

20  
24

WTR

WORKSHOP  
TECNOLOGIAS  
DE REDE  
PoPBA

15  
anos

## Técnicas de transição para o IPv6

Tiago Jun Nakamura

*NIC.br*

RIP



nic.br

Núcleo de Informação  
e Coordenação do  
Ponto BR

egi.br

Comitê Gestor da  
Internet no Brasil



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

# Agenda

- Contexto Histórico
- Situação Atual do IPv6
- Técnicas de Transição
  - Dual Stack
  - Tunelamento
  - Tradução

IPv6.br

# Contexto Histórico

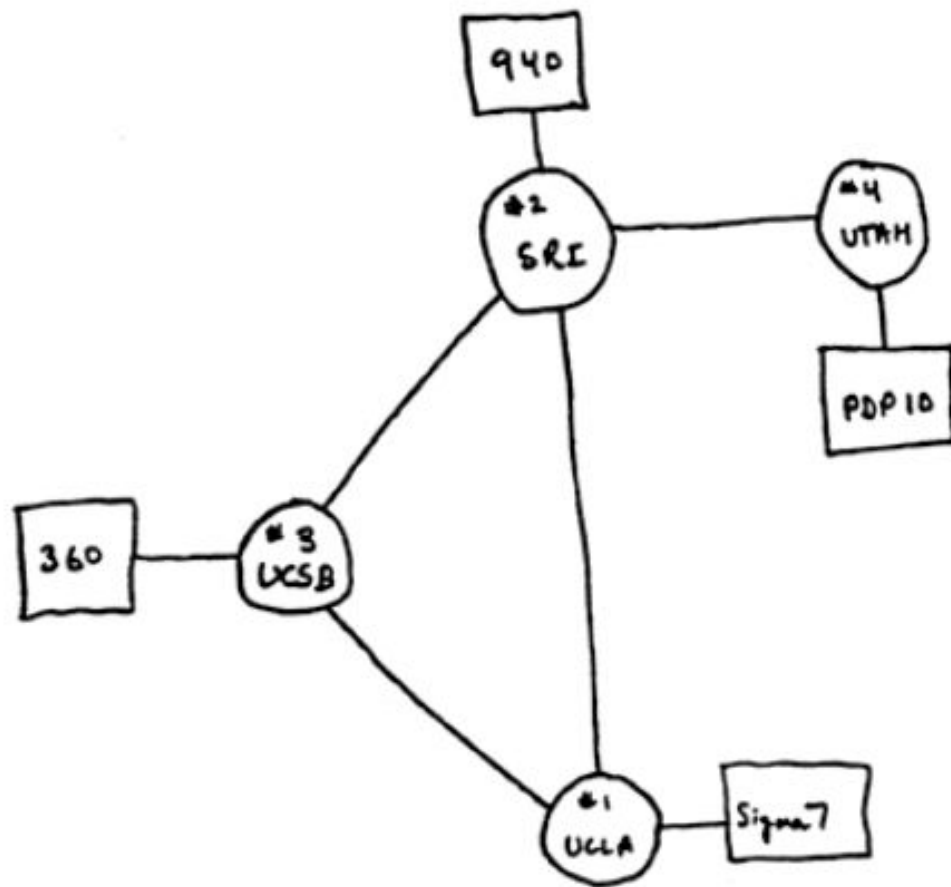
ceptro.br nic.br egi.br

# ARPANET

- Criada em **1969**
- **Guerra Fria**
- Financiada pela DARPA
- Comutação de pacotes
- Resistir a destruição de um dos nós
- Conectava universidades participantes

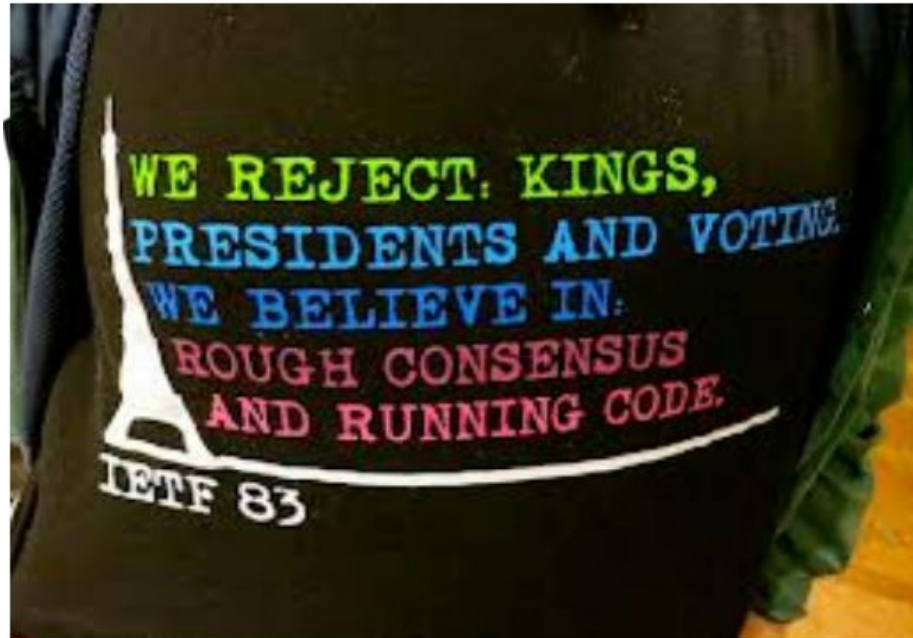


# Mapa Inicial - ARPANET



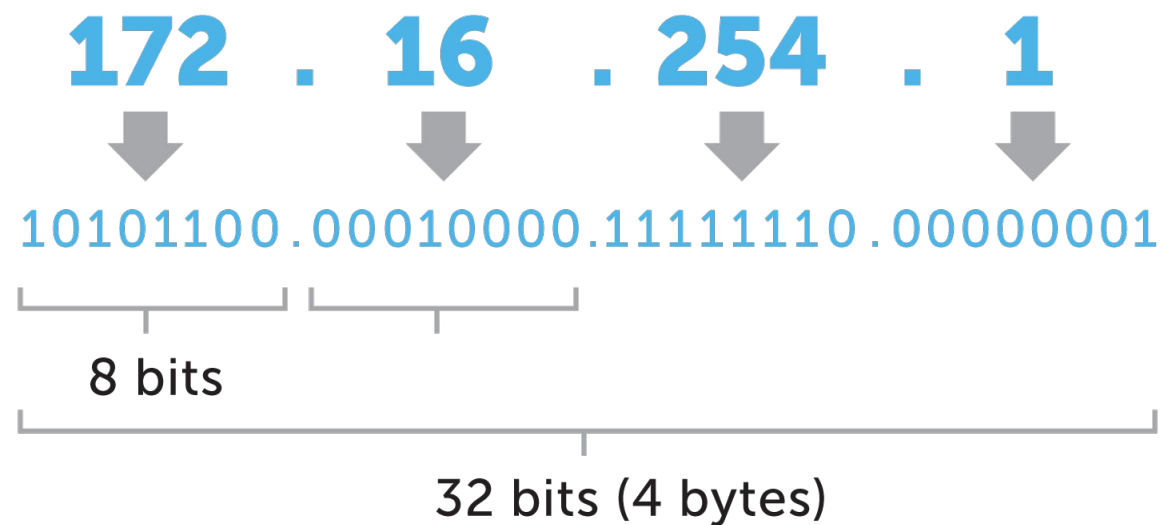
# IETF - Internet Engineering Task Force

- “We make the net work!”
- Padrões Abertos, baseados em consenso



# IPv4

- RFC 791 (1981)
- Na Internet desde 01/01/1983
- Ainda em ampla utilização





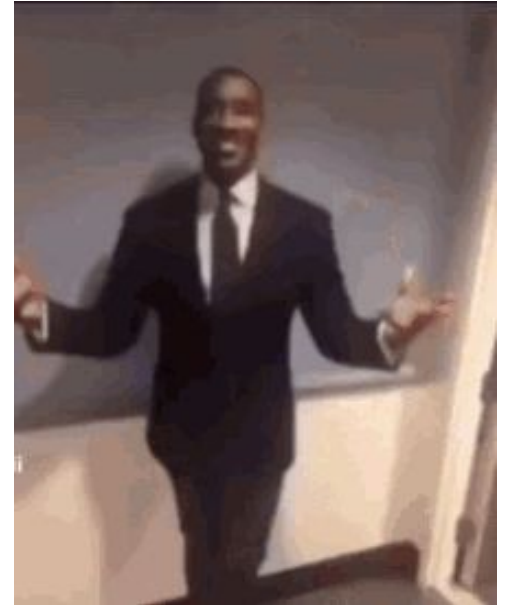
# IPv4 - O que não foi previsto?

- O crescimento das redes
  - Possível esgotamento de endereços
- Tamanho da tabela de roteamento
- Segurança de dados
- Prioridade na entrega de pacotes



# IPv4 - Classes

- Tornar a distribuição mais flexível
- Abranger redes de diferentes tamanhos
- Mostrou-se ineficiente (gerava desperdício)
- Má distribuição de faixas Classes A



Classe	Formato	Redes	Hosts
A	7 bits Rede, 24 bits Host	128	16.777.216
B	14 bits Rede, 16 bits Host	16.384	65.536
C	21 bits Rede, 8 bits Host	2.097.152	256

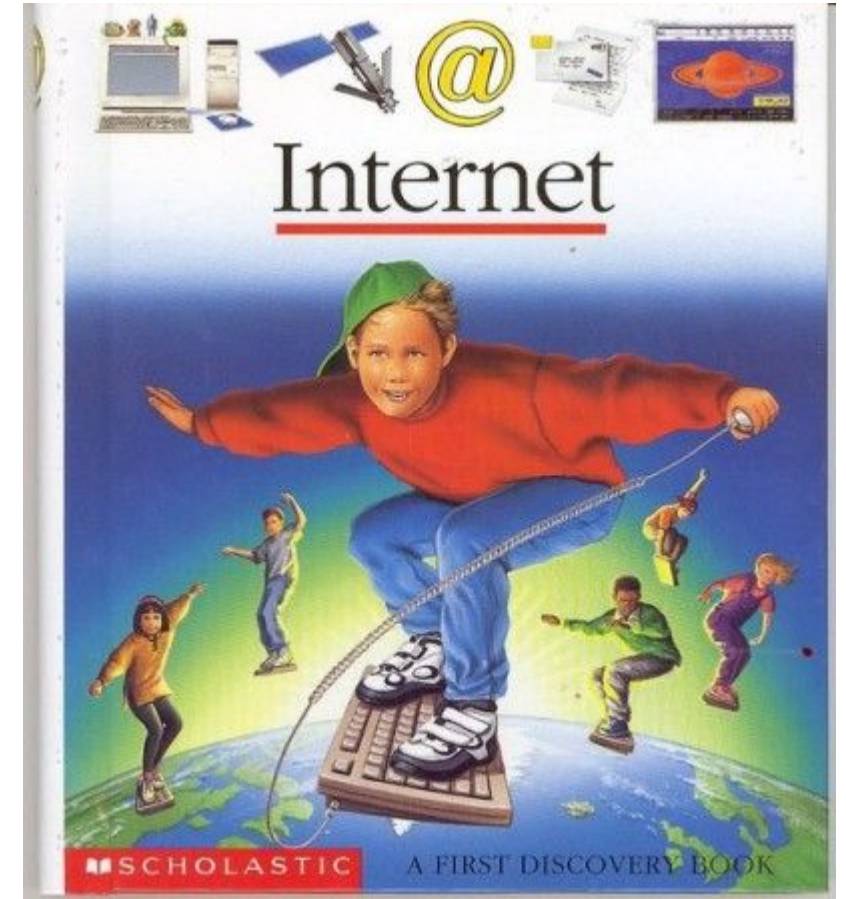
# IPv4 - Anos 1990

- Em 1990 313.000 hosts conectados a rede
  - Estudos indicavam o esgotamento de endereços
- Em 1992:
  - 38% da Classe A
  - 43% da Classe B
  - 2% da Classe C
  - 1.136.000 de hosts



# IPv4 - Anos 1990

- Em 1993:
  - Criação do **HTTP**
  - Liberação para a Internet comercial
  - 2.056.000 hosts
- 1997: 26.000.000 hosts

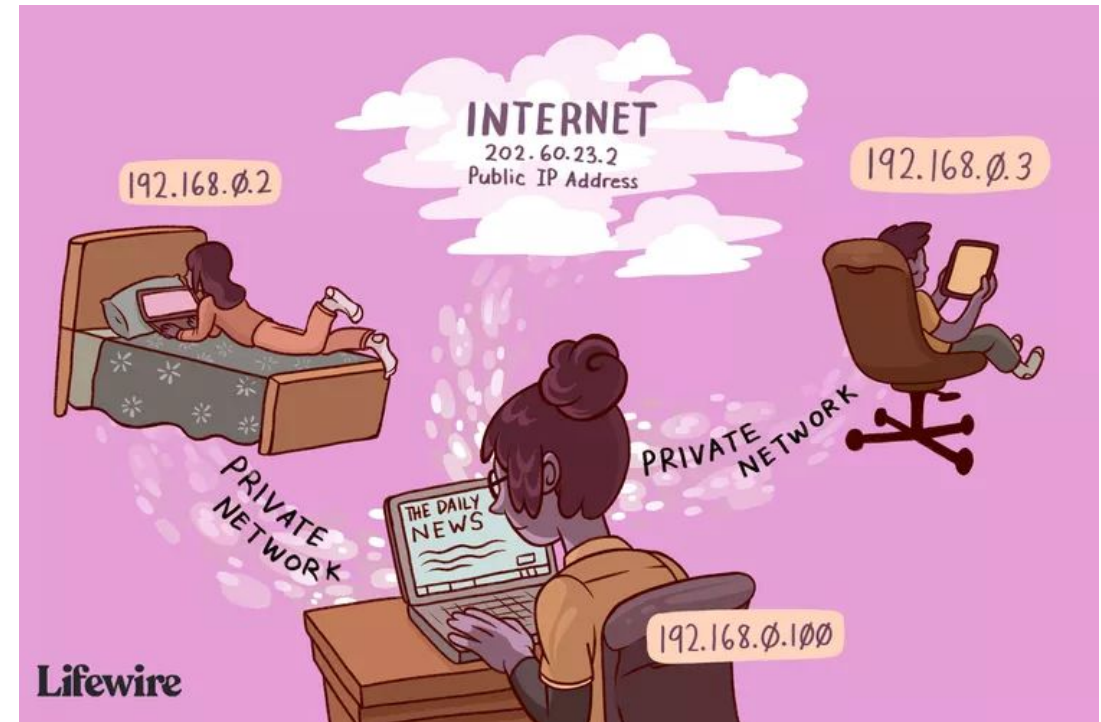


# Soluções Paliativas

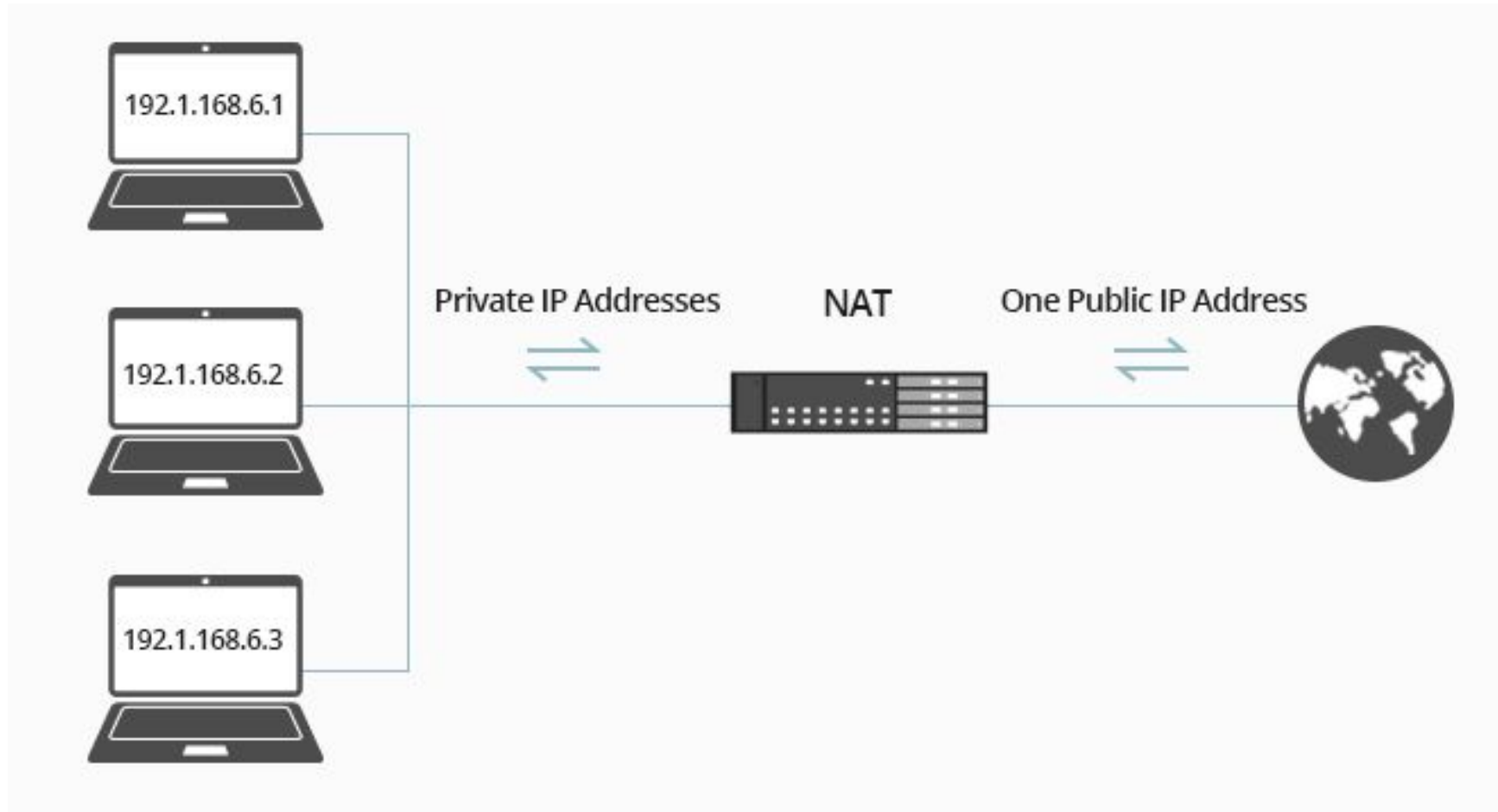
- **CIDR (Classless Inter-domain Routing)**
  - Redes com tamanhos apropriados
  - Notação por barra (/8, /16 , /24 e etc)
- **DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol)**
  - Host obtém informações de rede Automaticamente
  - Utilizado por provedores para atribuir endereços temporários.

