



**nic.br**

Núcleo de Informação  
e Coordenação do  
Ponto BR

**egi.br**

Comitê Gestor da  
Internet no Brasil

# Tutorial: Caminho para as redes só IPv6

**registro.br cert.br cetic.br ceptro.br ceweb.br ix.br**

**Eduardo Barasal Morales**  
**Lucas Jorge da Silva**  
**Tiago Jun Nakamura**  
**Wanderson Modesto da Silva**

nic.br egi.br

ceptro.br

**LACNIC 42**  
Asunción, PY | 07/10/24

# Licença de uso do material

Esta apresentação está disponível sob a licença

## Creative Commons

Atribuição - Sem Derivações 4.0 Internacional (CC BY-ND 4.0)

<https://creativecommons.org/licenses/by-nd/4.0/legalcode.pt>

## Você tem o direito de:

- **Compartilhar** - copiar e redistribuir o **material** em qualquer suporte ou formato para qualquer fim, **mesmo que comercial**.
- *O licenciante não pode revogar estes direitos desde que você respeite os termos da licença.*

## De acordo com os termos seguintes:

- **Atribuição** - Você deve dar o crédito apropriado, prover um link para a licença e indicar se mudanças foram feitas. Você deve fazê-lo em qualquer circunstância razoável, mas de nenhuma maneira que sugira que o licenciante apoia você ou o seu uso. Ao distribuir essa apresentação, você deve deixar claro que ela faz parte do **Tutorial Caminho para as redes só IPv6**, e que os originais podem ser obtidos em <http://ceptro.br>. Você deve fazer isso sem sugerir que nós damos algum aval à sua instituição, empresa, site ou curso.
- **Sem Derivações** - Se você remixar, transformar ou criar a partir do material, você não pode distribuir o material modificado.

Se tiver dúvidas, ou quiser obter permissão para utilizar o material de outra forma, entre em contato pelo e-mail: [info@nic.br](mailto:info@nic.br).



# Webinários preparatórios

- Configurar servidores Linux solamente con IPv6
  - <https://youtu.be/ofcJvWOpDfo>
- Taller preparatorio IPv6 - LACNIC 42
  - <https://youtu.be/ofcJvWOpDfo>

# Revisão

ceptro.br nic.br egi.br



# História

## IPv4

1983

- CIDR
- DHCP
- NAT

1998

Foi se esgotando a nível **mundial**

2011

Foi se esgotando a nível **regional**

2024

Continua sendo utilizado em toda a internet

Para aonde vamos?

