

nic.br cgi.br

ceptro.br

WTR PoP-RN

Natal, RN | 20/08/25

Redes IPv6 Only

Wanderson Modesto

ceptro.br nic.br egi.br

Licença de uso do material

Esta apresentação está disponível sob a licença

Creative Commons

Atribuição – Não a Obras Derivadas (by-nd)

<http://creativecommons.org/licenses/by-nd/3.0/br/legalcode>



Você pode:

- **Compartilhar** — copiar, distribuir e transmitir a obra.
- **Fazer uso comercial da obra.**
- Sob as seguintes condições:

Atribuição — Ao distribuir essa apresentação, você deve deixar claro que ela faz parte do **Workshop de IPv6** do CEPTRO.br/NIC.br, 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.

Vedada a criação de obras derivadas — Você não pode modificar essa apresentação, nem criar apresentações ou outras obras baseadas nela.

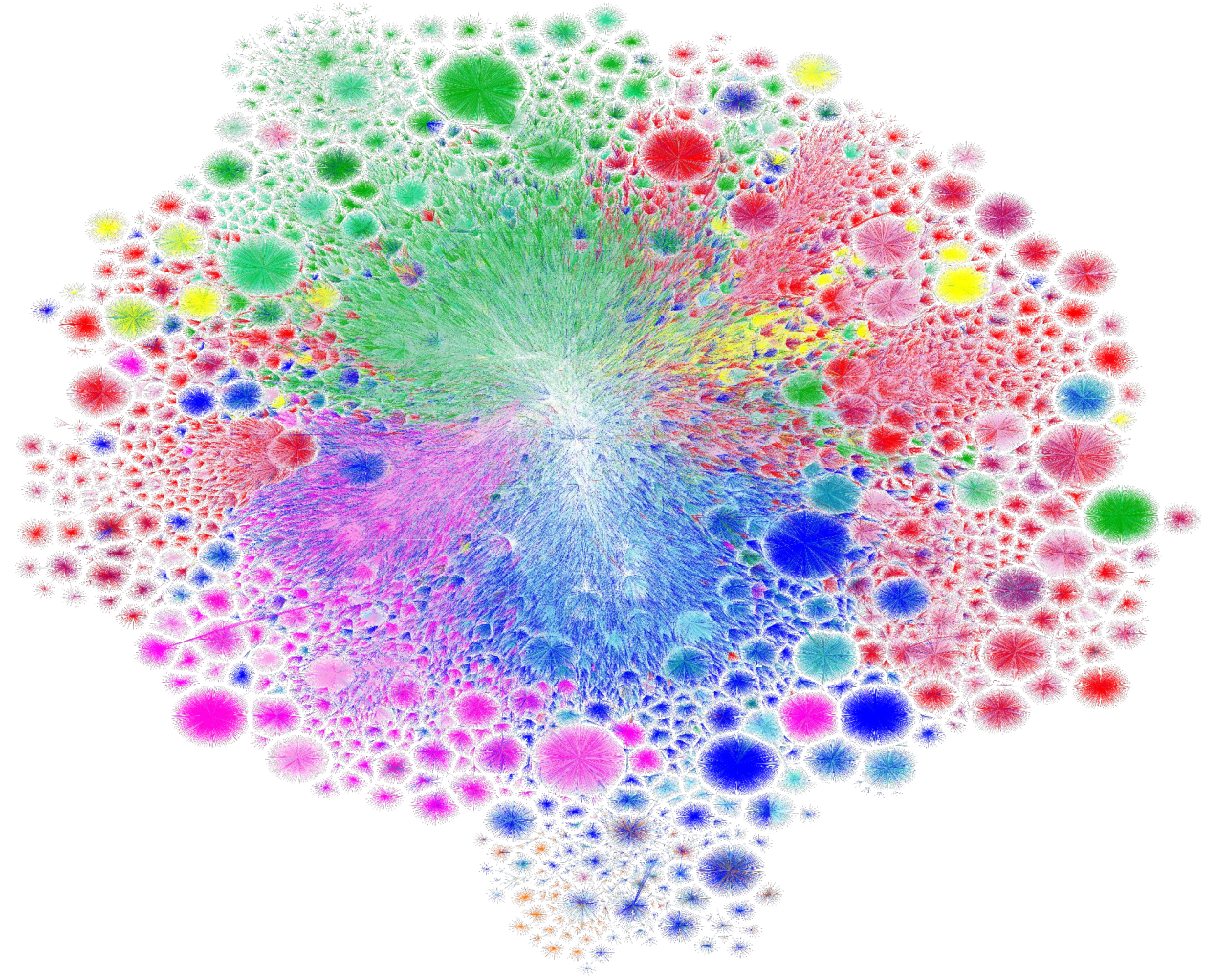
Se tiver dúvidas, ou quiser obter permissão para utilizar o material de outra forma, entre em contato pelo e-mail: info@nic.br.

Estrutura da Internet

ceptro.br nic.br egi.br

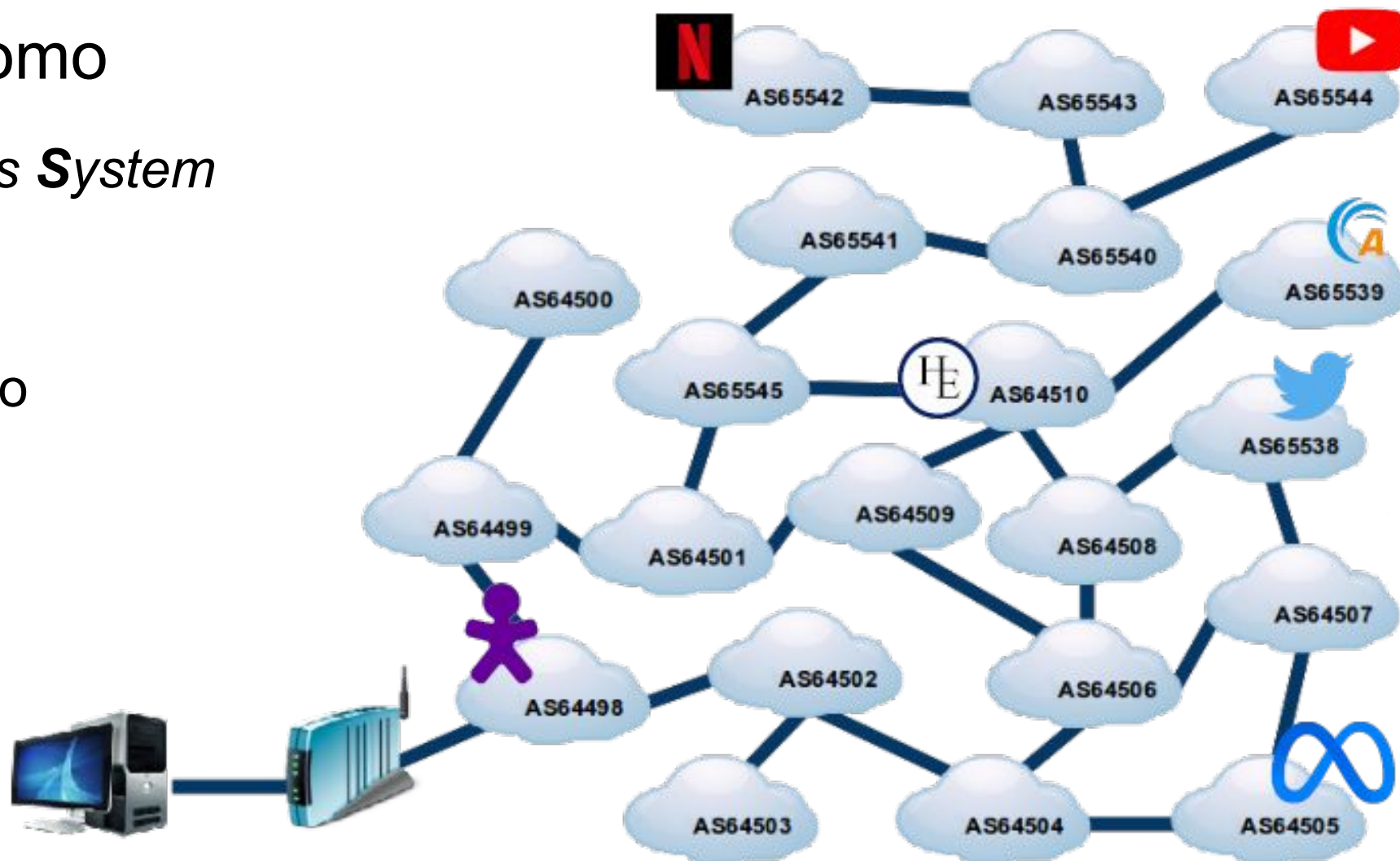
Estrutura da Internet

- É uma rede de redes.
- Mais de 70 mil redes se comunicando.
- Interligadas umas às outras em diferentes composições.
- Trafega dados de uma origem a um determinado destino.



Redes Independentes

- Sistemas Autônomo
 - **AS** - *Autonomous System*
- ASN
 - Identificador único
 - **Antes 16 bits**
 - **Agora 32 bits**