# NAT

- **NAT (Network Address Translation)**
  - Um único endereço IP Público para vários hosts
  - IP Privado
    - 10.0.0.0/8
    - 172.16.0.0/12
    - 192.168.0.0/16



# NAT



# NAT - Vantagens

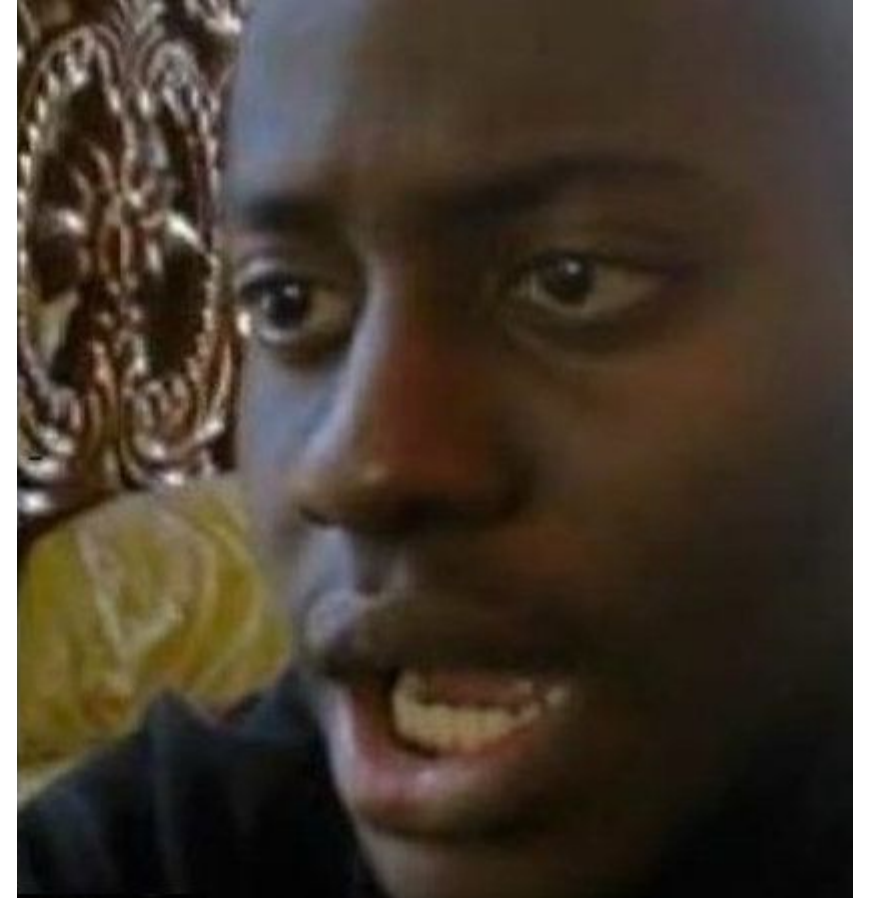
- Economia de endereços
- Facilitar a numeração interna
- Oculta a topologia de agentes externos (segurança por obscuridade)
- Entrada apenas de pacotes a pedido de um cliente



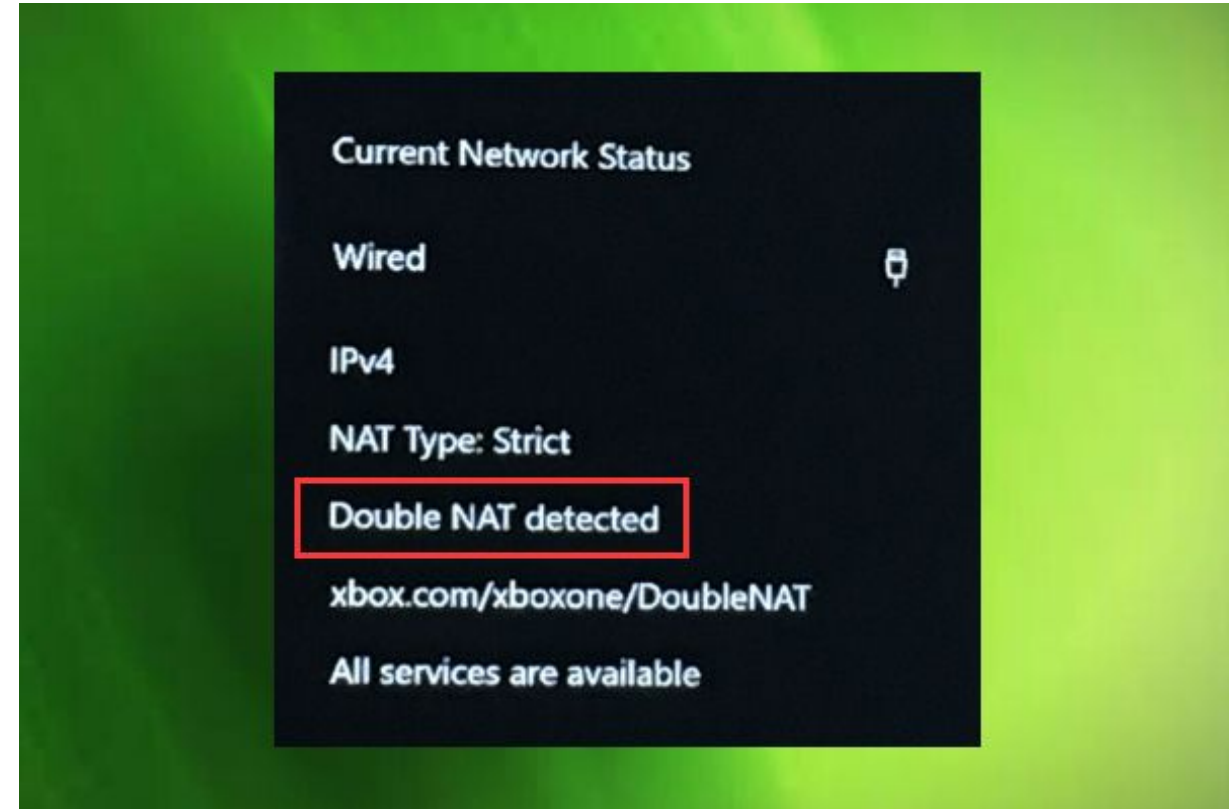


# NAT - Desvantagens

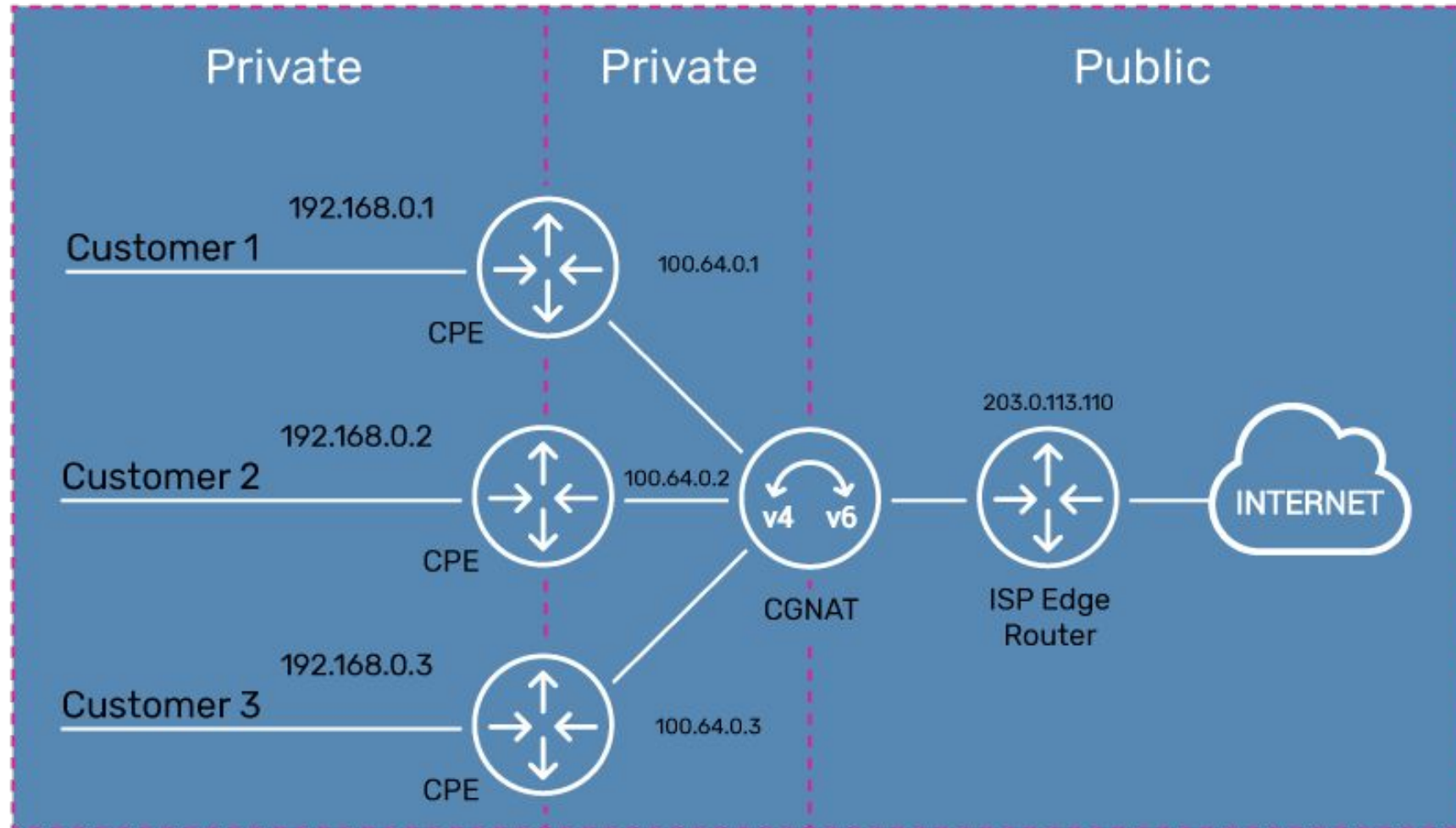
- Quebra o modelo fim-a-fim da Internet
- Dificulta o funcionamento de:
  - VPN
  - P2P
  - VoIP
  - Games
- Baixa escalabilidade
- Alto custo de processamento



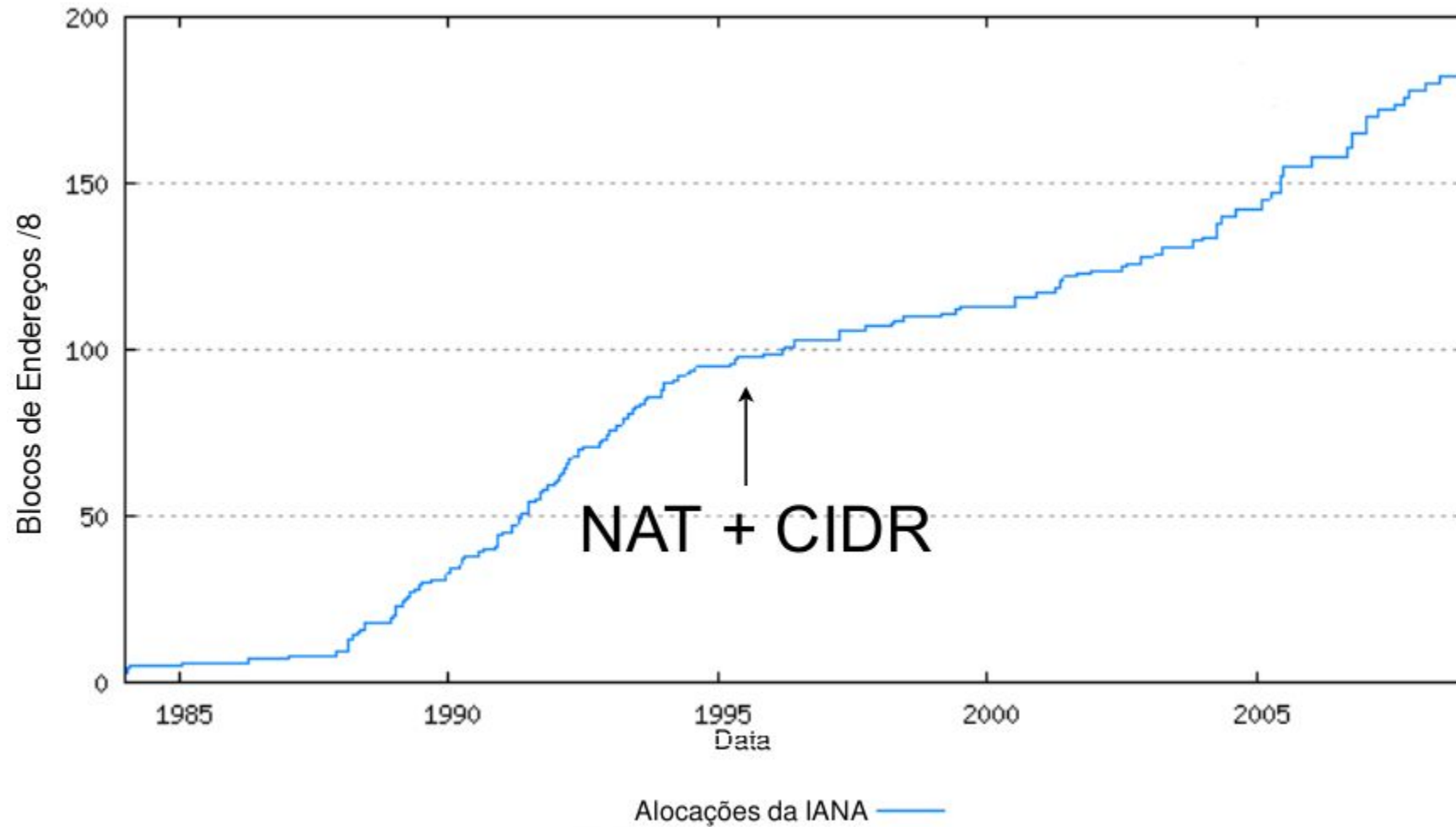
# NAT - Desvantagens



# CGNAT - Desvantagens



# Soluções Paliativas



# IPv6

- RFC 2460 (1998)
- Questões a serem abordadas:
  - Escalabilidade;
  - Segurança;
  - Configuração e administração de rede;
  - Suporte a QoS;
  - Mobilidade;
  - Políticas de roteamento;
  - Transição.
- Atualmente em implantação na Internet



# IPv6

- ~ 56 octilhões ( $5,6 \times 10^{28}$ ) de endereços IP por ser humano.
- ~ 79 octilhões ( $7,9 \times 10^{28}$ ) de vezes a quantidade de endereços IPv4.



# IPv6 - Vantagens

- Sem necessidade de NAT
- Maior capacidade de endereços
- Serviços de auto configuração
- IPSec Nativo
- Múltiplos Endereços por Interface
- QoS

**IPv6**

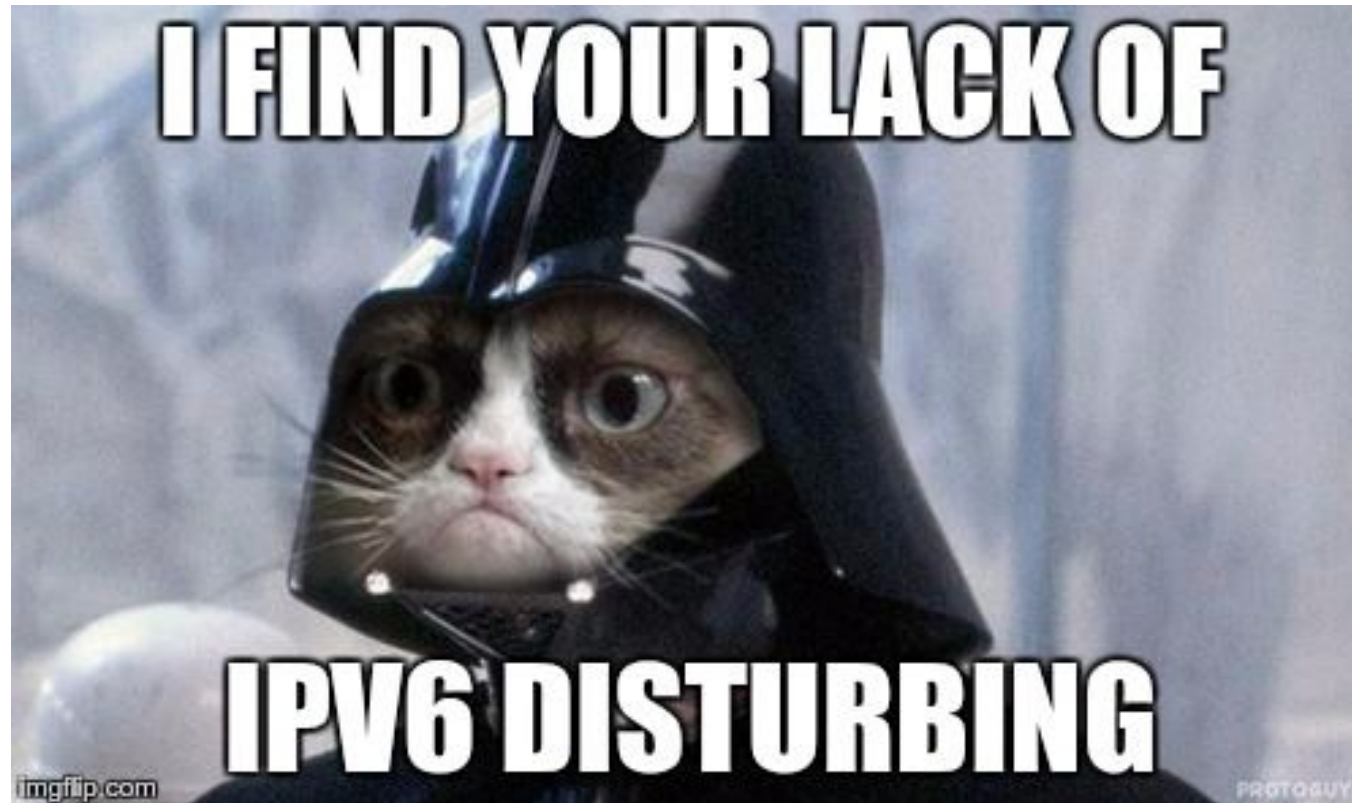


**IPv4**



# IPv6

- Se o IPv6 é tão bom, por que nem todo mundo usa?