## IPv6

1994 projeto

Implantação

Utilização quase **0%**

Implantação

Utilização pouco mais de **45% Mundo e 50% Brasil**

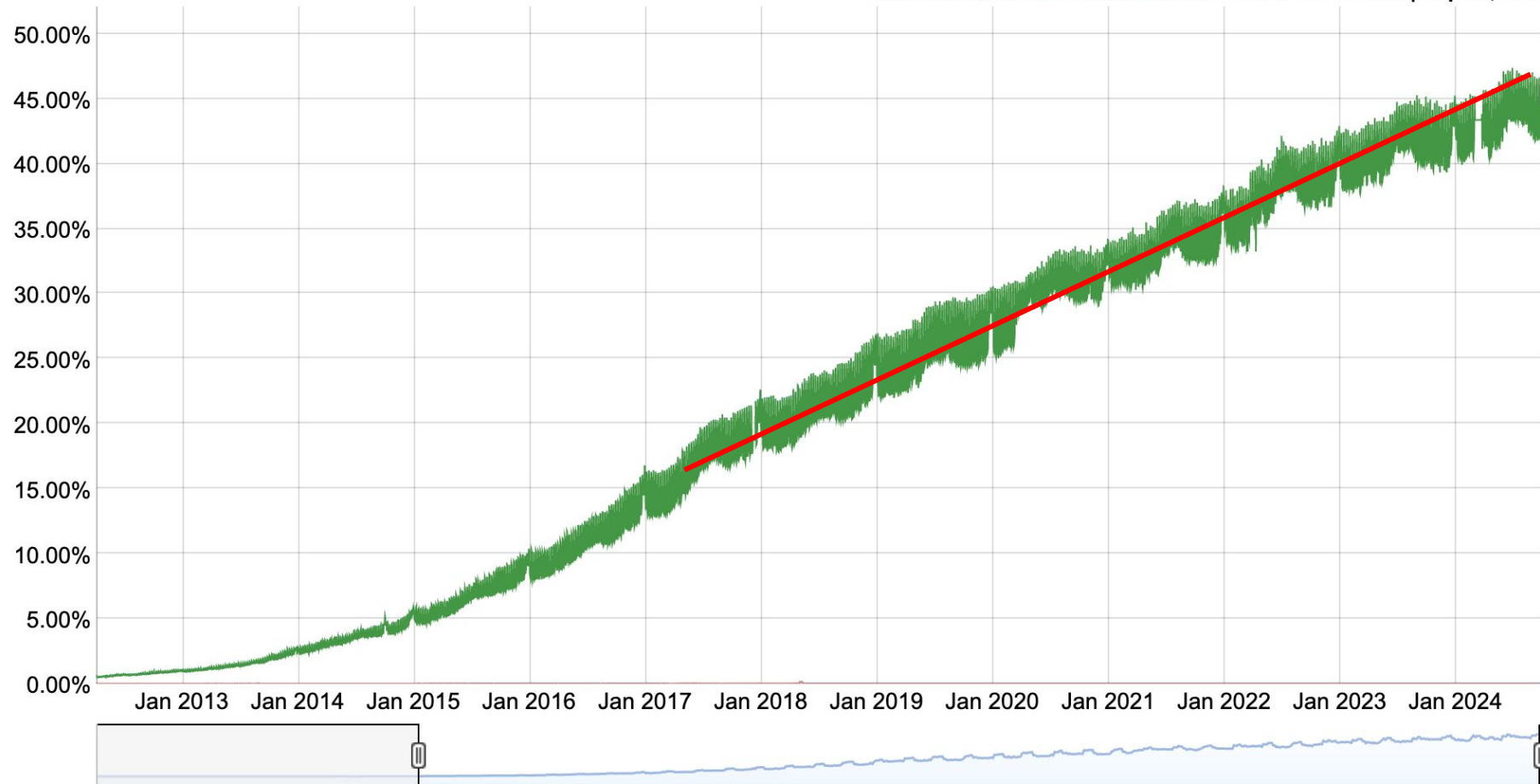
Crescendo em ritmo lento

# Situação Atual

## 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.

Native: 44.51% 6to4/Teredo: 0.00% Total IPv6: 44.51% | Sep 27, 2024



Projeção linear:  
Em 2025  
deve-se chegar  
em 50% nível  
mundial

# Situação Atual - **Mundo 46,61%** - 06/10/24

**Uruguai - 52,61%**

**Brasil - 50,60%**

**México - 50,50%**

**Guatemala - 48,93%**

**Nicarágua - 44,15%**

**Peru - 36,98%**

**Paraguai - 34,94%**

**Trinidad e Tobago - 26,14%**

**Equador - 27,72%**

**Suriname - 27,24%**

**Bolívia - 24,61%**

**Guiana - 22,24%**

**Argentina - 21,64%**

**Colômbia - 20,88%**

**Chile - 20,66 %**

**El Salvador - 17,51%**

**República Dominicana - 16,67%**

**Honduras - 15,65%**

**Costa Rica - 14,51%**

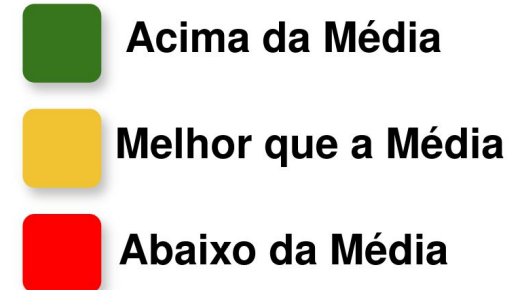
**Panamá - 7,45%**

**Haiti - 6,82%**

**Belize - 4,87%**

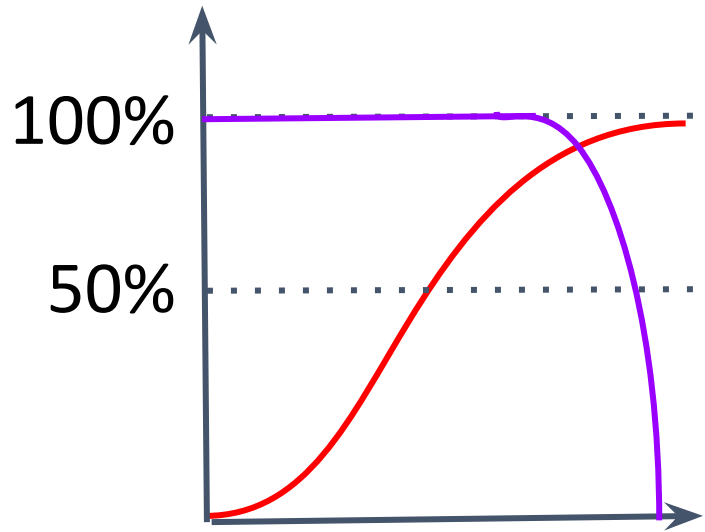
**Venezuela - 2,87%**

**Cuba - 0,08%**





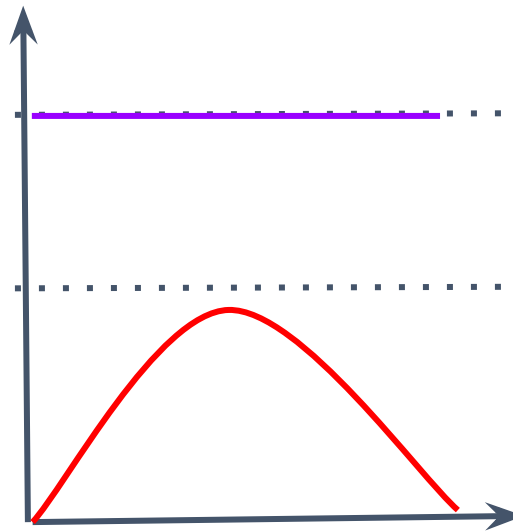
# Qual será o futuro?



Futuro **só IPv6**

IPv6 **100%**

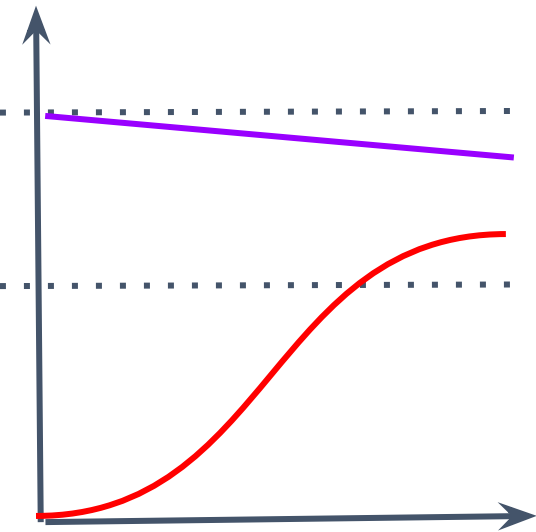
IPv4 **0%**



Futuro **só IPv4**

IPv6 **0%**

IPv4 **100%**



Futuro com **os dois**

IPv6 **~65%**

IPv4 **~90%**



# Apostar nos **dois** para sempre

- Os dispositivos precisam operar com os **dois**
- Os roteadores precisam rotear para os **dois**
- Os provedores precisam operar com os **dois**
- Os servidores DNS precisam resolver os nomes para os **dois**
- Programadores precisam programar para os **dois**



**Todos vamos pagar pelos **dois**!**

# Apostar no IPv4 para sempre

- Redes **IPv4 Only**

- **Custo** por Transferência de IPv4
  - **Custo** por equipamentos de CGNAT
  - **Custo** por armazenamento de LOGs
  - Lei da oferta e da procura
- Estima-se que quem entrar na fila hoje do LACNIC, só conseguirá em 2034.



## Você tem como sustentar sua operação?

# Apostar no IPv6 para sempre

- Redes **IPv6 only**
  - Foi criado para substituir o IPv4
  - Permite a comunicação fim a fim
  - Demanda estudo e aplicação de algo novo



**Você está disposto a mudar sua forma de operar a rede?**

# Apostando em rede IPv6 only

- **Primeiro passo:** Começar operando em pilha dupla
  - IPv6 Nativo + IPv4 Compartilhado ou Nativo
- **Segundo passo:** ir desligando aos poucos o IPv4
  - **Técnicas de transição:**
    - NAT64 + DNS64
    - 464XLAT
    - SIIT e SIIT-DC
  - **Proxy reverso**
- **Terceiro passo:** desativar o IPv4 por completo





# Primeiro Passo

- **IPv6 nativo**

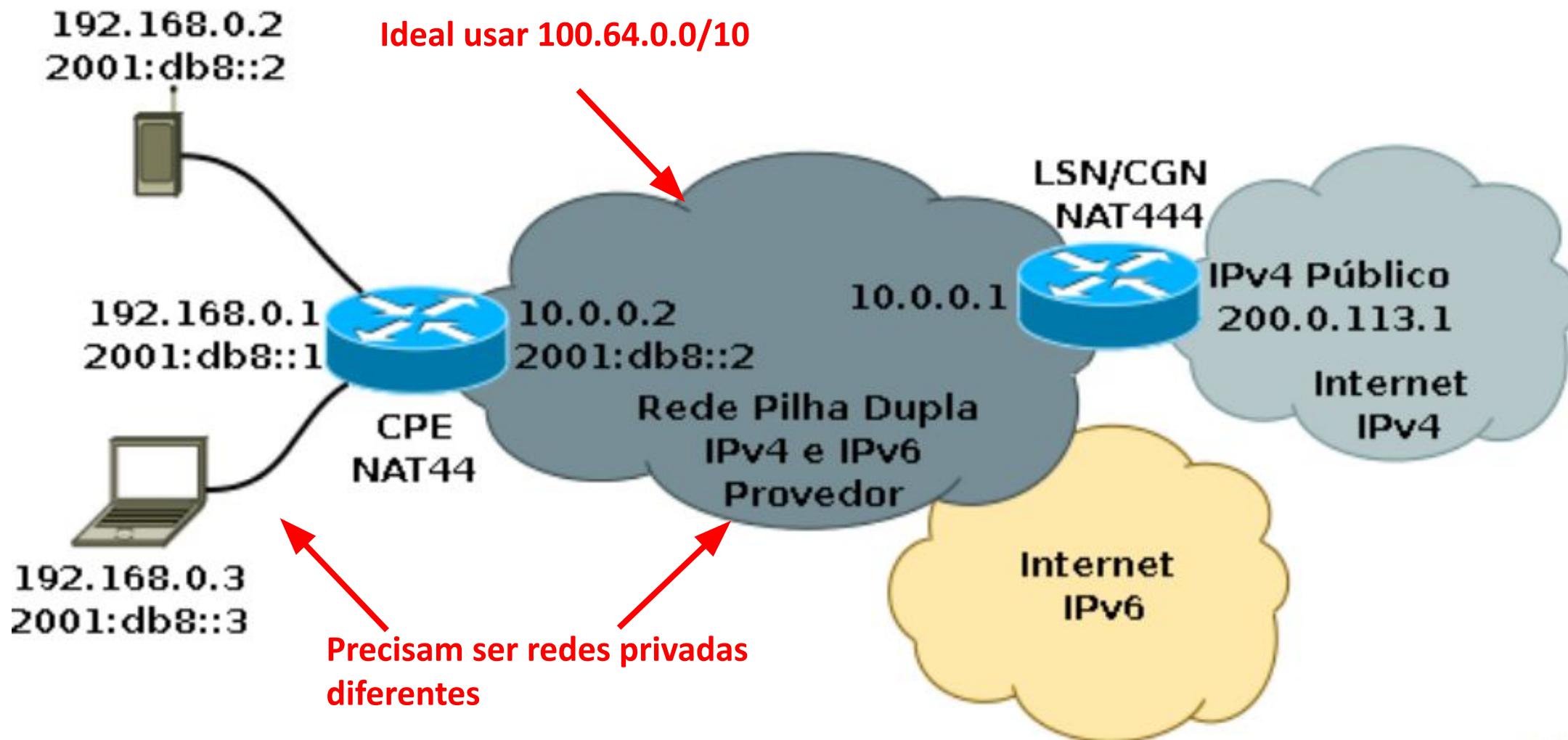
- Tudo que funciona em IPv4 precisa funcionar em IPv6
  - Atualizando software
  - Trocando equipamento
  - Ativar aos poucos
- Foque num bom plano de endereçamento

- **IPv4**

- Nativo - melhor dos mundos
- Compartilhado - **CGNAT** (mais comum)
  - 100.64.0.0/10



# CGNAT



# Usando Pilha Dupla

- As redes estão migrando para pilha dupla
  - **Happy Eyeballs**
    - Trabalha com IPv4 e IPv6
      - Começa pela resolução de nomes
        - AAAA
        - A
    - Leve preferência com IPv6
    - Fica com a conexão mais rápida