Tipos de Provedores

- **Provedor de Acesso**

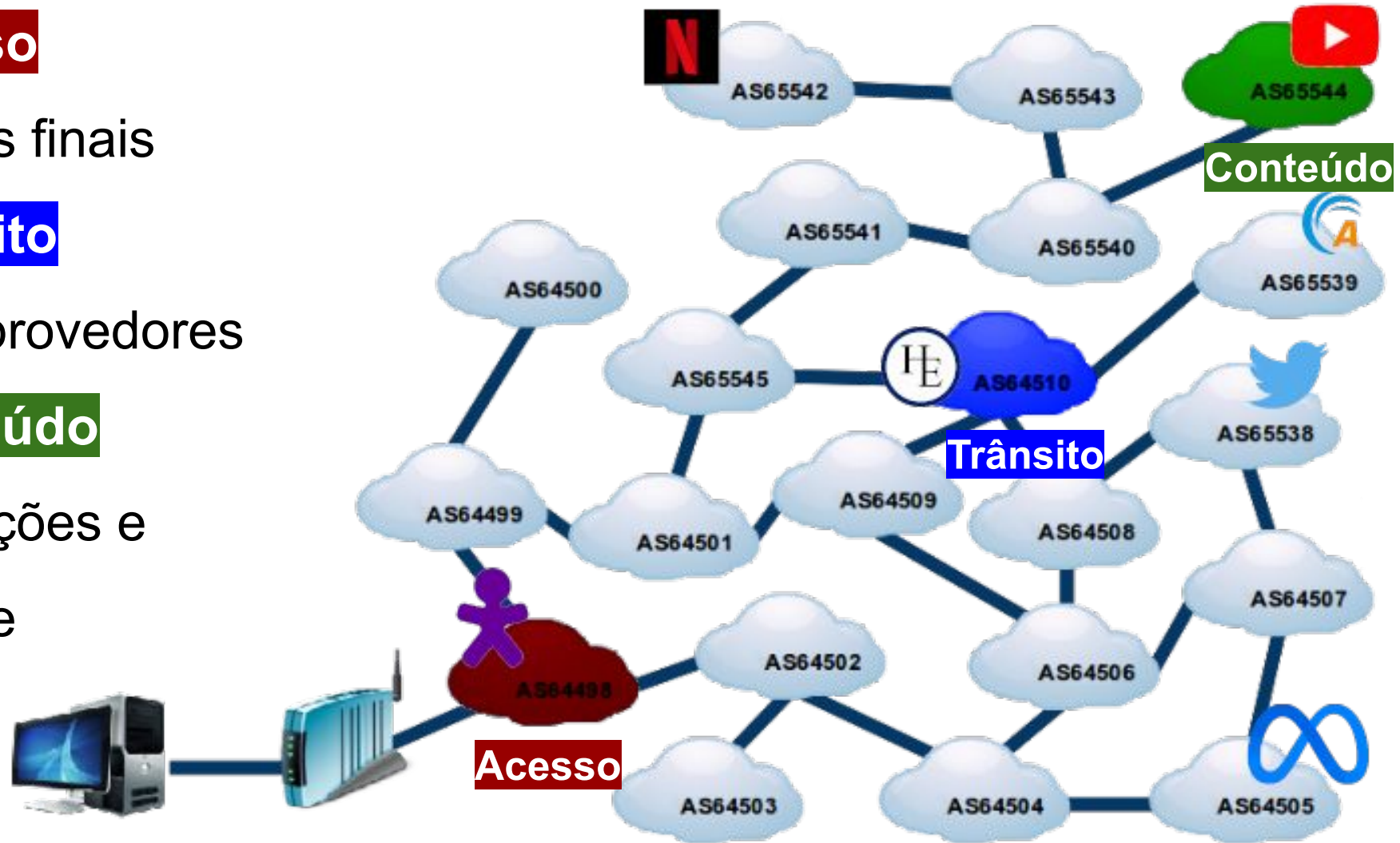
- Conecta usuários finais

- **Provedor de Trânsito**

- Conecta outros provedores

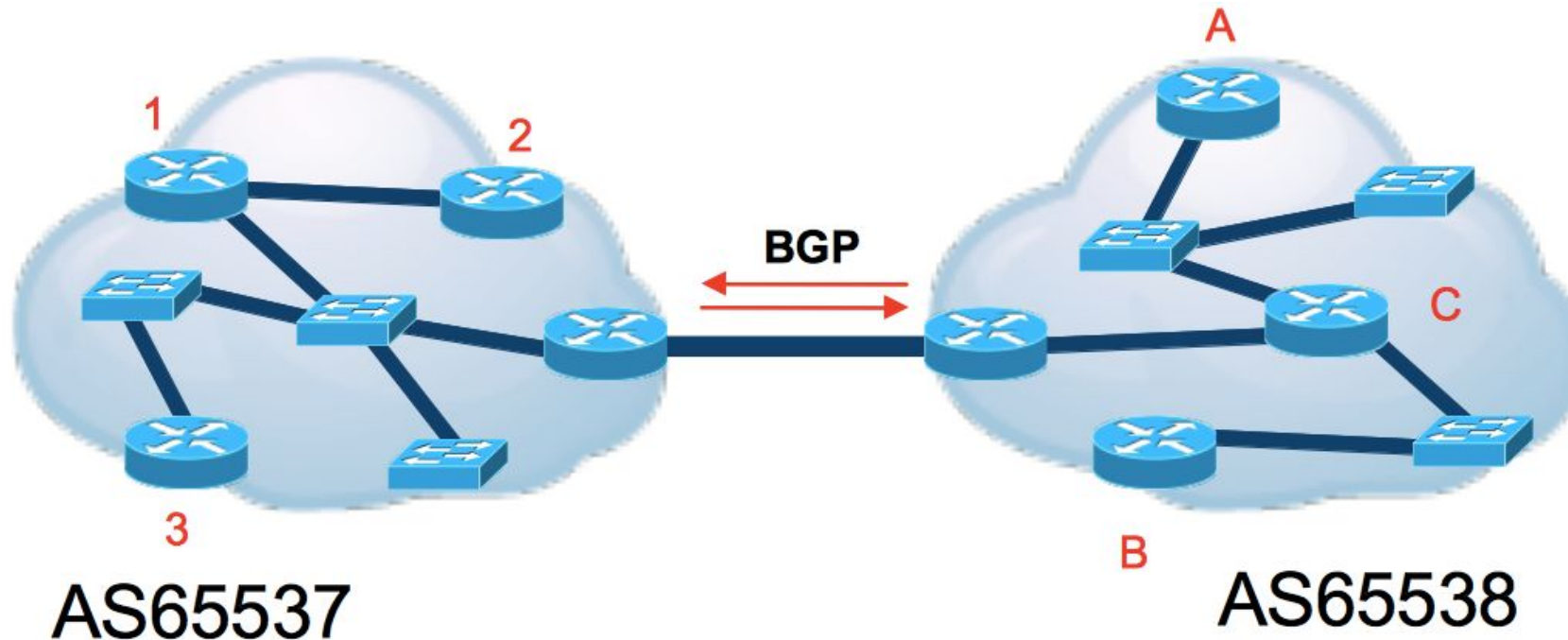
- **Provedor de Conteúdo**

- Fornece informações e conteúdo na rede



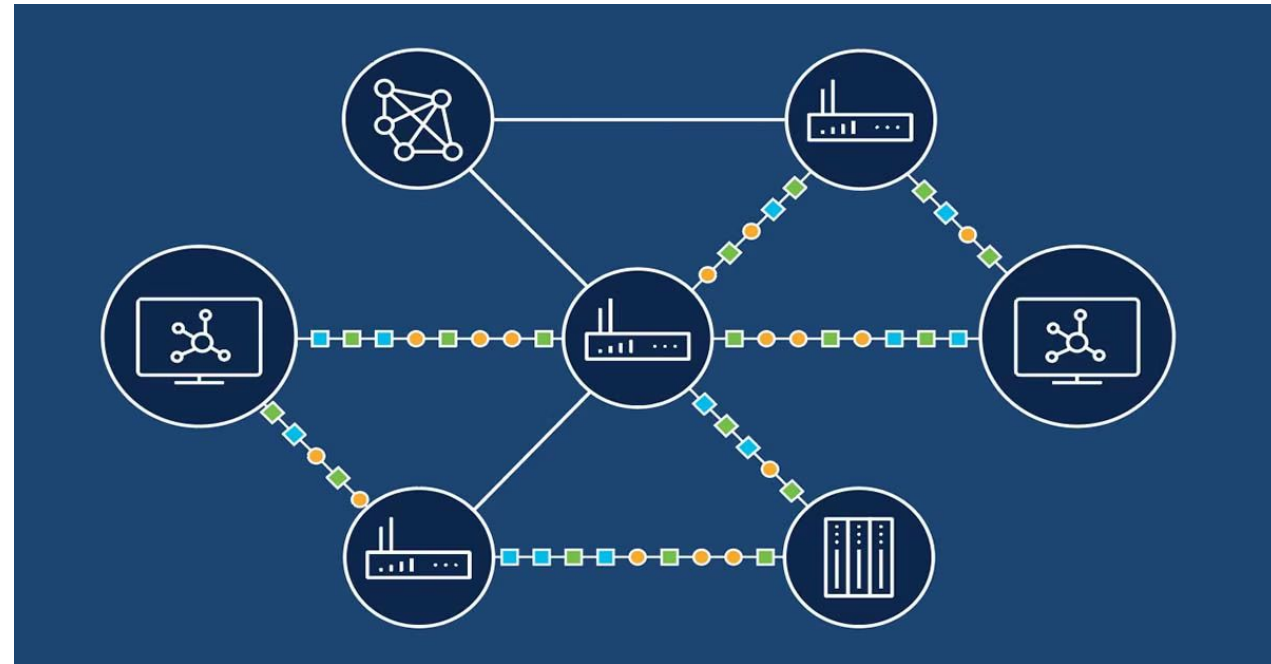
Caminhos na Internet

- Os ASes usam **Protocolo de Roteamento Externo** (como o BGP) para ensinar uns aos outros a quais redes estão conectados.



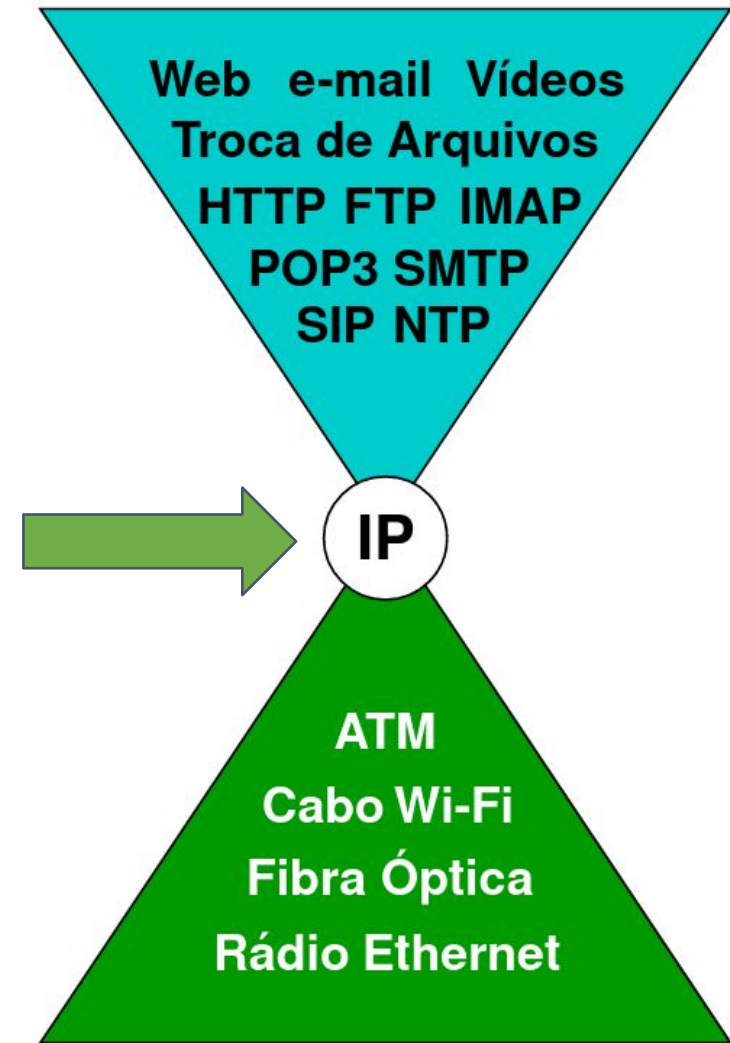
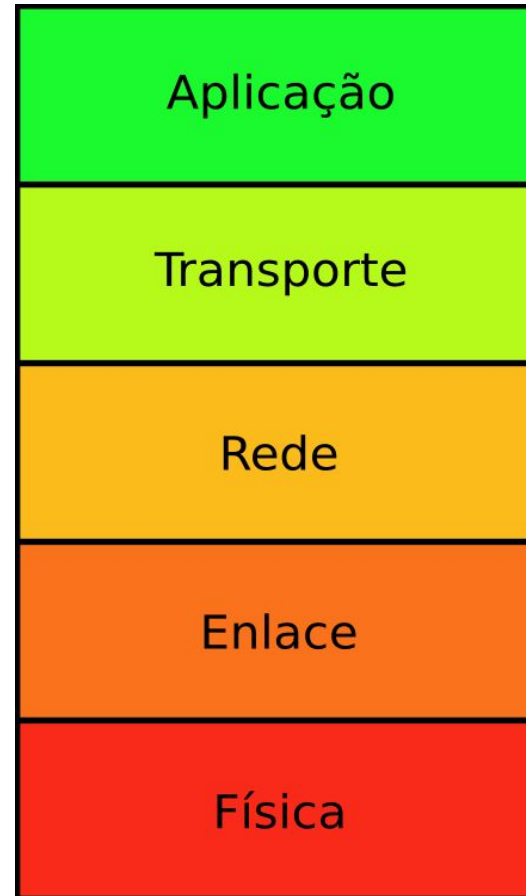
Caminhos na Internet

- Os caminhos são rotas.
- Se não tiver um caminho, não tem como se comunicar.
- Nem todas as rotas são:
 - Aceitas
 - Ativadas
 - Enviadas
- Existe uma seleção
- A seleção depende: do roteador, seu funcionamento e sua configuração.