# Situação Atual do IPv6 no Brasil e no Mundo

ceptro.br nic.br egi.br

# Por que implantar o IPv6?

- A Internet continua crescendo!
- Mundo:
  - 4,9 bilhões usuários de Internet
  - 62% da população
- Crescimento de mais de 1200% desde 2000
- Brasil:
  - 16% dos domicílios não possuem acesso a Internet

Fontes:

<https://www.zippia.com/advice/how-many-people-use-the-internet/>

<https://cetic.br/pt/tics/domicilios/2023/domicilios/A4/>

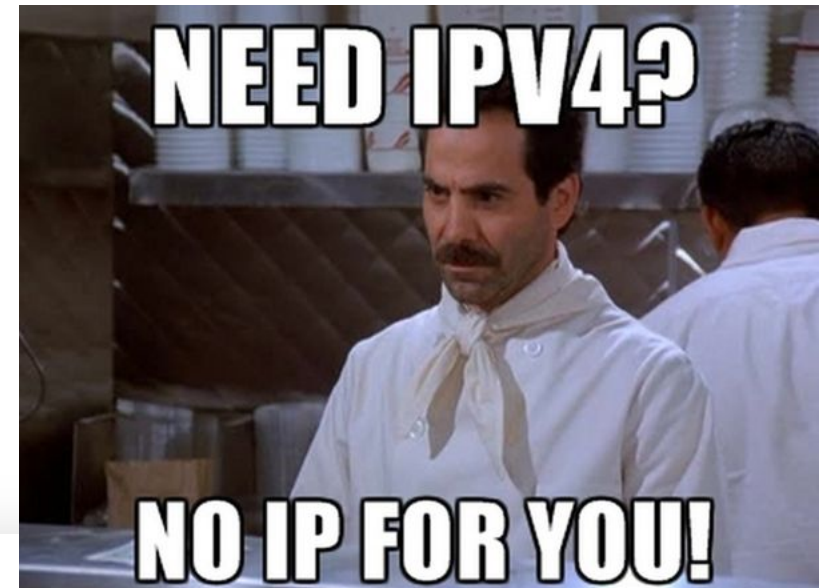
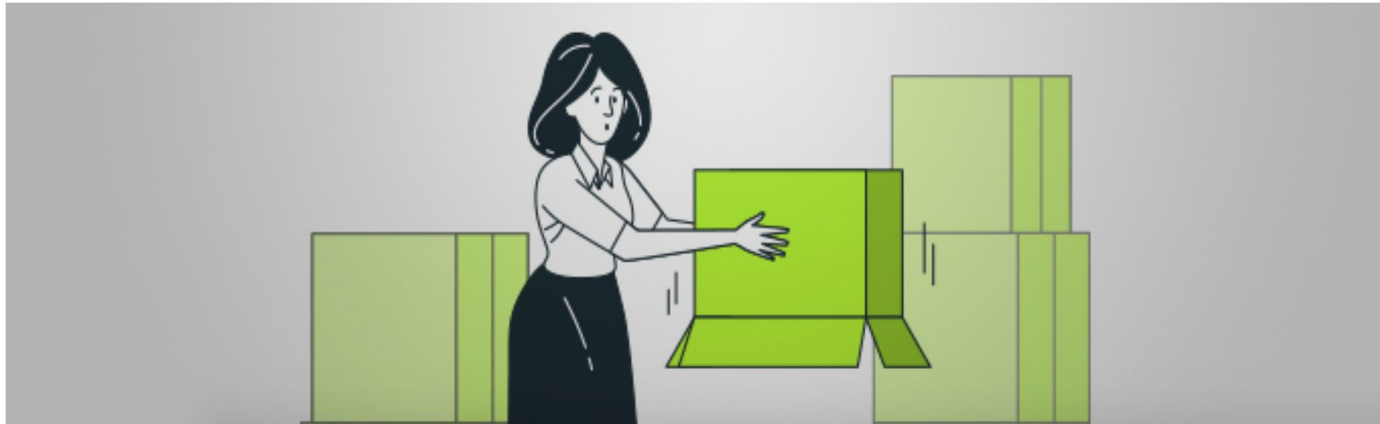
# Quem distribui os endereços IPs?

[Home](#) > Esgotamento do IPv4: O LACNIC designou o último bloco

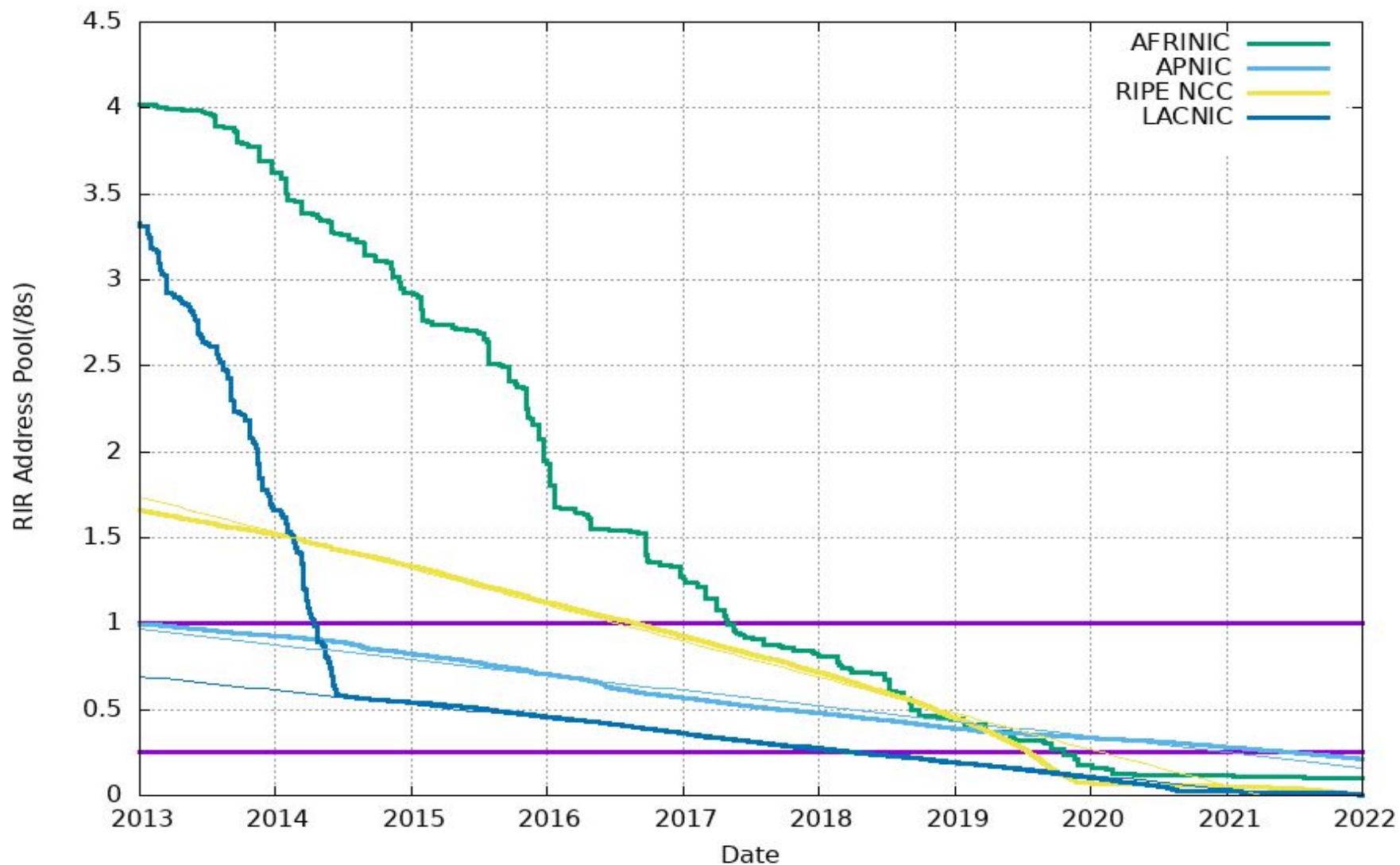
Institucional

## Esgotamento do IPv4: O LACNIC designou o último bloco

28/08/2020

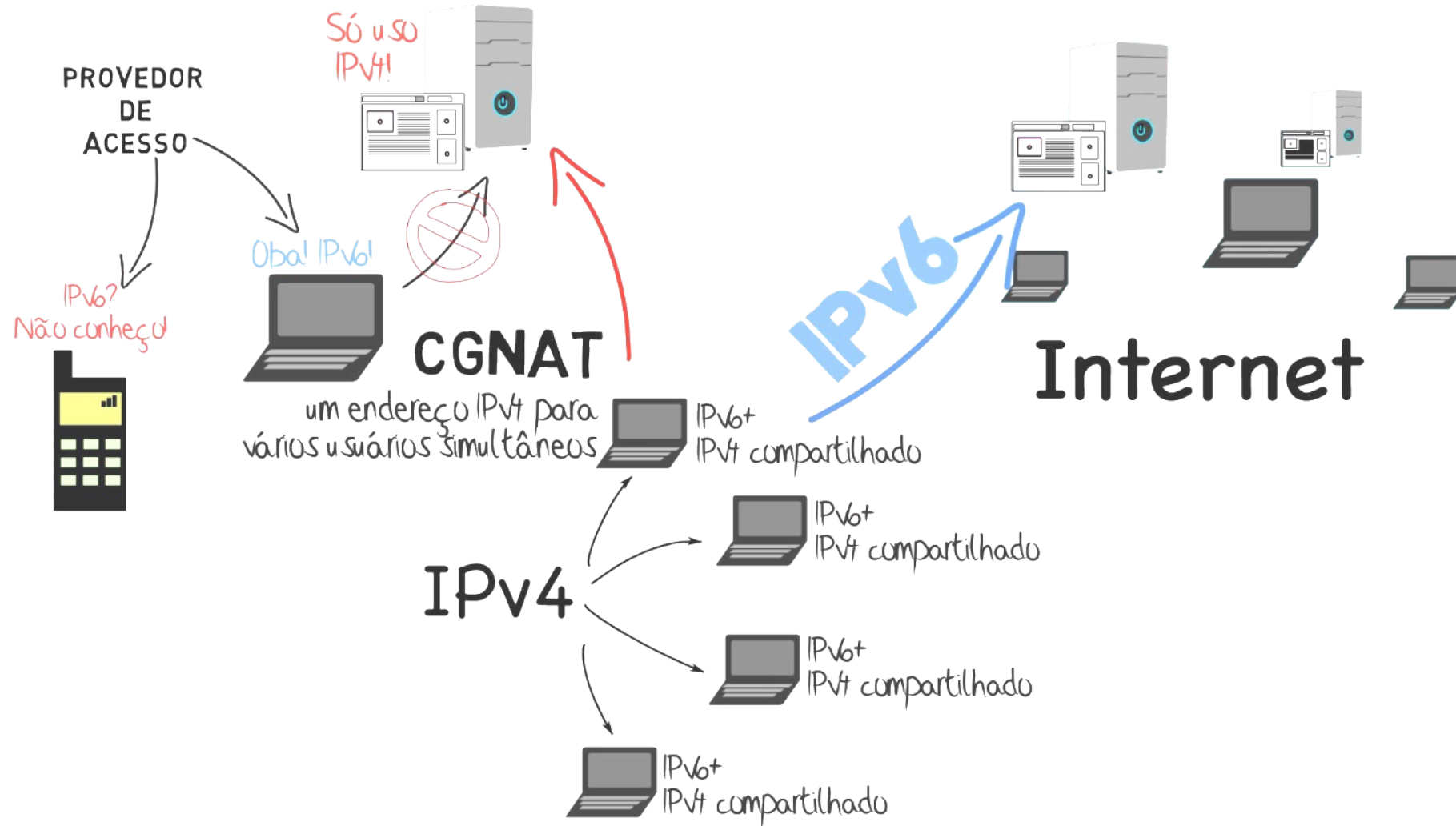


RIR IPv4 Address Run-Down Model



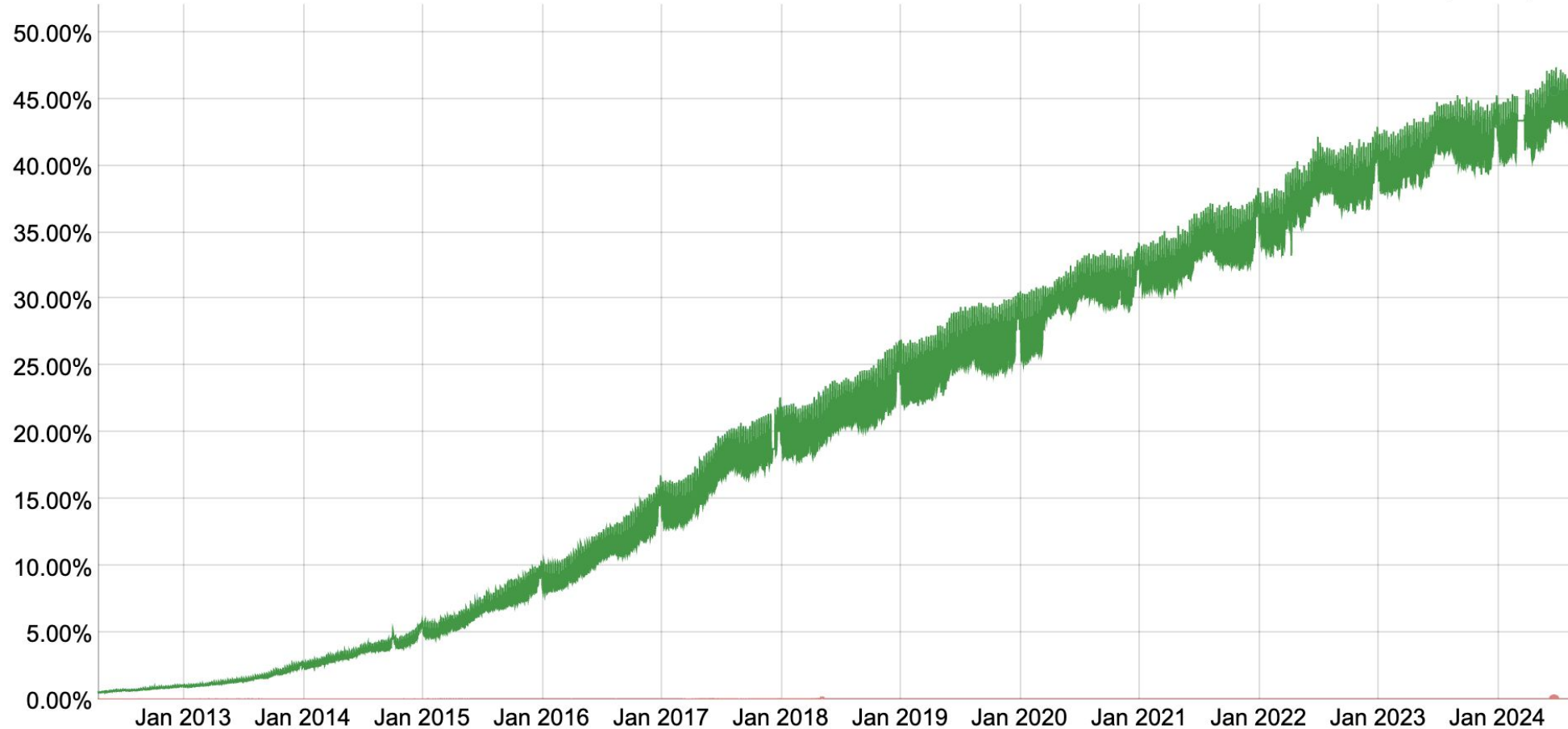
Fonte: <https://www.potaroo.net/tools/ipv4/plotend.png>