# Começando o Primeiro Passo: Básico de IPv6

ceptro.br nic.br egi.br

# Revisão - Endereçamento

- Vamos entender como o IPv6 é formado

**2001:0DB8:AD1F:25E2:CADE:CAFE:F0CA:84C1**

- São 8 campos separados por ":"
- Cada campo é composto de 4 números hexadecimais
- Cada hexadecimal é composto por 4 bits
  - Cada bit possui um valor posicional





# Revisão - Endereçamento

2001 : db8 : : /32

<b>Posição Bit</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
<b>Bits</b>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>1</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>1</u>
<b>Valor</b>	8	4	2	1	8	4	2	1	8	4	2	1	8	4	2	1
		2				0				0						1

# Revisão - Prefixo

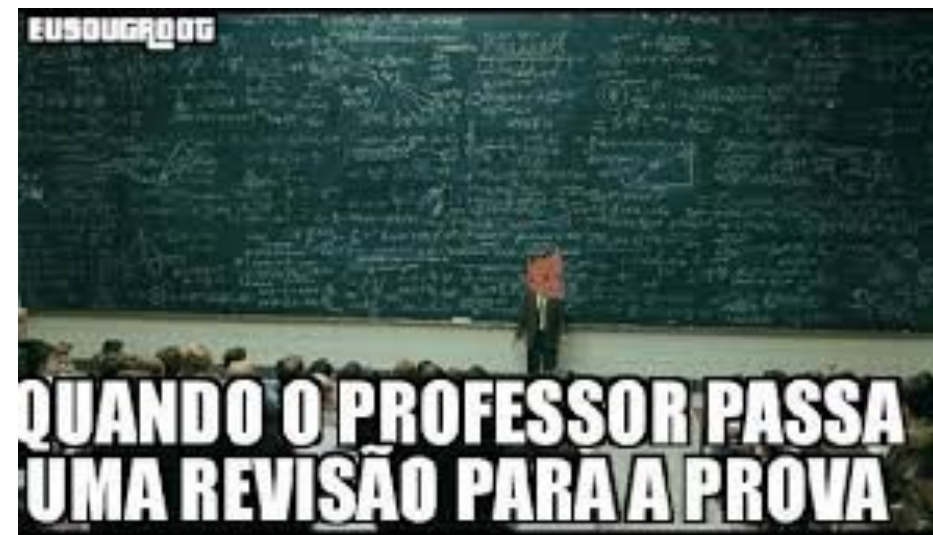
- Representação em escala decimal
- Contagem de quantos bits fazem parte da rede



<b>2001:db8:: Endereço</b>	<b>/32 Prefixo</b>
--------------------------------	------------------------

# Revisão - Formatos válidos

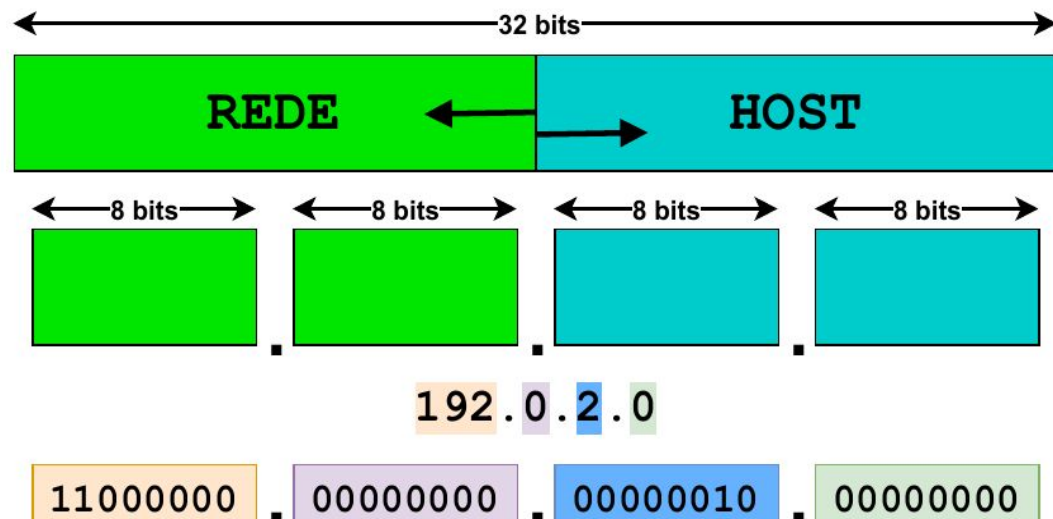
- IPv6 com IPv4 dentro
  - **64:ff9b::203.0.113.10**
- Maiúsculo e Minúsculo
  - **2001:0dB8:B01a:bEbA:d012:5678:1234:fAcA**
- Regras de abreviação
  - **Zeros a direita dentro de um campo**
  - **Dois ou mais campos formado de 0 trocar ::**



# Revisão - Comparando os dois protocolos

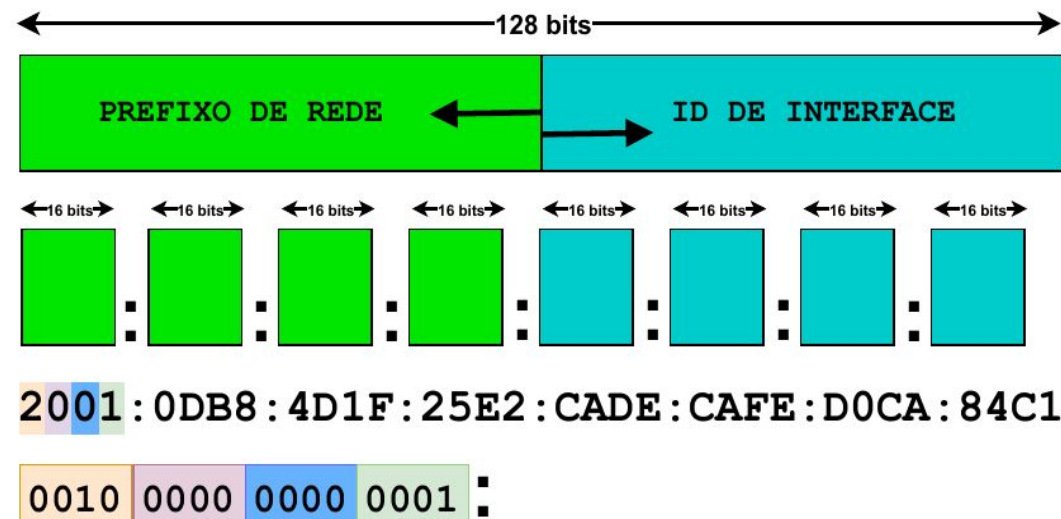
## IPv4

- 32 bits
- Separados por 4 octetos
- Caracteres decimais separados por “.”



## IPv6

- 128 bits
- Separados por 8 hexadecateto
- Caracteres hexadecimais separados por “:”



# Revisão - Comparando os dois protocolos

Versão (Version)	Tamanho do Cabeçalho (IHL)	1 Tipo de Serviço (ToS) ou DiffServ	2 Tamanho Total (Total Length)	
Identificação (Identification)		Flags	Deslocamento do Fragmento (Fragment Offset)	
4 Tempo de Vida (TTL)	3 Protocolo (Protocol)	Soma de Verificação do Cabeçalho (Checksum)		
Endereço de Origem (Source Address)				
Endereço de Destino (Destination Address)				
Opções + Complemento (Options + Padding)				

Versão (Version)	1 Classe de Tráfego (Traffic Class)	Identificador de Fluxo (Flow Label)		
2 Tamanho dos Dados (Payload Length)		3 Próximo Cabeçalho (Next Header)	4 Limite de Encaminhamento (Hop Limit)	
Endereço de Origem (Source Address)				
Endereço de Destino (Destination Address)				

3 Campos mantidos

6 Campos removidos

4 Campos levemente modificados

1 Campo adicionado

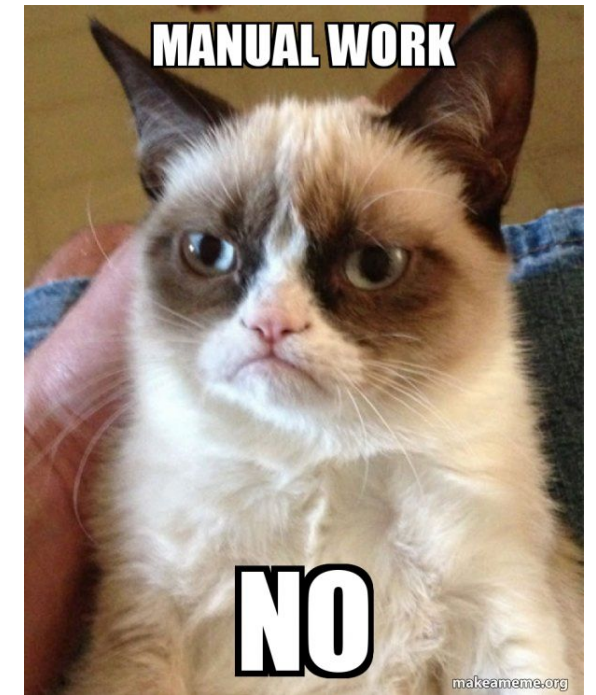


# Começando o Primeiro Passo: Configurando endereços IPv6 na Rede

ceptro.br nic.br egi.br

# Modos de configurar endereço IPv6

- Estaticamente
  - Configuração manual
  - **Pouco escalável**
- Exemplos
  - `ip -6 addr add 2001:db8:abcd::1/64 dev eth0`
  - `ifconfig eth0 inet6 add 2001:db8:abcd::1/64`
  - `New-NetIPAddress -InterfaceAlias "Ethernet" -IPAddress 2001:db8:abcd::1 -PrefixLength 64`
  - `netsh interface ipv6 add address "Local Area Connection" 2001:db8:abcd::1`