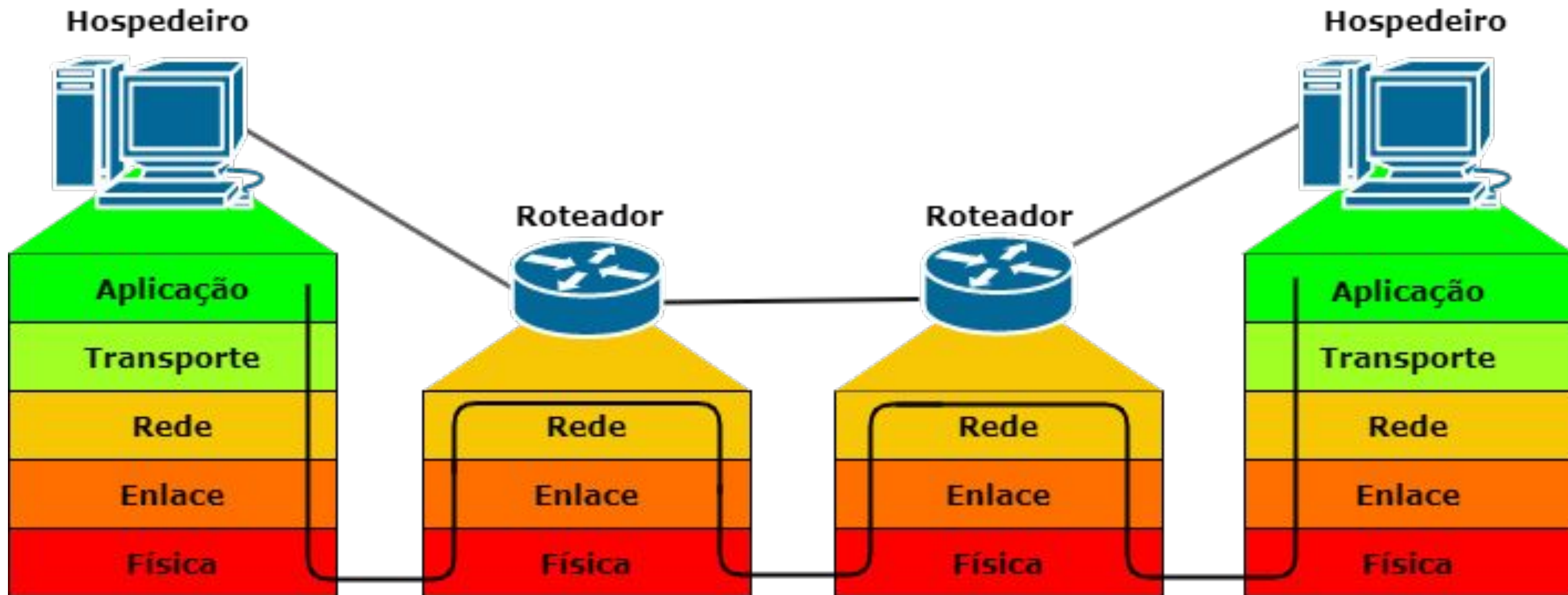


Como as Rotas são geradas

- Modelo de camadas TCP/IP
- As rotas são feitas na camada de rede
- Utilizam os protocolos:
 - IPv4
 - IPv6
- A camada de enlace possui um endereço que permite se comunicar no link e tem relação com a camada de rede



Como os Pacotes seguem as Rotas

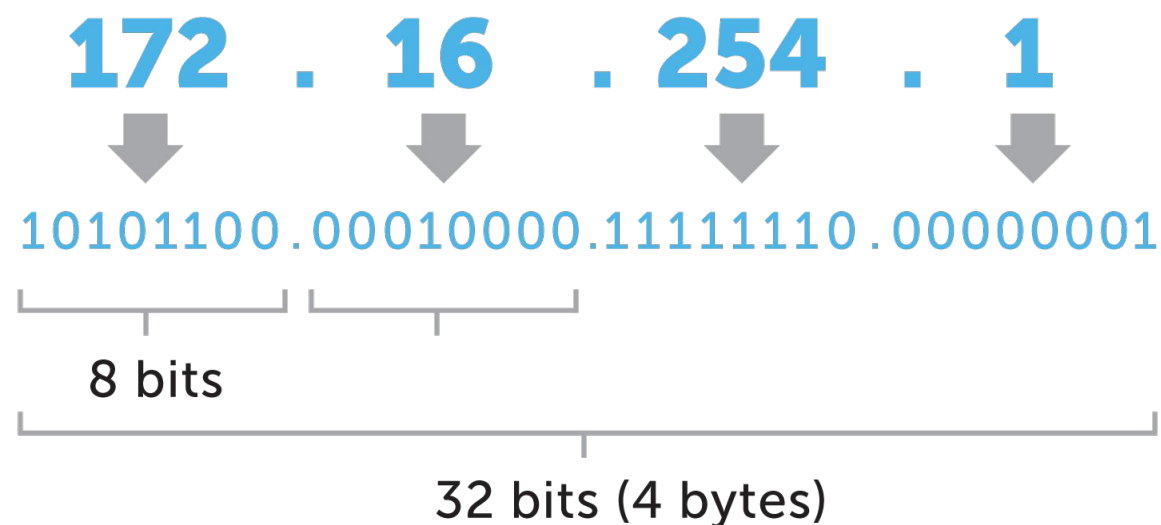


IPv4

- RFC 791 (1981)
- Na Internet desde 01/01/1983
- Ainda em ampla utilização
- Criado para prover duas funções básicas
 - Fragmentação
 - Endereçamento/Identificação

IPv4

- 32 bits
- Divididos em 4 octetos (grupos de 8 bits) separados por “.”
- 4.294.967.296 de endereços
- Os campos vão de 0 à 255



IPv4 - O que não foi previsto?

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

IPv4



**4,3
Bilhões**

vs

População



**Mais de
8
bilhões**

Não tem endereços IPv4
públicos suficientes para
atender o mundo inteiro!!!



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

- 128 bits
- Utiliza caracteres **Hexadecimais** (0 à F)
- Divididos em 8 Hextetos (16 bits) separados por “:”
- Cada campo vai de 0 à FFFF

2001:0db8:0000:0000:0000:cade:cafe:84c1


16 bits

2001:0db8::cade:cafe:84c1

IPv6

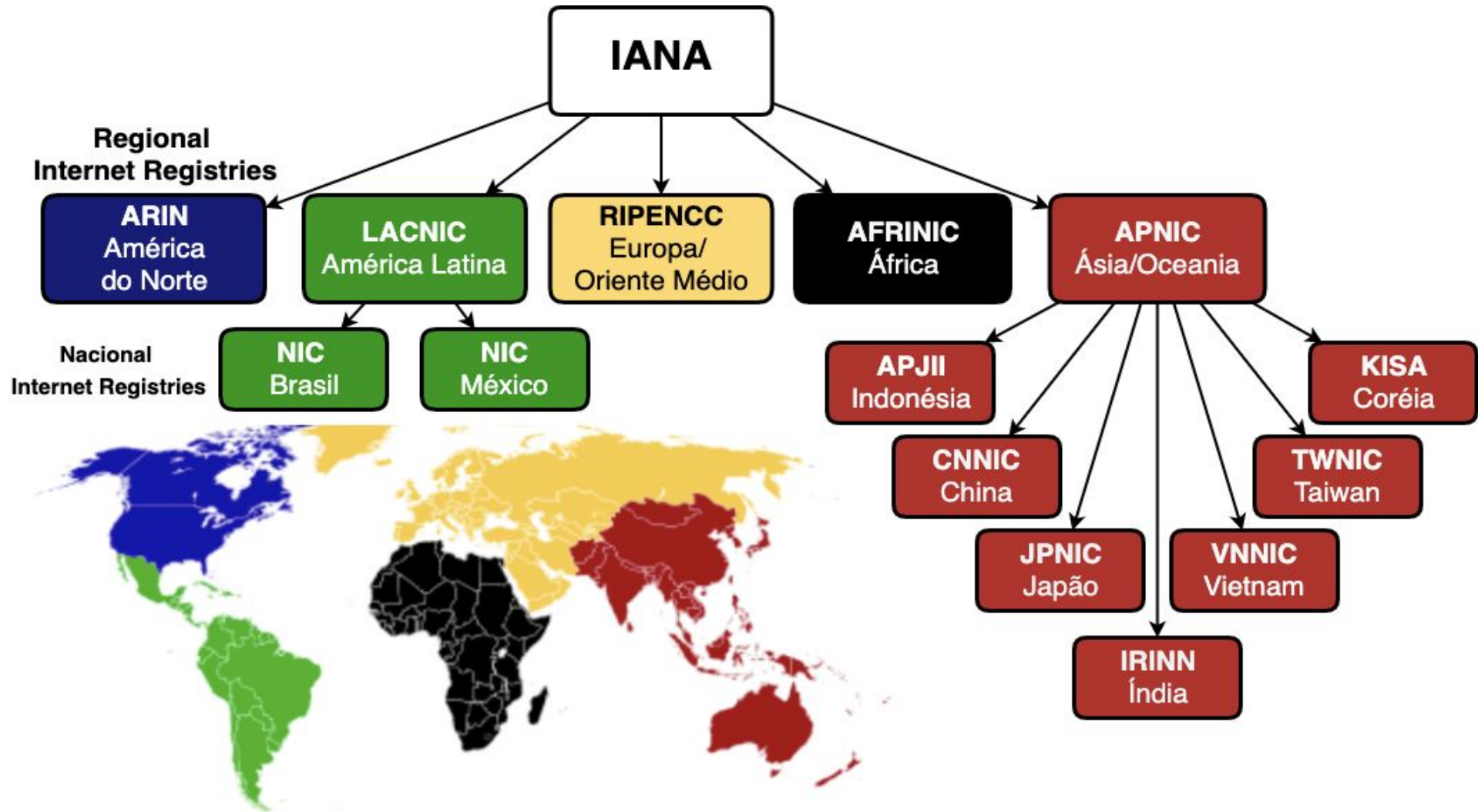
- ~ 56 octilhões ($5,6 \times 10^{28}$) de endereços IP por ser humano.
- ~ 79 octilhões ($7,9 \times 10^{28}$) de vezes a quantidade de endereços IPv4.



