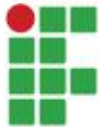


Introdução ao IPv6

Prof. César A. H. Loureiro



INSTITUTO FEDERAL
Rio Grande do Sul
Campus Porto Alegre



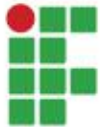
Tópicos

- Esgotamento IPv4
- IPv6: Cabeçalho e Endereçamento
- Como distribuir/alocar os endereços IPv6
- Funcionalidades IPv6

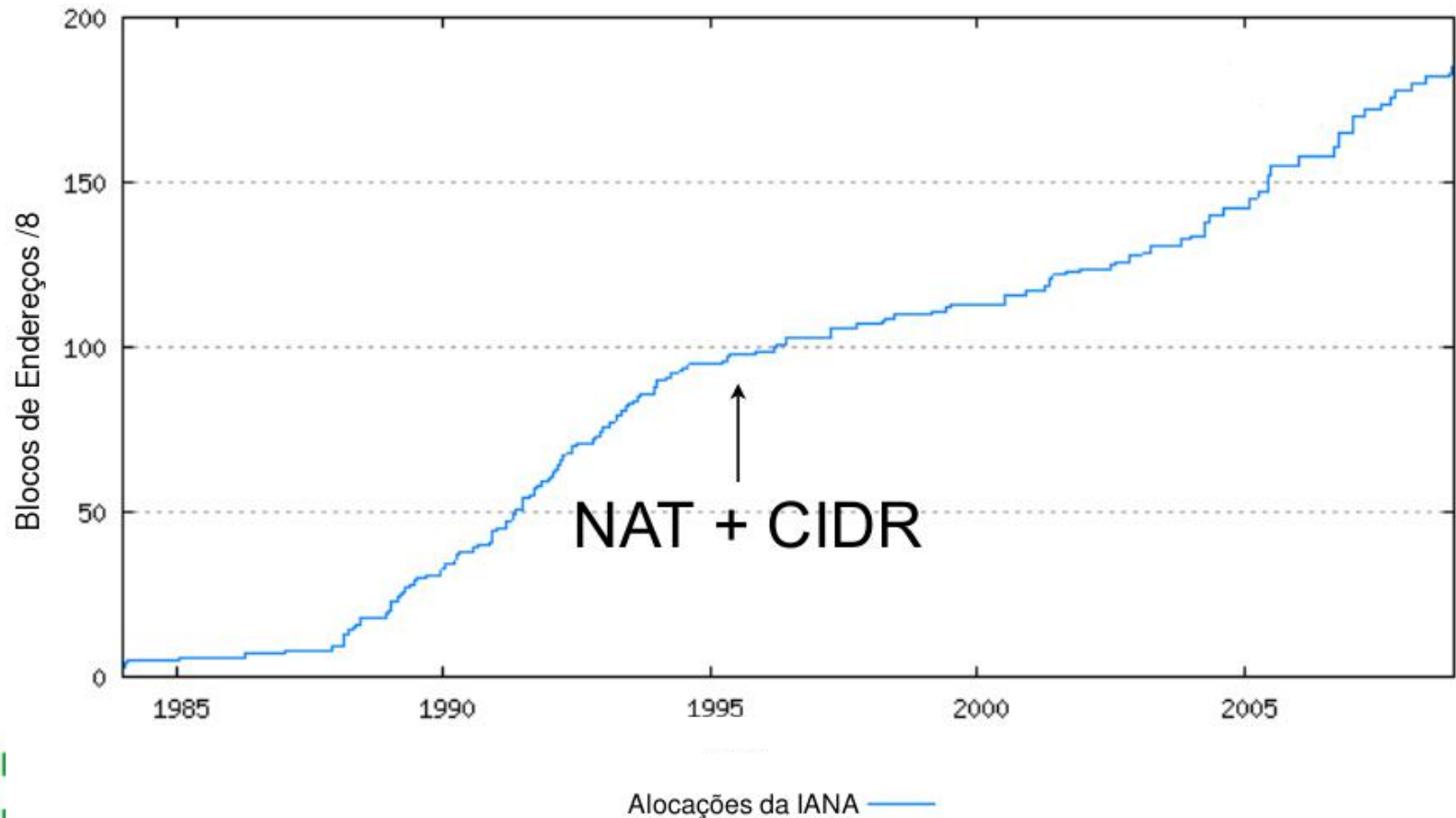


Esgotamento IPv4

- 1981 – Definição do IPv4 na RFC 791
- 1983 – ARPANET adota o TCP/IP
- 1990 – Primeiros estudos sobre o esgotamento dos endereços
- 1993 – Internet passa a ser explorada comercialmente
- 1994 – RFC 1631 - NAT