# Modos de configurar endereço IPv6

- Dinamicamente
  - Autoconfiguração
    - SLAAC (Stateless Address Autoconfiguration)
    - DHCPv6 (Dynamic Host Configuration Protocol)
    - DHCPv6-PD (Prefix Delegation)



# Tipos de configuração de endereços

- Stateful (DHCP)
  - Algum dispositivo (servidor) mantém o controle das alocações (logs)
- Stateless (SLAAC)
  - Não existe controle das alocações, cada dispositivo é responsável pela resolução de conflitos

ISSO É UM



BELO REGISTRO

# SLAAC

ceptro.br nic.br egi.br



# SLAAC

- **S**tate**L**ess **A**ddress **A**uto**C**onfiguration
- Mecanismo que permite a atribuir endereços unicast aos nós...
  - sem a necessidade de configurações manuais
  - sem servidores adicionais
  - apenas com configurações mínimas dos roteadores
- Mas, não é possível saber o endereço criado de antemão

# SLAAC

- Gera endereços IP a partir de informações enviadas pelos roteadores e de dados locais
  - Antigamente usava endereço MAC
  - Agora técnica de privacidade
- Gera um endereço para cada prefixo informado
  - Nas mensagens RA
  - Ou conhecido do link local (FE80::/10)



# SLAAC

- Utiliza mensagens ICMPv6
  - **Neighbor Discovery Protocol (NDP)**
    - Router Solicitation (RS)
    - Router Advertisement (RA)
    - Flags
    - Prefix Information
    - RA pode ser enviado em resposta a RS ou periodicamente

# SLAAC



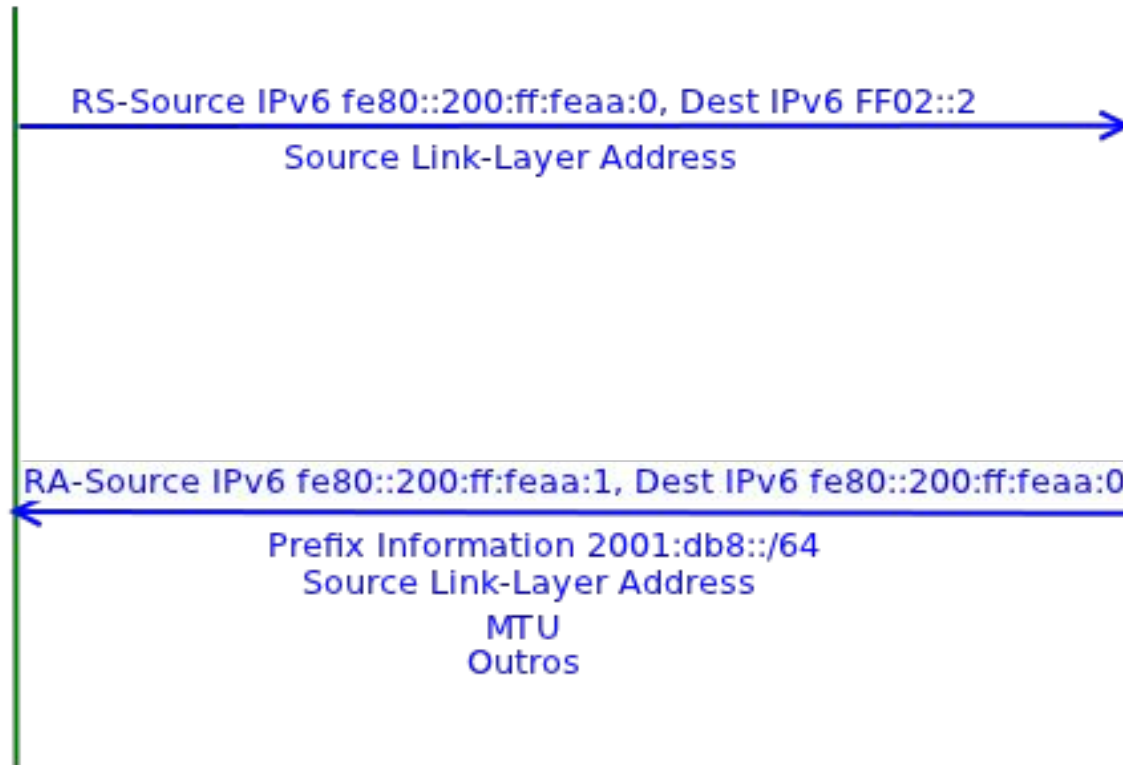
Cliente

local fe80::200:ff:feaa:0

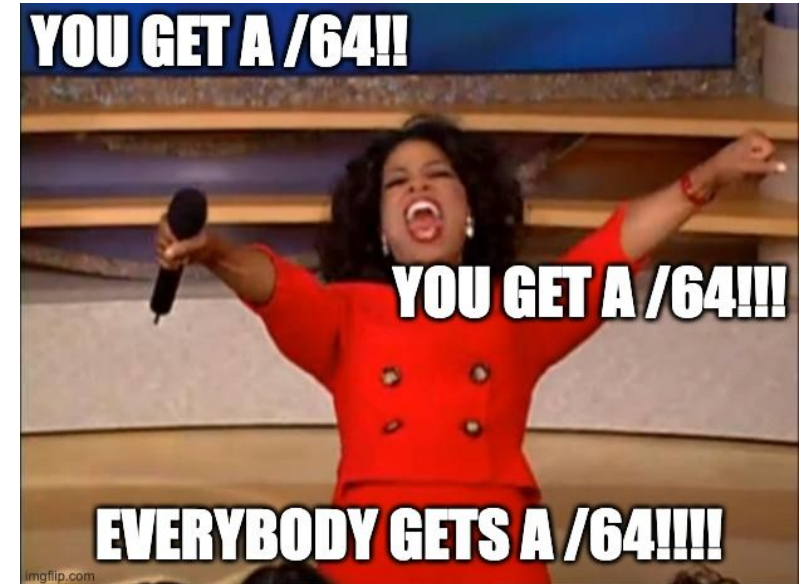


Roteador

local fe80::200:ff:feaa:1  
global 2001:db8::11/64



Endereço global  
2001:db8::200:ff:feaa:0



# Laboratório 1: SLAAC

ceptro.br nic.br egi.br



# DHCPv6

ceptro.br nic.br egi.br

# DHCPv6

- Dynamic Host Configuration Protocol
  - Atribuição dinâmica de endereços IP
  - Análogo ao DHCP para IPv4
- Melhor controle e gerenciamento dos endereços
- Otimiza o uso dos endereços:
  - Possui um conjunto de endereços disponíveis
  - Quando solicitado, aloca um endereços para um dispositivo
  - Após o uso, o endereço é desalocado e retorna para o conjunto de endereços disponíveis
- Facilidade na entrega final de endereços

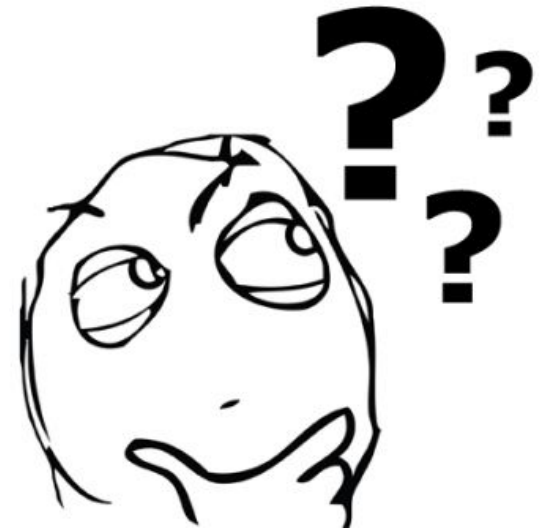


# DHCPv6

- Pode ser indicado nas mensagens RA.
- Fornece:
  - Endereços IPv6
  - Outros parâmetros (servidores DNS, NTP...)
- Clientes utilizam para se comunicar com o DHCP:
  - um endereço link-local de origem
  - endereços multicast para destino (FF02::1:2 ou FF05::1:3).
- Clientes enviam mensagens a servidores fora de seu enlace utilizando um Relay DHCP