Situação Atual do IPv6 no Brasil e no Mundo

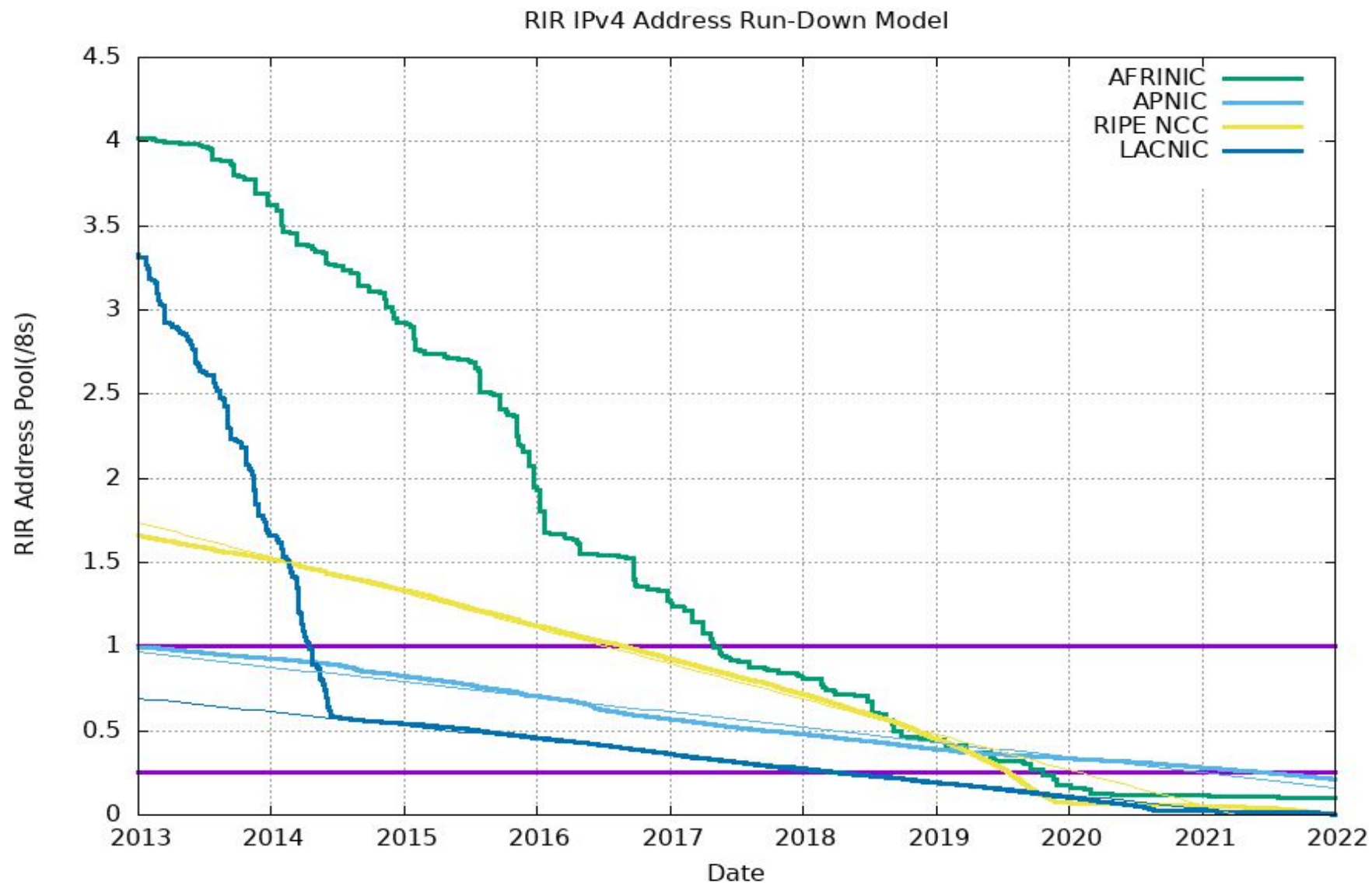
ceptro.br nic.br egi.br

Quem distribui os endereços IPs?



Quem distribui os endereços IPs?

- Fim do estoque mundial de IPv4 em **2011**.
- Os últimos **5 blocos /8** distribuídos igualmente.
- Sobraram somente os estoques regionais.
- Cada região possui sua gerência de blocos.
- LACNIC esgotou seu estoque IPv4 em 2020



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

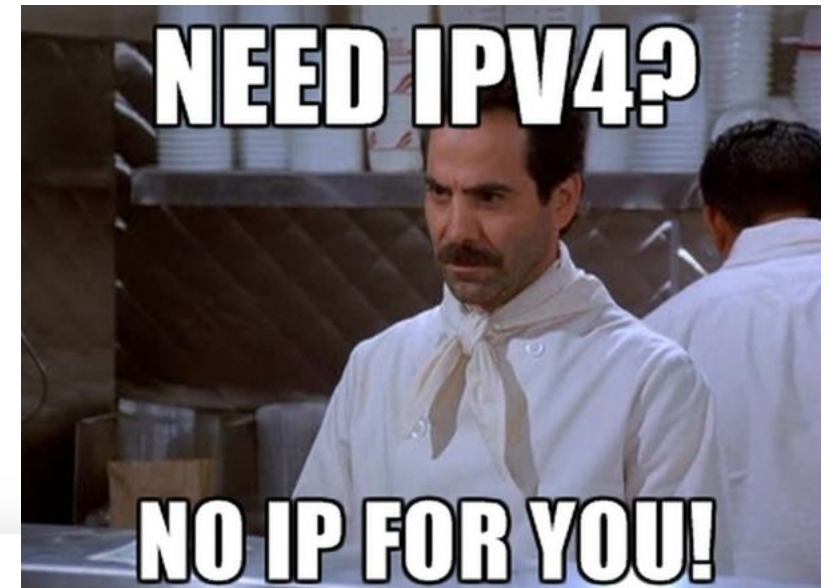
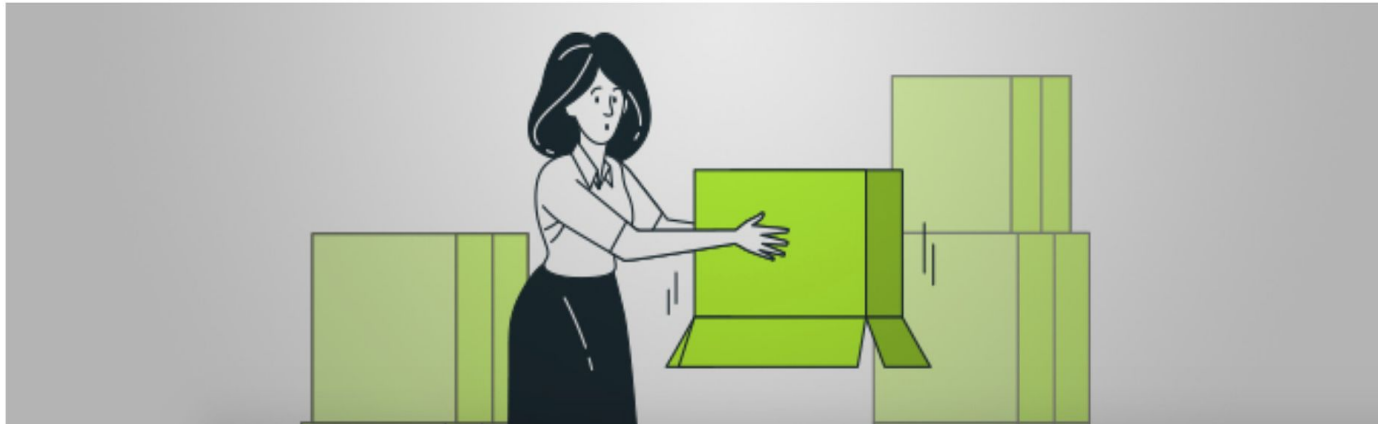
Quem distribui os endereços IPs?

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

Institucional

Esgotamento do IPv4: O LACNIC designou o último bloco

28/08/2020



Por que implantar o IPv6?

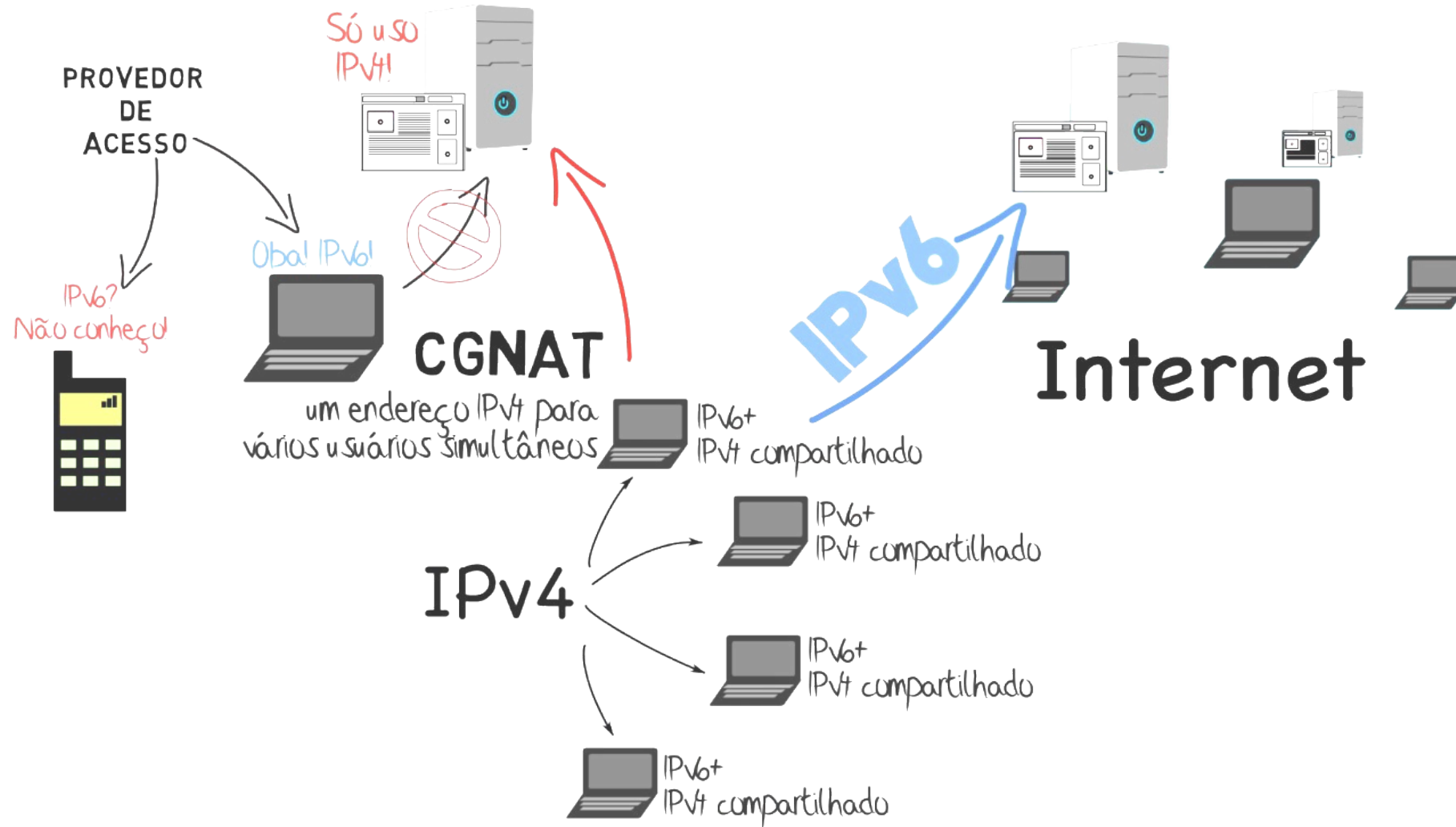
- A Internet continua crescendo!
- Mundo:
 - 4,9 bilhões usuários de Internet
 - 62% da população
- Crescimento de mais de 1200% desde 2000
- Brasil:
 - 16% dos domicílios não possuem acesso a Internet

Fontes:

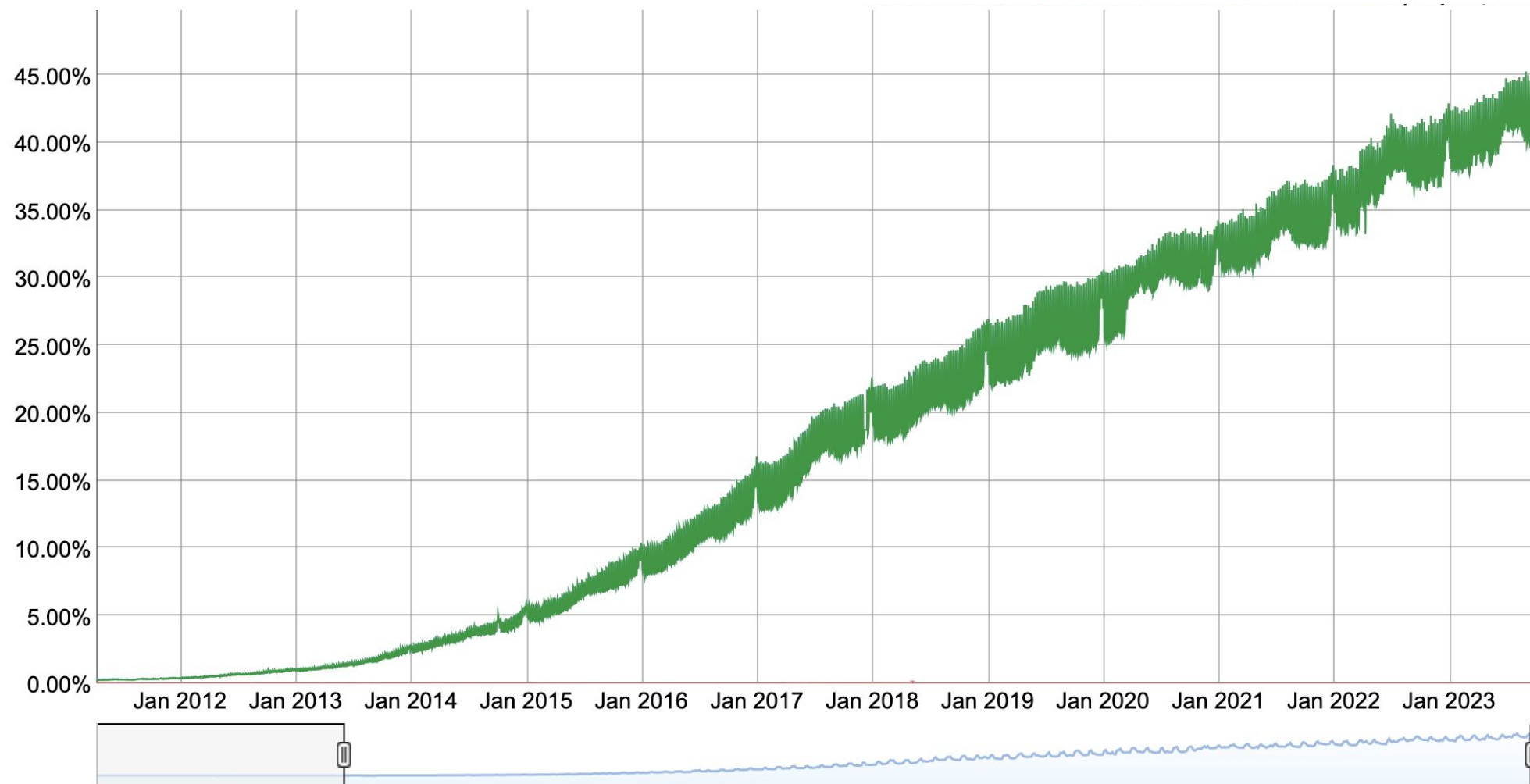
<https://www.zippia.com/advice/how-many-people-use-the-internet/>

<https://cetic.br/pt/tics/domicilios/2024/domicilios/A4/>

Situação Atual

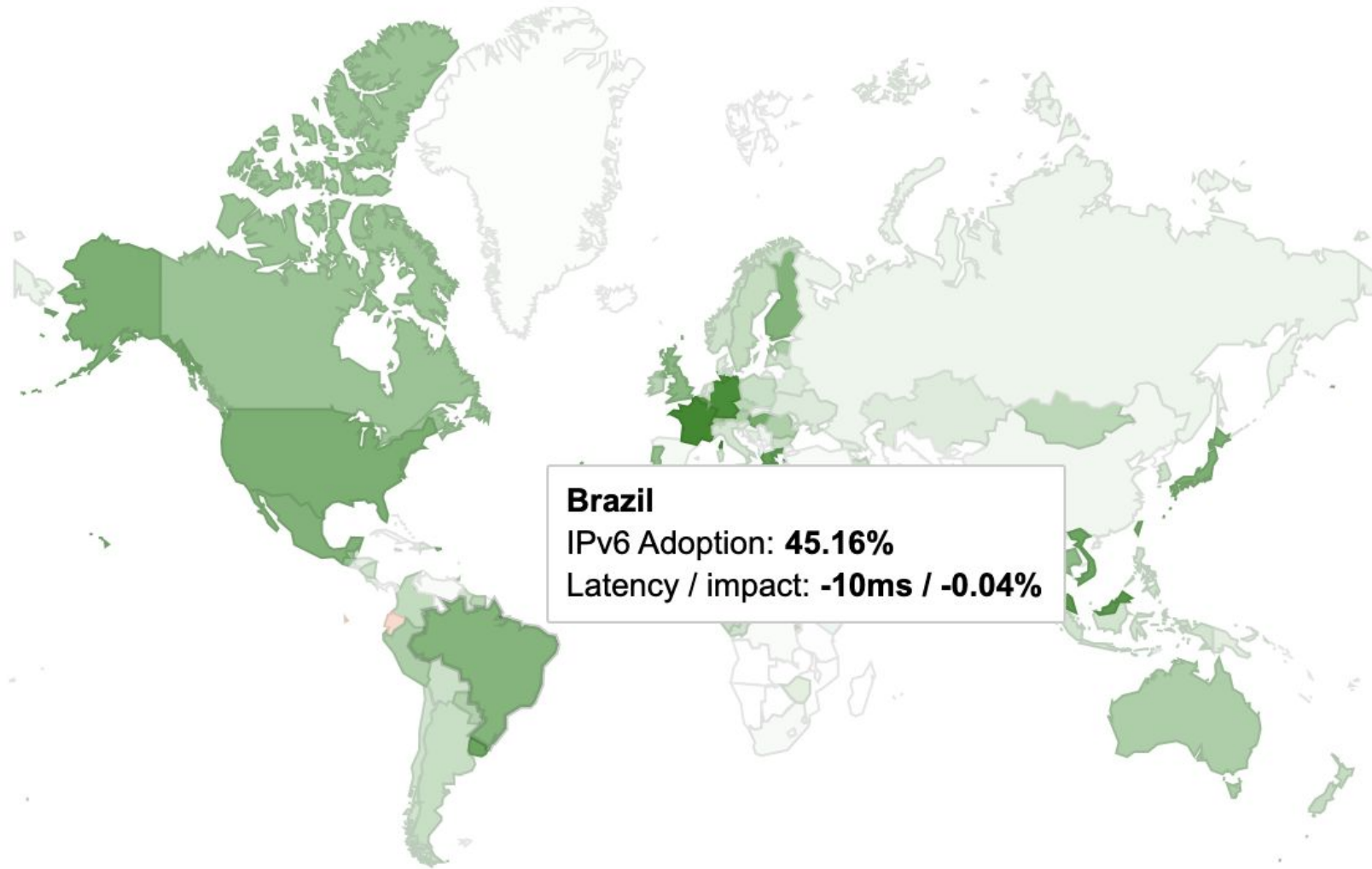


Qual é a situação atual do IPv6?



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

Qual é a situação atual do IPv6?



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

Qual é a situação atual do IPv6?

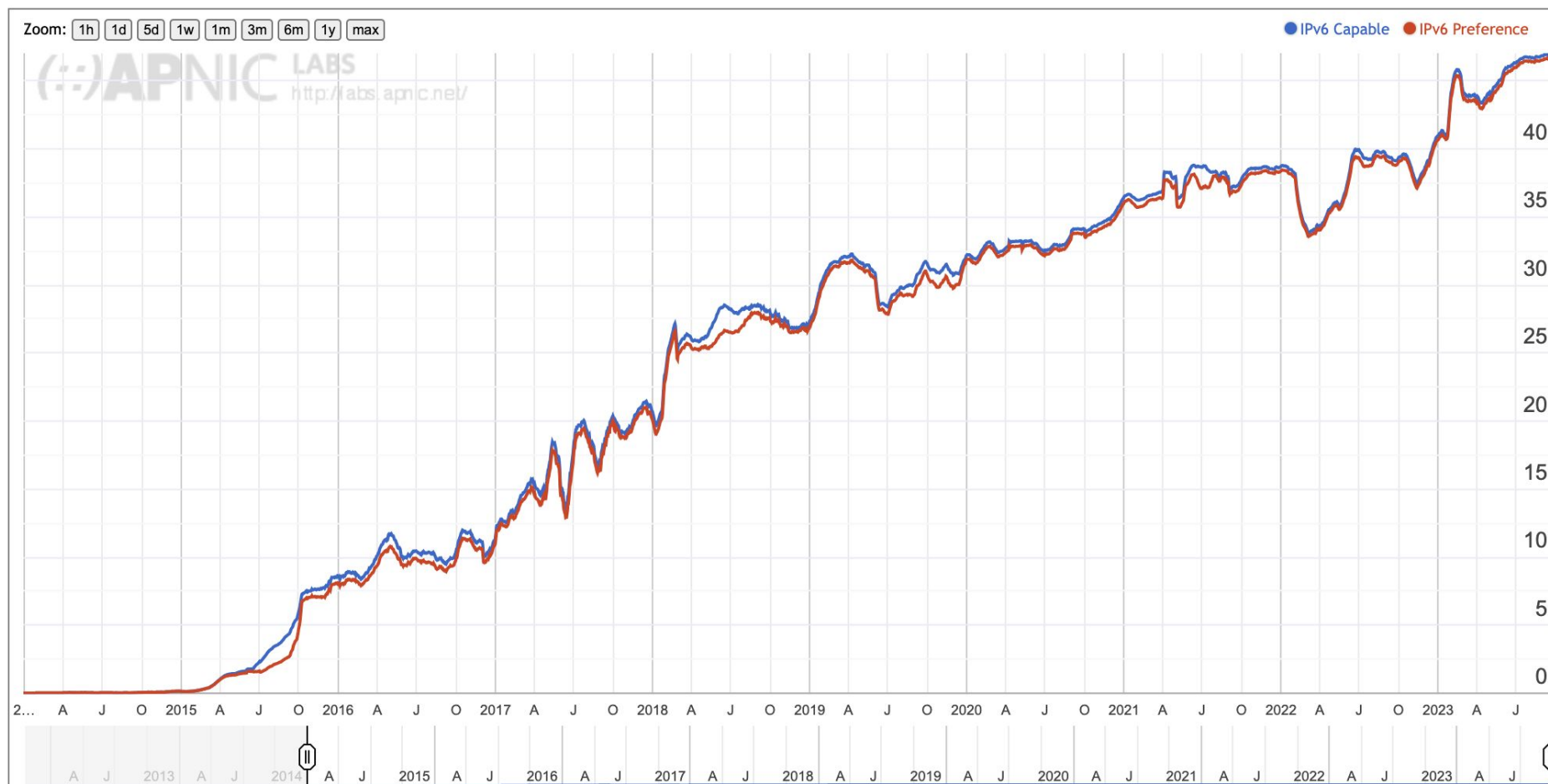
Posição * ↑	País/Região ↑↓	Adoção do IPv6 ↑↓	Crescimento semanal ↑↓	Crescimento mensal ↑↓
1	India	68.71%	↘ 0.08%	↘ 0.43%
2	United States	61.82%	↘ 0.67%	↘ 0.07%
3	Brazil	47.81%	↗ 0.11%	↗ 0.13%
4	Vietnam	57.81%	↗ 0.07%	↘ 0.06%
5	Mexico	43.68%	↘ 0.43%	↗ 0.77%
6	Thailand	51.49%	↗ 0.13%	↗ 0.23%
7	Germany	56.97%	↗ 0.24%	↗ 2.46%
8	France	61.36%	↘ 0.21%	↗ 0.37%
9	Malaysia	67.09%	↘ 0.41%	↘ 0.04%
10	Japan	56.33%	↗ 0.06%	↗ 0.03%

facebook

Fonte: <https://www.facebook.com/ipv6/>

Qual é a situação atual do IPv6?

Use of IPv6 for Brazil (BR)



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

Qual é a situação do IPv6 nos ISPs?

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



Fonte: <https://stats.labs.apnic.net/ipv6/AS26599?c=BR&x=1&s=0&p=0&w=30&s=1>

Qual é a situação do IPv6 nos ISPs?