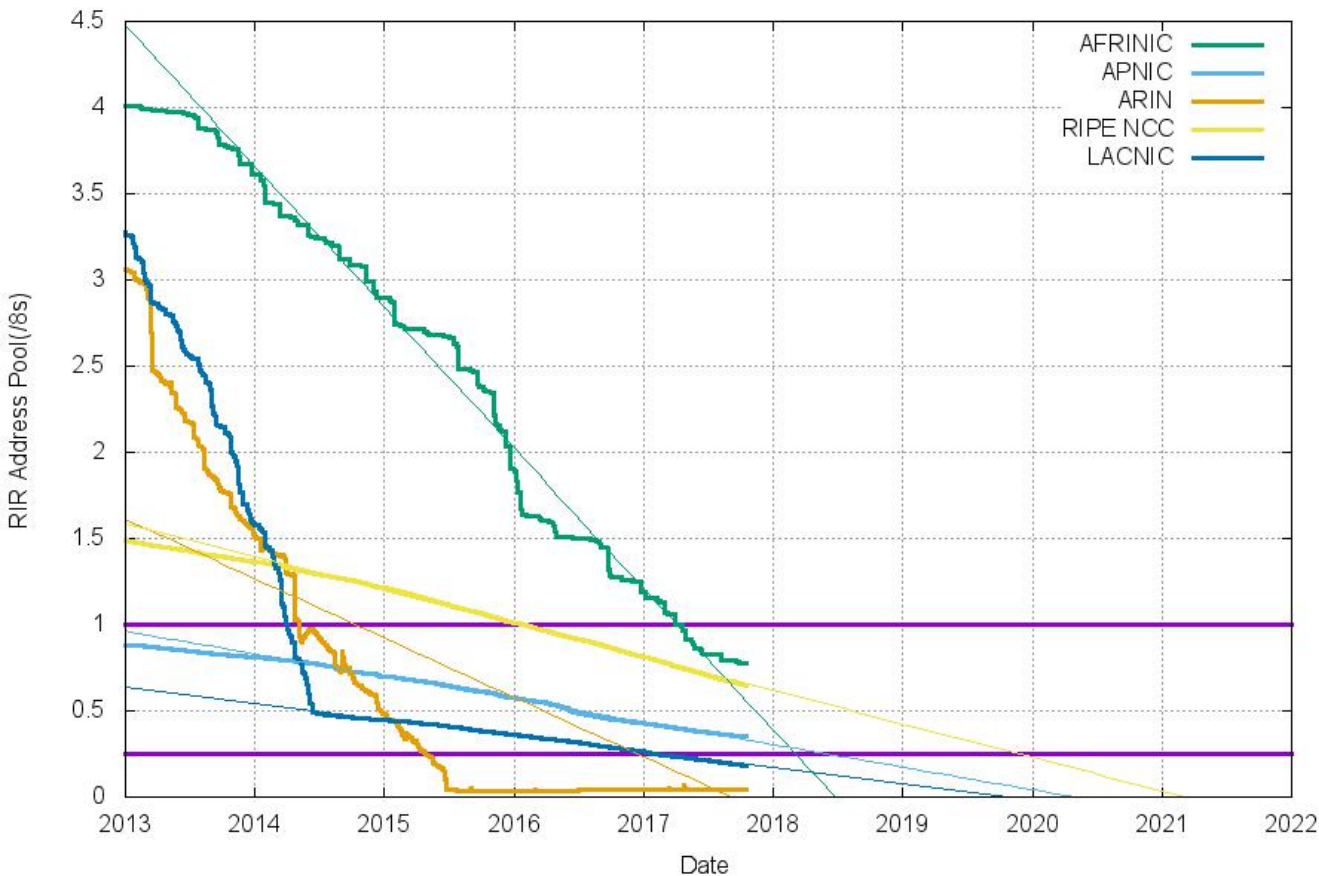
Esgotamento IPv4



Esgotamento IPv4

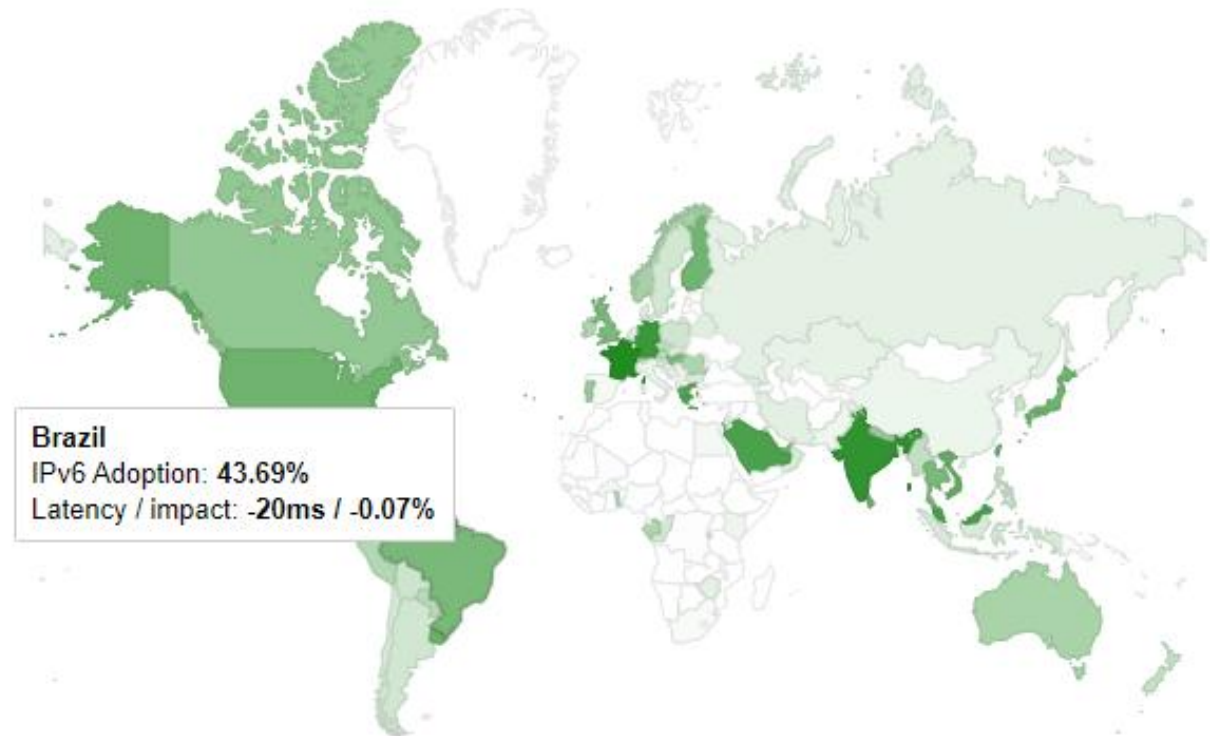


RIR IPv4 Address Run-Down Model



Como está a implementação do IPv6?