# DHCPv6

- Os mecanismos de autoconfiguração de endereços stateful e stateless podem ser utilizados simultaneamente
  - **Por exemplo:** utilizar autoconfiguração stateless para atribuir os endereços e DHCPv6 para informar o endereço do servidor DNS
- **DHCPv6 e DHCPv4 são independentes.**
  - Redes com Pilha Dupla precisam de serviços DHCP separados



# Laboratório 2: DHCPv6 - Stateful

ceptro.br nic.br egi.br



# DHCPv6-PD

ceptro.br nic.br egi.br

# DHCPv6-PD

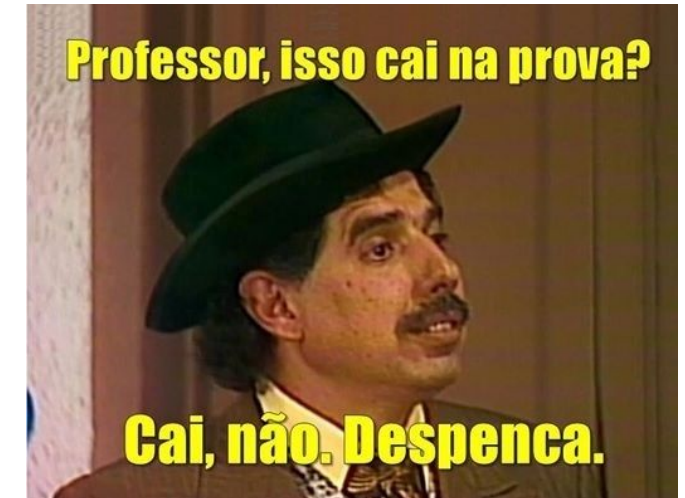
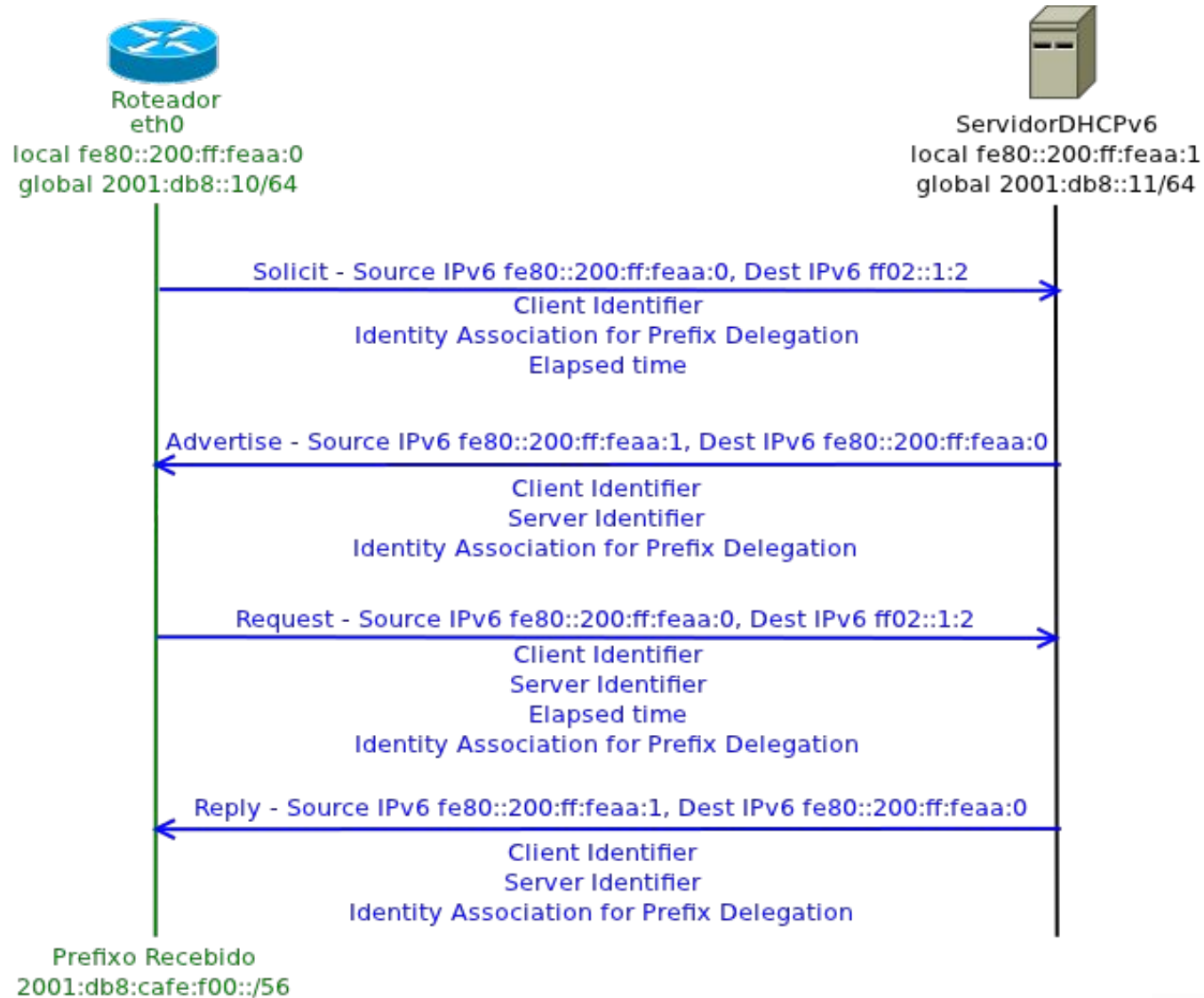
- **D**ynamic **H**ost **C**onfiguration **P**rotocol - **P**refix **D**elegation
- **Não existente no DHCPv4**
- Alocação dinâmica de prefixos **IPv6**
- Usam mesmas mensagens do **DHCPv6**
  - *“Identity Association for Prefix Delegation”*



# DHCPv6-PD

- Utilizada para distribuir prefixos de rede a roteadores
  - Roteador envia uma requisição de prefixo enviada para rede com destino a todos os servidores DHCPv6
  - Os servidores pré-configurados com um pool de prefixos respondem a este pedido feito pelo roteador enviando um prefixo IPv6
  - Ao receber esta resposta, o roteador fica encarregado de dividir o prefixo e redistribuí-lo por suas interfaces para chegar aos seus clientes

# DHCPv6-PD



# Laboratório 3: DHCPv6-PD

ceptro.br nic.br egi.br



# Última Milha

ceptro.br nic.br egi.br

# PPPoE

- Point-to-Point Protocol over Ethernet

- Etapas para conectividade

- **Estabelecimento de link**

- Link Control Protocol (LCP)

- **Autenticação**

- Challenge Authentication Protocol (CHAP)
- Password Authentication Protocol (PAP)