# Situação Atual



# Situação Atual - Mundo

Native: 45.62% 6to4/Teredo: 0.00% Total IPv6: 45.62% | Jun 23, 2024



Fonte: <https://www.google.com/intl/en/ipv6/statistics.html>

# Situação Atual - Mundo

**India**

IPv6 Adoption: **72.94%**

Latency / impact: **-20ms / -0.08%**

Fonte: <https://www.google.com/intl/en/ipv6/statistics.html>

# Situação Atual - Mundo

**France**

**IPv6 Adoption: 75.07%**

**Latency / impact: -20ms / -0.01%**

Fonte: <https://www.google.com/intl/en/ipv6/statistics.html>



# Situação Atual - Mundo

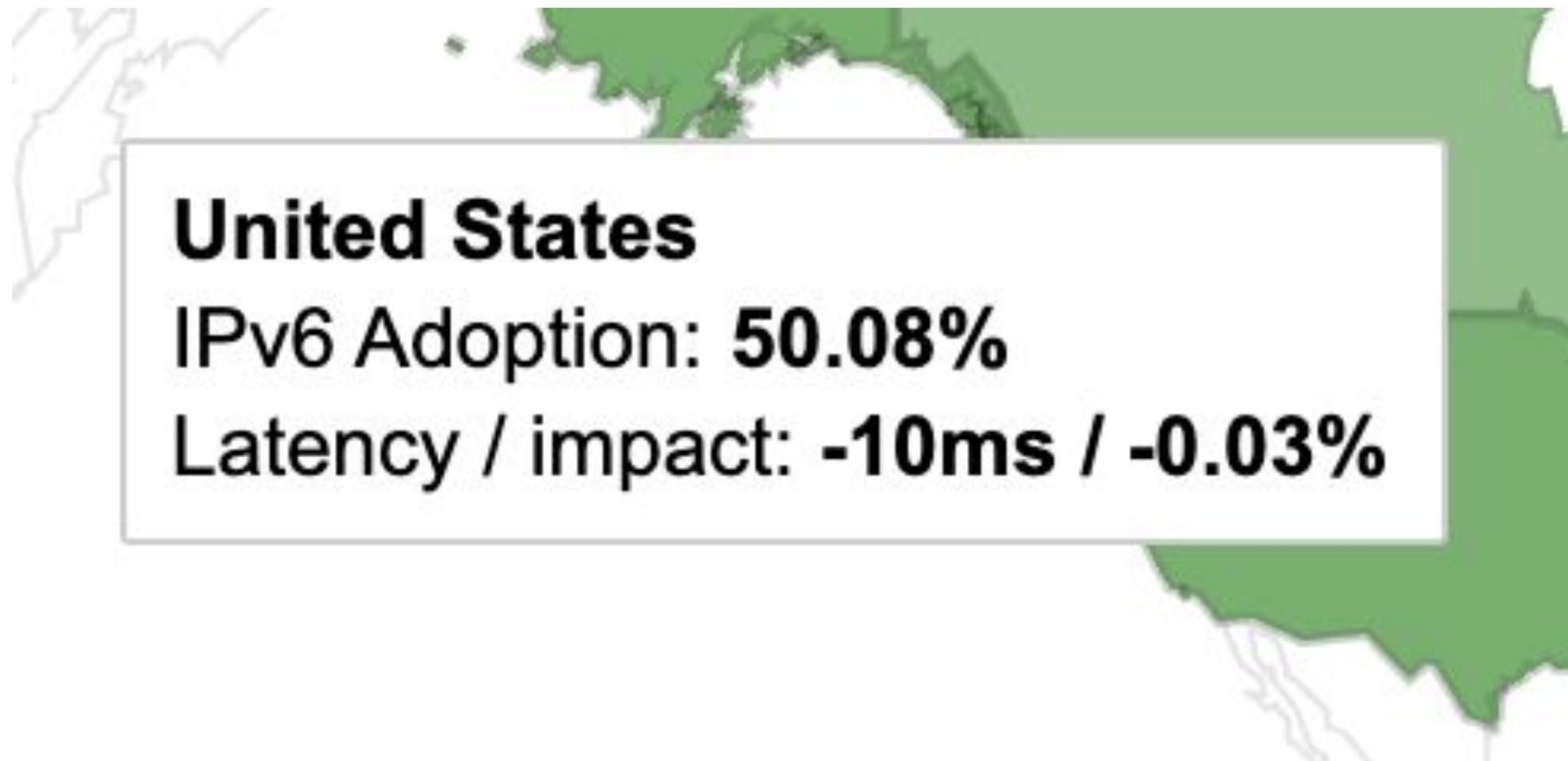
## Germany

IPv6 Adoption: **73.37%**

Latency / impact: **-20ms / -0.01%**

Fonte: <https://www.google.com/intl/en/ipv6/statistics.html>

# Situação Atual - Mundo



Fonte: <https://www.google.com/intl/en/ipv6/statistics.html>

# Situação Atual - Brasil

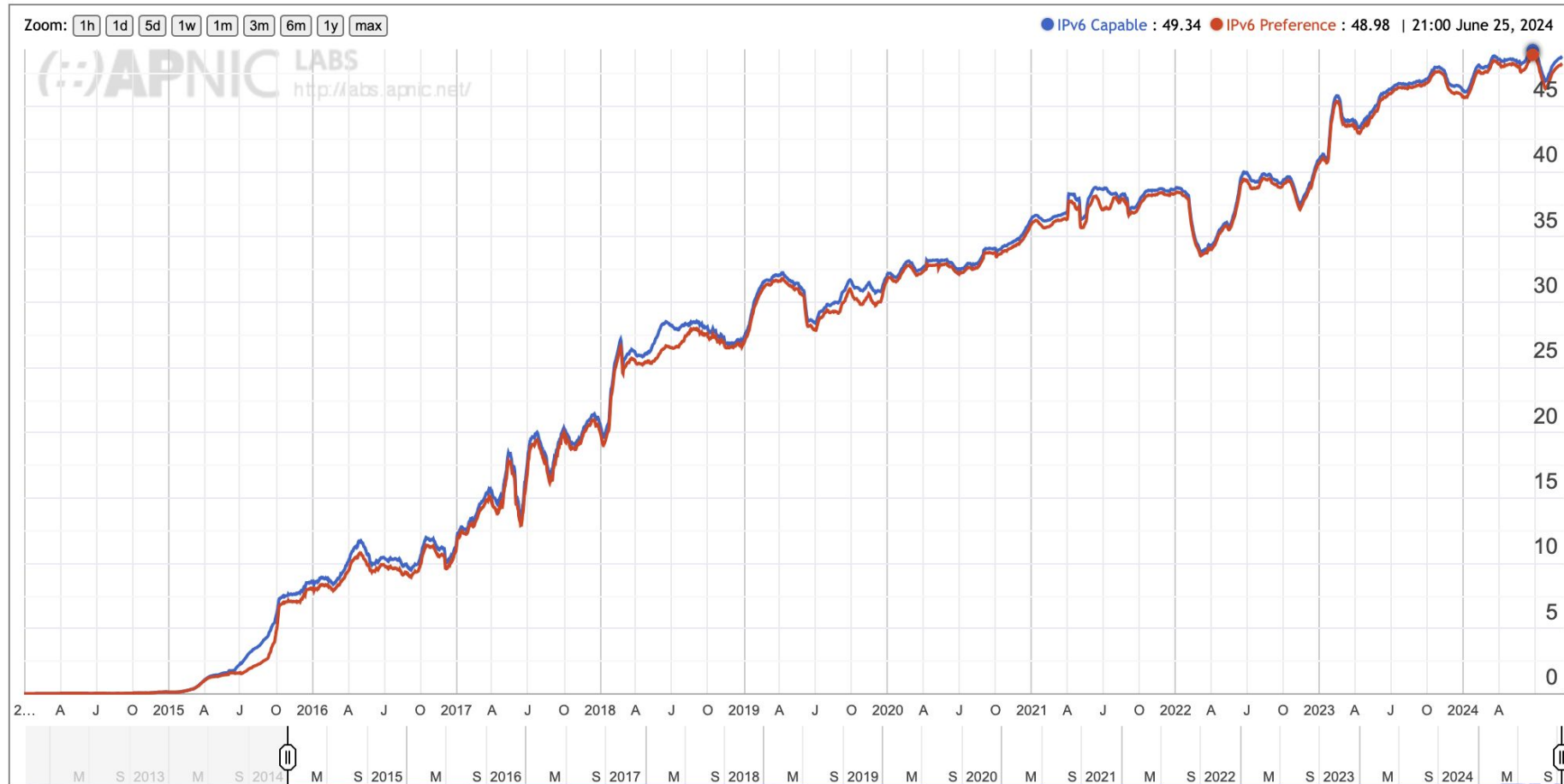
**Brazil**

IPv6 Adoption: **50.59%**

Latency / impact: **-10ms / -0.02%**

Fonte: <https://www.google.com/intl/en/ipv6/statistics.html>

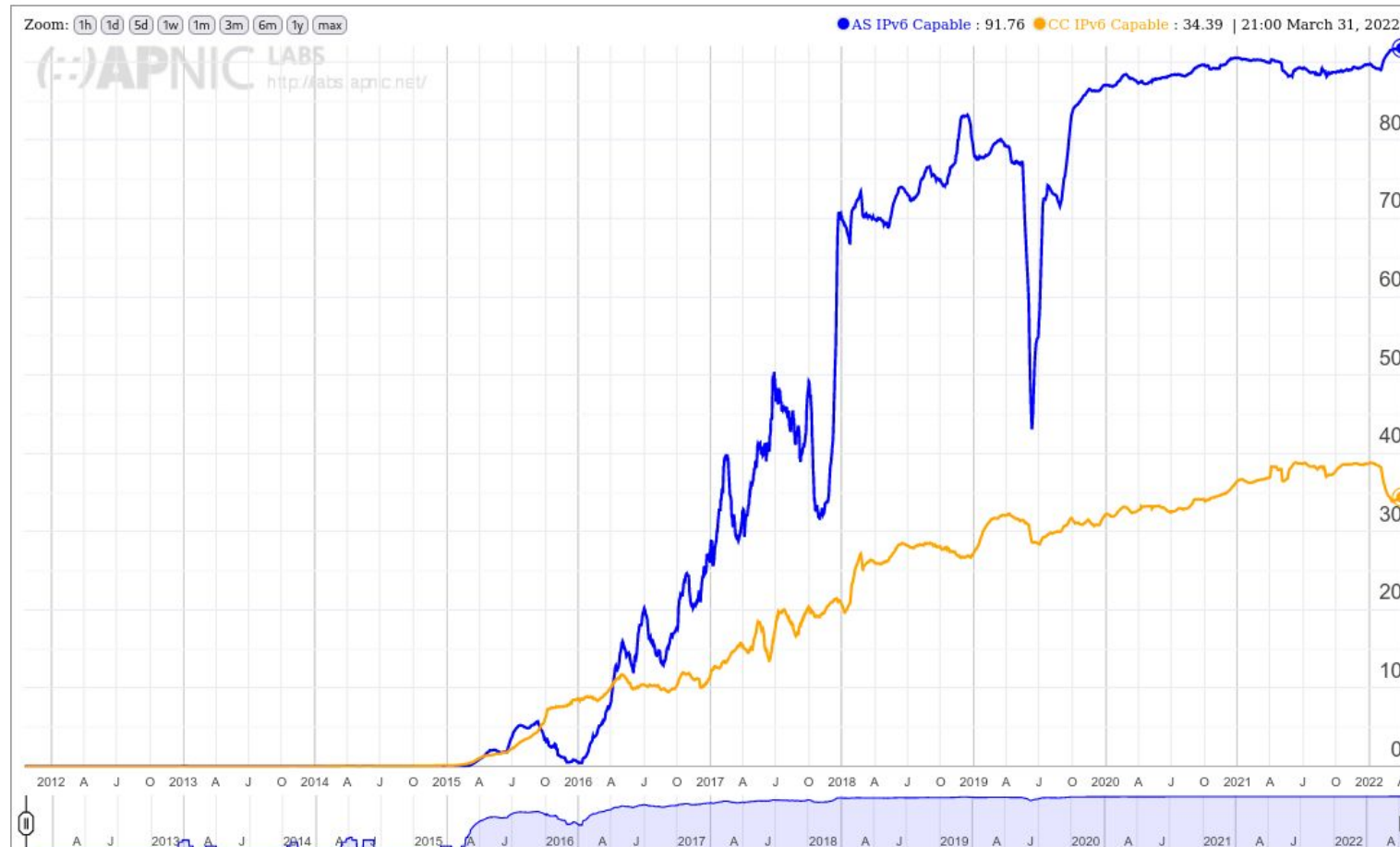
# Situação Atual - Brasil



Fonte: <https://stats.labs.apnic.net/ipv6/BR>

# Situação Atual - Provedores

## IPv6 Per-Country Deployment for AS26599: TELEFONICA BRASIL S.A, Brazil (BR)



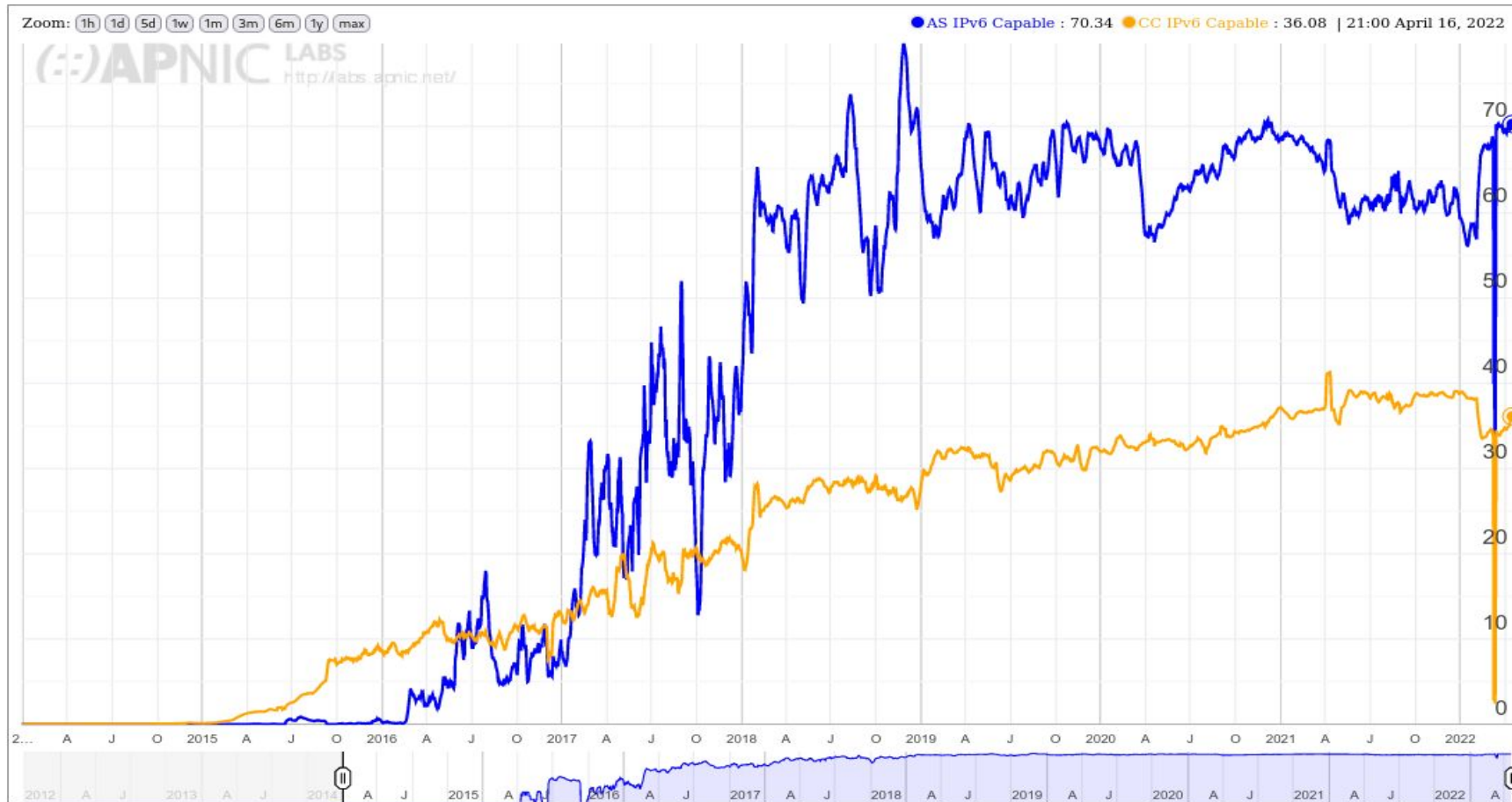
# Situação Atual - Provedores

## IPv6 Per-Country Deployment for AS28573: CLARO S.A., Brazil (BR)



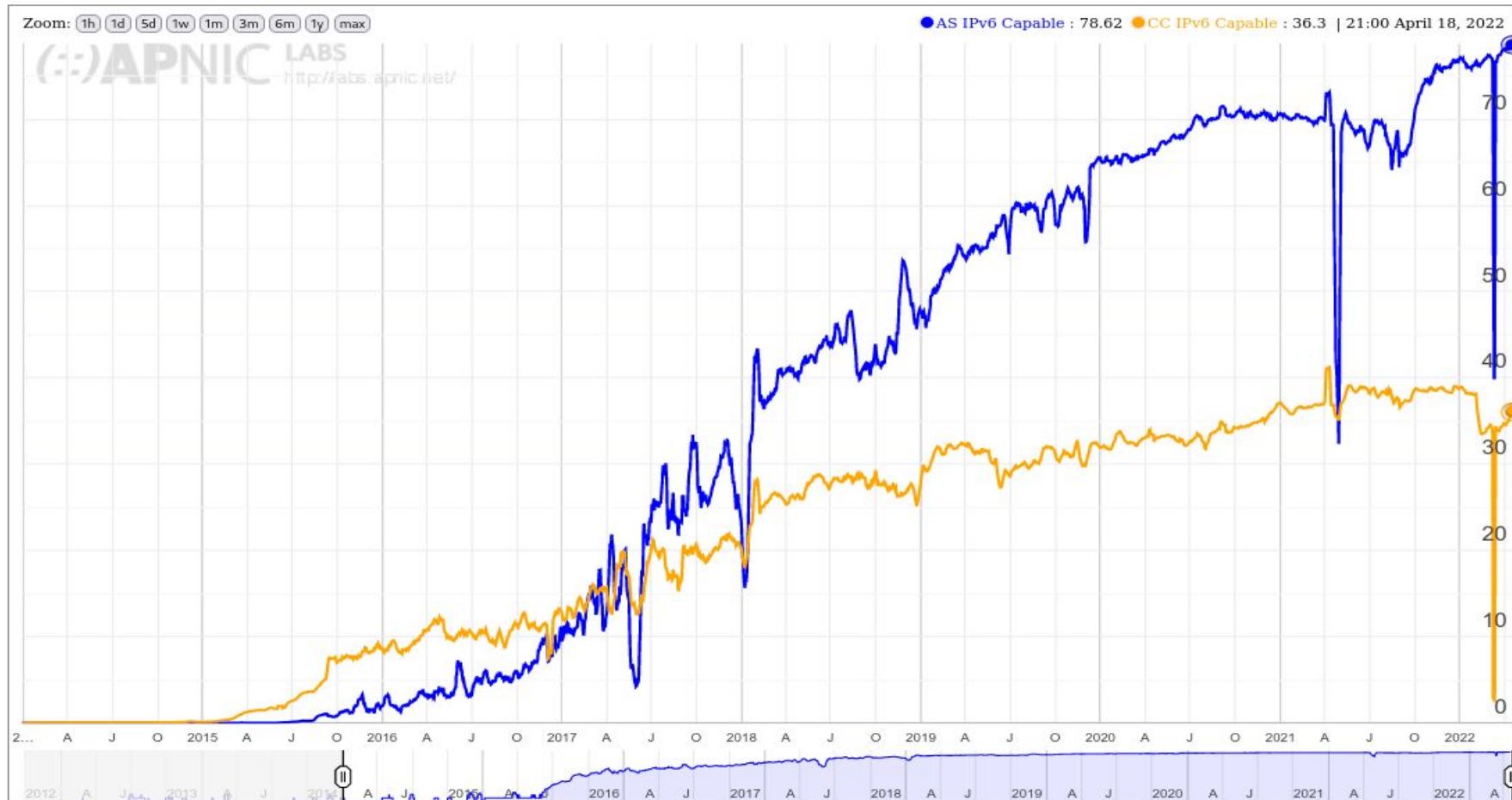
# Situação Atual - Provedores

## IPv6 Per-Country Deployment for AS26615: TIM SA, Brazil (BR)



# Situação Atual - Provedores

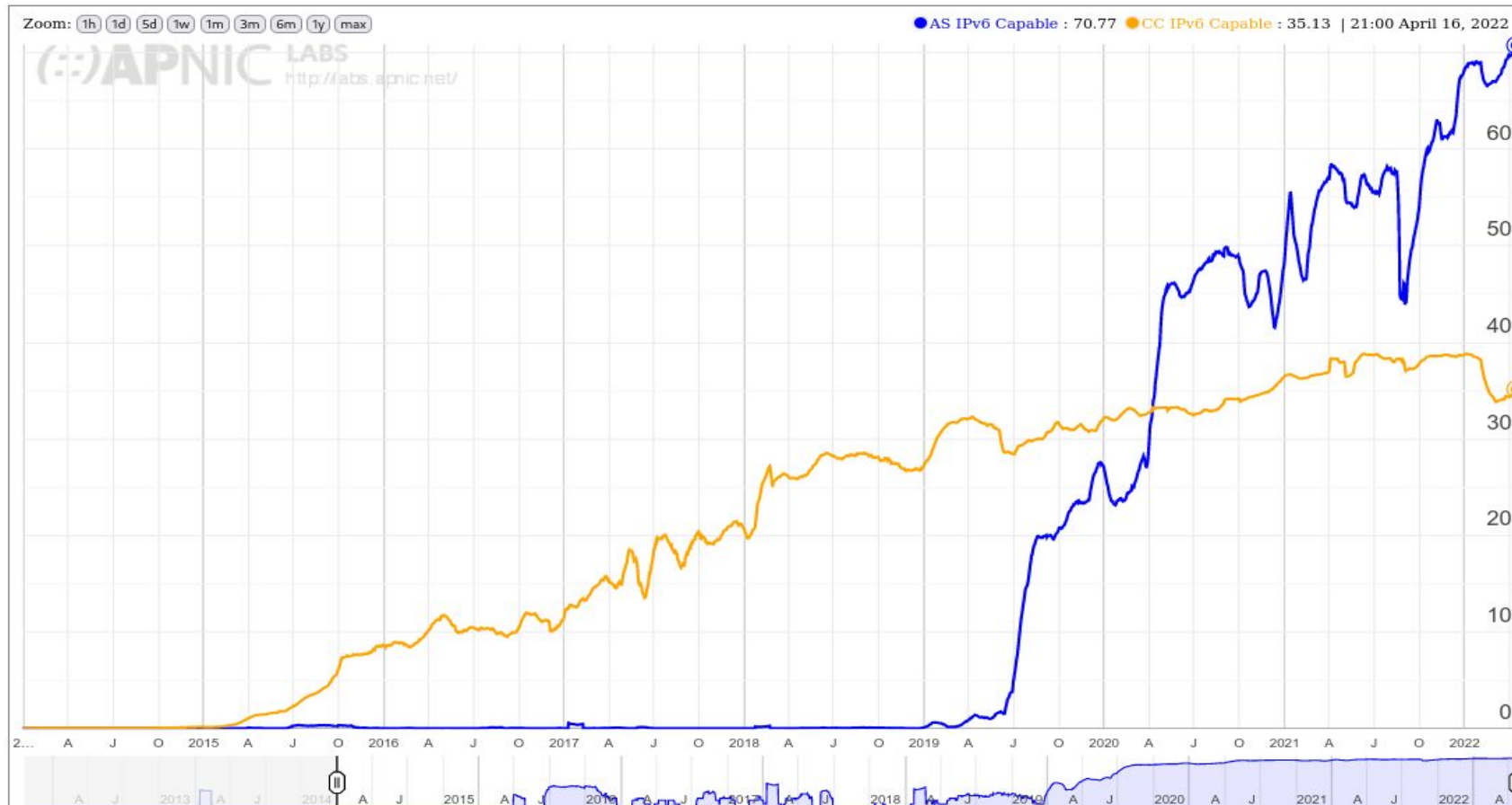
## IPv6 Per-Country Deployment for AS7738: Telemar Norte Leste S.A., Brazil (BR)





