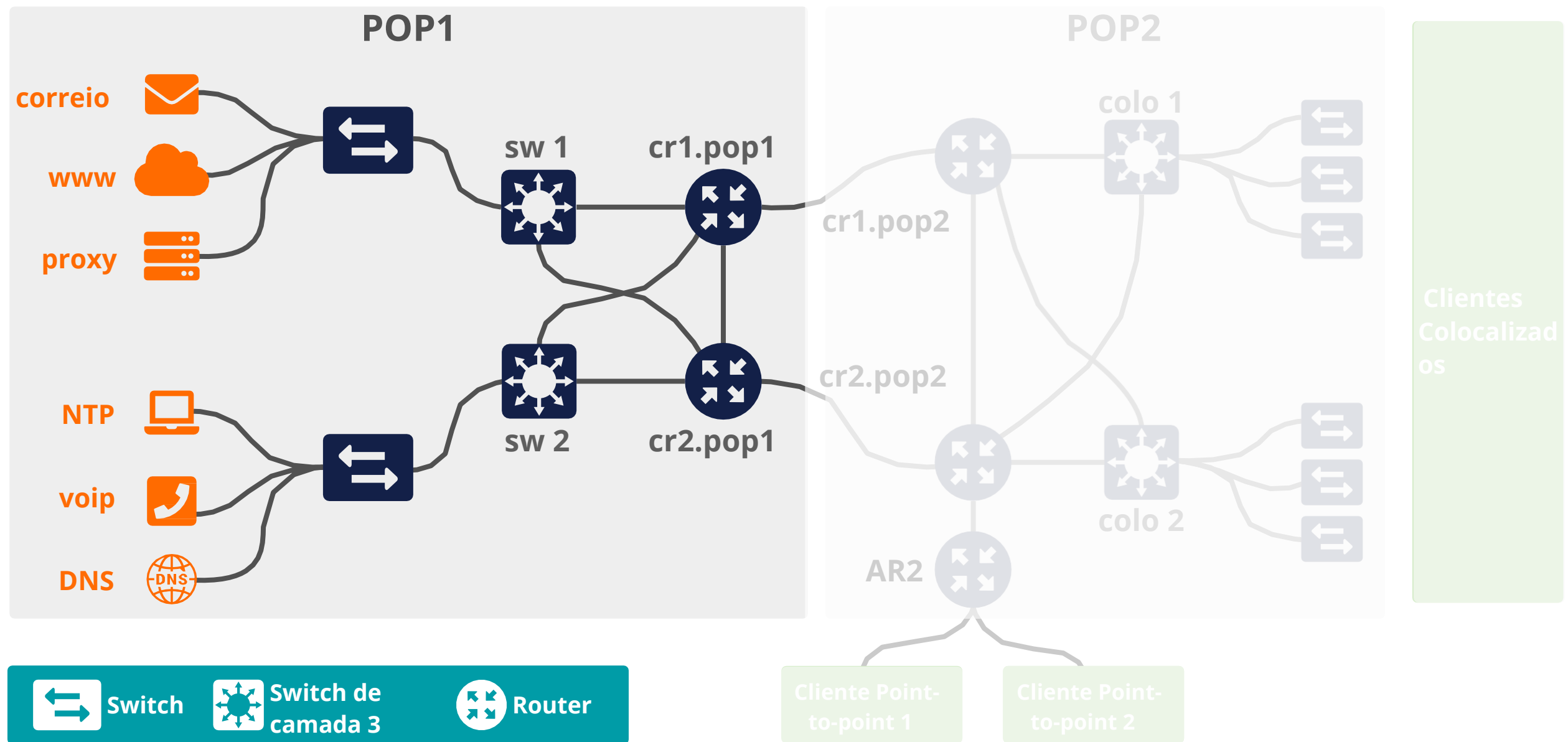


Diagrama de Rede - POP2

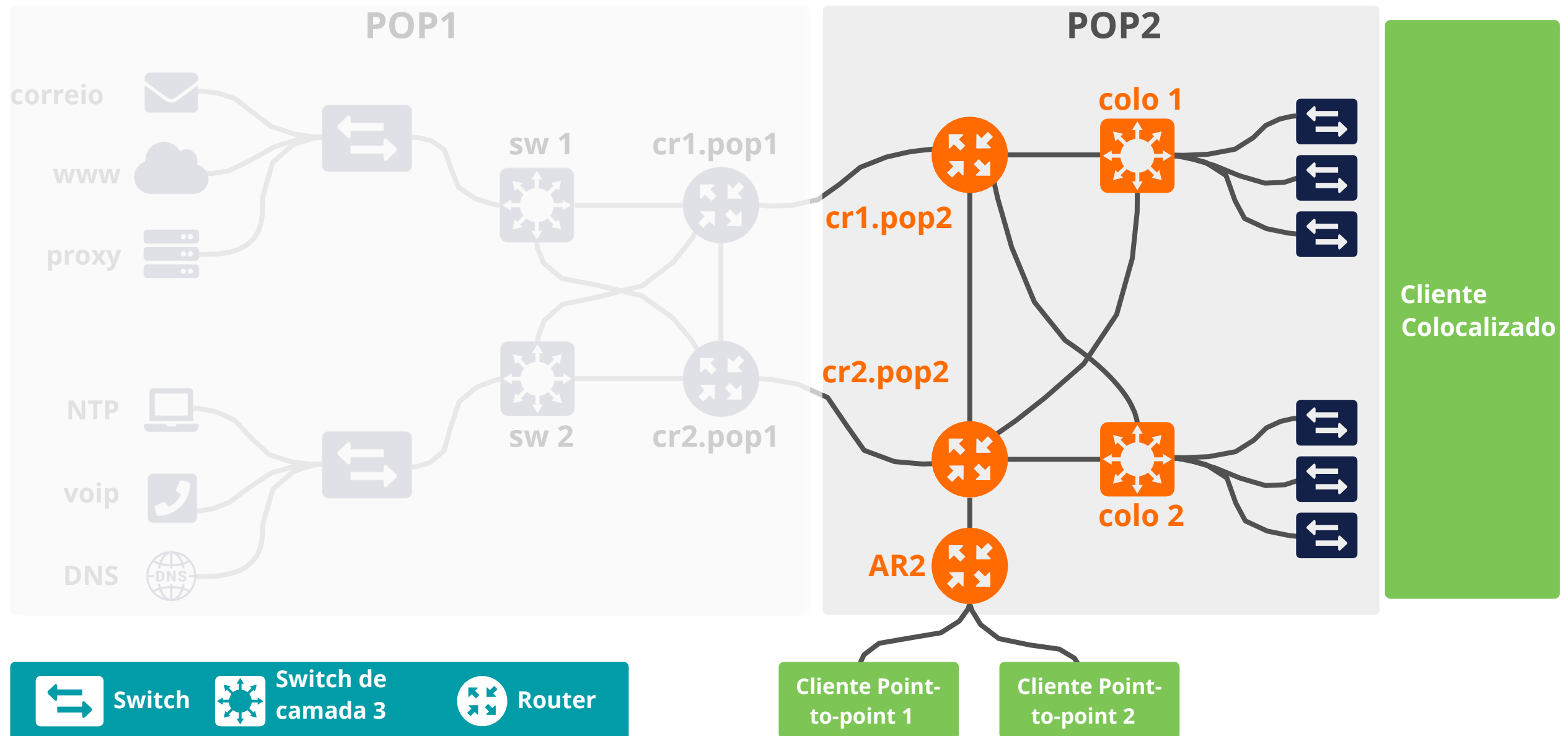
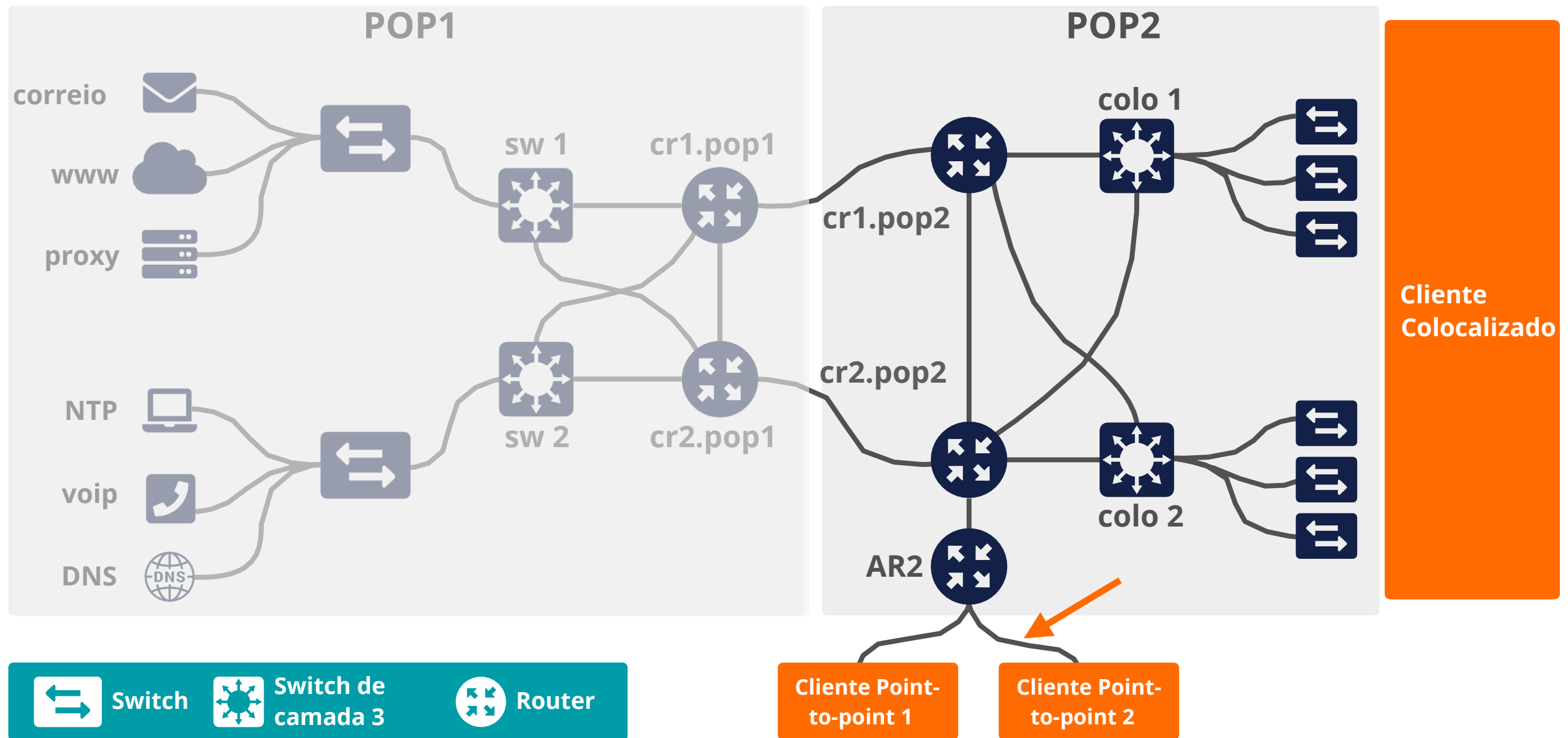