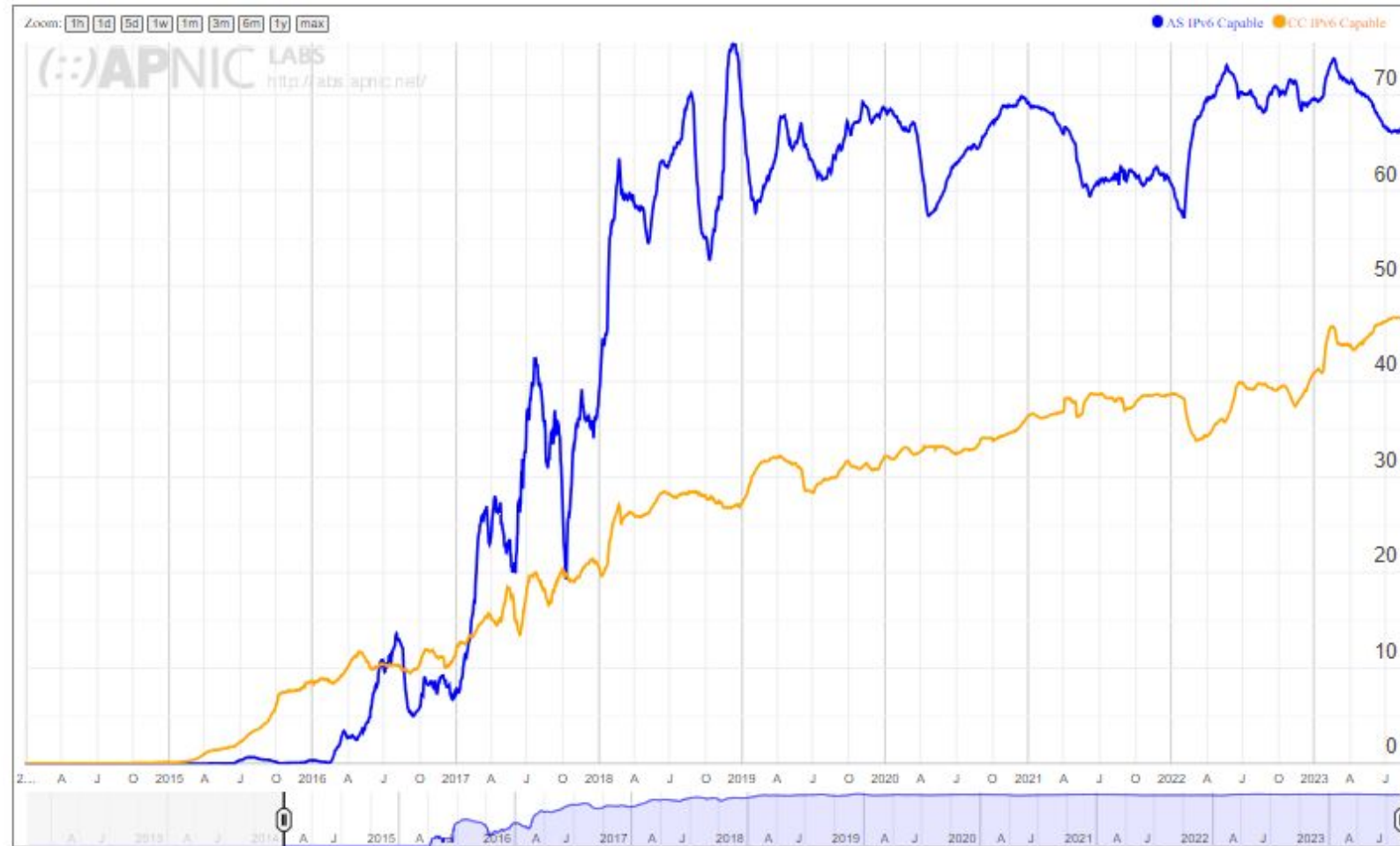
IPv6 Per-Country Deployment for AS28573: Claro NXT Telecomunicacoes Ltda, Brazil (BR)



Fonte: <https://stats.labs.apnic.net/ipv6/AS28573?c=BR&x=1&s=0&p=0&w=30&s=1>

Qual é a situação do IPv6 nos ISPs?

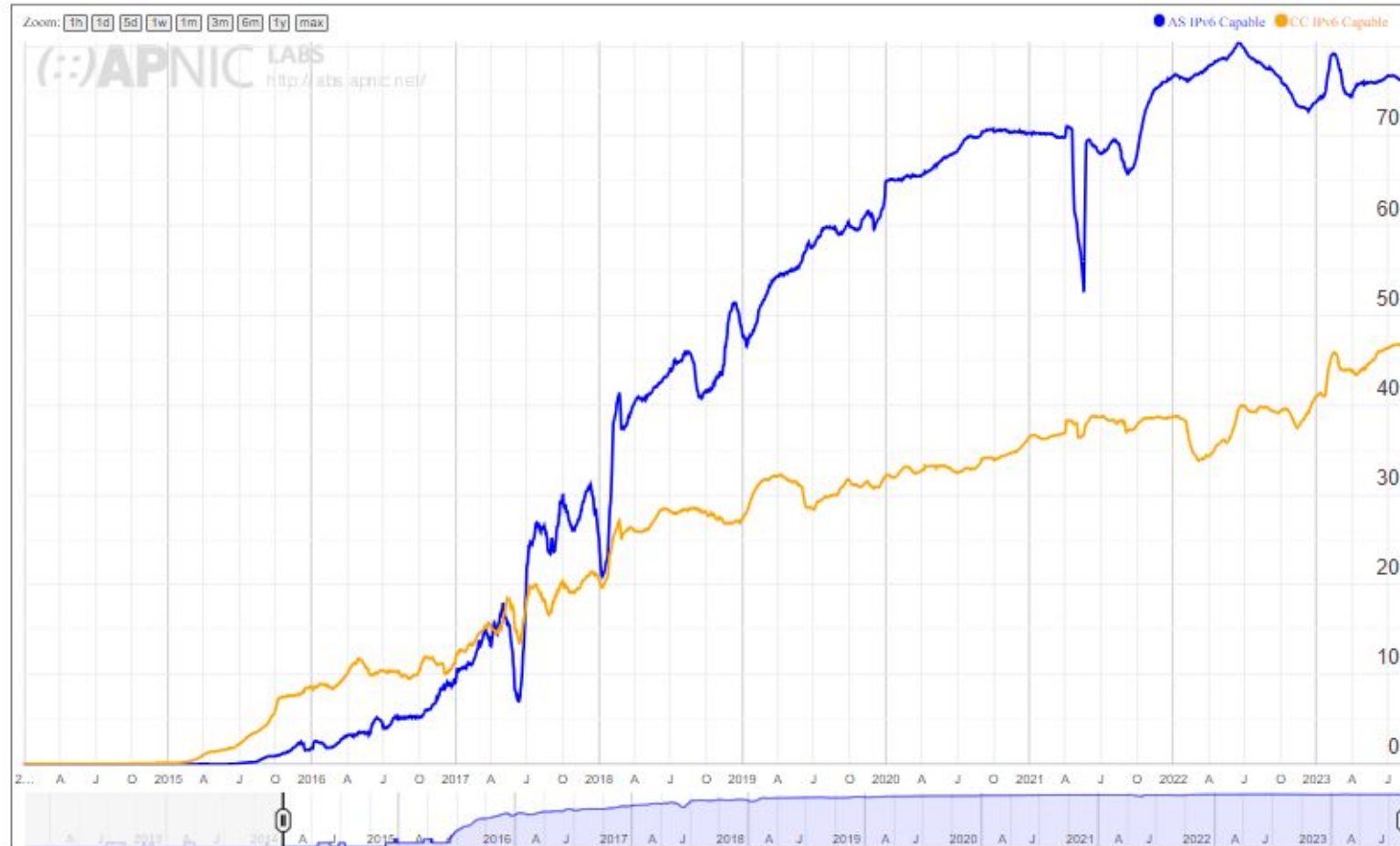
IPv6 Per-Country Deployment for AS26615: TIM SA, Brazil (BR)



Fonte: <https://stats.labs.apnic.net/ipv6/AS26615?c=BR&x=1&s=0&p=0&w=30&s=1>

Qual é a situação do IPv6 nos ISPs?

IPv6 Per-Country Deployment for AS7738: Vtal, Brazil (BR)



Fonte: <https://stats.labs.apnic.net/ipv6/AS7738?c=BR&x=1&s=0&p=0&w=30&s=1>

Qual é a situação do IPv6 nos ISPs?

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



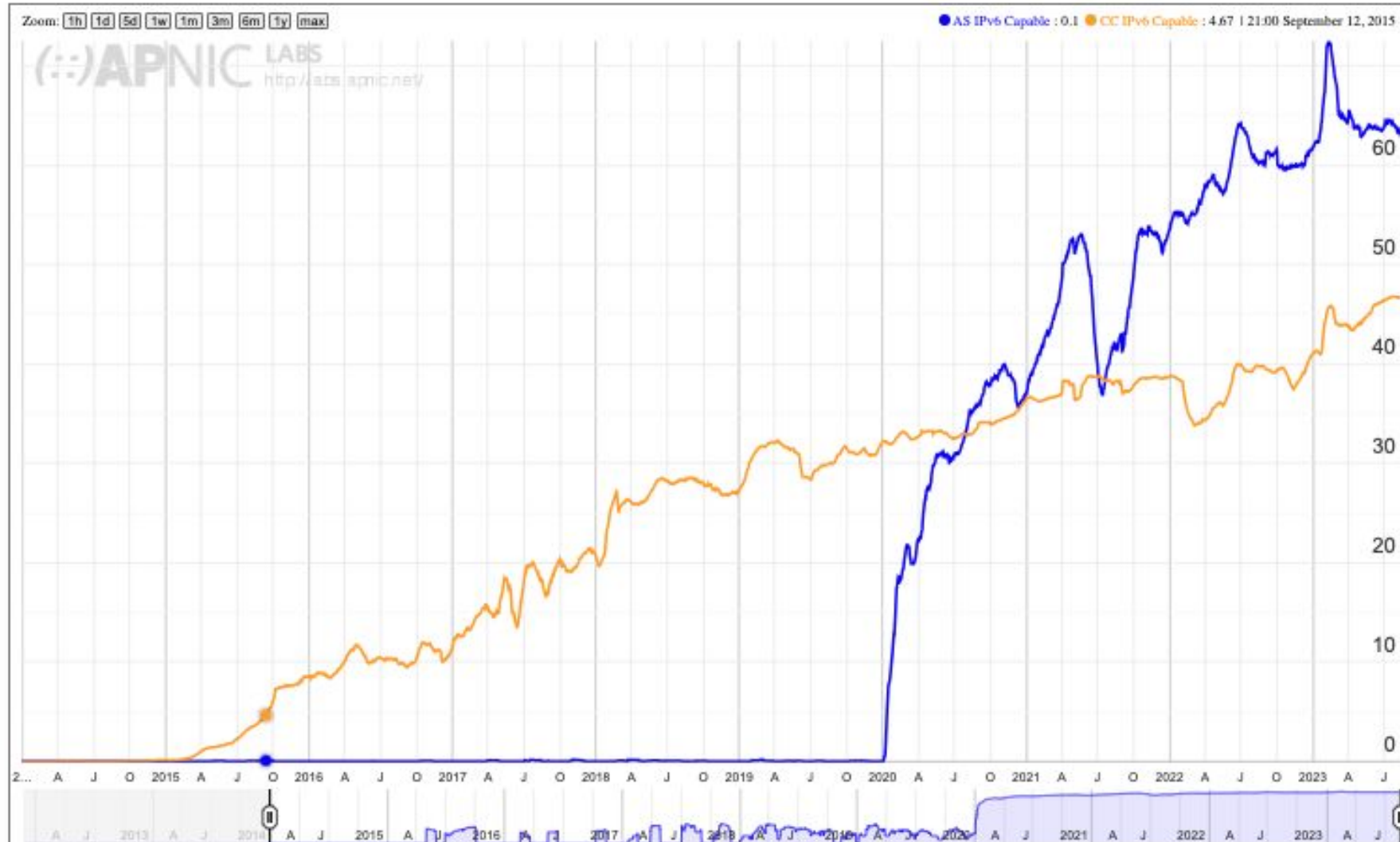
Qual é a situação do IPv6 nos ISPs?