- **Configuração da camada de rede**

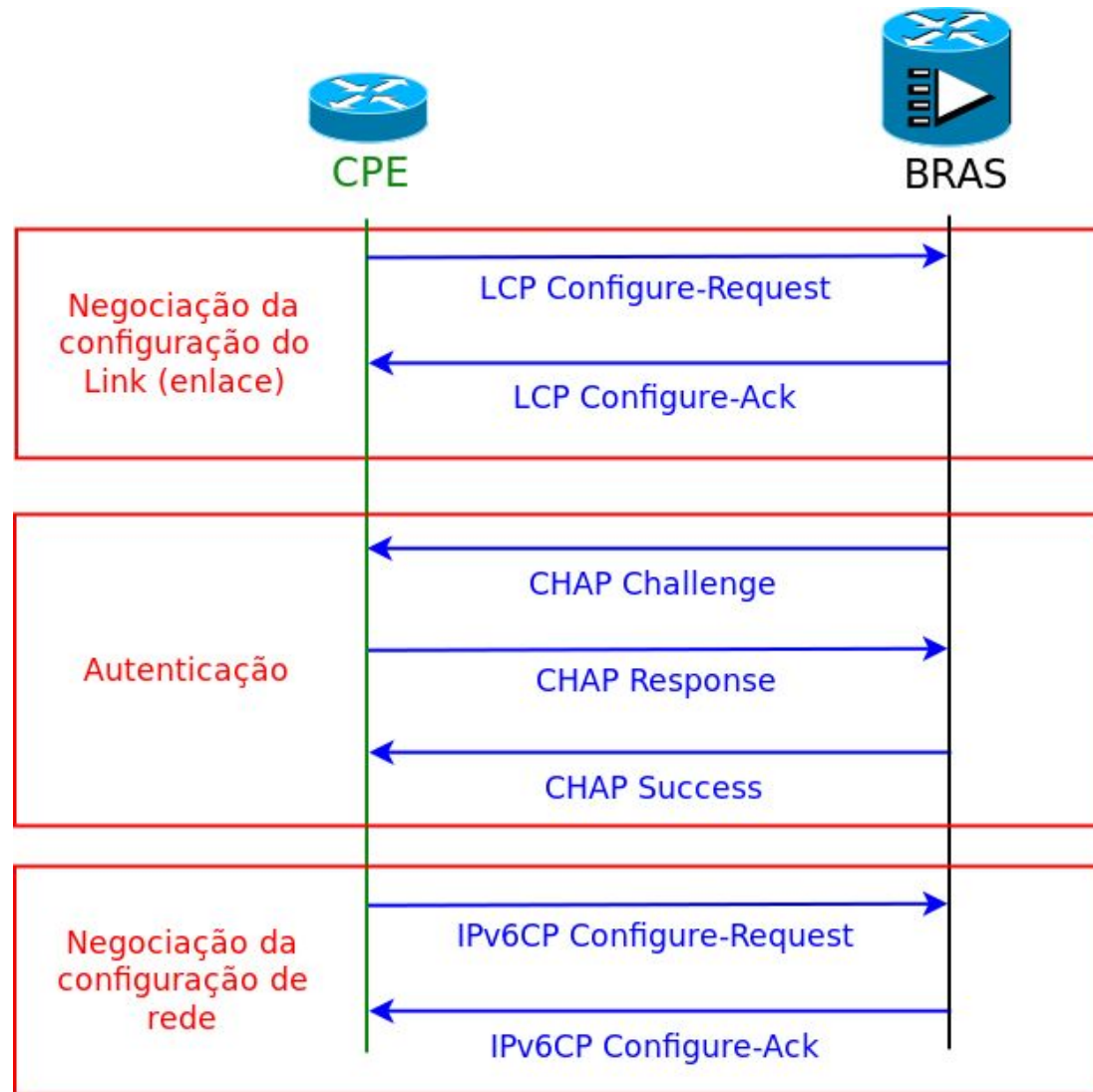
- Network Control Protocol (NCP) - IPCP e IPv6CP
- A operação do IPv6 não interfere no IPv4

“essa prova vai ser muito fácil já sei tudo”

eu na prova:



# PPPoE



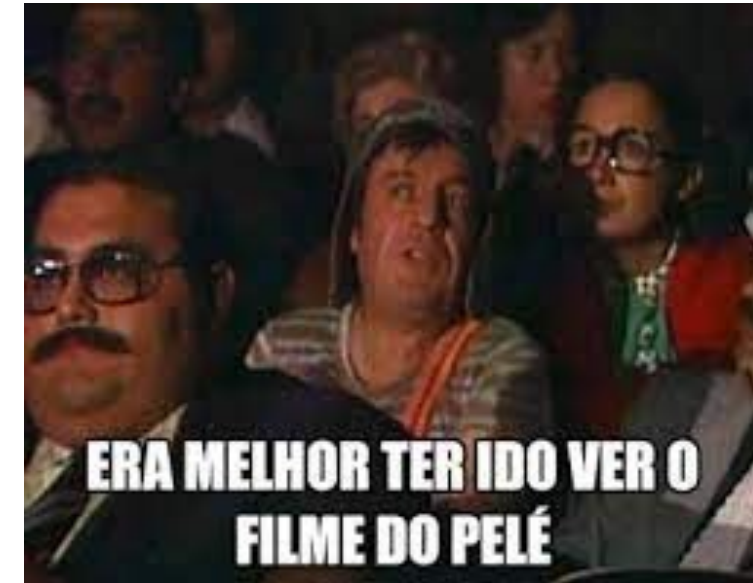
# Última Milha

- **Tipos de implementação**

- SLAAC (WAN) + DHCPv6-PD (LAN)
- DHCPv6 Stateful (WAN) + DHCPv6-PD (LAN)

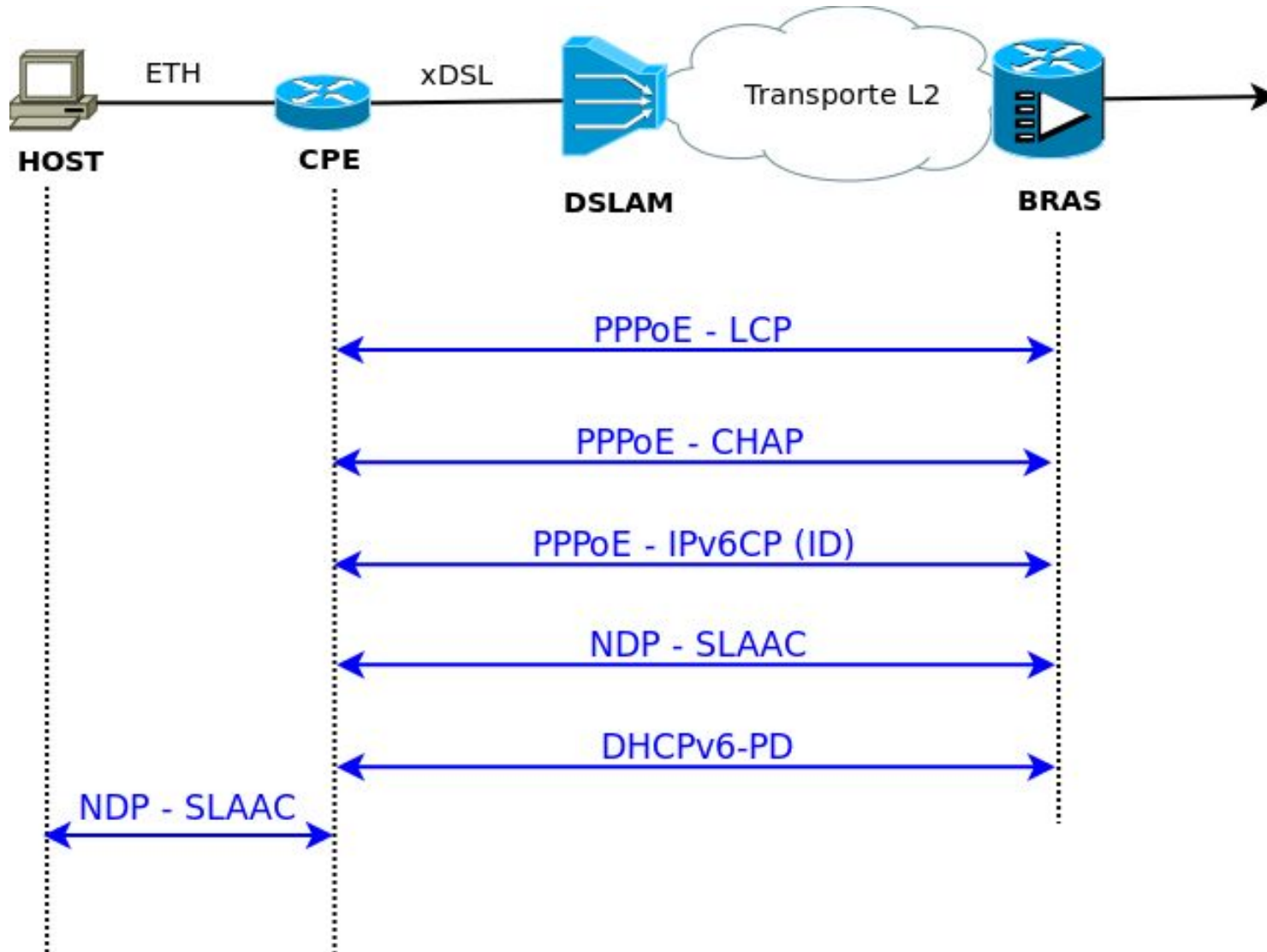
- **Recomendação**

- Utilizar endereços globais
- WAN side: /64 para cada cliente
- LAN side: /56 para cada cliente (DHCP-PD)





# Última Milha





# Segundo Passo: Como ter uma rede IPv6 only?

ceptro.br nic.br egi.br

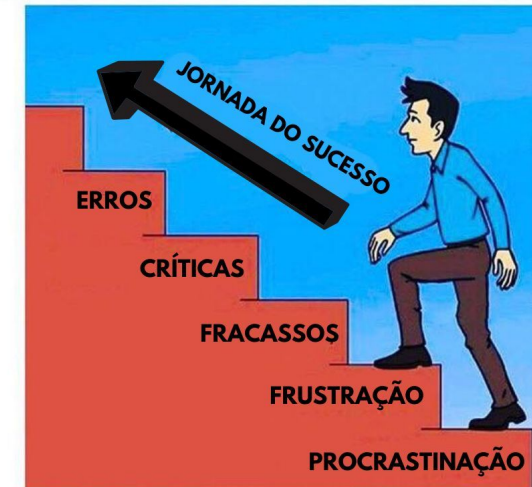
# Segundo Passo

- **IPv6 nativo em toda a rede**

- Começa a se preocupar em gerenciar só uma rede, a IPv6
- Se o destino tiver em IPv6 a comunicação é feita em IPv6