# Situação Atual - Provedores

**IPv6 Per-Country Deployment for AS28126: BRISANET SERVICOS DE TELECOMUNICACOES LTDA, Brazil (BR)**

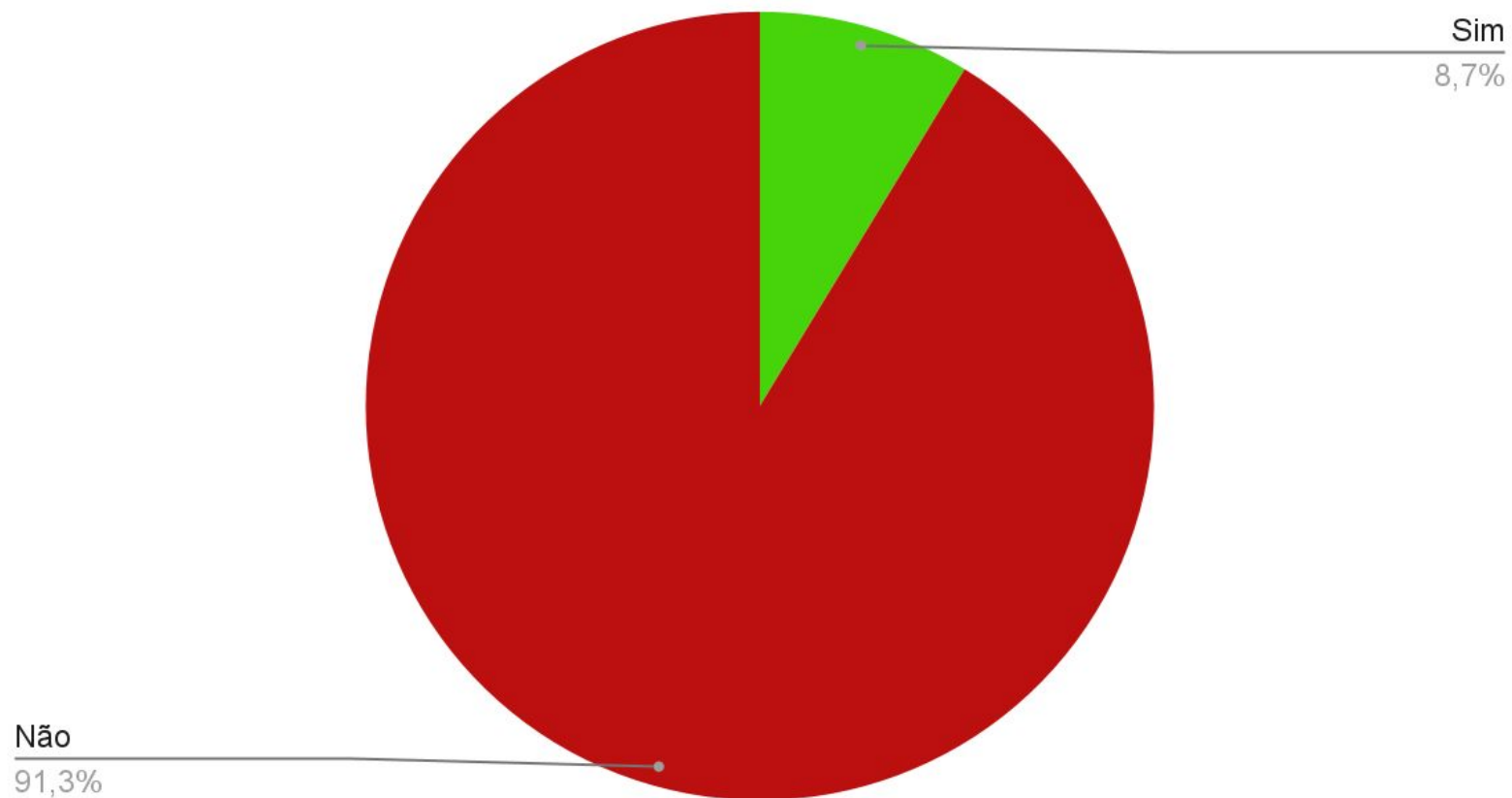


# Situação Atual - Provedores



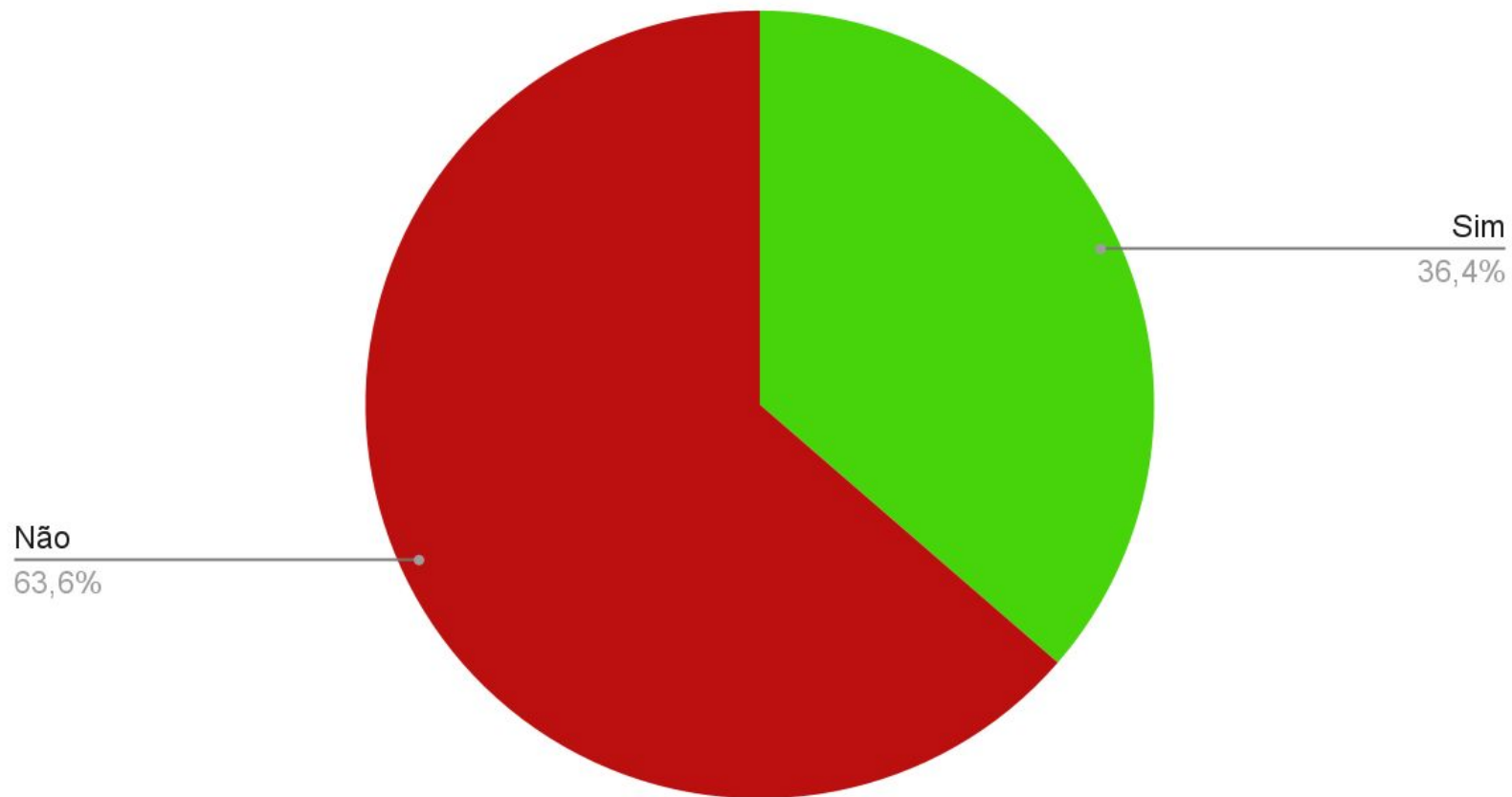
# Situação Atual - Conteúdo

Navegação IPv6 - 46 Bancos



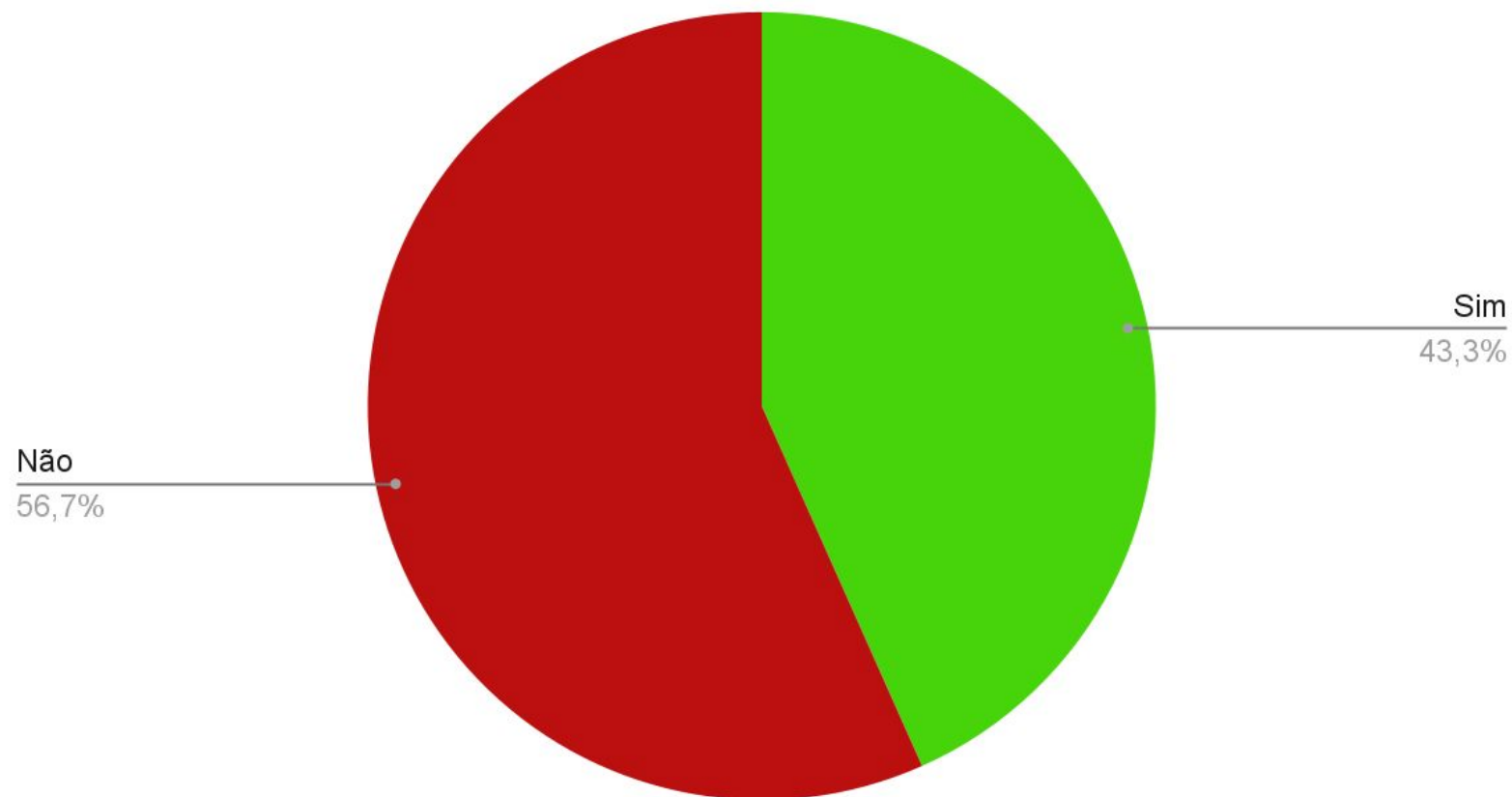
# Situação Atual - Conteúdo

Navegação IPv6 - 11 Plataformas de Streaming



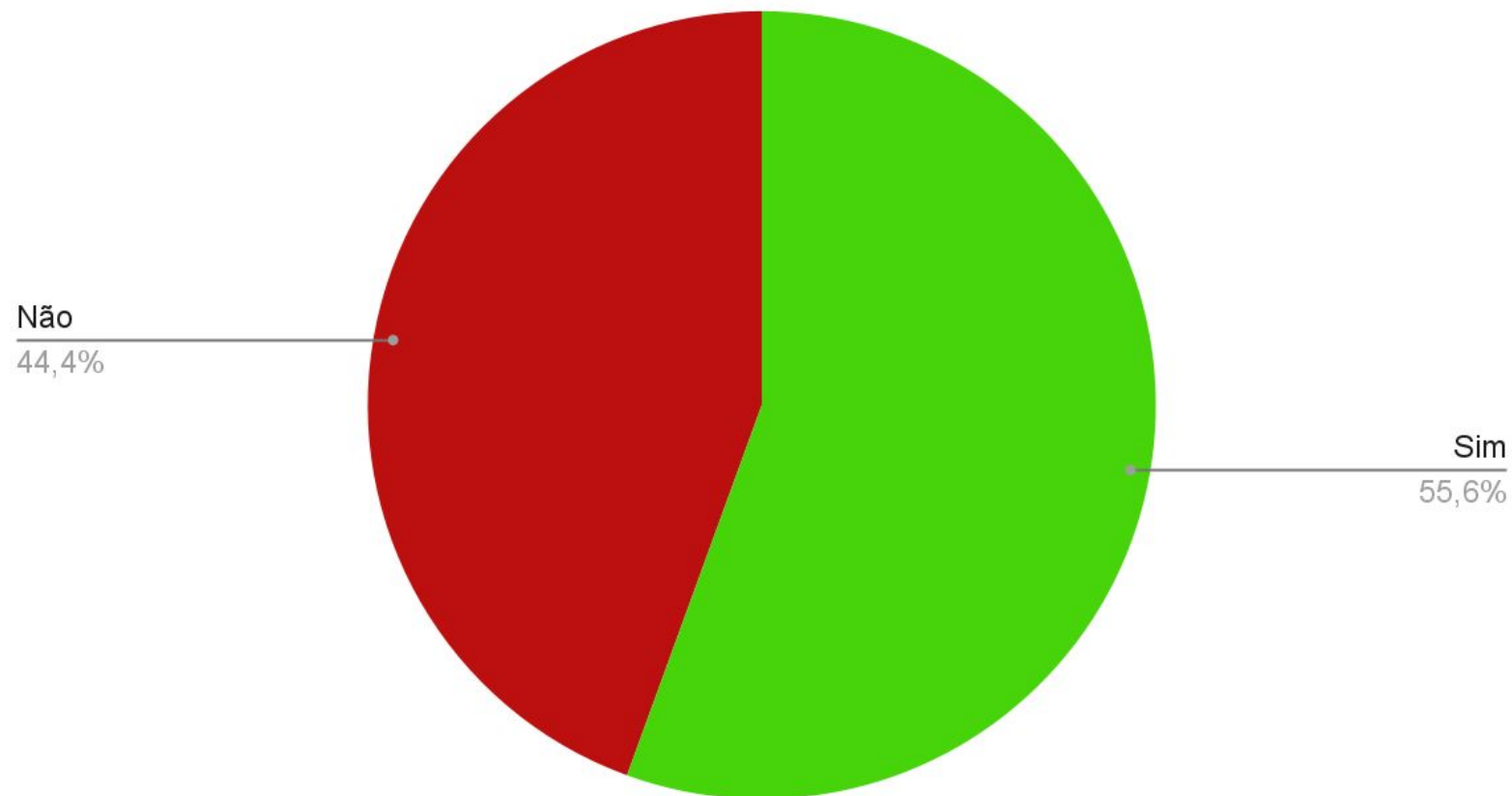
# Situação Atual - Conteúdo

Navegação IPv6 - 30 Portais de Noticias



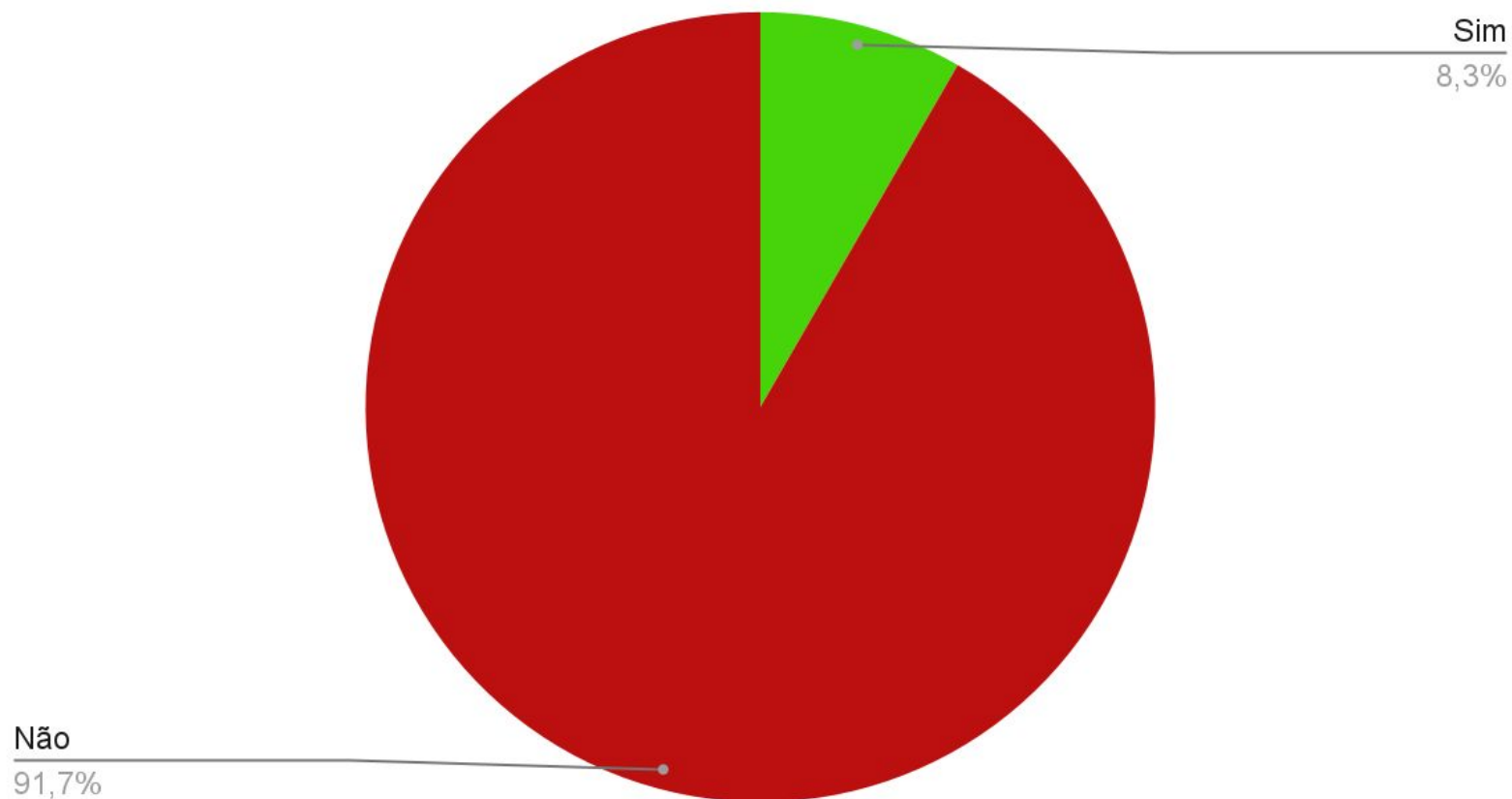
# Situação Atual - Conteúdo

Navegação IPv6 - 9 Redes Social



# Situação Atual - Conteúdo

Navegação IPv6 - 60 Jogos On-line

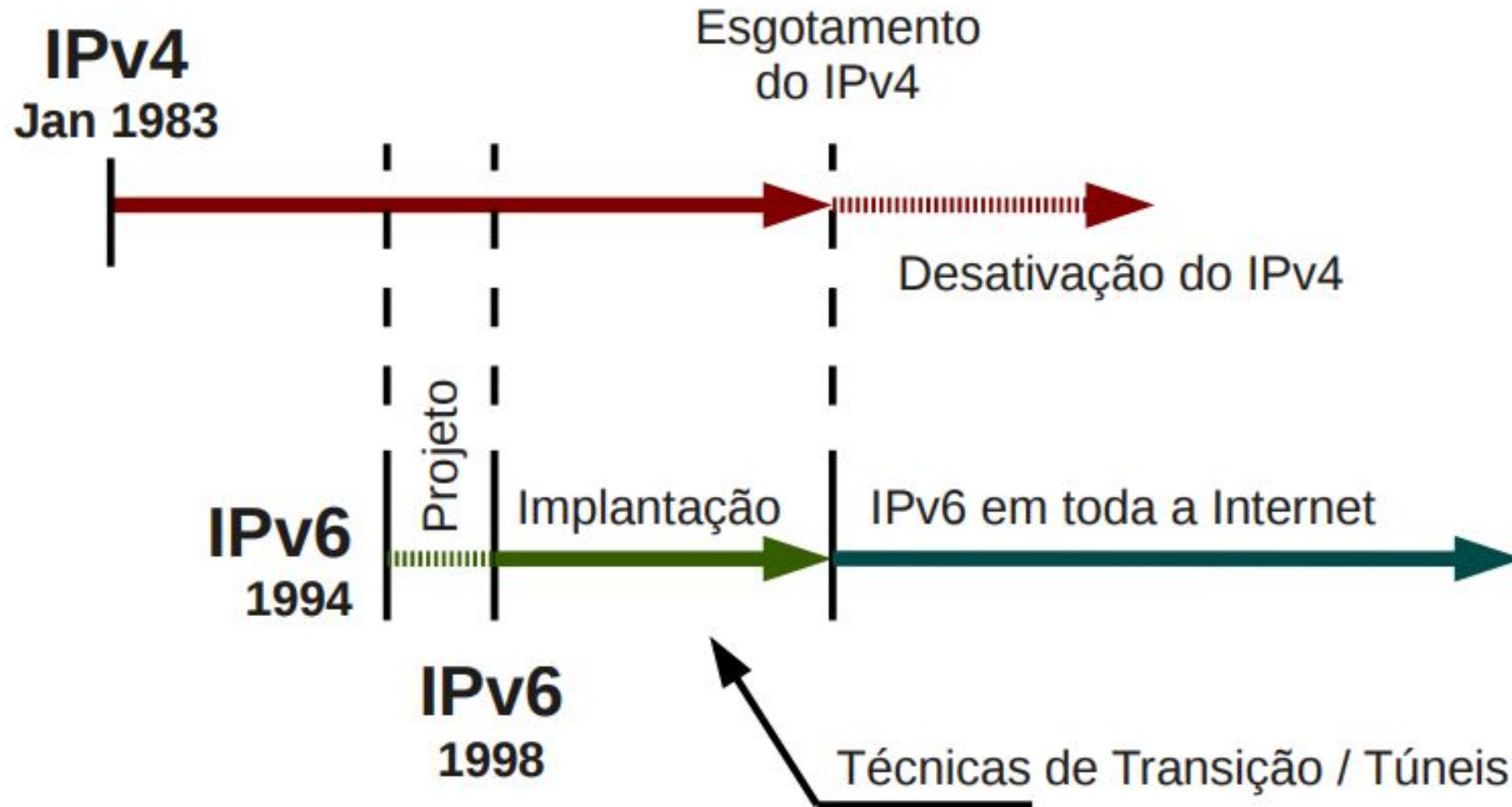


# Técnicas de Transição

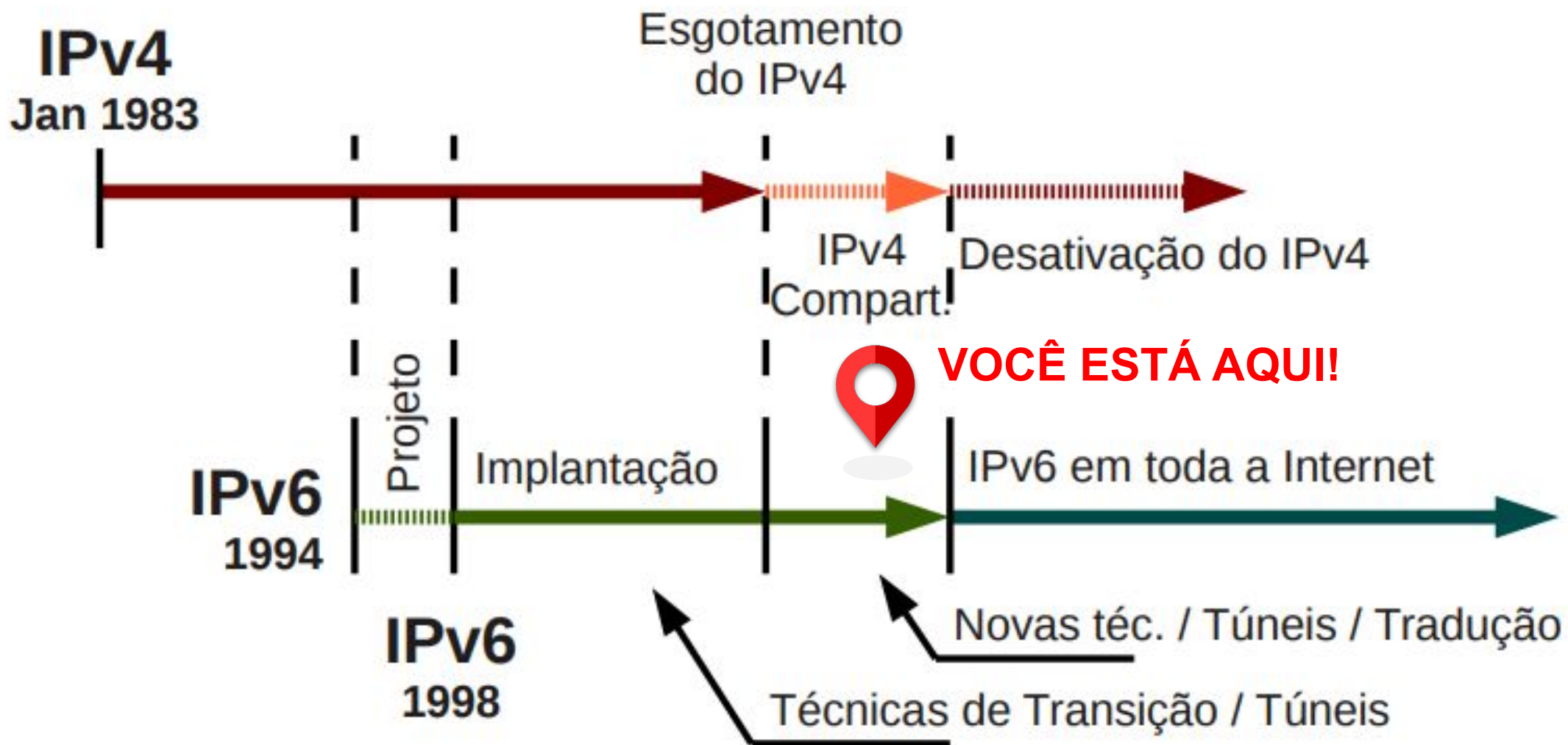
ceptro.br nic.br egi.br



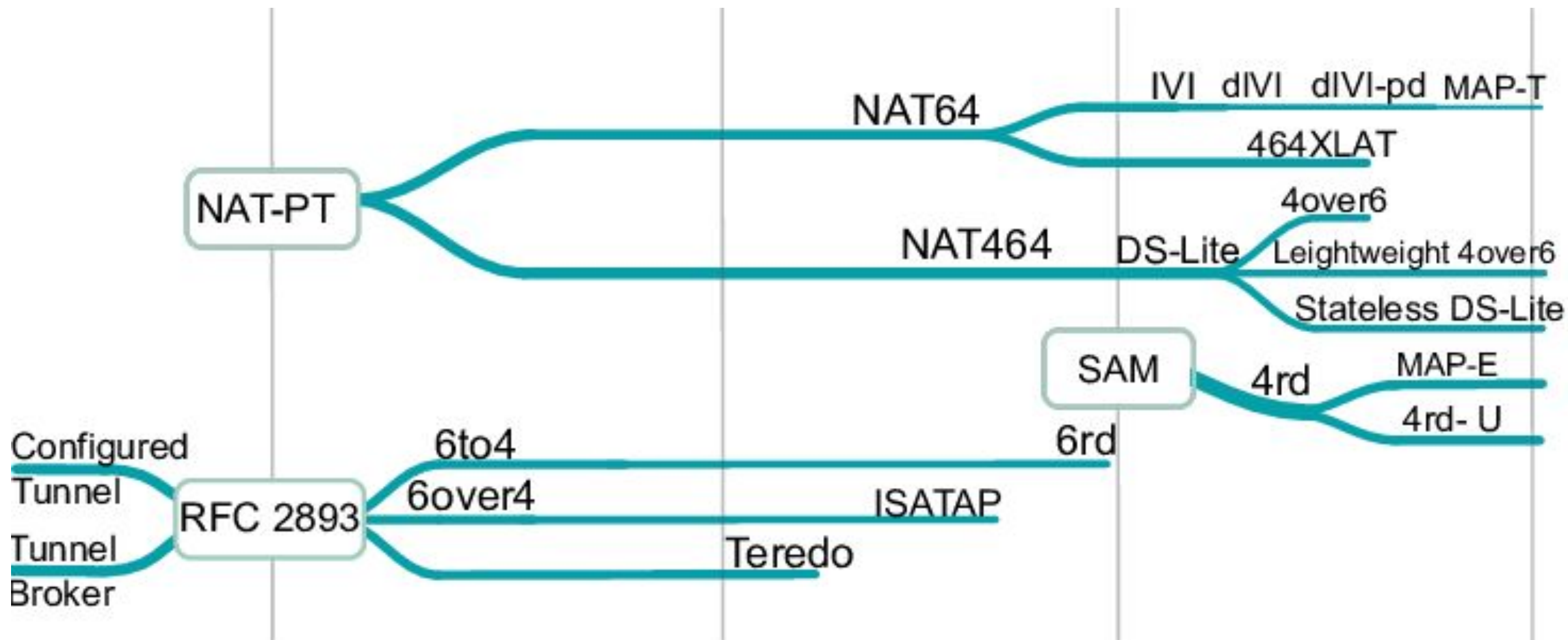
# Mundo Ideal



# Mundo Real



# Técnicas de Transição

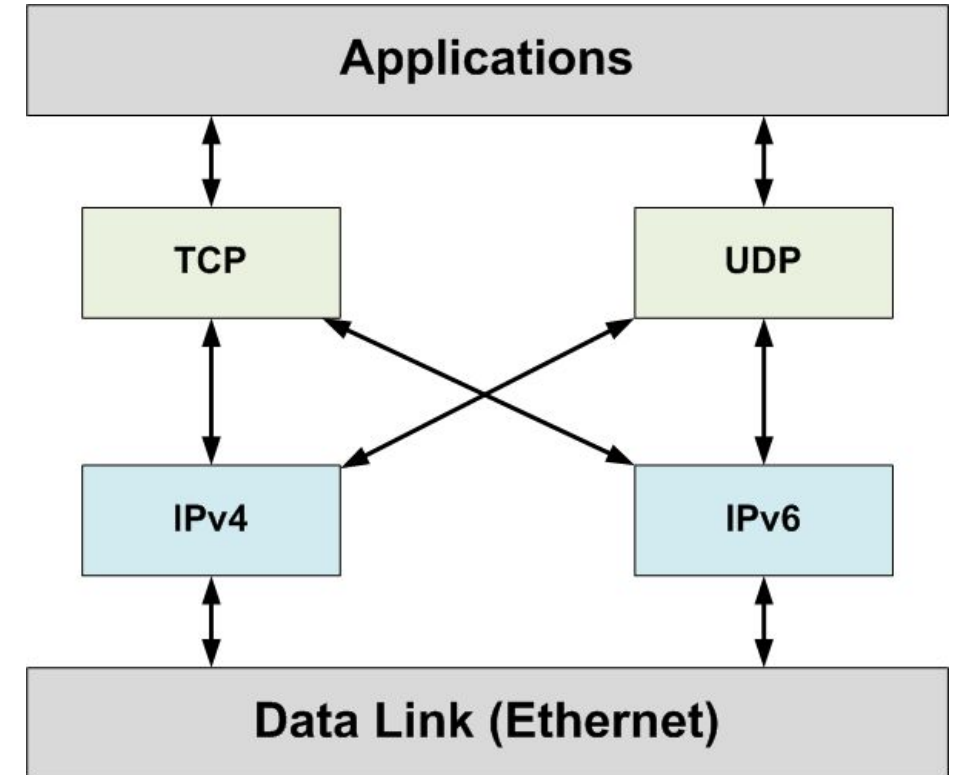