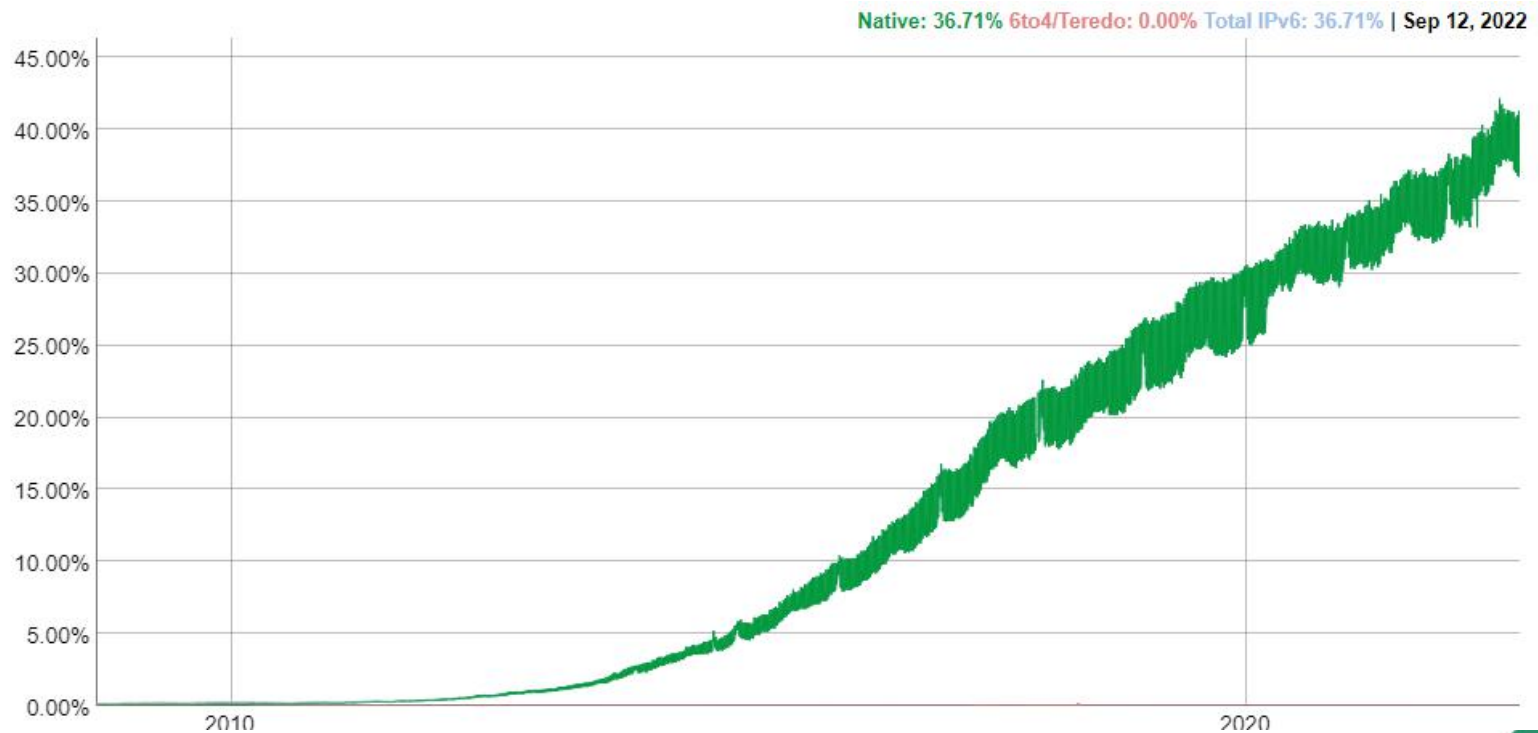
Adoção do IPv6 por país



INSTITUTO FEDERAL
Rio Grande do Sul
Campus Porto Alegre

Como está a implementação do IPv6?

- <https://www.google.com/intl/pt-BR/ipv6/statistics.html>



IPv6

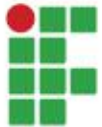
- Criado em 1998 – RFC 2460
- 128 bits para endereçamento
- Cabeçalhos de extensão
- Identificação de fluxo de dados (QoS)
- IPSec nativo no protocolo
- Fragmentação de pacotes apenas na origem