Diagrama de Rede - POP2



Planos de Endereço



- /64 para cada sub-rede
- O número de hosts num /64 é irrelevante
- Podem-se utilizar múltiplos /48s por pop
 - blocos separados para infraestruturas e clientes
 - documentar as necessidades de endereços para critérios de alocação
- Use um bloco /64 por site para loopbacks

A história do /64



- “Cada ID de interface deve ser um /64” (RFC 4291)
- Por causa do SLAAC
- Outros RFC seguiram este princípio
- **A única exceção é um /127 para ligações ponto-a-ponto**

Mais sobre Planos de Endereço



- Para redes privadas, considerar ULA
- Para servidores, utilizar uma configuração manual
- Evitar incorporar informações de serviço em endereços IP
 - servidor pop = 2001:db8:1::110 ✗
 - servidor dns = 2001:db8:1::53 ✗
- Em vez disso, use o DNS para a descoberta de serviços
 - Servidor POP: 2001:db8:1::1 (solucionável como pop.example.com)
 - Servidor DNS: 2001:db8:1::2 (solucionável como dns.example.com)



Perguntas





Pacotes IPv6

Secção 6

Formato do Cabeçalho IPv6

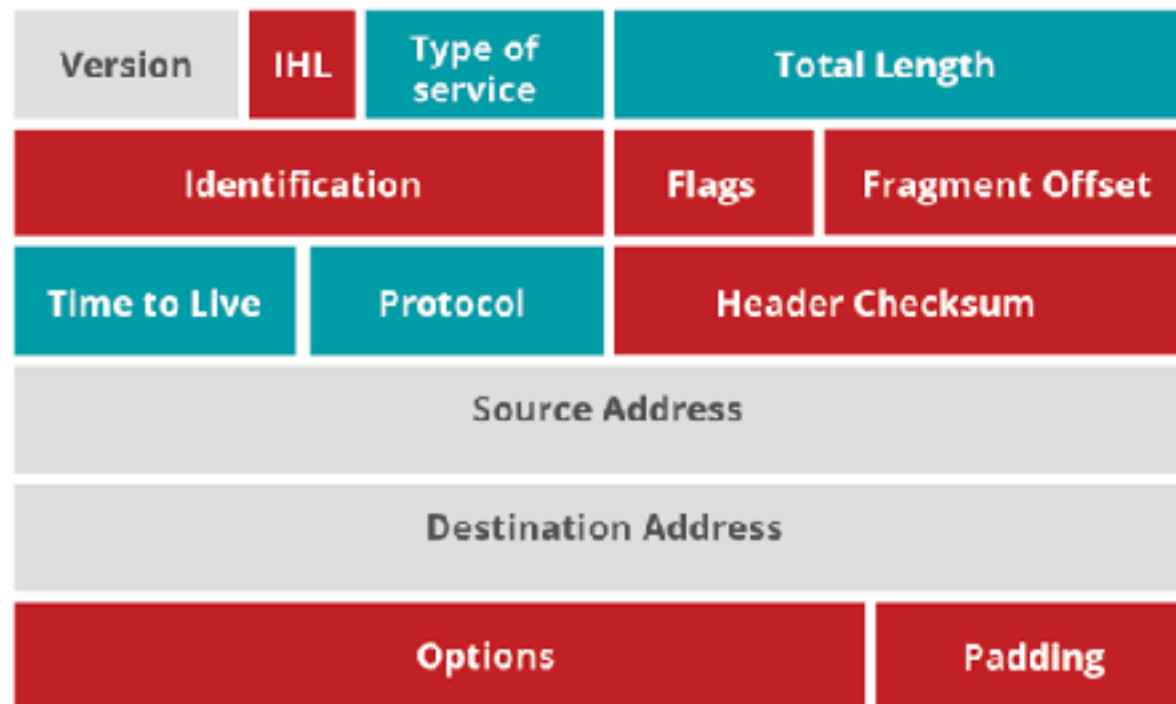


- Comprimento fixo
 - Cabeçalhos opcionais são ligados em série
- O cabeçalho IPv6 tem o dobro do comprimento (40 bytes) do cabeçalho IPv4 sem opções (20 bytes)