# Técnicas de Transição

- Pilha dupla (Dual Stack)
- Tunelamento
- Tradução

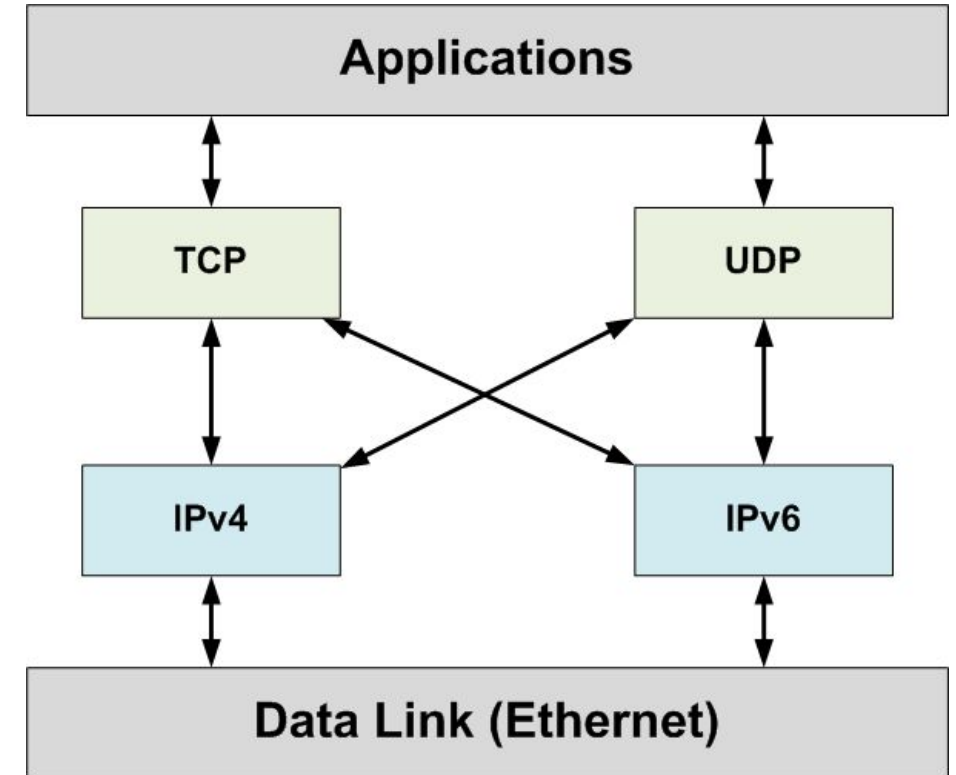
# Pilha Dupla (Dual Stack)

- IPv6 + IPv4 em todos os nós
- Se a consulta DNS retorna:
  - **A**: a aplicação usa IPv4
  - **AAAA**: a aplicação usa IPv6
  - **AAAA e A**: a aplicação tenta primeiro o IPv6, se falhar, tenta o IPv4
  - **AAAA e A**: a aplicação com **happy eyeballs** tenta IPv6 e IPv4 simultaneamente, o mais rápido é usado



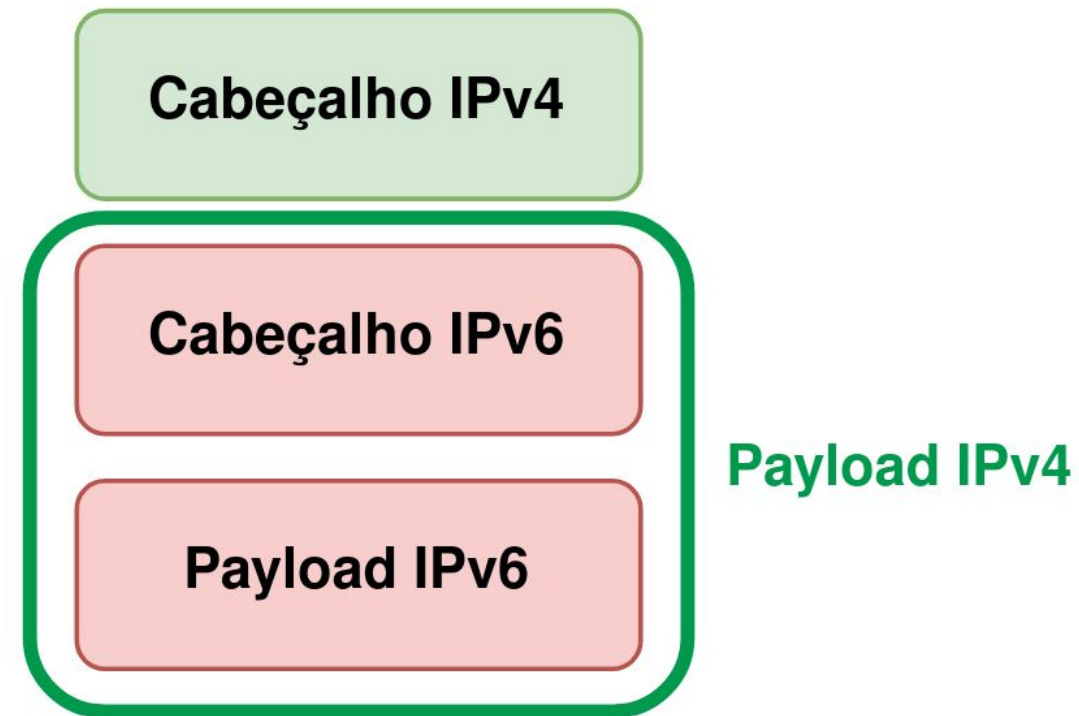
# Pilha Dupla (Dual Stack) - Limitações

- **Overhead operacional**
  - Roteamento
  - Firewall
  - DNS
  - ...
- **Equipamentos legados**
- **Esgotamento dos endereços IPv4**
  - Endereços privados (CGNAT/NAT444?)



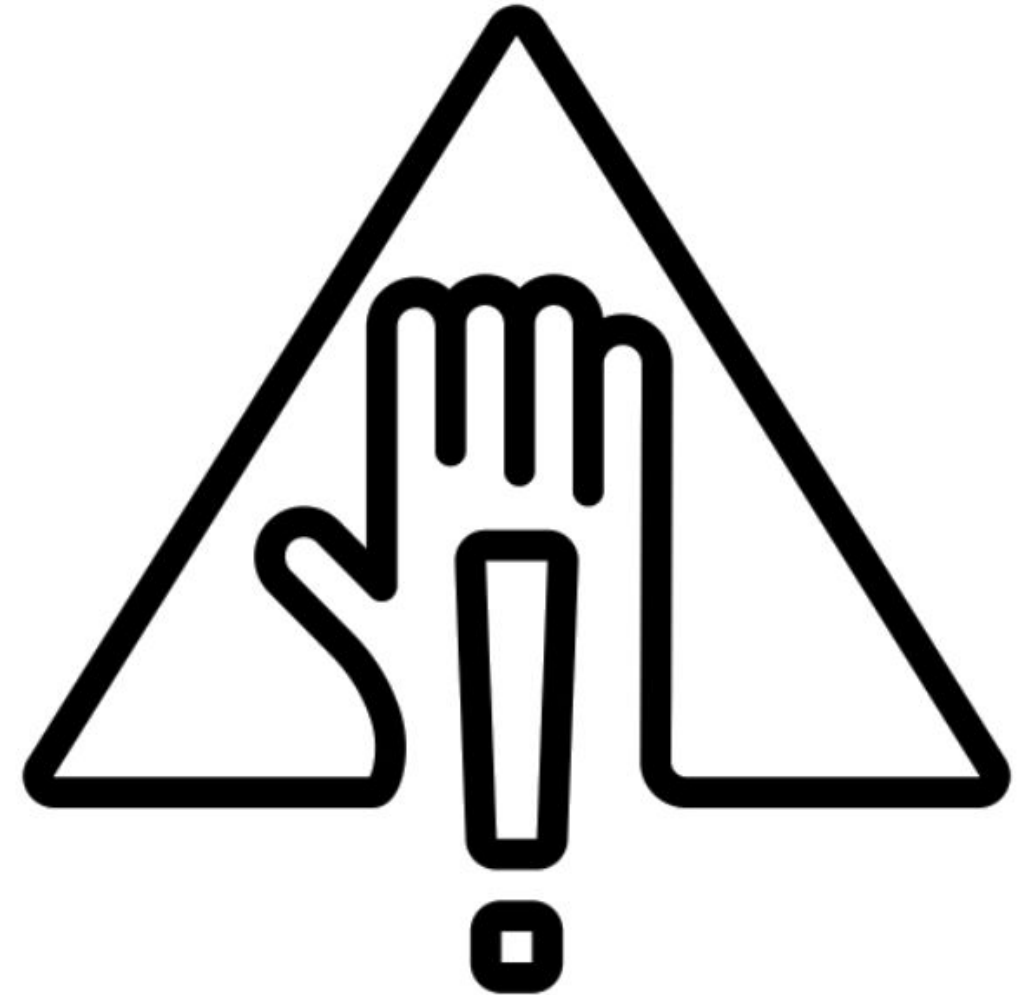
# Tunelamento

- Mecanismo para transmitir pacotes IPv6 em uma rede IPv4 (e vice-versa)
- O pacote IPv6 se torna o payload do pacote IPv4, sendo encapsulados no cabeçalho IPv4