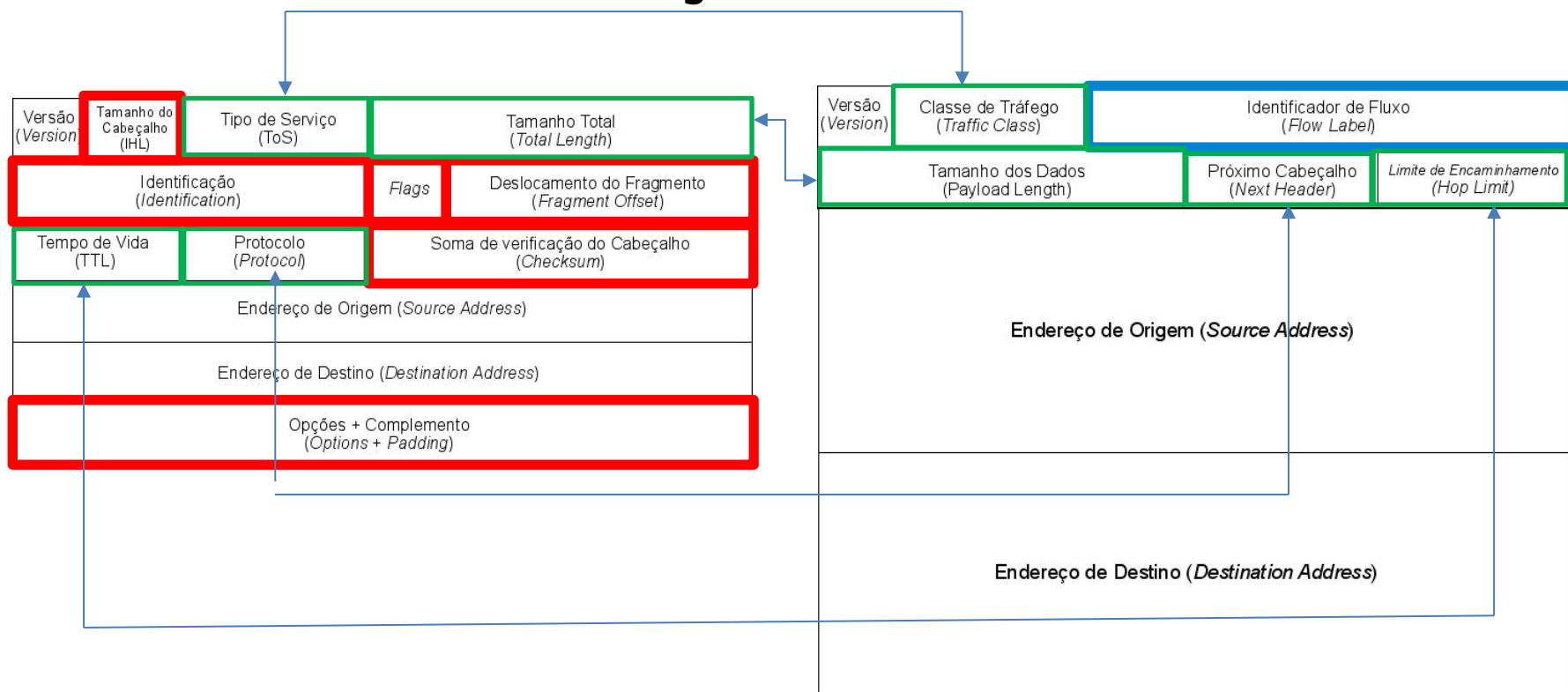
IPv6

- 2^{32} = 4.294.967.296 endereços
- 2^{128} = 340.282.366.920.938.463.
463.374.607.431.768.211.456

Se dividirmos os endereços IPv6 por toda a superfície da Terra (incluindo oceanos), em cada metro quadrado teremos 6 vezes mais endereços IP do que estrelas no Universo.



Cabeçalho IPv6



- Seis campos do cabeçalho IPv4 foram removidos.
- Quatro campos tiveram seus nomes alterados e seus posicionamentos modificados.
- O campo Identificador de Fluxo foi acrescentado

Cabeçalho IPv6

- **Versão (4 bits)** - Identifica a versão do protocolo utilizado. No caso, o valor desse campo é 6.
- **Classe de Tráfego (8 bits)** - Identifica os pacotes por classes de serviços ou prioridade. Ele provê as mesmas funcionalidades e definições do campo "Tipo de Serviço do IPv4".
- **Identificador de Fluxo (20 bits)** - Identifica pacotes do mesmo fluxo de comunicação. Idealmente esse campo é configurado pelo endereço de destino para separar os fluxos de cada uma das aplicações e os nós intermediários de rede podem utilizá-lo de forma agregada com os endereços de origem e destino para realização de tratamento específico dos pacotes.
- **Tamanho dos Dados (16 bits)** - Indica o tamanho, em Bytes, apenas dos dados enviados junto ao cabeçalho IPv6. Substituiu o campo Tamanho Total do IPv4, que indicava o tamanho do cabeçalho mais o tamanho dos dados transmitidos. Contudo, o tamanho dos cabeçalhos de extensão também são somado nesse novo campo.