Cabeçalho IPv6



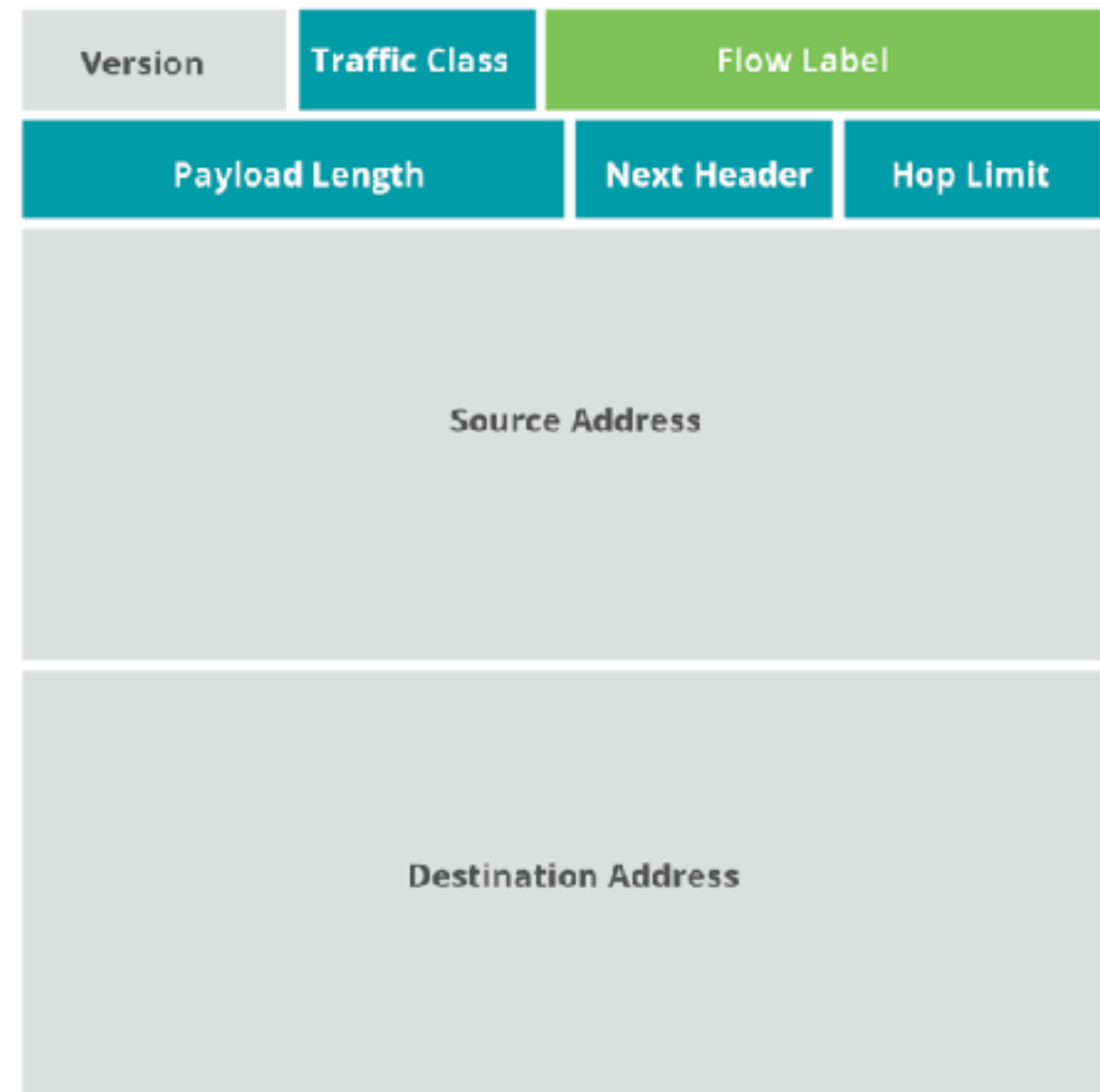
IPv4 Header



LEGENDA

- Nome do campo mantido de IPv4 para IPv6
- Nome do campo não foi mantido em IPv6
- Nome e posição mudaram em IPv6
- Novo campo em IPv6

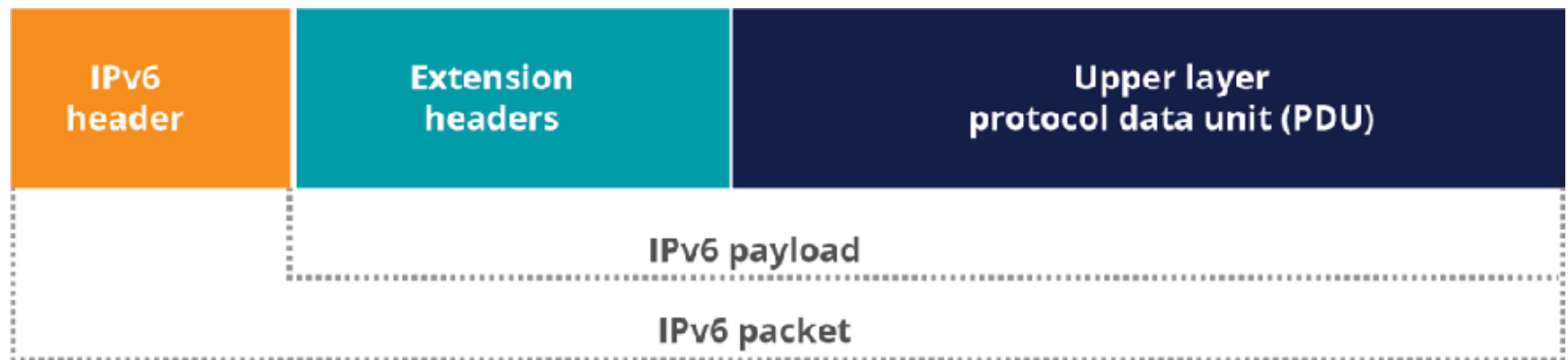
IPv6 Header



Cabeçalho IPv6



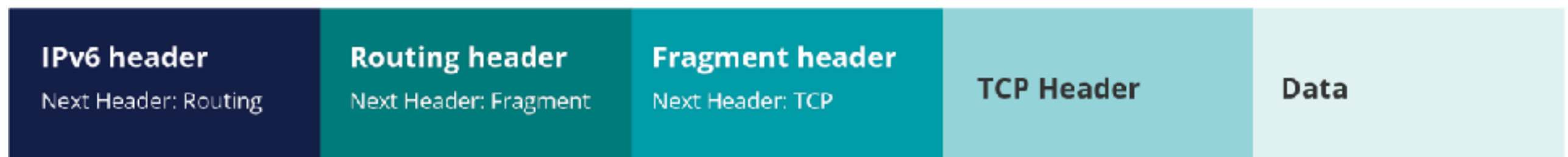
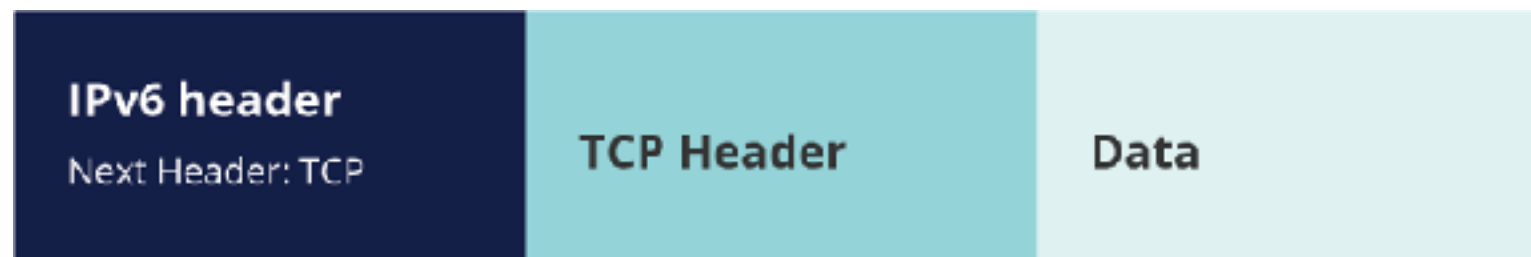
- Os campos opcionais vão para os cabeçalhos de extensão



Cabeçalho IPv6



- Ligados depois do cabeçalho principal



Cabeçalhos comuns



- Valores comuns dos Campos do Cabeçalho Seguinte:
 - 0 Opção hop-by-hop (extensão)
 - 6 TCP (carga útil)
 - 17 UDP (carga útil)
 - 43 Encaminhamento (extensão)
 - 44 Fragmentação (extensão)
 - 50 Carga útil de Segurança Encriptada (extensão)
 - 58 ICMPv6

Fragmentação

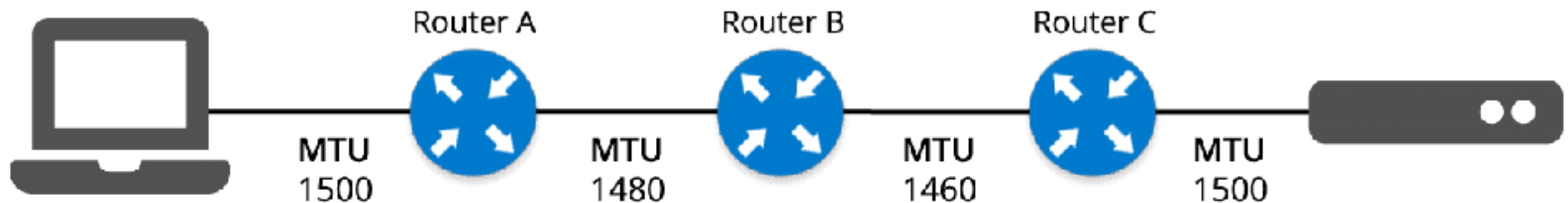


- Os routers **não** fragmentam pacotes com IPv6
 - Tratamento mais eficiente de pacotes no núcleo
 - Fragmentação feita pelo host
- Se um pacote for **demasiado grande** para o próximo hop:
 - Mensagem de erro “Packet too big”
 - Esta é uma mensagem ICMPv6
 - Filtrar ICMPv6 causa problemas

Path MTU Discovery



- Um remetente que receba esta mensagem de erro ICMPv6 “message-too-big” tenta novamente com um pacote mais pequeno
 - A mensagem de erro dá uma indicação do tamanho do pacote
 - A isto chama-se Path MTU Discovery