- **Mecanismos que usam tunelamento :**
  - 6in4
  - 6to4
  - 6rd
  - Teredo
  - GRE
  - DS-Lite
  - MAP-E



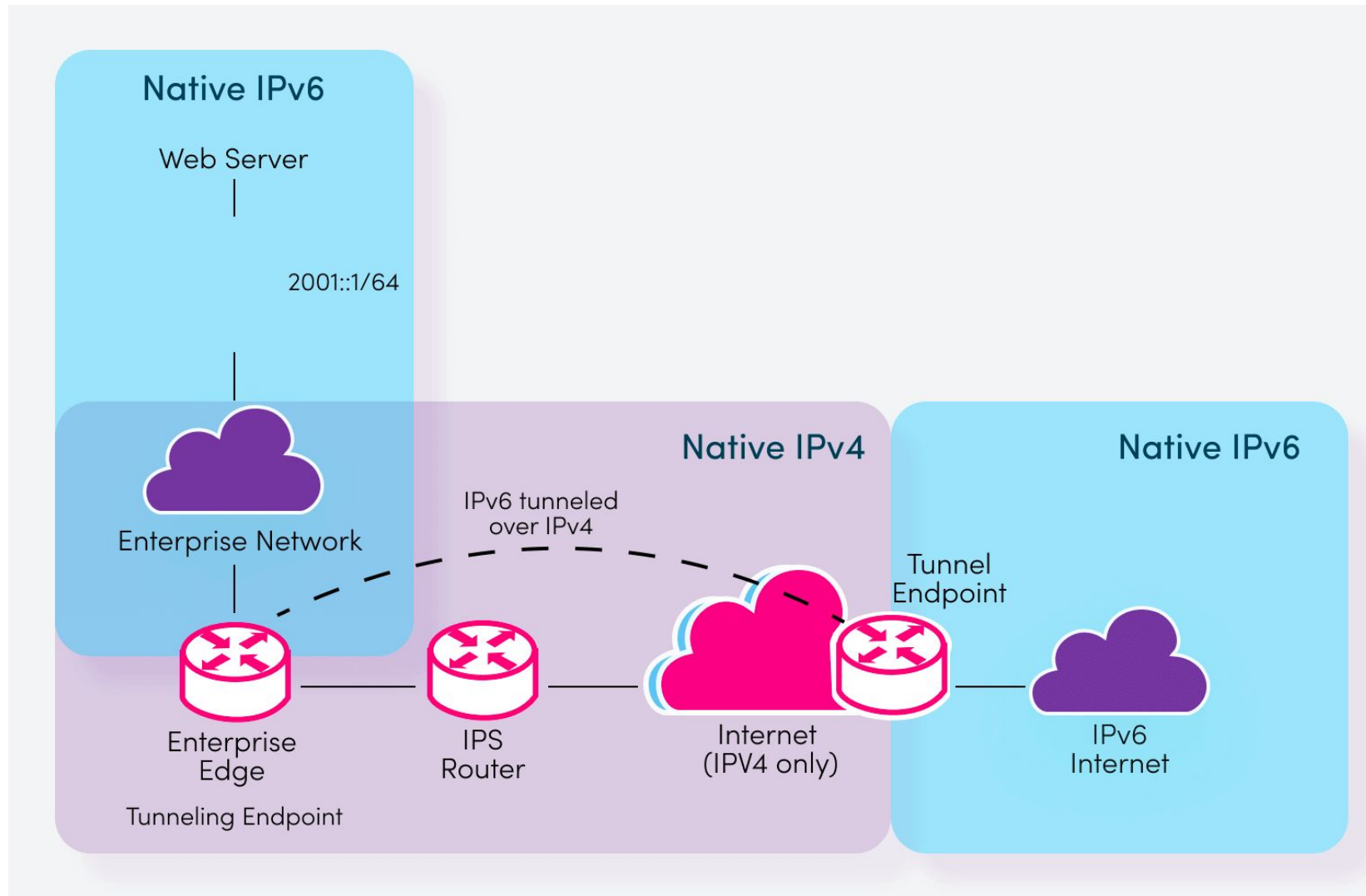
# Tunelamento - Limitações

- **Overhead**
  - Sobrecarga de processamento nos dispositivos intermediários
- **Compatibilidade Limitada**
  - Pode não ser suportado por todos os dispositivos de rede ou provedores de serviços
- **Segurança**
  - Podem introduzir novos pontos de vulnerabilidade na rede
- **Gerenciamento de Tráfego**
  - O monitoramento e o gerenciamento do tráfego em túneis IPv6 podem ser mais complexos do que em redes IPv4 ou IPv6 nativas





# Tunelamento

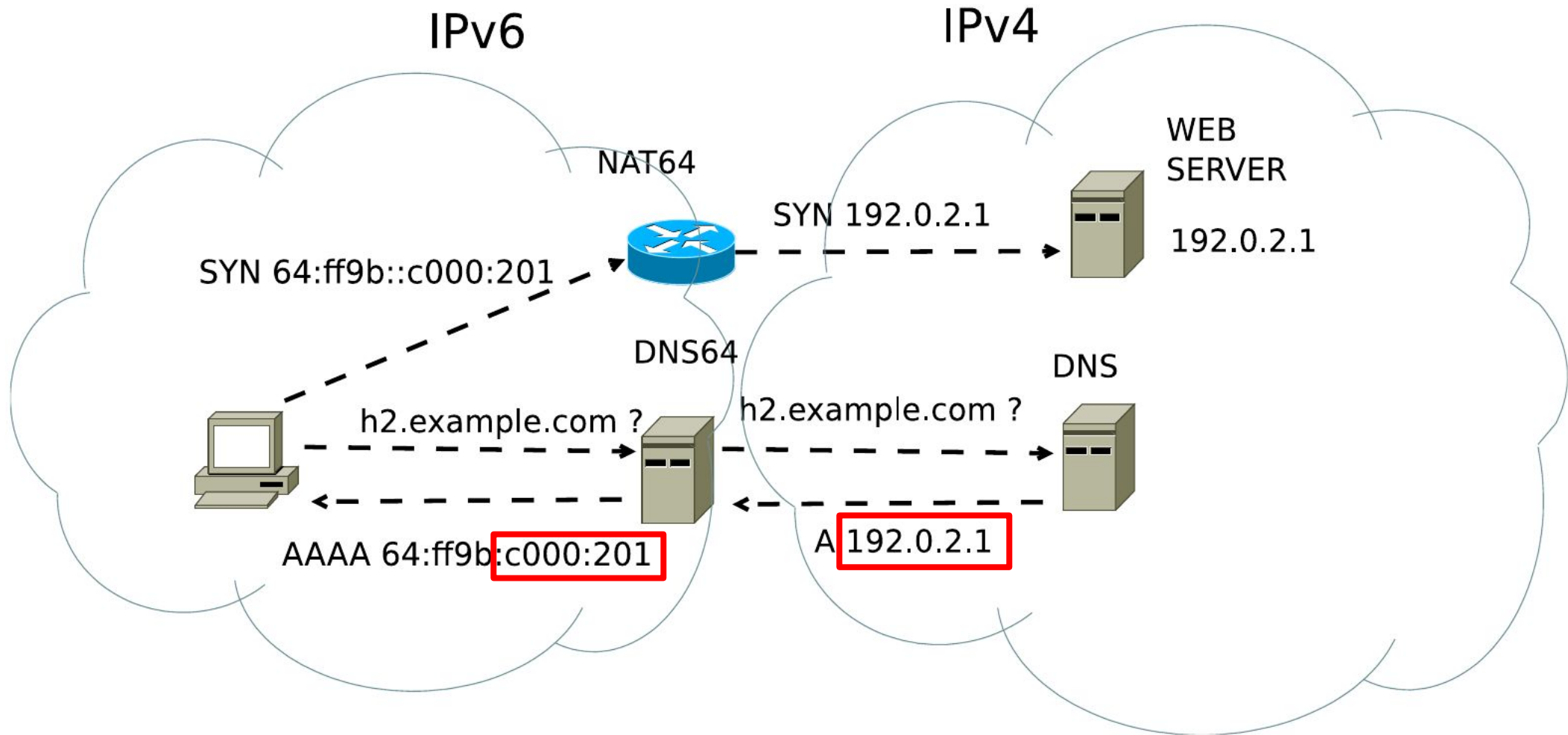


# Tradução

- Mecanismo para traduzir pacotes IPv6 em pacotes IPv4 equivalentes (e vice-versa)
- Empregam técnicas como tradução de endereços, mapeamento de portas e gerenciamento de estado
- **Principais mecanismos que usam tradução:**
  - NAT64
  - SIIT/SIIT-DC
  - MAP-T
  - 464XLAT