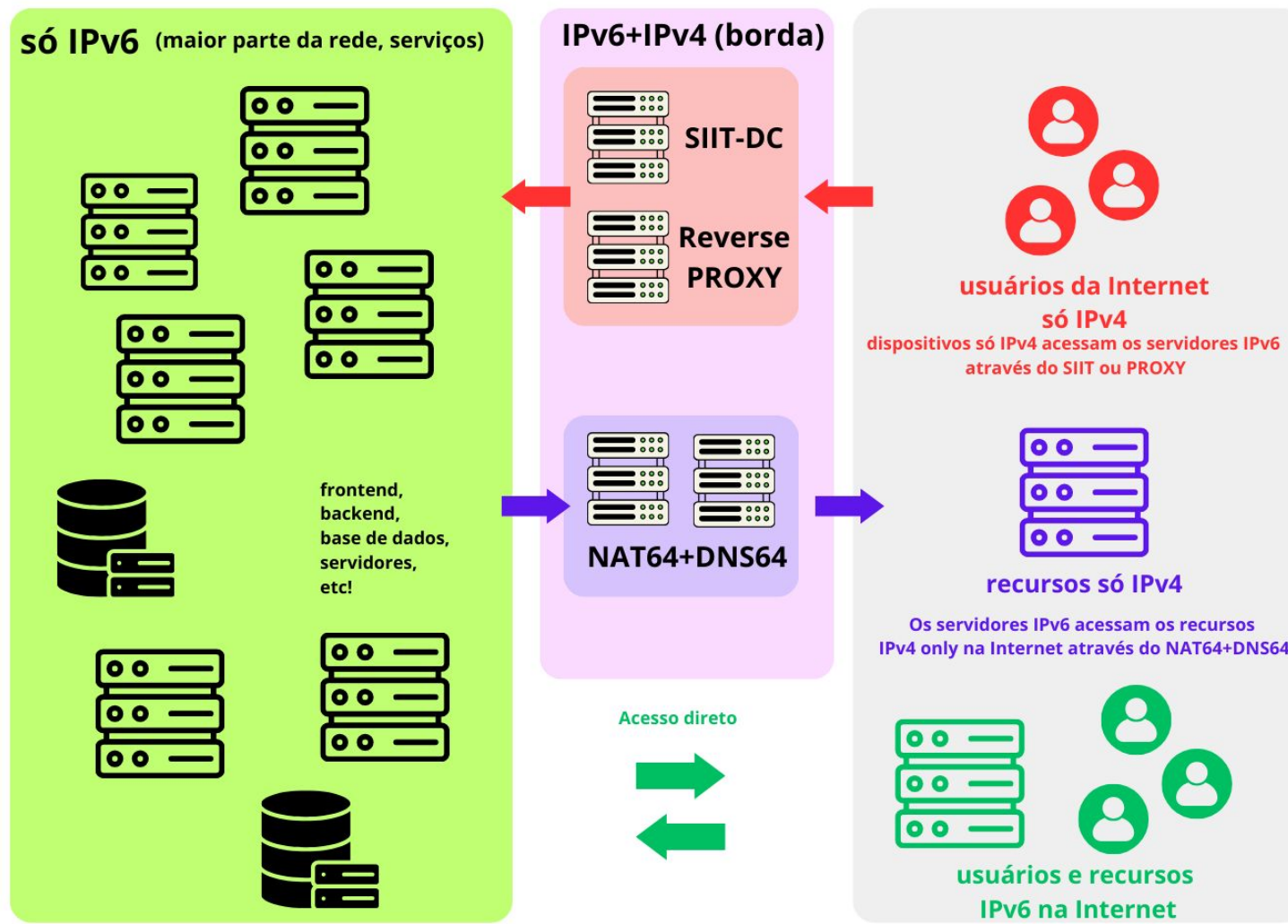
- **IPv4 as a service - IPv4aaS**

- Guardar os poucos endereços IPv4
- Deixar os endereços IPv4 em poucas máquinas
- Técnicas de transição
- Proxy



A JORNADA DO **SUCESSO** É A  
JORNADA DA **SUPERAÇÃO**

# Rede IPv6 Only



# NAT64

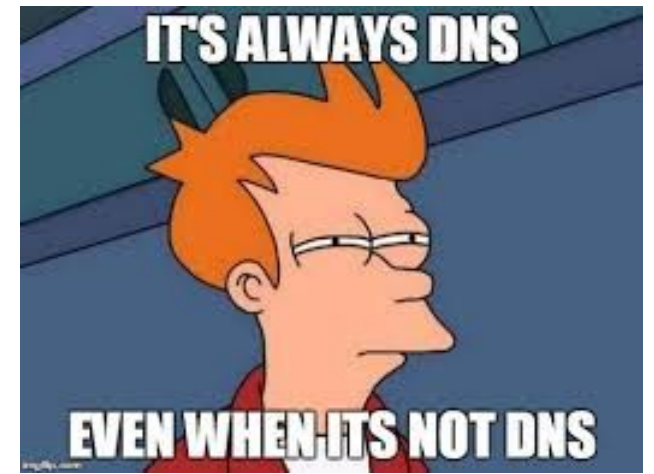
- Definido na **RFC 6146**
- Tradução stateful de pacotes **IPv6 em IPv4**
- **Prefixo bem conhecido: 64:ff9b::/96**
- Computadores trabalham apenas com IPv6
  - Alguns softwares, não preparados ainda para o IPv6, podem não funcionar
  - Algumas aplicações, que carregam IPs em sua forma literal no protocolo, na camada de aplicação, não funcionarão.
  - **Ex.: ftp em modo ativo, sip**

El departamento informático cuando se toma unos días libres o se va de vacaciones



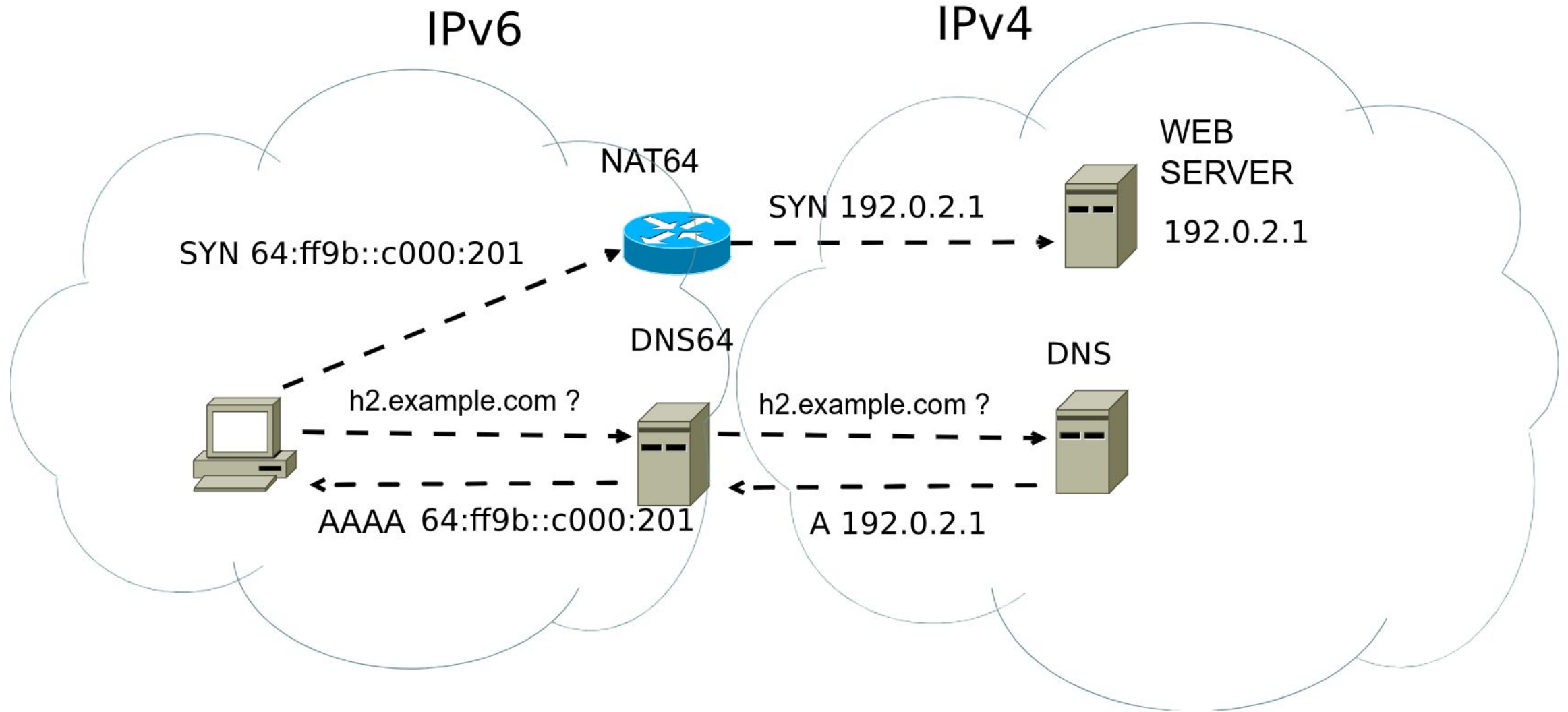
# DNS64

- Técnica auxiliar ao **NAT64**
- **RFC 6147**
- Funciona como um DNS recursivo, para os hosts, mas:
- Se não há resposta AAAA, converte a resposta A em uma resposta AAAA, convertendo o endereço usando a mesma regra (e prefixo) do NAT64