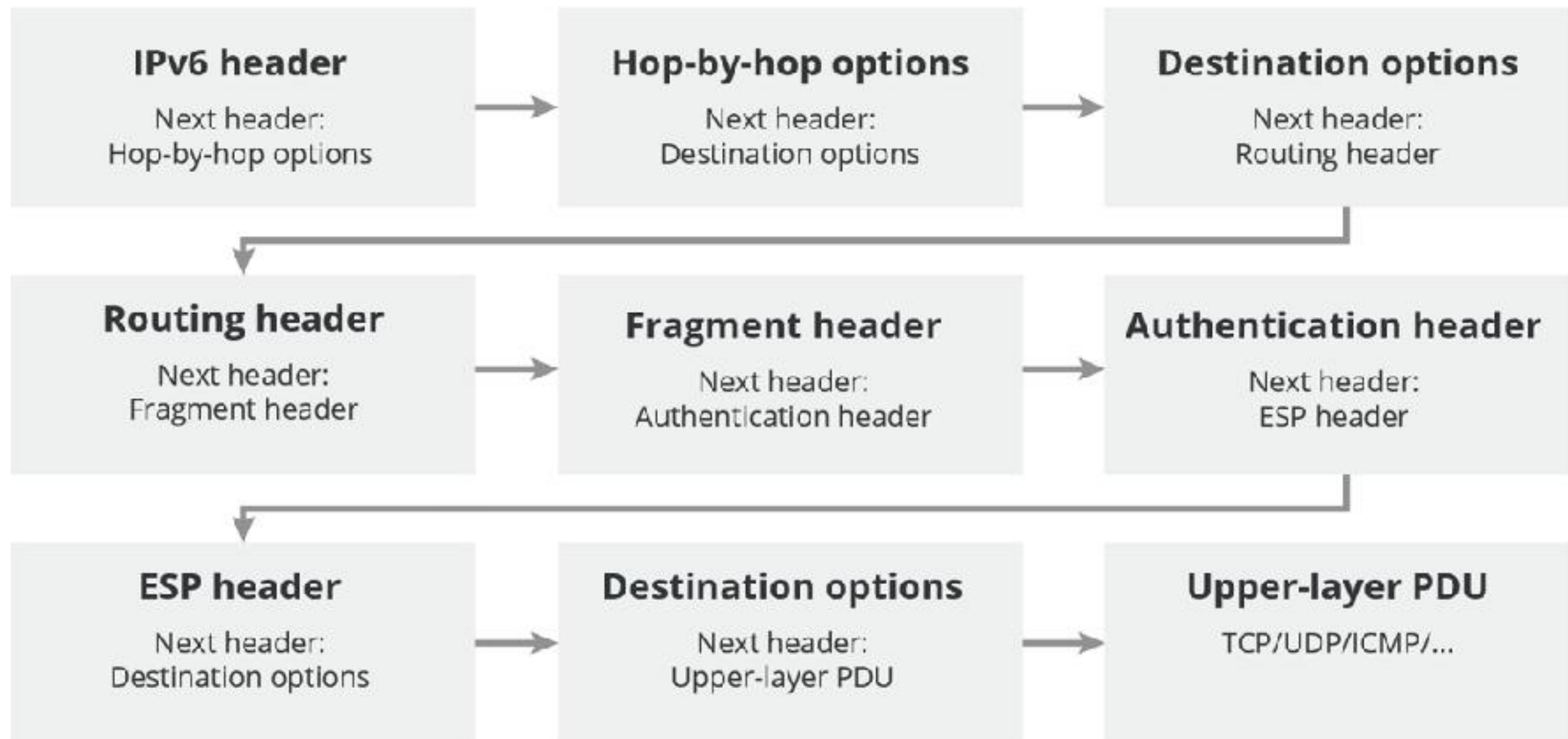


Ordem dos Cabeçalhos



- A ordem é importante:
 - Apenas o cabeçalho hop-by-hop tem de ser processado por cada nó
 - O cabeçalho de roteamento tem de ser processado por todos os routers
 - A fragmentação tem de ser processada antes de outras no destino

Ordem dos Cabeçalhos





Perguntas





Implementação do IPv6

Secção 7

Atribuição de Endereços

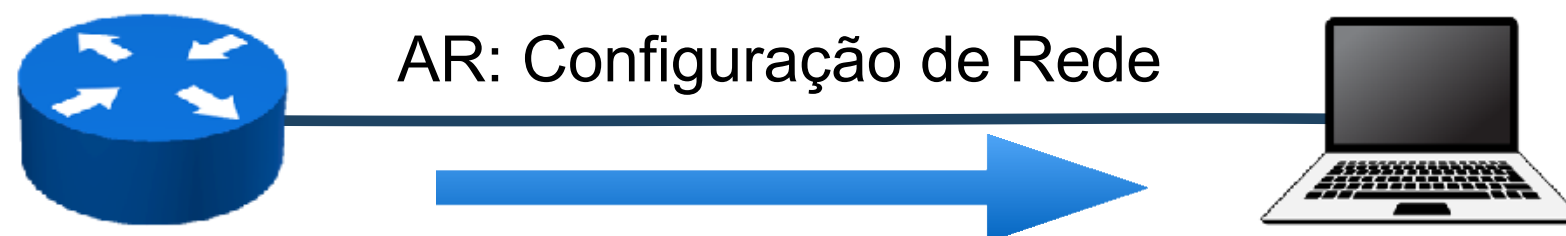


- Os routers influenciam a forma como os hosts se ligam à rede
- Várias opções:
 - Configuração manual
 - Apenas Router Advertisement (SLAAC)
 - AR + DHCPv6 (bandeira 'M' ativada)
 - AR + DHCPv6 (bandeira 'O' ativada)
 - AR (bandeira 'A' desativada) + DHCPv6 (bandeira 'M' ativada)
- O gateway é **sempre** fornecido pelo AR

Opções de Router Advertisement



- A mensagem **AR** é utilizada para fornecer informações de configuração
 - Endereço de gateway predefinido
 - Que prefixo(s) utilizar na ligação? Comprimento do prefixo?
 - SLAAC é permitido?
 - DHCPv6 está disponível? Para endereço/opções? Apenas opções?
 - Qual a preferência de router no link?
 - Servidores DNS / Domínio (opcional)
 - Tamanho da MTU (opcional)



Opções de Geração de IID SLAAC



64 bits

ID da Interface (IID)

EUI-64 modificado (utiliza o endereço MAC)

Estável, semanticamente opaco *[RFC7217]*

Extensões de Endereço Temporário *[RFC8981]*

IID "Estável"
para SLAAC

"Temporária"
IID para SLAAC

IID Estável, Semanticamente Opaco



- Considerar IID bits “**opacos**”, sem valor ou significado *[RFC7136]*

Como gerar IID *[RFC7217]*

Diferente para cada interface no mesmo prefixo de rede

Sem relação com identificador de interface fixo

Sempre o mesmo quando a mesma interface está ligada à mesma rede

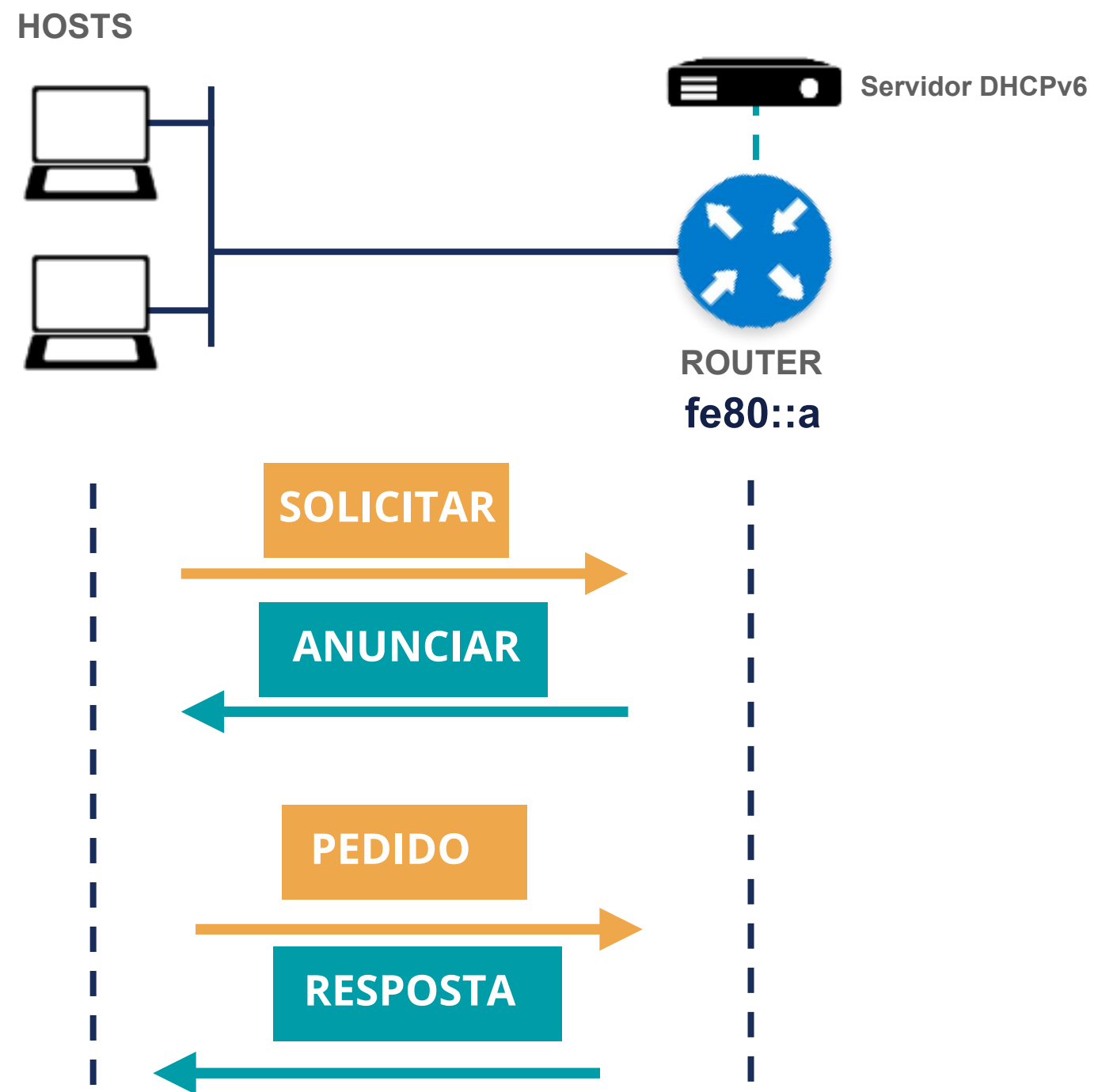
- Amplamente utilizado e normalizado para endereços “**estáveis**” *[RFC8064]*