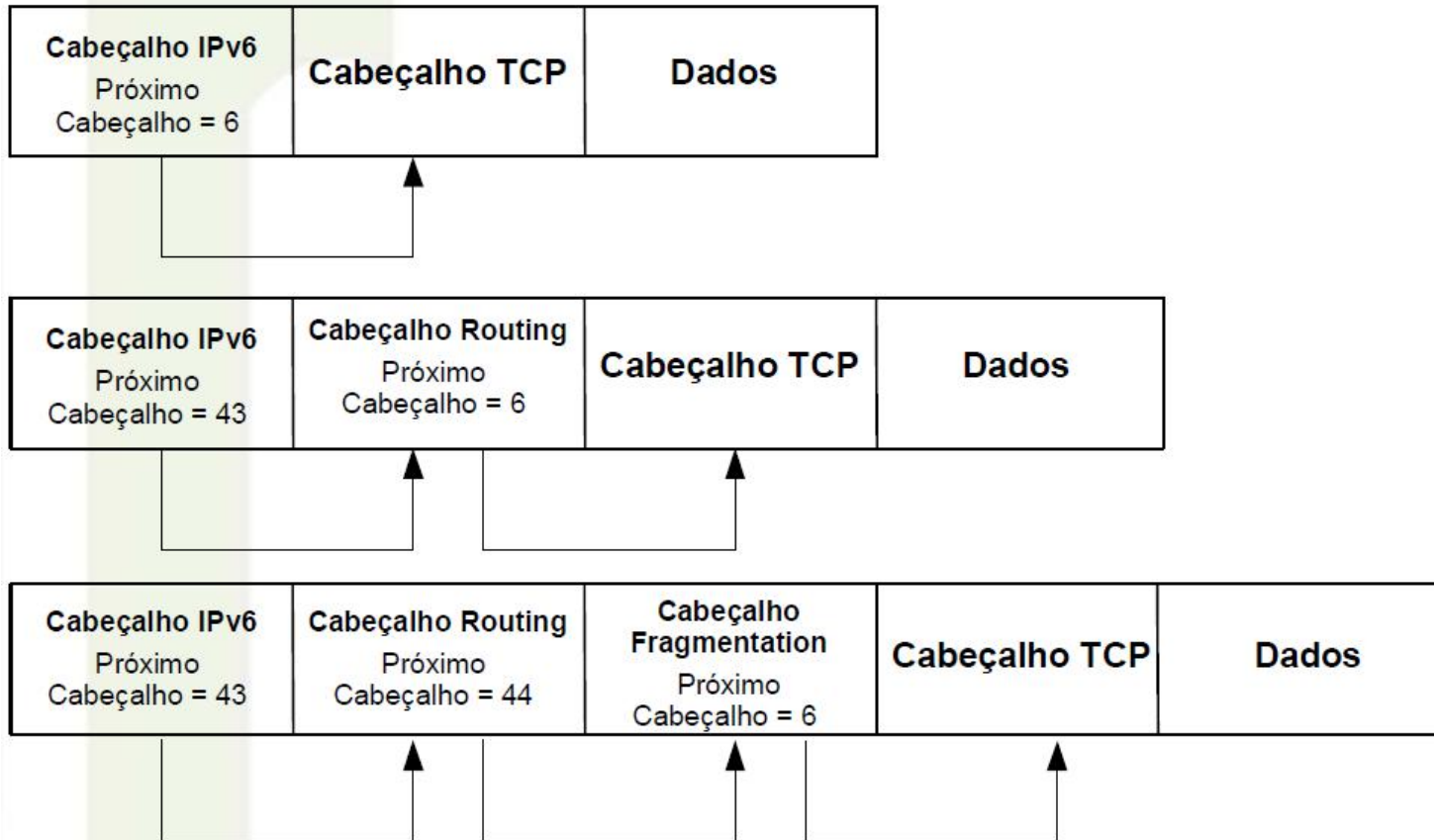


Cabeçalho IPv6

- **Próximo Cabeçalho (8 bits)** - Identifica o cabeçalho de extensão que segue o atual. Ele foi renomeado (no IPv4 chamava-se Protocolo) para refletir a nova organização dos pacotes IPv6, uma vez que ele deixou de conter os valores referentes a outros protocolos, para indicar os tipos dos cabeçalhos de extensão.
- **Limite de Encaminhamento (8 bits)** - Esse campo é decrementado a cada salto de roteamento e indica o número máximo de roteadores pelos quais o pacote pode passar antes de ser descartado. Ele padronizou o modo como o campo Tempo de Vida (TTL) do IPv4 vinha sendo utilizado, o qual diferia significativamente da descrição original que o definia como o tempo, em segundos, para o pacote ser descartado caso não chegasse à seu destino.
- **Endereço de origem (128 bits)** - Indica o endereço de origem do pacote.
- **Endereço de destino (128 bits)** - Indica o endereço de destino do pacote.



Cabeçalho de extensão



- Não há nem quantidade, nem tamanho fixo para estes cabeçalhos
- Possibilidade de criar novas tecnologias, sem a necessidade de encapsulamento

Cabeçalho de extensão

Order	Header Type	Next Header Code
1	Basic IPv6 Header	-
2	Hop-by-Hop Options	0
3	Destination Options (with Routing Options)	60
4	Routing Header	43
5	Fragment Header	44
6	Authentication Header	51
7	Encapsulation Security Payload Header	50
8	Destination Options	60
9	Mobility Header	135
	No next header	59
Upper Layer	TCP	6
Upper Layer	UDP	17
Upper Layer	ICMPv6	58



Endereçamento IPv6



■ Identificador de global(redes)

■ Identificador de sub-redes

■ identificador de interface (host)

2001:DB8:CAFE:DADO:8888:CD01:3F3F:45675

- Números representados em hexadecimal
- Divididos em 8 grupos de 16 bits separados pela pontuação “ : ”
- Duplo octeto ou hexadecateto

Exemplo:

<http://www.facebook.com>

[http://\[2a03:2880:f105:83:face:b00c:0:25de\]](http://[2a03:2880:f105:83:face:b00c:0:25de])

Endereçamento IPv6

Rede: 2001:0db8::/32

IP do Host: 2001:0db8:0000:0000:0000:0000:0000:cafe

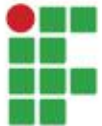
... ou.... **2001:db8::cafe**

Como são complicados estes endereços, não?

A supressão de zeros pode ser feita por :: ou por apenas 1 zero. Zero a esquerda também podem ser suprimidos.