IPv6 Per-Country Deployment for AS28343: UNIFIQUE TELECOMUNICACOES SA, Brazil (BR)



Qual é a situação do IPv6 nos ISPs?

IPv6 Per-Country Deployment for AS28598: MOB SERVICOS DE TELECOMUNICACOES S.A., Brazil (BR)

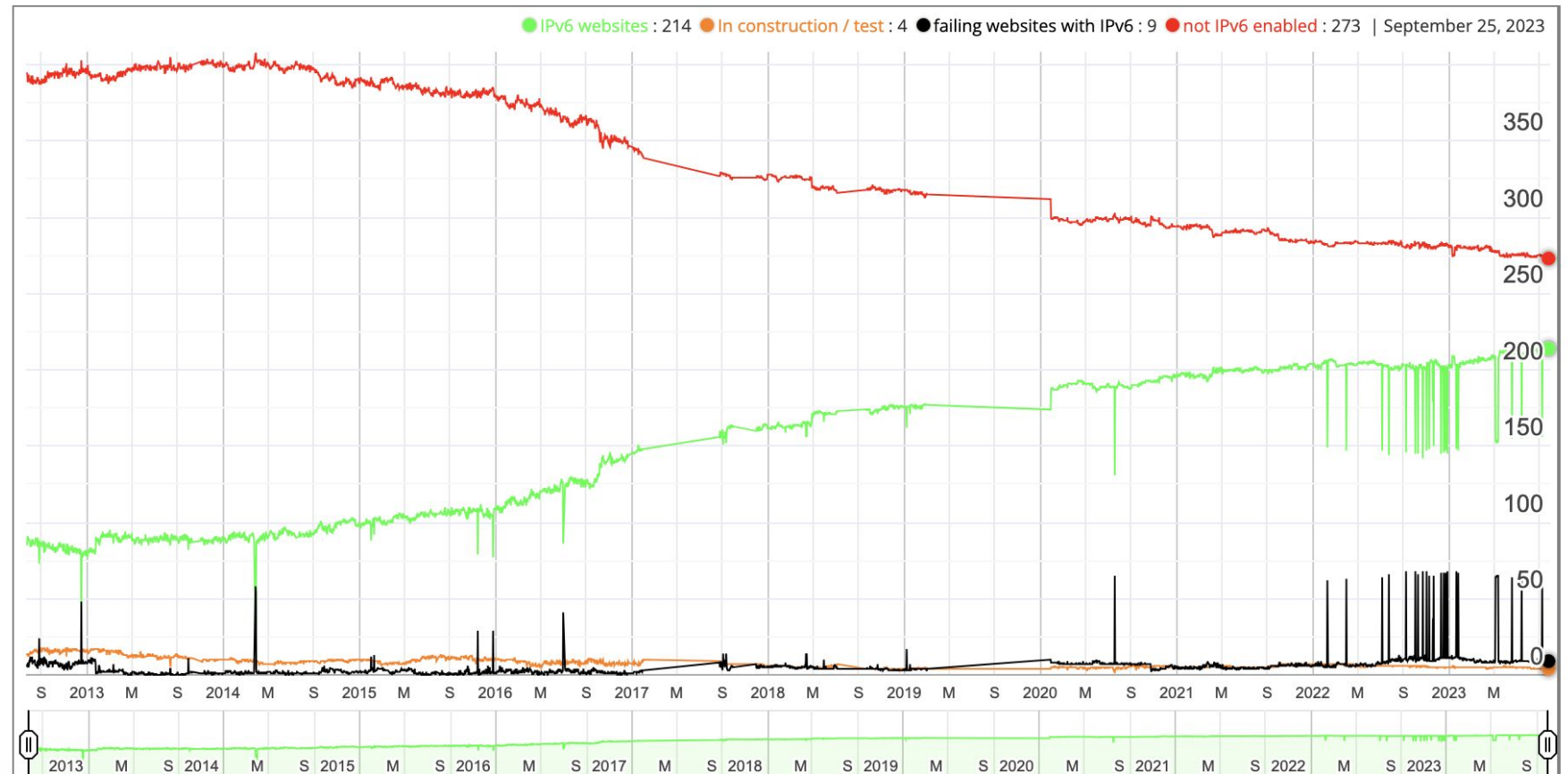


Qual é a situação do IPv6 nos conteúdos?

World

Display Content Data ⓘ

- 500 sites mais acessados no mundo
- 214 possuem IPv6



Endereçamento de IPv6

ceptro.br nic.br cgi.br

Vamos entender como trabalhar com o endereço IPv6

Revisão

Binário				Decimal	Hexadecimal
0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	1	1
0	0	1	0	2	2
0	0	1	1	3	3
0	1	0	0	4	4
0	1	0	1	5	5
0	1	1	0	6	6
0	1	1	1	7	7
1	0	0	0	8	8
1	0	0	1	9	9
1	0	1	0	10	A
1	0	1	1	11	B
1	1	0	0	12	C
1	1	0	1	13	D
1	1	1	0	14	E
1	1	1	1	15	F

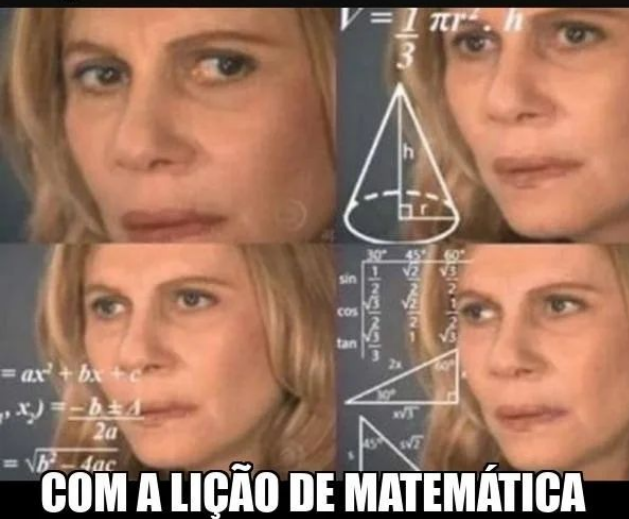
IPv6

- 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

QUANDO MEU FILHO PEDE AJUDA



COM A LIÇÃO DE MATEMÁTICA

IPv6

2001:db8::/32

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

IPv6

- Na representação de um endereço IPv6 é permitido:
 - Utilizar caracteres maiúsculos ou minúsculos
 - Pode se intercalar entre maiúsculos ou minúsculos
 - Sugestão: faça todos iguais para ficar fácil de entender
 - Aplicar regras de abreviação
 - Sempre aplicado ao número 0
 - Existem 3 regras

Regras de Abreviação



- **Primeira regra:** Omitir os zeros à esquerda
 - Antes: 2001:**0DB8**:0000:BEBA:0000:0000:0000:C0CA
 - Depois: 2001:**DB8**:0000:BEBA:0000:0000:0000:C0CA
- **Segunda regra:** Grupo formado por zeros pode virar um 0
 - Antes: 2001:0DB8:**0000**:BEBA:**0000**:**0000**:**0000**:C0CA
 - Depois: 2001:0DB8:**0**:BEBA:**0**:**0**:**0**:C0CA

Regras de Abreviação

- **Terceira regra:** Representar **dois ou mais campos** formados por zeros contínuos por “::”. **Só pode ser utilizado uma vez**
 - Antes: 2001:0DB8:0000:BEBA:0000:0000:0000:C0CA
 - Depois: 2001:0DB8:0000:BEBA::C0CA
- Aplicando todas as regras
 - Antes: 2001:0DB8:0000:BEBA:0000:0000:0000:C0CA
 - Depois: **2001:DB8:0:BEBA::C0CA**

Regras de Abreviação

E neste caso:

2001:0000:0000:BEBA:0000:0000:0000:C0CA

Pode ser assim 2001::BEBA::C0CA?

2001::BEBA::C0CA?

- Ambiguidade!
 - Duas possibilidades:

2001:0000:0000:BEBA:0000:0000:0000:C0CA

2001:0000:0000:0000:BEBA:0000:0000:C0CA

Prefixo IPv6

- Representação em escala decimal
- Contagem de quantos bits fazem parte da rede
- Como trabalhar com prefixo?

2001:db8:: Endereço	/32 Prefixo
------------------------	----------------

Como fica URL em IPv6

- No IPv4
 - ":" separa a porta
 - <http://192.160.0.6:80>
- No IPv6
 - [http://\[2001:12ff:0:4::22\]/index.html](http://[2001:12ff:0:4::22]/index.html)
 - [http://\[2001:12ff:0:4::22\]:8080](http://[2001:12ff:0:4::22]:8080)
 - Existem outras formas mas está é a mais utilizada

Tipos de endereços IPv6

- Existem no IPv6 três tipos de endereços definidos:
 - Unicast → Identificação Individual
 - Anycast → Identificação Seletiva
 - Multicast → Identificação em Grupo
 - Não existe mais Broadcast!!!

Unicast

- Global
 - **2000::/3**
 - Globalmente roteável (similar aos endereços públicos IPv4);
 - 13% do total de endereços possíveis;
 - $2^{45} = 35.184.372.088.832$ redes /48 distintas.

Unicast

- Link local
 - FE80::/64
 - Deve ser utilizado apenas localmente;
 - Atribuído automaticamente (autoconfiguração stateless);

Unicast

- Unique local
 - **FC00::/7**
 - Prefixo com alta probabilidade de ser único
 - Utilizado apenas na comunicação dentro de um enlace ou entre um conjunto limitado de enlaces
 - Não é esperado que seja roteado na Internet

Anycast

- Identifica um grupo de interfaces
- Entrega o pacote apenas para a interface mais perto da origem.
- Atribuídos a partir de endereços unicast
- Possíveis utilizações:
 - Descobrir serviços na rede (DNS, proxy HTTP, etc.);
 - Balanceamento de carga;

Multicast

- **FF00::/8**
- Identifica um grupo de interfaces.
- O suporte a multicast é obrigatório em todos os nós IPv6.
- Usado para funções que antes eram do broadcast

Multicast

Endereço	Escopo	Descrição
FF01::1 FF01::2	Interface Interface	Todas as interfaces (all-nodes) Todos os roteadores (all-routers)
FF02::1 FF02::2 FF02::5 FF02::6 FF02::7 FF02::D FF02::1:2 FF02::1:FFXX:XXXX	Enlace Enlace Enlace Enlace Enlace Enlace Enlace Enlace	Todos os nós (all-nodes) Todos os roteadores (all-routers) Roteadores OSFP Roteadores OSPF designados Roteadores RIP Roteadores PIM Agentes DHCP Solicited-node
FF05::2 FF05::1:3 FF05::1:4	Site Site Site	Todos os roteadores (all-routers) Servidores DHCP em um site Agentes DHCP em um site
FF0X::101	Variado	NTP (Network Time Protocol)

Multicast

- Do mesmo modo que no IPv4, os endereços IPv6 são atribuídos a interfaces físicas e não aos nós.
- Com o IPv6 é possível atribuir a uma única interface múltiplos endereços, independentemente do seu tipo.