DHCPv6



- Utilizado para fornecer informações adicionais, como servidores DNS, ou para gerir a pool de endereços
- A mensagem do Router Advertisement contém dicas
 - Se a bandeira "managed" = "1" → pode utilizar o DHCPv6 para obter um endereço
 - Opcionalmente, fornecer o endereço de um servidor DNS (RFC 8106)
- Com bandeiras adicionais, o administrador de rede pode desativar o SLAAC e forçar o DHCPv6

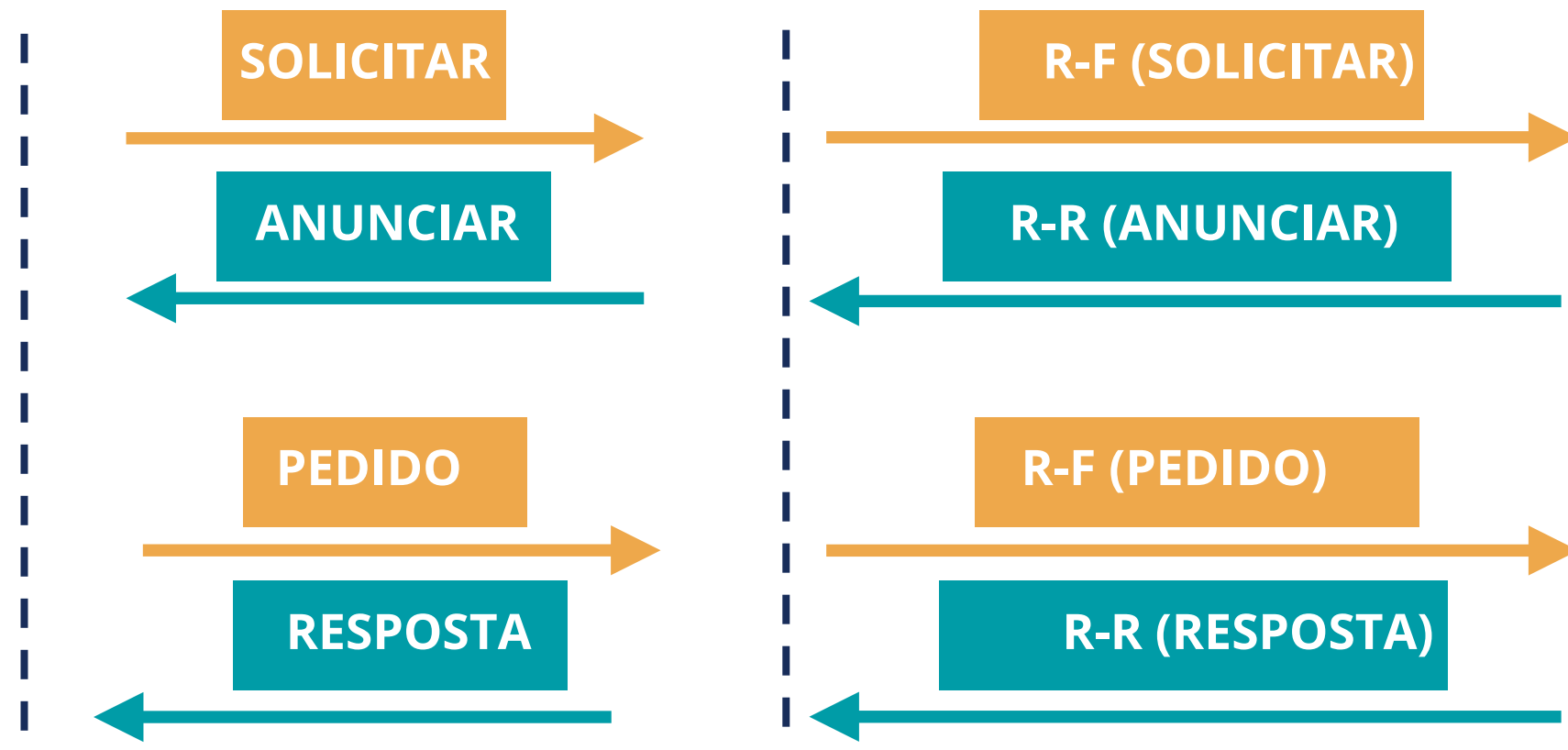
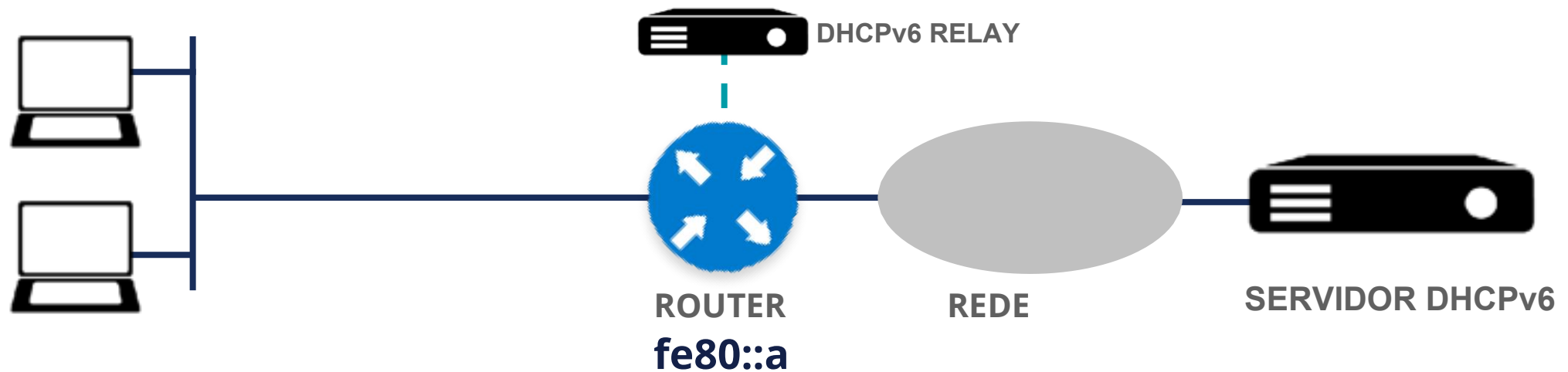
DHCPv6 (M=1)