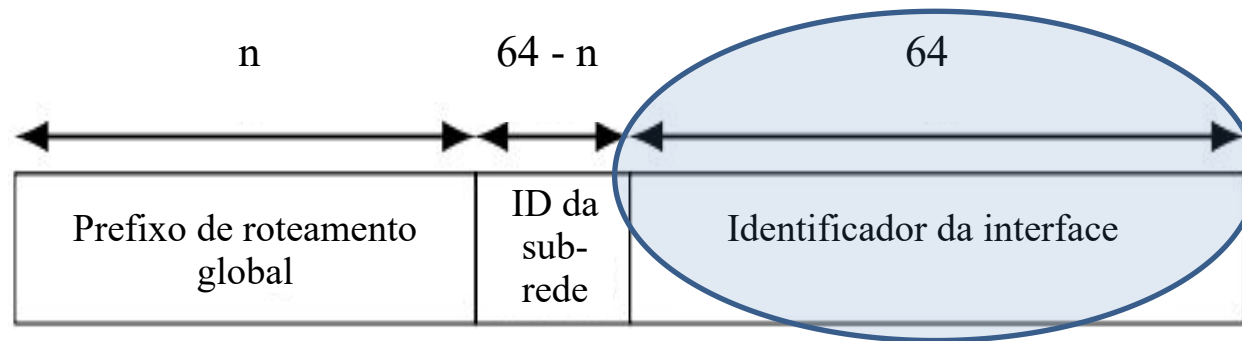
IP do Host: 2001:0db8:0000:faca:0000:0000:0000:0001

... ou.... **2001:db8:0:faca::1**



Endereçamento IPv6

- Unicast
 - Global (roteável)

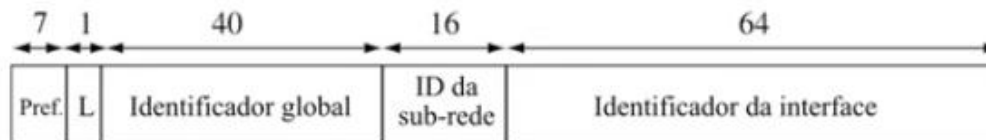


- $2000::0/3$ – (13% dos endereços possíveis)
- $2^{(45)} = 35.184.372.088.832$ redes /48 distintas
- Todo endereço de host deve ser /64
- A distribuição de endereços no Registro.br para Provedores é de prefixos /32
- Sobram 32 bits para rede
- Os provedores distribuem um /48 para grandes empresas

0=0000
1=0001
2=**001**0
3=**001**1
4=0100
5=0101
6=0110
7=0111
8=1000
9=1001
A=1010
B=1011
C=1100
D=1101
E=1110
F=1111

Endereçamento IPv6

- Unicast
 - Unique local

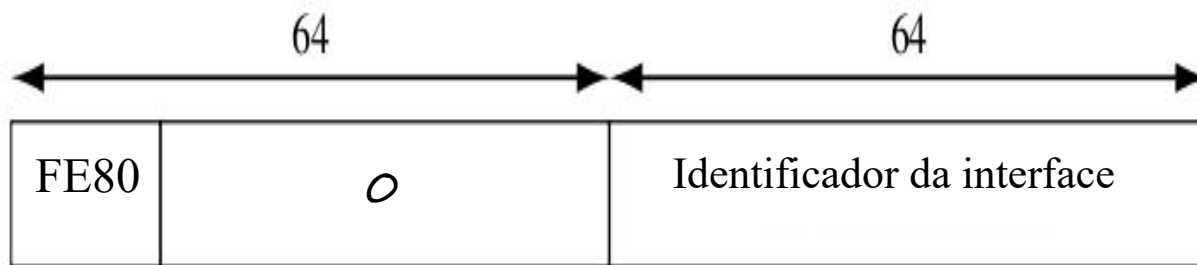


- FC00::0/7 – Vai de FC a FD
- Não acessa a internet. Não é esperado que seja roteado.
- Utilizado dentro da rede local.

0=0000
1=0001
2=0010
3=0011
4=0100
5=0101
6=0110
7=0111
8=1000
9=1001
A=1010
B=1011
C=**110**0
D=**110**1
E=1110
F=1111

Endereçamento IPv6

- Unicast
 - Link-local



- Endereço local (não roteável) gerado automaticamente pelos dispositivos
- Possibilita o funcionamento de uma rede local sem a atribuição de endereços
- Pode ser gerado com base no endereço MAC ou através de PKI
- Ex: `fe80::1050:927d:bfd1:5f69`

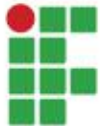
Endereçamento IPv6

- Outros endereços especiais unicast
 - Localhost - $::1/128$ ($0:0:0:0:0:0:0:1$)[↑]
 - Não especificado - $::/128$ ($0:0:0:0:0:0:0:0$)[↑]
 - IPv4-mapeado - $::FFFF:wx yz$
- Faixas Especiais
 - 6to4 - $2002::/16$
 - Transporta IPv6 sobre uma rede IPv4
 - Documentação - $2001:db8::/32$
- Obsoletos
 - IPv4-compatível - $::wx yz$
 - 6Bone – $3FFE::/16$ (rede de testes desativada em 06/06/06)[↑]



Endereçamento IPv6

- **Usamos endereços globais (2000::/3) para todos os hosts que precisam acessar à Internet.** Essa é a regra básica, geral, que todos devem ter em mente.
 - Temos de **desaprender** a pensar em endereços privados “do lado de dentro” de nossas redes, e endereços válidos “somente do lado de fora”.
- Pode haver **mais de um endereço global** para um mesmo host, ao mesmo tempo, por exemplo em algumas técnicas de multihoming
- **Sempre há um endereço link-local (fe80::/64).** E “sempre” significa: mesmo quando há um ou mais endereços globais
- **Não usamos NAT**, até pouco tempo nem existia NAT66
- O NAT66 hoje existe mas não é de N:1, não serve para “compartilhar” endereços. Há poucas situações em que seu uso realmente é necessário e justificável. Deve ser evitado.
- Endereços ULA (fc00::/7) podem ser usados em equipamentos que não requerem acesso à Internet. Em alguns casos isso pode ser considerado uma camada adicional de segurança. Na maior parte dos casos isso não é necessário.