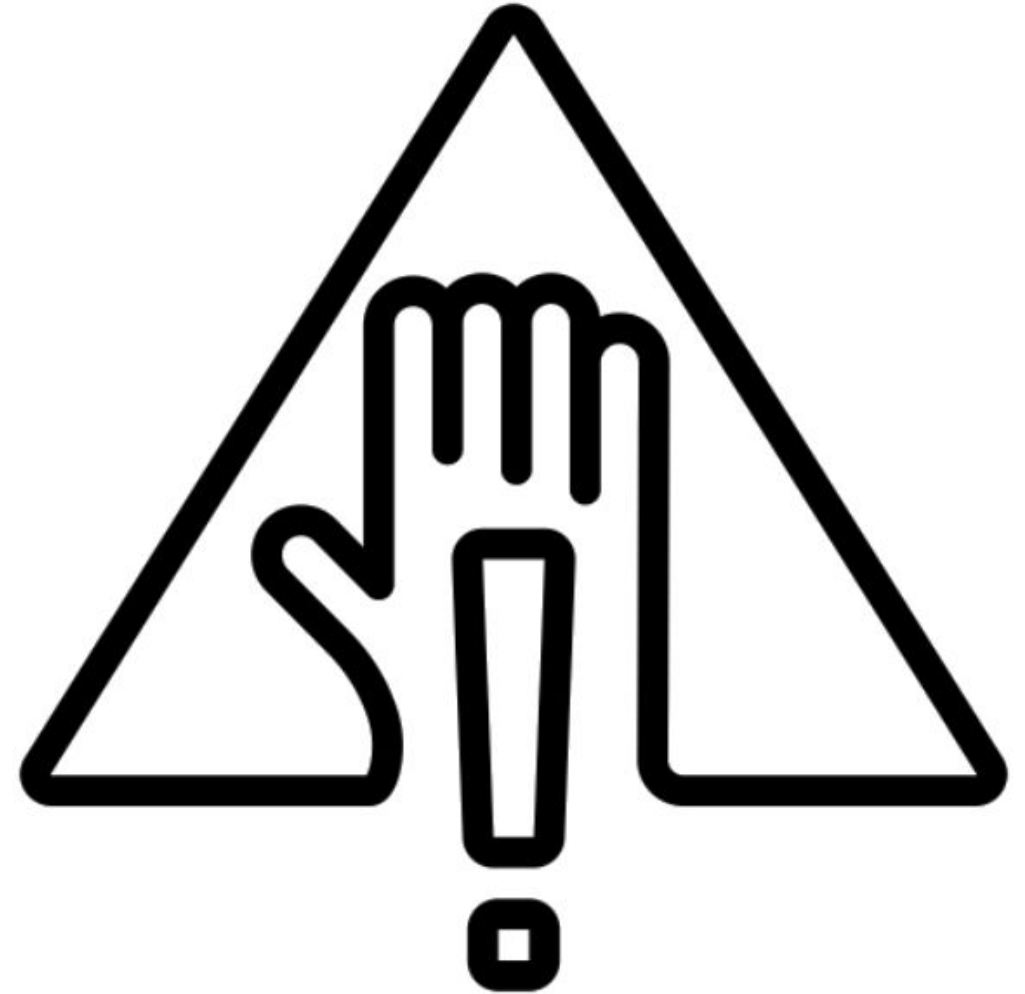
192.0.2.1  
=  
c000:0201

# Tradução



# Tradução - Limitações

- **Complexidade**
  - Gerenciar e solucionar problemas dos mecanismos de tradução pode se tornar desafiador
- **Desempenho**
  - Aumento de latência e sobrecarga no processamento de pacotes
- **Dependência do IPv4 Legado**
  - Alguns mecanismos de tradução (como NAT64) dependem de um pool limitado de endereços IPv4 para tradução.



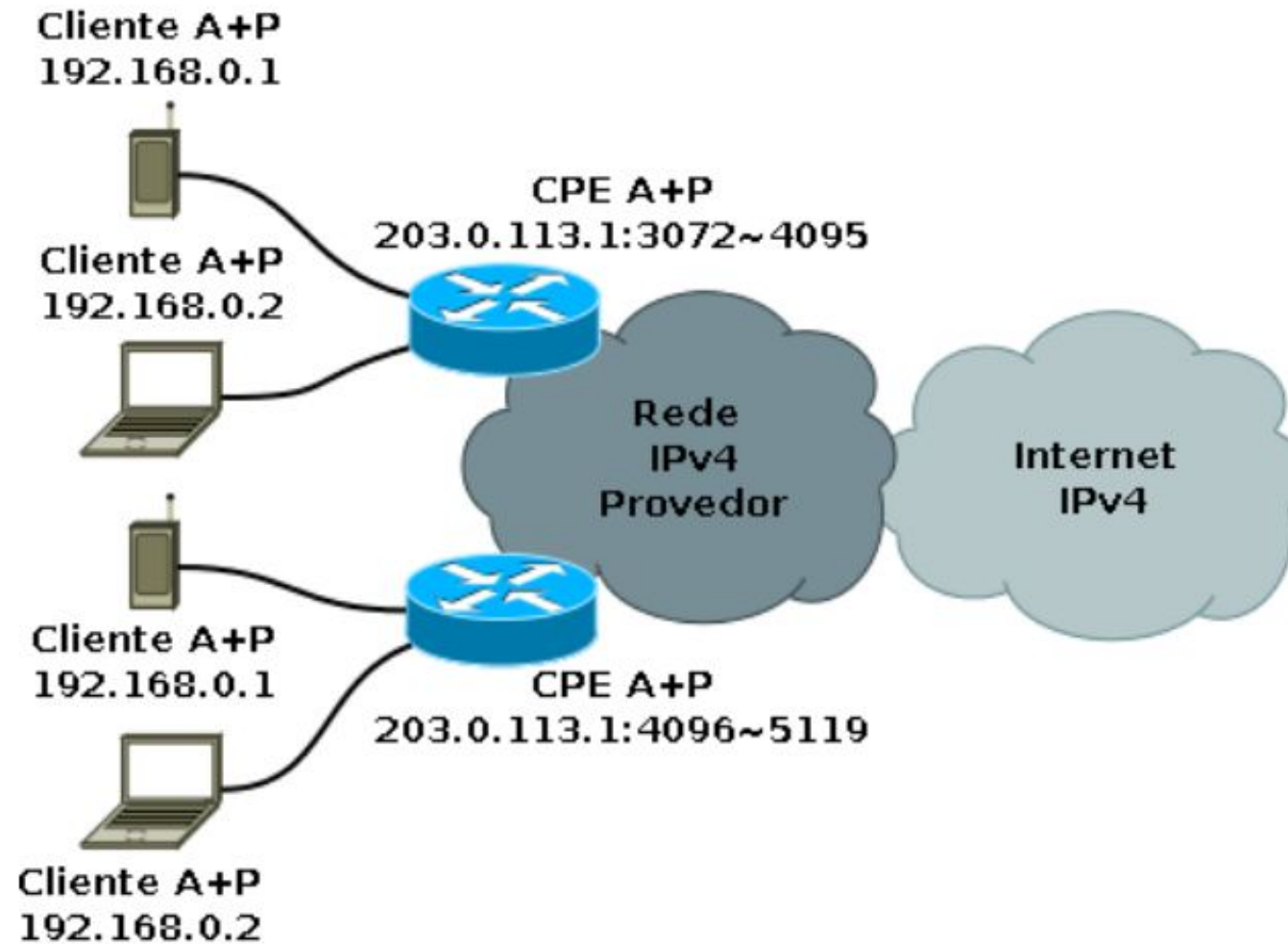
# Outras Técnicas

ceptro.br nic.br egi.br

# A+P - Address plus Port

- RFC 6346
- Não é uma técnica de transição para IPv6, mas uma forma de preservar os endereços IPv4
- Pode ser usada em conjunto com a implantação nativa do IPv6
- Compartilhar o mesmo IPv4 para diversos usuários, restringindo as faixas de portas que cada um deles pode usar
- Menos nocivo à arquitetura da Internet do que o NAT

# A+P - Address plus Port

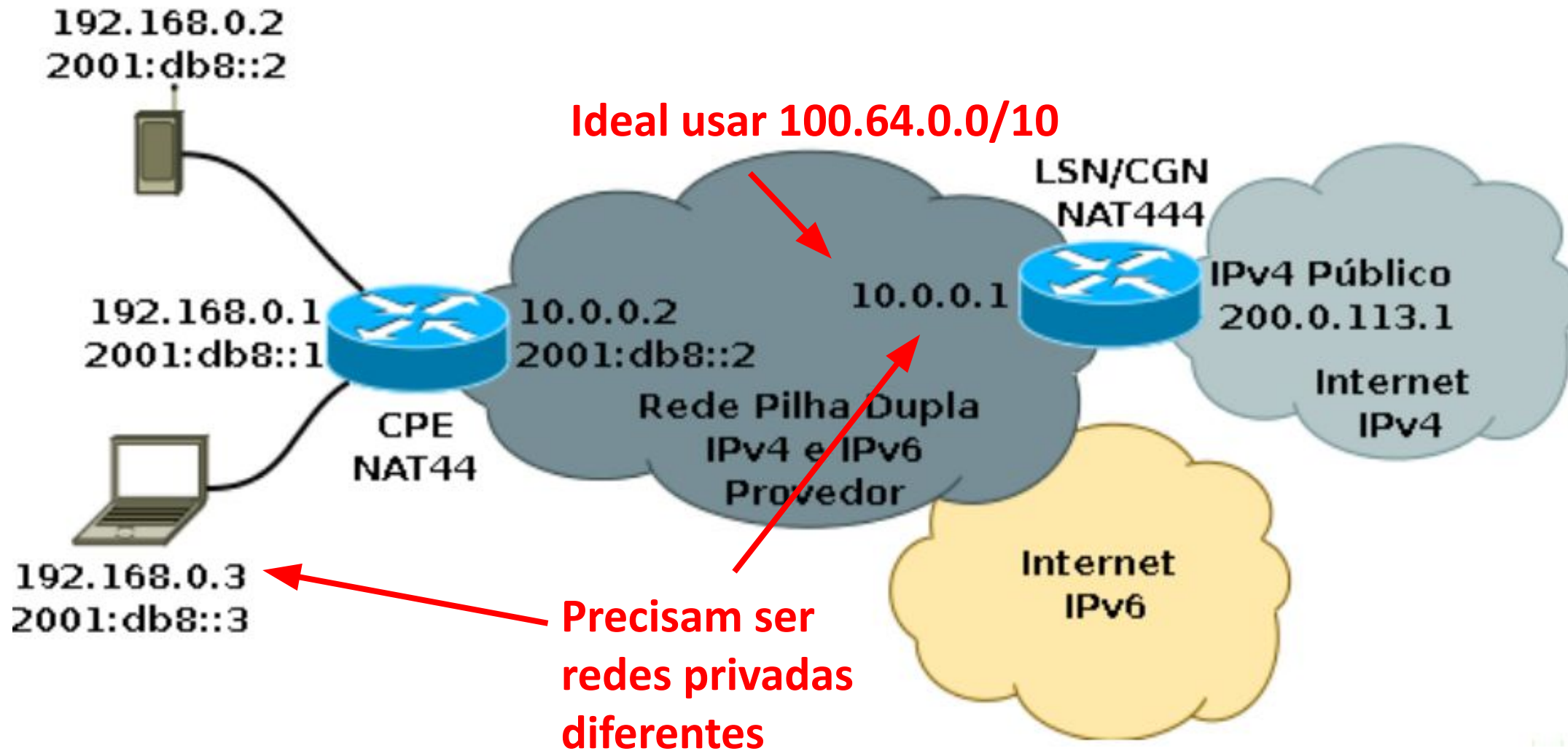


# NAT 444

- Endereço para uso definido na **RFC 6598**
  - **100.64.0.0/10**
- Não é uma técnica de transição para IPv6, mas uma forma de preservar os endereços IPv4
- Recomenda-se a utilização com IPv6
- Utilização de **dois NATs**, um no **provedor**, outro no **usuário**
  - Quebra a conectividade fim a fim
  - Diversos problemas com aplicações



# NAT 444

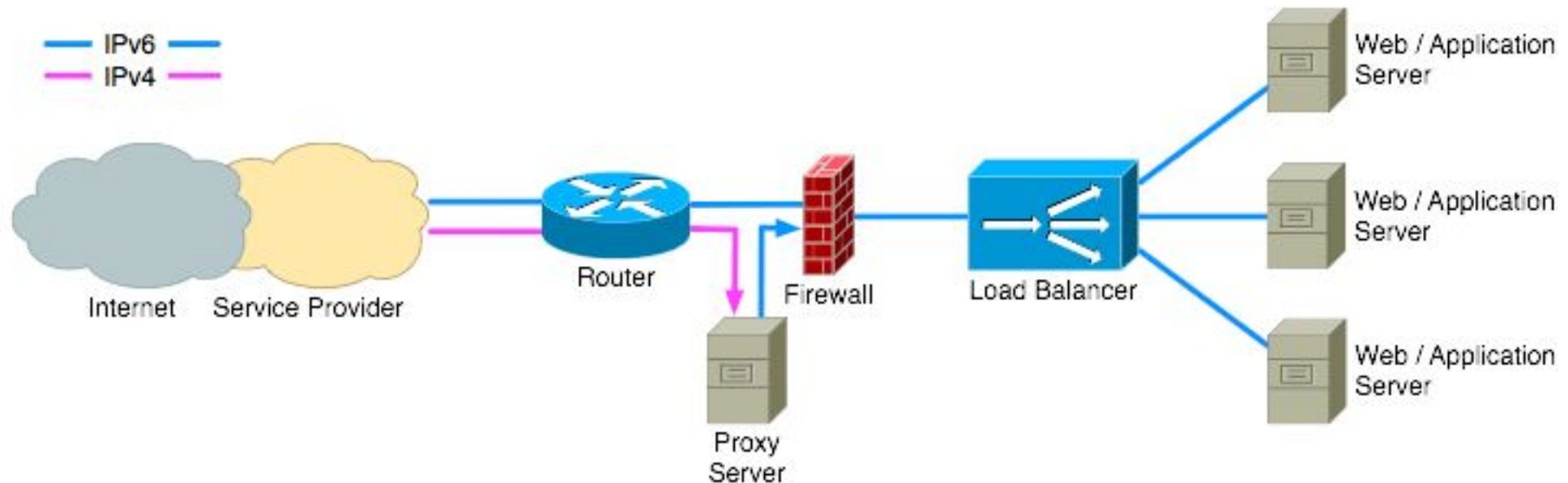


# Proxy

ceptro.br nic.br egi.br

# Proxy

- **Intermediários** entre **clientes da Internet** e a rede **Interna** da Organização
- Manter uma **rede interna apenas IPv6** e fornecer **conectividade** para **usuários IPv4** ou vice-versa



# Saiba mais!

**IX Fórum: Existe vida após o esgotamento do IPv4**

<https://www.youtube.com/watch?v=A8WhH8AHGaY>



# Saiba mais!

Live **INTRA REDE:**  
**FIM DO IPV4,  
TRANSFERÊNCIA  
DE IP E ADOÇÃO  
DO IPV6**

22.07.2020

— Realização —  
**ceptro.br nic.br**

<https://intrarede.nic.br/live-fim-do-ipv4-transferencia-de-ip-e-adocao-do-ipv6>



<https://intrarede.nic.br/live-ipv6-sucesso-2021/>

nic.br [Intra Rede] IPv6 e os principais erros cometidos numa implantação de rede

Assistir m... Compartilh...

1.00

LIVE  
INTRAREDE  
2022

**IPv6 E OS PRINCIPAIS ERROS  
COMETIDOS NUMA  
IMPLANTAÇÃO DE REDE**

15/6 às 10h (UTC-3)  
intrarede.nic.br

REALIZAÇÃO  
ceptro.br nic.br cgi.br

nic.br

MAIS VÍDEOS

0:00 / 2:45:48 • Abertura

YouTube

<https://intrarede.nic.br/live-ipv6-implantacao-2022/>

# Saiba mais!



## Camada 8 - IPv6 e CGNAT



# Projetos - CEPTRO.br

- **IntraRede:** Lives focado em debater assuntos sobre Infraestrutura da Internet
  - <https://intrarede.nic.br/>
- **Camada 8:** Podcast sobre infraestrutura da Internet, redes e tecnologia.
  - <https://www.nic.br/podcasts/camada8/>
- **Semana de Capacitação:** Minicursos relacionados à Internet e redes. Totalmente gratuito e ministrado durante 5 dias. Uma oportunidade para os provedores e administradores de rede.
  - <https://semanacap.bcp.nic.br/>
- **Cidadão na Rede:** Espalhar e incentivar boas práticas relacionadas à cidadania digital;
  - <https://cidadonarede.nic.br/pt/>
  - Empresas e organizações podem se tornar parceiras desta iniciativa.

# Obrigado!

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

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



@comunicbr



@nicbr



@NICbrvideos

nic.br cgi.br

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