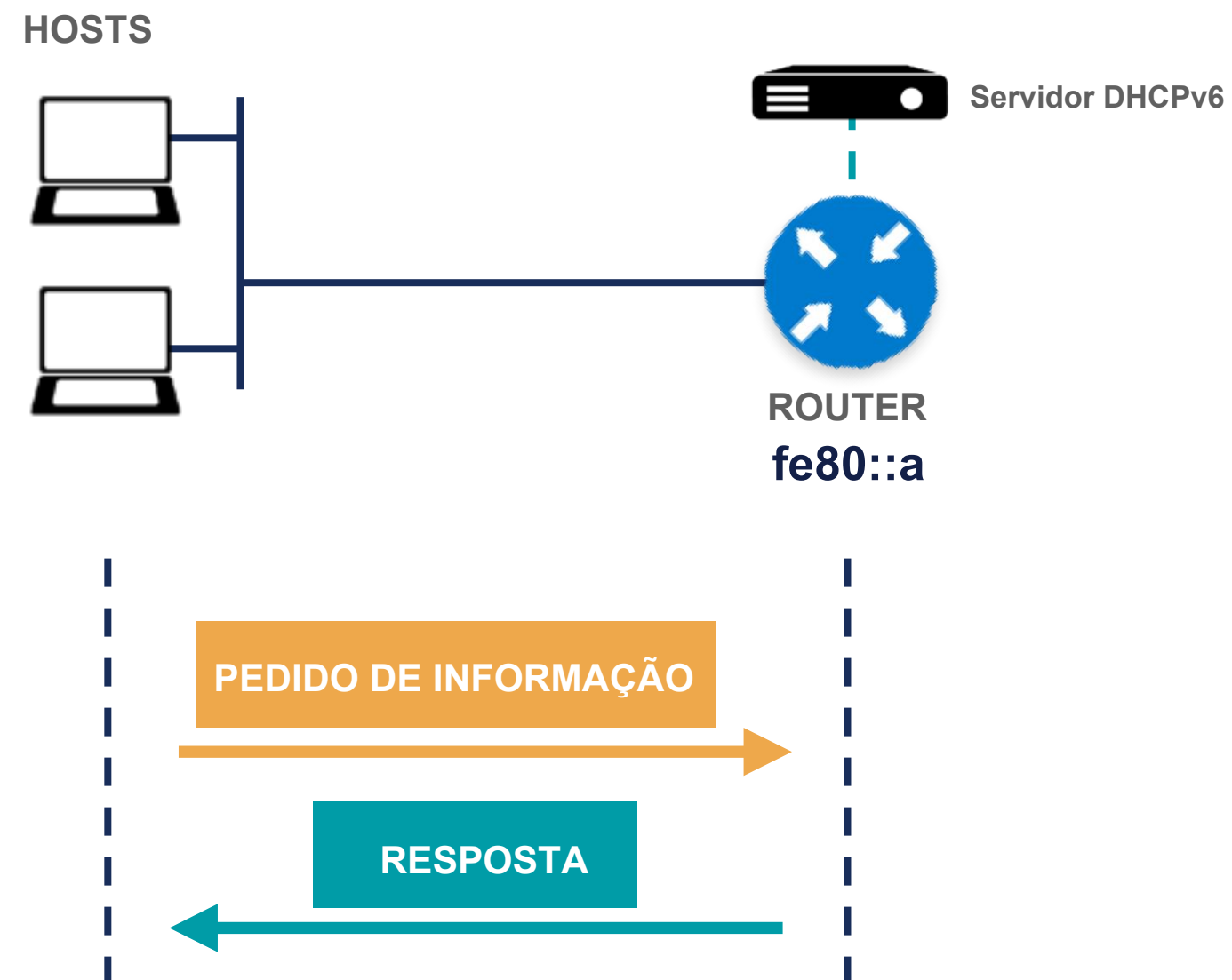
DHCPv6 (M=1)



HOSTS



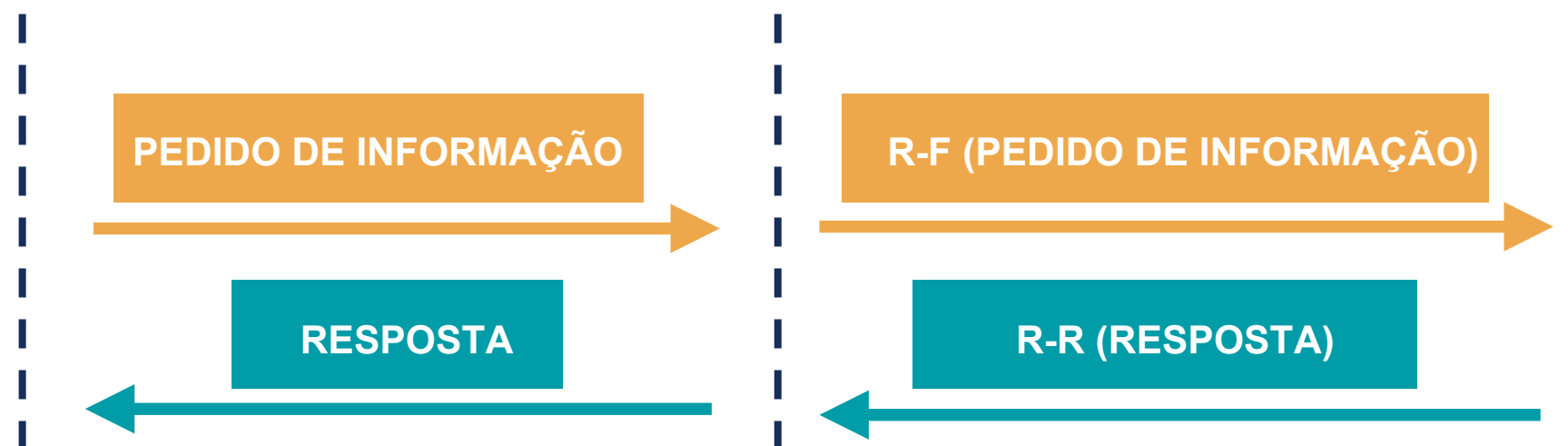
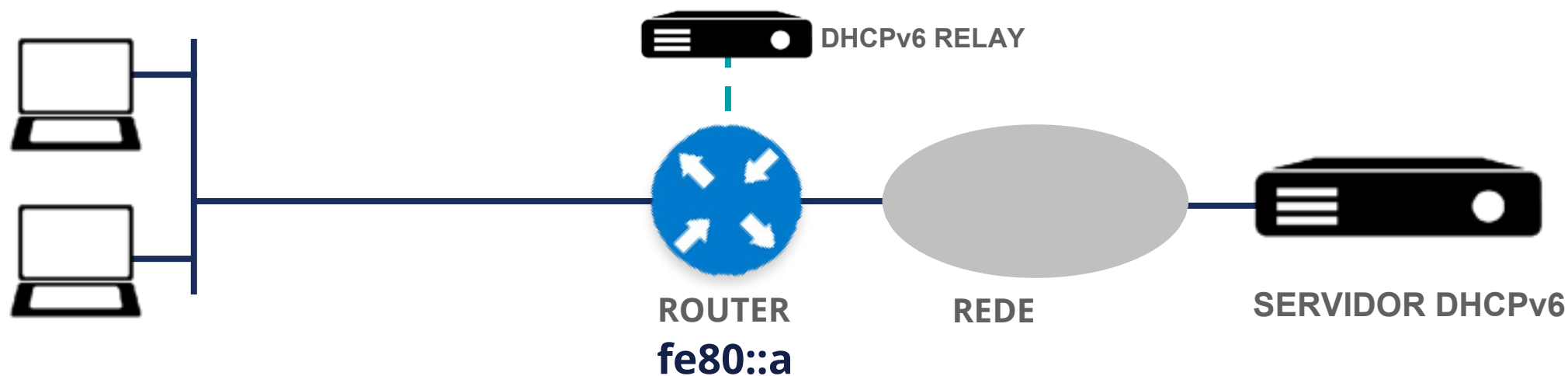
DHCPv6 (M=0, O=1)



DHCPv6 (M=0, O=1)



HOSTS



MLD



- O **Multicast Listener Discovery** (MLD) é um componente importante do IPv6
- Os routers IPv6 utilizam o MLD para encontrar listeners multicast num link com ligação direta, à semelhança do IGMP no IPv4
- O MLD está integrado no ICMPv6. Existem duas versões:
 - MLDv1 semelhante ao IGMPv2
 - MLDv2 semelhante ao IGMPv3

MLD



- 3 tipos de mensagens: **Query, Report, Done**

MLD	IGMP	Tipo de Mensagem	Tipo ICMPv6	Função
MLDv1 (RFC2710)	IGMPv2	Listener Query	130	Descobrir listeners multicast
		Listener Report	131	Resposta a Query, junta-se a um grupo
		Listener Done	132	O nó informa que deixou de escutar
MLDv2 (RFC3810)	IGMPv3	Listener Query	130	Descobrir listeners multicast
		Listener Report	143	Estado atual de escuta multicast, ou alterações

O DNS no IPv6 é difícil?



- O **DNS** não depende da camada IP
- Registo **A** para **IPv4**
- Registo **AAAA** para **IPv6**
- Não responder com base no protocolo de entrada
- Os únicos desafios são as traduções
 - NAT64, proxies

DNS reverso



2001:db8:3e:ef11::c100:4d

DNS reverso



2001:0db8:003e:ef11:0000:0000:c100:004d

. ip6.arpa.

d.4.0.0.0.1.c.0.0.0.0.0.0.0.1.1.f.e.e.3.0.0.8.b.

d.0.1.0.0.2.ip6.arpa. PTR

yourname.domain.tld.

d.4.0.0.0.1.c.0.0.0.0.0.0.0.1.1.f.e.e.3.0.0.8.b.d.0.1.0.0.2.ip6.arpa. PTR yourname.domain.tld.