Endereçamento IPv6

Anycast

- Identifica um grupo de interfaces
- Entrega o pacote apenas para a interface mais perto da origem.
- Atribuídos a partir de endereços *unicast* (são sintaticamente iguais).
- Possíveis utilizações:
 - Descobrir serviços na rede (DNS, *proxy* HTTP, etc.);
 - Balanceamento de carga;
 - Utilizado em redes com suporte a mobilidade IPv6, para localizar os Agentes de Origem...



Endereçamento IPv6

Multicast

- Identifica um grupo de interfaces.
- O suporte a *multicast* é obrigatório em todos os nós IPv6.
- O endereço *multicast* deriva do bloco **FF00::/8**.
- O prefixo **FF** é seguido de quatro bits utilizados como *flags* e mais quatro bits que definem o escopo do endereço *multicast*. Os 112 bits restantes são utilizados para identificar o grupo *multicast*.

FF01::1 Grupo all-nodes, referente a todas as interfaces do dispositivo;

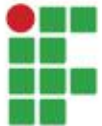
FF01::2 Grupo all-routers, referente a todos os roteadores do dispositivo;

FF02::1 Grupo all-nodes, referente a todos os dispositivos do enlace da rede (linklocal);

FF02::2 Grupo all-routers, referente a todos os roteadores do enlace da rede (linklocal);

FF02::5 Roteadores OSPFv3;

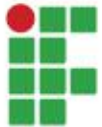
FF02::9 Roteadores RIPng; e outros.



Endereçamento IPv6

Não existe Broadcast!!!!

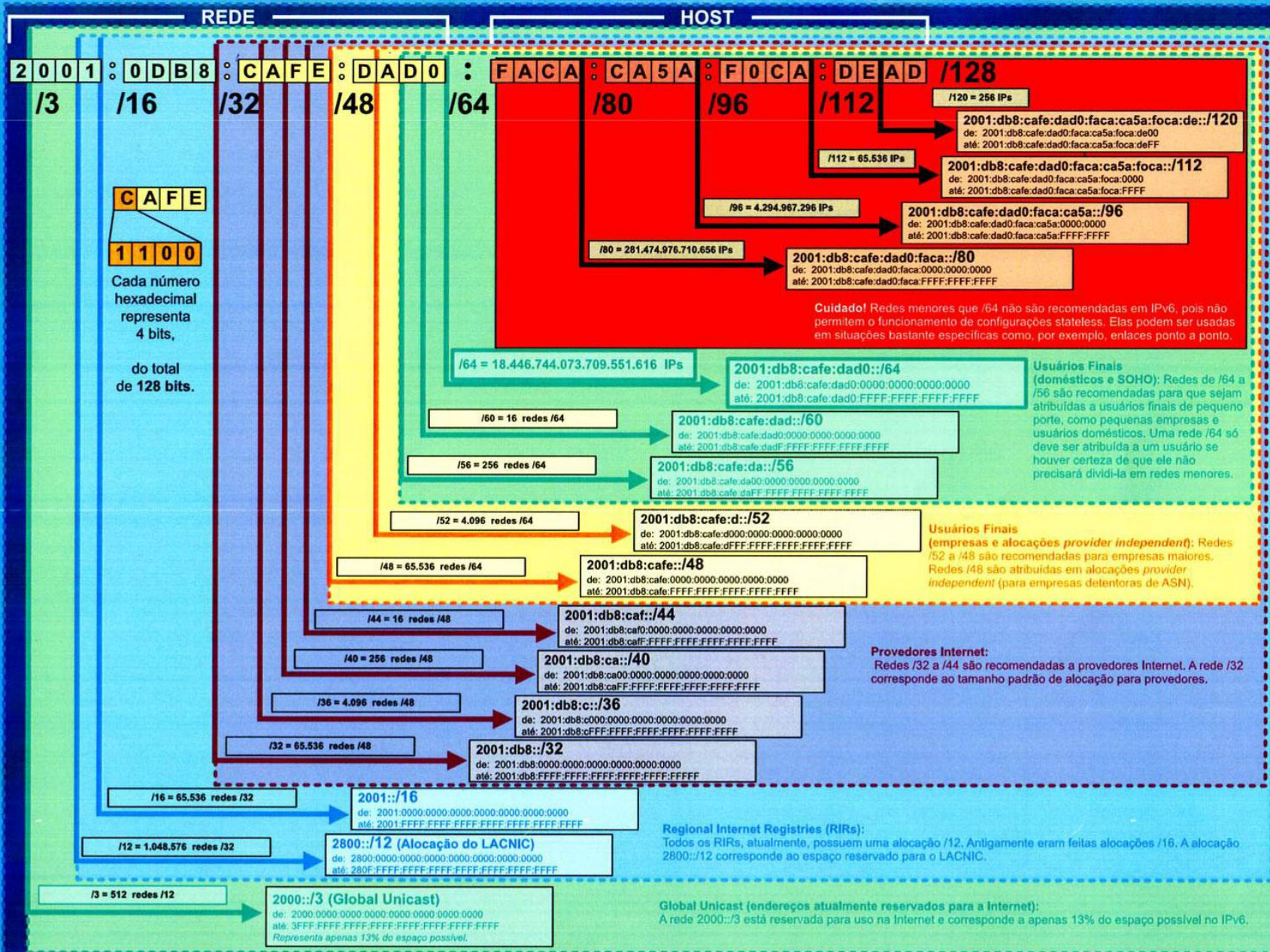
Pode-se por exemplo, utilizar endereços /127 para conexões ponto a ponto, o que seria equivalente a um endereço /31 em IPv4.