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

- 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

The background features a dark grey surface with intricate white circuit board patterns. In the upper right corner, a portion of a circular gauge with a needle is visible. A large, horizontal white band is centered on the page.

SLAAC

ceptro.br nie.br egi.br

SLAAC

- StateLess Address AutoConfiguration
- 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

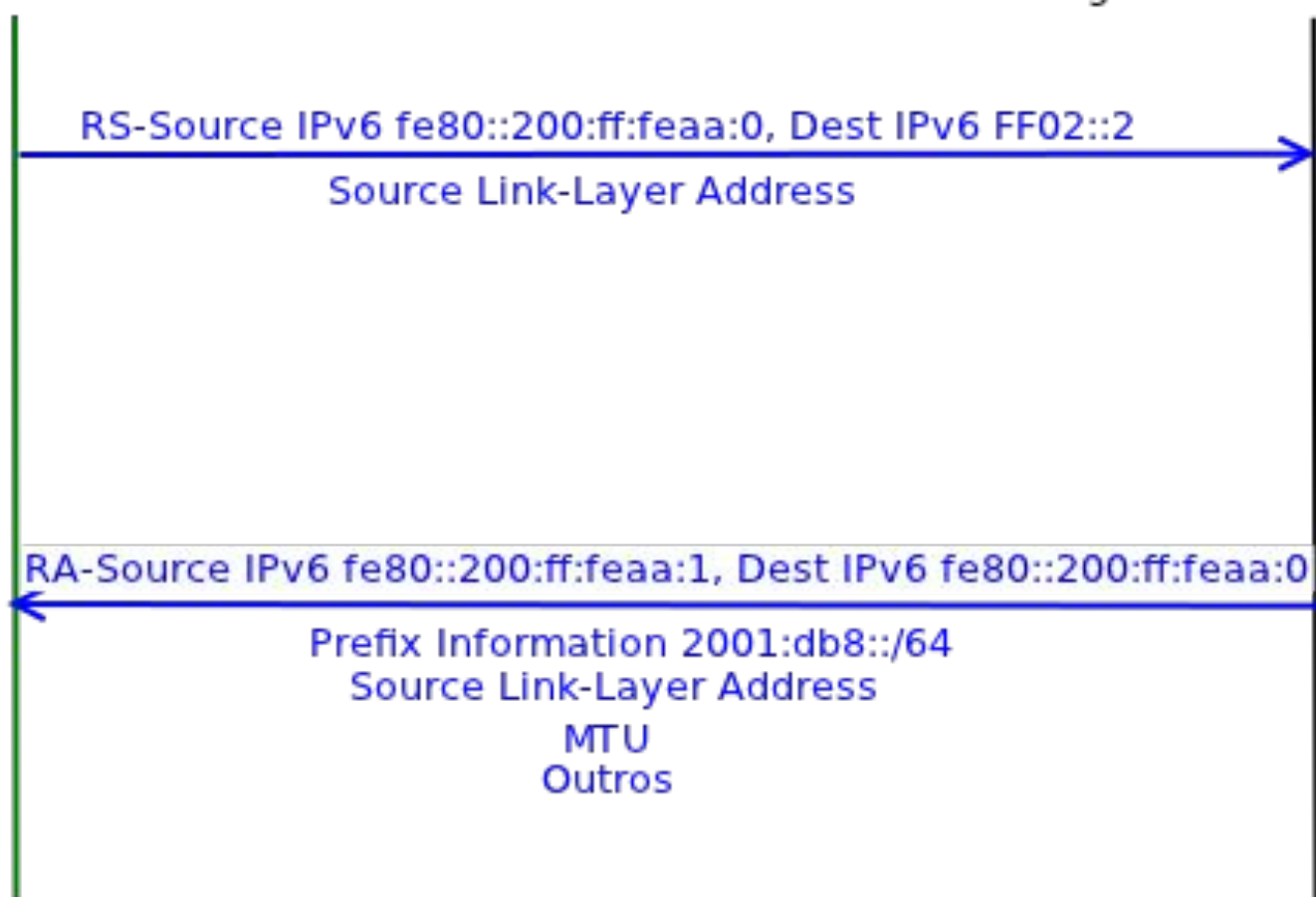
- Utiliza mensagens ICMPv6
 - Neighbor Discovery Protocol (NDP)
 - Router Solicitation (RS)
 - Router Advertisement (RA)
 - Flags
 - Prefix Information
 - RA pode ser enviado em resposta a RS ou periodicamente



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

Experiência 1.a SLAAC

Router Advertisement



DHCPv6

ceptro.br nic.br egi.br

DHCPv6

Dynamic Host Configuration Protocol

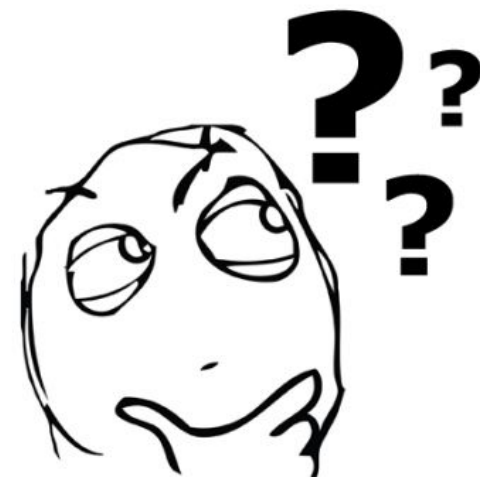
- Atribuição dinâmica de endereços IP
- Análogo ao DHCP para IPv4
- Melhor controle e gerenciamento dos endereços
- Otimiza o uso dos endereços
 - Possui um conjunto de endereços disponíveis
 - Quando solicitado, aloca um endereço para um dispositivo
 - Após o uso, o endereço é desalocado e retorna para 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

Experiência 1.b DHCP

DHCPv6 stateful



DHCPv6-PD

ceptro.br nic.br egi.br

DHCPv6-PD

Dynamic Host Configuration Protocol - Prefix Delegation

- Não existente no DHCPv4
- Alocação dinâmica de prefixos IPv6
- Usam mesmas mensagens do DHCPv6
 - Adicionado “Identity Association for Prefix Delegation”

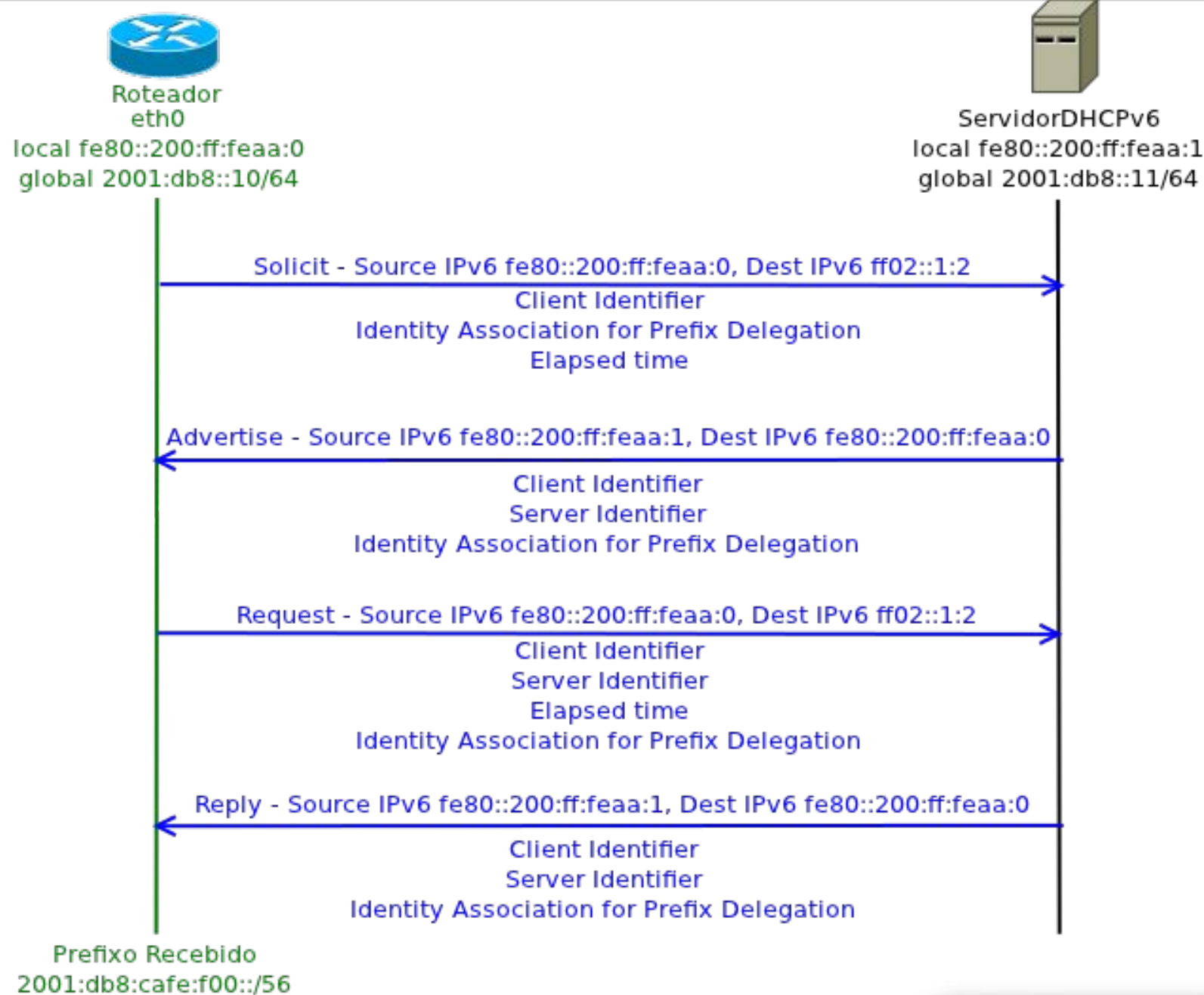
DHCPv6-PD

Dynamic Host Configuration Protocol - Prefix Delegation

- Não existente no DHCPv4
- Alocação dinâmica de prefixos IPv6
- Usam mesmas mensagens do DHCPv6
 - Adicionado “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 redistribui-lo por suas interfaces para chegar aos seus clientes



Laboratório

Experiência 1.c DHCP-PD

DHCPv6 Prefix Delegation



Como ficar por dentro do assunto?



- Curso a Distância
 - <http://saladeaula.nic.br>

- Site
 - <http://ipv6.br>

A screenshot of the IPv6.br course page. The page has a navigation bar at the top with links: 'Página inicial', 'Curso' (highlighted), 'Discussão', 'Progresso', 'Laboratório de IPv6', and 'Apostila IPv6 Básico'. Below the navigation bar, there's a sidebar on the left with a 'Favoritos' button and a list of course modules: 'Introdução ao curso', 'Informações gerais' (highlighted), 'Sobre a plataforma edX', 'Sobre o curso', 'Vamos começar', 'Módulo 1: Como duas máquinas se comunicam em IPv6?', 'Módulo 2: Como trabalhar com endereços IPv6?', and 'Módulo 3: Como os equipamentos obtêm endereços IPv6?'. The main content area on the right shows the 'Boas vindas ao curso' page. It includes a breadcrumb trail: 'Introdução ao curso > Informações gerais > Boas vindas ao curso'. There are navigation buttons for 'Anterior' and 'Próximo'. The text on the page welcomes the user to the 'Curso de IPv6 Básico a Distância' and provides instructions on how to navigate the course and use the edX platform.

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/>

Camada 8



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://cidadaonarede.nic.br/pt/>
 - Empresas e organizações podem se tornar parceiras desta iniciativa.

Dúvidas



Obrigado
ipv6.br

@ wanderson@nic.br

20 de agosto de 2025

nic.br **egi.br**
www.nic.br | www.egi.br