IPv6 e Objetos de domínio



- Prefixo IPv6: **2001:db8::/32**
- Objeto de domínio:

domain:	8.b.d.0.1.0.0.2.ip6.arpa
descr:	rDNS for my whole IPv6 network
admin-c:	NOC12-RIPE
tech-c:	NOC12-RIPE
zone-c:	NOC12-RIPE
nserver:	pri.example.net
nserver:	sns.company.org
ds-rdata:	45062 8 2 275d9acbf3d3fec11b6d6...
mnt-by:	EXAMPLE-LIR-MNT
created:	2015-01-21T13:52:29Z
last-modified:	2016-02-07T15:09:46Z
source:	RIPE

Considerações sobre Segurança



- Qualquer pessoa pode afirmar ser um router
 - **Use RA Guard para filtrar AR não autorizadas**
 - RFC 6105
 - **Secure Neighbour Discovery (SEND)**
 - RFC 3971
 - Solicitação de Vizinhos / Anúncios Falsos
 - Ataque DoS
 - Solicitação de Router e Ataques de Anúncio

Considerações sobre Segurança



- **Fuga de anúncios de router**
 - A Cisco ativa a AR por predefinição
 - Windows, MacOS e outros aceitam por defeito
 - Uma máquina pode facilmente obter um IPv6 sem ser detetada
- **A grande ameaça atual no IPv6 é o erro humano**
 - Falta de conhecimento/formação
 - Erros de digitação
 - Manutenção de dois protocolos IP



Configurar o IPv6

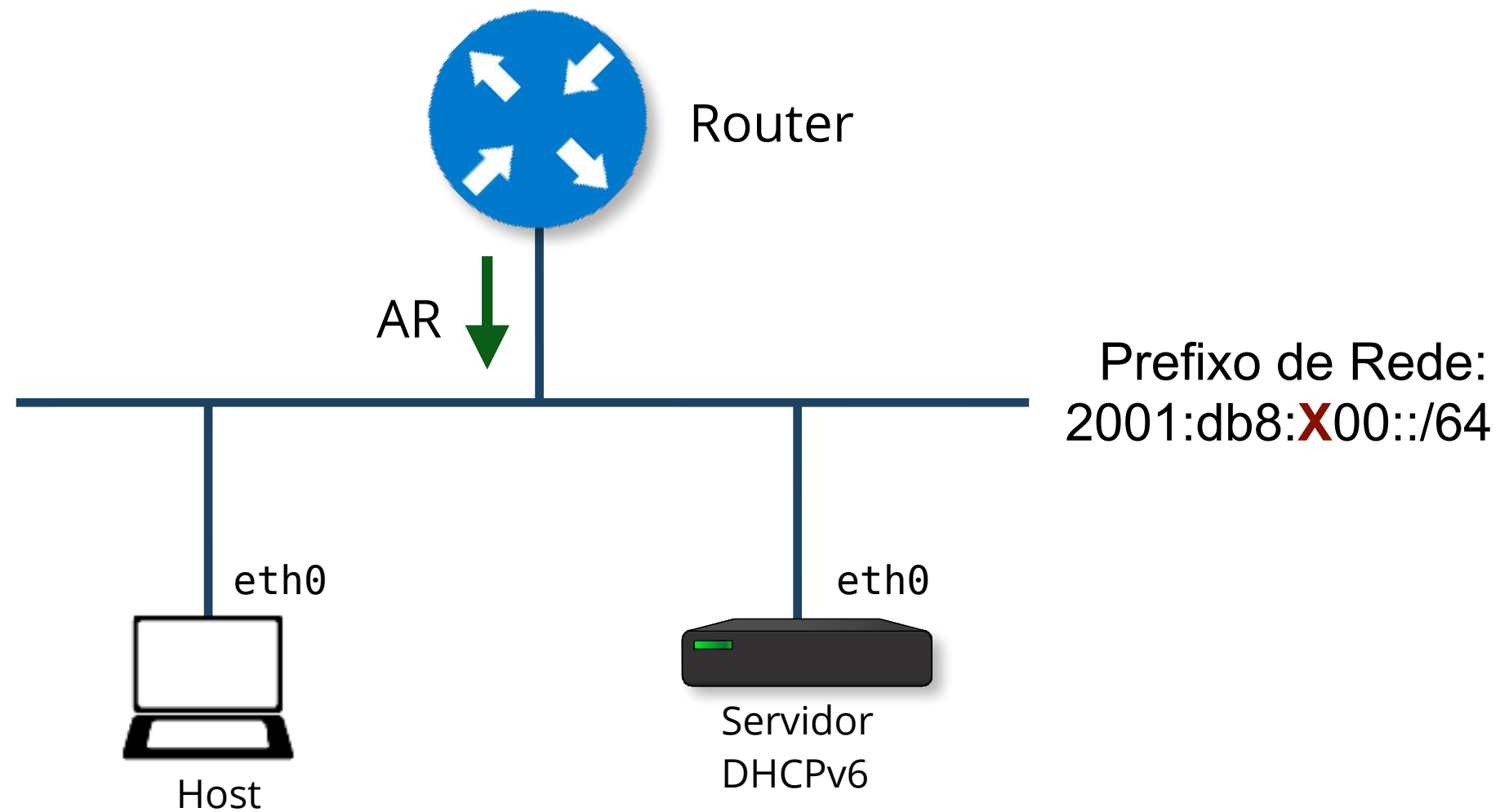
Exercício

Atribuição de Endereços



- O **router** irá enviar os Anúncios de Router
- O **host** irá obter informações de configuração IPv6 de quatro formas:
 - AR + apenas SLAAC
 - AR + SLAAC + opção RDNSS para servidores DNS
 - AR + SLAAC + bandeira "O" (Outra Configuração DHCPv6)
 - AR + **sem SLAAC** + bandeira "M" (Gerido por DHCPv6)
- O servidor DHCPv6 já está configurado

Diagrama de Rede



Exercício: Configurar um Host IPv6



- Certifique-se de que tem conectividade
- Aceda a: <https://workbench.ripe.net>
- Escolha o laboratório (perguntar aos formadores)
- O seu login é o número que lhe foi atribuído
- Os formadores irão fornecer a palavra-passe
- Selecionar “**IPv6 Fundamentals**” no menu

Host: Verifique a Configuração



- Verificar se o host não tem um endereço IPv6 ou servidores DNS configurados

```
ip addr
```

```
ip -6 route
```

```
cat /etc/resolv.conf
```

Router: Permitir AR



- Ativar as mensagens **AR** na eth0

```
router# configure
```

```
router(config)# interface eth0
```

```
router(config-if)# no ipv6 nd suppress-ra
```

```
router(config-if)# end
```

Host: Verifique a Configuração



- Verificar se, agora, o **host** tem um **endereço IPv6**
- Mas ainda **não tem servidores DNS**

```
ip addr
```

```
ip -6 route
```

```
cat /etc/resolv.conf
```

Router: Fornecer DNS através de RDNS

- Configurar o **RDNSS** e reiniciar as mensagens AR

```
router# configure
```

```
router(config)# interface eth0
```

```
router(config-if)# ipv6 nd rdns 2001:db8::53
```

```
router(config-if)# ipv6 nd suppress-ra
```

```
router(config-if)# no ipv6 nd suppress-ra
```

```
router(config-if)# end
```

Host: Verifique a Configuração



- Verificar se, agora, o **Host** tem um **servidor DNS**

```
cat /etc/resolv.conf
```

Router: Fornecer DNS através de DHCPv6



- Ativar a **bandeira O** e reiniciar as mensagens AR

```
router# configure
```

```
router(config)# interface eth0
```

```
router(config-if)# ipv6 nd other-config-flag
```

```
router(config-if)# ipv6 nd suppress-ra
```

```
router(config-if)# no ipv6 nd suppress-ra
```

```
router(config-if)# end
```

Host: Verifique a Configuração



- Verificar se, agora, o **Host** tem dois servidores **DNS**

```
cat /etc/resolv.conf
```

Router: Tudo via DHCPv6



- Ativar **M-flag** e desativar **A-flag** (sem config. automática)

```
router# configure
```

```
router(config)# interface eth0
```

```
router(config-if)# ipv6 nd managed-config-flag
```

```
# ipv6 nd prefix 2001:db8:x00::/64 no-autoconfig
```

```
router(config-if)# no ipv6 nd rdnss 2001:db8::53
```

```
router(config-if)# ipv6 nd suppress-ra
```

```
router(config-if)# no ipv6 nd suppress-ra
```

```
router(config-if)# end
```

Host: Reiniciar o Gestor de Rede



- Reiniciar o gestor de rede no Host para apanhar a nova configuração mais rapidamente

```
dhcpcd -k
```

Host: Verifique a Configuração



- Verificar se o Host tem um endereço IPv6 e servidores DNS configurados

```
ip addr
```

```
ip -6 route
```

```
cat /etc/resolv.conf
```



Perguntas





Implementação de IPv6 na Vida Real

Secção 8

Fornecedor de Colocação



- 30 colaboradores
- Encaminhamento
 - Dual Stack!
 - Combinações possíveis de IGP:
 - OSPFv2 para IPv4, IS-IS para IPv6 (apenas)
 - OSPFv2 para IPv4, OSPFv3 para IPv6
 - IS-IS para IPv4, OSPFv3 para IPv6
 - IS-IS para ambos IPv4 e IPv6 (**a solução deles**)
 - Verificar o encaminhamento interno antes de passar para o externo!