# NAT64+DNS64



# Laboratório 4: NAT64+DNS64

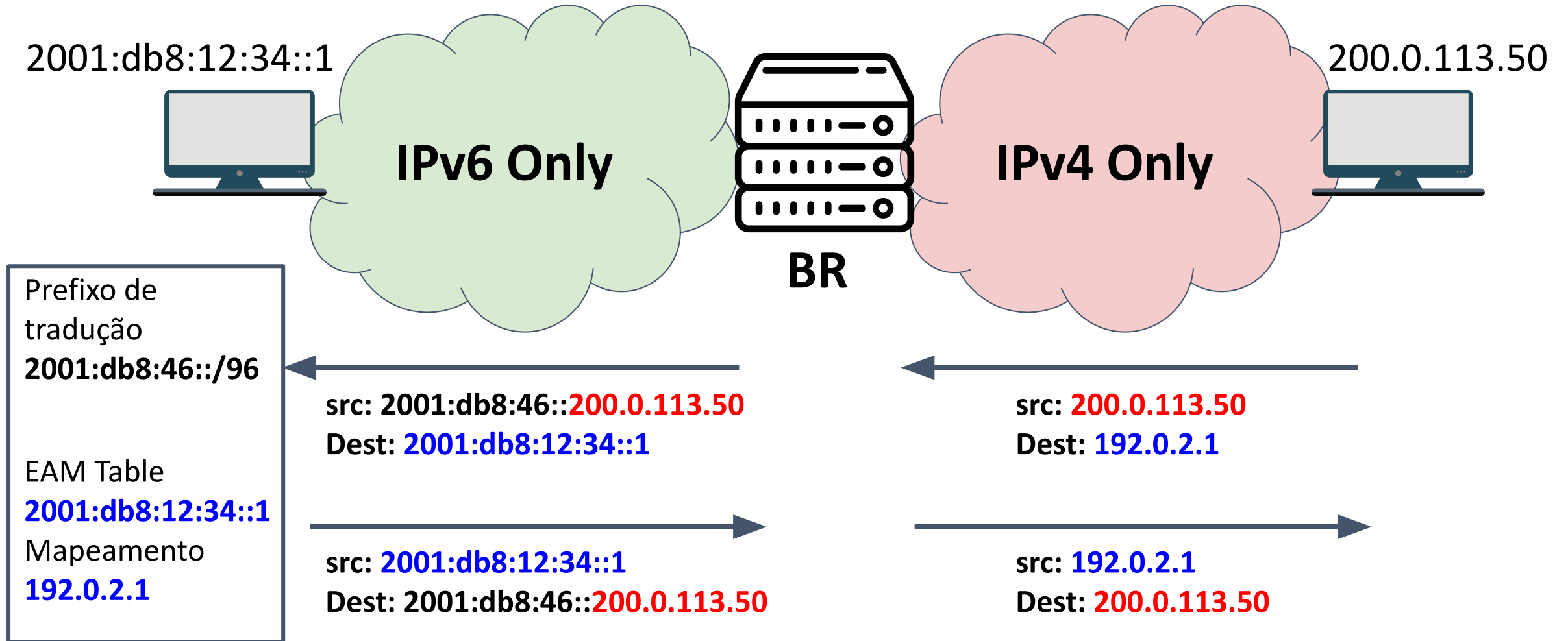
ceptro.br nic.br egi.br

# SIIT e SIIT-DC

- Os casos anteriores resolvem os problemas de conexões saíntes
- Mas e no caso de conexões entrantes?
- Podemos fazer um mapeamento **1 IPv4 : 1 IPv6**
  - Publicar os registros A e AAAA
- **SIIT (Stateless IP/ICMP Translation)**
  - SIIT-DC para Datacenter
    - É uma melhora do SIIT tradicional
    - Uso otimizado do IPv4 - EAM



# Exemplo: SIIT-DC

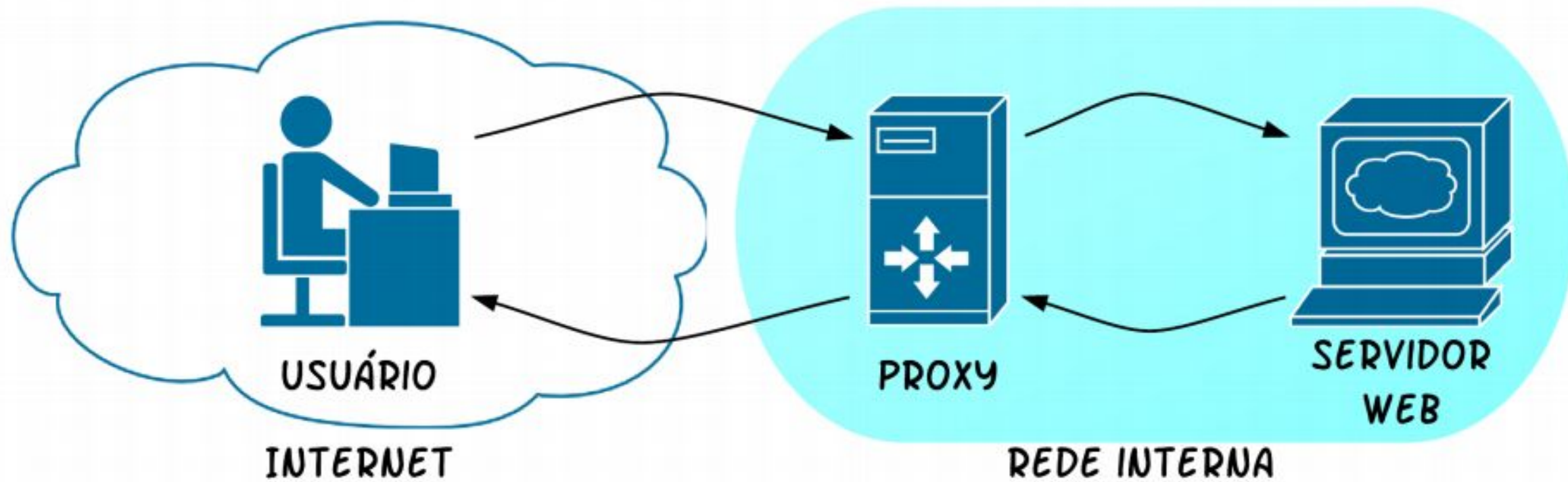


# Laboratório 5: SIIT-DC (Jool)

ceptro.br nic.br egi.br



# Proxy Reverso



# Laboratório 6: Proxy Reverso (nginx)

ceptro.br nic.br egi.br

# Terceiro Passo

- **Desativar o IPv4!**
  - Desativar a máquina tradutora e/ou servidor proxy
- **Não muda nada no IPv6!**

Game Over **IPv4!**



# Casos de sucesso

- Datacenter
  - **Swiss company Ungleich Glarus AG**
    - <https://ipv6onlyhosting.com/>
    - Usa NAT-64 e DNS64 e um load-balancer com proxy reverso HAproxy
  - **Facebook**
    - <https://engineering.fb.com/2017/01/17/production-engineering/legacy-support-on-ipv6-only-infra/>
    - Usa proxy



# Obrigado!

CEPTRO.br Cursos: [cursosceptro@nic.br](mailto:cursosceptro@nic.br)

CEPTRO.br IPv6: [ipv6@nic.br](mailto:ipv6@nic.br)



nic.br cgi.br

[www.nic.br](http://www.nic.br) | [www.cgi.br](http://www.cgi.br)