Fornecedor de Colocação



- Checklist
 - definir listas de acesso no equipamento de rede
 - configurar a monitorização (SNMP)
 - ter DNS operacional
- Ferramentas de sub-rede
 - sipcalc, IPv6calc, apps
- Cada cliente recebe uma atribuição /48
 - e uma /64 para a ligação

Fornecedor de Colocação



- A considerar:
 - configuração automática stateless pode atribuir uma sub-rede “inesperadamente”
 - nem todas as firewalls suportam IPv6
 - cuidado com a declaração “IPv6 ready/pronto para ipv6”.

ISP x DSL



- 200 colaboradores
- prefixos 2 /32 (devido à fusão)
 - insuficiente
 - fazer um plano antes de pedir a alocação
- /48 por POP
- /56 por router
- /64 por vlan de cliente

ISP x DSL



- Servidores
 - sem EUI-64
 - sem configuração automática
 - número de porta para serviços (ou seja, POP3 em ::110)
 - gateway padrão definido manualmente para, por exemplo:
 - 2001:db8::1/64 (*por norma*)

ISP x DSL



- Links de rede (ponto-a-ponto)
 - núcleo
 - /64 por link
 - ::1 - ::2
 - sem configuração automática
 - fácil de lembrar
- Não quer a ligação do seu router em:
 - 2001:db8:cf9d:7631:cd01:fe55:4532:ae60/64
- Quer a ligação do seu router em:
 - 2001:db8:1:1::/64

Grandes Empresas



- Aprox. 550 colaboradores informáticos
- Várias localizações em todo o mundo
- A maioria dos seus processos empresariais depende fortemente da Internet
- Impulsionadas para o IPv6 pela necessidade de continuar a fazer negócios como de costume

Grandes Empresas



- Fazer um inventário das necessidades informáticas
 - Hardware / Software / Serviços
 - Falar com os seus ISP numa fase inicial da preparação
- Avaliar as atuais ofertas de IPv6
 - Não confiar no seu fornecedor quanto ao “suporte total do IPv6”
 - As funções básicas de rede não são o problema
 - Verificar as soluções em nuvem
- Dê formação aos seus colaboradores informáticos
 - Faça-os compreender o PORQUÊ do IPv6
 - Concentre-se nas pessoas responsáveis pelas aplicações

Grandes Empresas



- Construir um laboratório de testes (e começar a testar!)
- Elaborar um guia para o IPv6
 - Um grupo informático dedicado aprova o guia e acompanha o estado
 - “IPv6 Readiness” exigida para todas as novas aquisições
 - Planear a substituição de soluções que não utilizam o IPv6
 - Apontar os riscos das aplicações que não utilizam o IPv6
- Abordagem Faseada da Implementação
 - Fase 1: dual stack para todos os serviços externos
 - Fase 2: centro de dados e rede interna



Dicas

Secção 9

Como Começar



- Alterar o procedimento de compra (paridade de características)
- Verificar o hardware e o software atuais
- Planear todos os passos e testes
- Um serviço de cada vez
 - começar pelo mais visível
 - núcleo
 - clientes
- Criar um documento com as lições aprendidas
- Atualizar a equipa de marketing de forma rápida e adequada

Documento RIPE-772



- “Requirements for IPv6 in ICT Equipment”
 - Melhores Práticas Atuais que descrevem o que pedir ao solicitar Apoio IPv6
 - Útil para concursos e RFP
 - A versão original era ripe-554
 - Ripe-554 originado pelo governo esloveno
 - Adotado por vários outros (Alemanha, Suécia)

Ligação para o documento:

<https://www.ripe.net/publications/docs/ripe-772>

Resolução de Problemas para Helpdesks de ISP



- A maioria dos problemas de ligação dos ISP não está relacionada com o IPv6
- Helpdesks podem ficar confusos!
 - O IPv6 é novo para eles
 - Não têm experiência com problemas de IPv6
- Um guia genérico de resolução de problemas pode ajudar!
- Baseado na ferramenta open source testipv6.com
- Personalizável

<https://www.ripe.net/ripe/docs/ripe-631>



Os Clientes e os /48



- Os clientes não sabem como lidar com **65 536 sub-redes!**
- Dê-lhes essa informação!



Ligação para o documento:

<https://www.ripe.net/support/training/material/basicipv6-addressing-plan-howto.pdf>

Outros links



- Websites

- <http://www.getipv6.info>
- <http://www.ipv6actnow.org>
- <http://datatracker.ietf.org/wg/v6ops/>
- <https://www.ripe.net/publications/docs/ripe-772>

- Mailing lists

- <http://lists.clueneet.de/mailman/listinfo/ipv6-ops>
- <https://www.ripe.net/mailman/listinfo/ipv6-wg>

A evitar



- Não separar as funcionalidades IPv6 das IPv4
- Não fazer tudo de uma só vez
- Não nomear um especialista em IPv6
 - tem um especialista em IPv4?
- Não ver o IPv6 como um produto
 - a Internet é o produto!



Perguntas



Queremos saber a sua opinião!



O que é que achou desta sessão?

Responda ao nosso inquérito em:

<https://www.ripe.net/s/feedback/v6fun/>





Aprenda algo novo hoje!
academy.ripe.net





RIPE NCC Certified Professionals



<https://getcertified.ripe.net/>



Tem mais perguntas? Contacte-nos!

academy@ripe.net



Ēnn Соҥы An Críoch پايان Y Diwedd
Vége Endir Finvezh Ende Koniec
Son დასასრული қтырз Kінецъ Finis
Lõpp Amaia תסה Tmiem
Sfârșit Loppu Slutt Liðugt Kraj
Kraj النهاية Конец Fund
Fine Fin Finis Konec Τέλος
Einde Fí Край Pabaiga
Slut Beigas
Fim



Novidades IPv6



Webinars

Assista a outro webinar ao vivo onde quer que esteja.

- ❖ Introdução ao IPv6 (2 h)
- ❖ Plano de Endereço IPv6 (1 h)
- ❖ Segurança Básica do Protocolo IPv6 (2 h)
- ❖ Protocolos Associados ao IPv6 (2 h)
- ❖ Mitos, Filtros e Dicas de Segurança do IPv6 (2 h)



Para mais informações, aceda à ligação abaixo



learning.ripe.net



Presencial

Encontre-nos num local perto de si para uma sessão de formação presencial.

- ❖ Fundamentos do IPv6 (8,5 h)
- ❖ IPv6 Avançado (17 h)
- ❖ Segurança IPv6 (8,5 h)



E-learning

Aprenda ao seu ritmo na nossa Academy online.

- ❖ Fundamentos do IPv6 (15 h)
- ❖ Segurança IPv6 (24 h)



Para mais informações, aceda à ligação abaixo



academy.ripe.net



Exames

Aprende tudo o que precisava? Obtenha a certificação!

- ❖ Fundamentos do IPv6 - Analista
- ❖ Segurança IPv6 - Especialista



Para mais informações, aceda à ligação abaixo



getcertified.ripe.net

Direitos de Autor

Os Materiais do RIPE NCC podem ser utilizados para **fins privados, fins públicos não comerciais, investigação, fins educativos ou fins de demonstração**, ou se os materiais em questão indicarem especificamente que a utilização do material é permitida, e desde que os Materiais do RIPE NCC não sejam modificados e sejam devidamente identificados como documentos do RIPE NCC. Salvo autorização por escrito do RIPE NCC, a utilização dos materiais do RIPE NCC para fins publicitários ou de marketing é estritamente proibida e pode ser objeto de processo judicial. O RIPE NCC deve ser notificado de quaisquer atividades deste tipo ou suspeitas das mesmas.

Este documento é uma tradução para português do documento original publicado pelo RIPE NCC. A tradução apresentada foi realizada no âmbito do programa de capacitação digital da LusNIC e CDA/ICANN, sendo esta fornecida apenas para fins informativos. Em caso de divergência, inconsistência ou dúvida de interpretação, a versão original prevalece.

A LusNIC agradece ao RIPE NCC, entidade responsável pelo documento original, pela produção e disponibilização destes conteúdos, que serviram de base à presente tradução para português, realizada com o objetivo de apoiar a capacitação e a partilha de conhecimento entre os membros da comunidade LusNIC.

© 2026 RIPE NCC. Todos os direitos reservados.

Ligação para a declaração de direitos de autor:

<https://www.ripe.net/about-us/legal/copyright-statement>