Como distribuir endereços IPv6

- **RFC3177** - Recommendations on IPv6 Address Allocations to Sites
 - Distribuição de /48 para redes de pequenas e grandes empresas, salvo as que o endereçamento seja insuficiente.
- **RFC5375** - IPv6 Unicast Address Assignment Considerations
 - Alocação mínima de /64.
- **RFC3531** - A Flexible Method for Managing the Assignment of Bits of an IPv6 Address Block
 - Divisão do endereçamento sempre de forma balanceada.
- “Princípio de árvores binárias”





Exemplos

Gerenciamento de Redes:

1. Quantos blocos de rede /12 existem numa rede /3?

$N = 12 - 3 = 9 \Rightarrow 2^9 = 512$ redes /12 inicialmente foram criadas pelo IANA, sendo 1 delas o LACNIC (2800::/12)

1.1. Se o LACNIC tem um /12 e os provedores recebem um /32, quantas redes o LACNIC tem?

$32 - 12 = 20 \rightarrow 2^{20} = 1.048.576$ redes

2. Divida a rede abaixo:

2001:0db8::/32 em blocos /36

2001:0db8:0000::/36 - 1ª.

2001:0db8:1000::/36 - 2ª.

2001:0db8:2000::/36 - 3ª.

- **2001:0db8:2000:0000:0000:0000:0000:0000**

- **2001:0db8:2FFF:FFFF:FFFF:FFFF:FFFF:FFFF**

2001:0db8:3000::/36 - 4ª.

(...)

2001:0db8:E000::/36 - 15ª.

2001:0db8:F000::/36 - 16ª.

0	=	0000
1	=	0001
2	=	0010
3	=	0011
4	=	0100
5	=	0101
6	=	0110
7	=	0111
8	=	1000
9	=	1001
A	=	1010
B	=	1011
C	=	1100
D	=	1101
E	=	1110
F	=	1111

Exemplos

Gerenciamento de Redes:

1. Transformar uma rede /35 em duas /36

2001:0db8:c000:/35

Máscara:

2001:0db8:1100.0000.0000.0000::/35

Para /36:

Rede1:

2001:0db8:1100.0000.0000.0000::/36

- 2001:0db8:c000:0000:0000:0000:0000:0000/36 (c=1100)

- 2001:0db8:dfff:ffff:ffff:ffff:ffff:ffff/36 (d=1101)

Rede2:

2001:0db8:1110.0000.0000.0000::/36

- 2001:0db8:e000:0000:0000:0000:0000:0000/36 (e=1110)

- 2001:0db8:ffff:ffff:ffff:ffff:ffff:ffff/36 (f=1111)

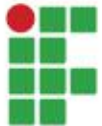
Portanto, evite fazer redes em blocos menores que 4 bits.

0	=	0000
1	=	0001
2	=	0010
3	=	0011
4	=	0100
5	=	0101
6	=	0110
7	=	0111
8	=	1000
9	=	1001
A	=	1010
B	=	1011
C	=	1100
D	=	1101
E	=	1110
F	=	1111

Exercícios

- 1. Indique a que tipo pertence cada endereço IP abaixo:

```
2001:db8:cafe:f0ca:faca:2:3  
2804:1:2:b0ca:2c0:17ff:fe00:d1ca  
fe80::dad0:baba:ca00:a7a2  
fe80::2c0:17ff:fe00:d1ca  
2002:c8A0:79c::b010:de:c0c0  
::1  
fd00:ada:2345:b0ba::1  
ff0e::beba:d012:3:4  
ff05::baba:bebe:baba
```



Exercícios

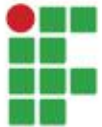
2. Comprimir ao máximo os endereços abaixo:

- a. 2001:0db8:0000:1200:0fe0:0000:0000:0003
- b. 2001:0db8::ca5a:0000:2000
- c. 2001:0db8:face:b00c:0000:0000:0100:00ab

3. Descomprimir ao máximo os endereços abaixo:

- a. 2001:db8:0:ca1::1:abcd
- b. 2001:db8:4::2
- c. 2001:db8:200::dbd:110

- 4. Quantos IPs há em um /64?
- 5. Quantas redes /64 existem em um /56?
- 6. Quantas redes /48 existem em um /32?
- 7. Quantas redes /56 existem em um /48?
- 8. Quantas redes /56 existem em um /32?
- 9. Quantas redes /32 existem em um /12?



Como distribuir/alocar os endereços IPv6

/32

2804	:0	:0000
2804	:0	:FFFF

/33

2804	:0	:0000
2804	:0	:7FFF

/33

2804	:0	:8000
2804	:0	:FFFF

/34

2804	:0	:0000
2804	:0	:3FFF

/34

2804	:0	:4000
2804	:0	:7FFF

/34

2804	:0	:8000
2804	:0	:BFFF

/34

2804	:0	:C000
2804	:0	:FFFF

Como distribuir/alocar os endereços IPv6

- Estudo de caso

Você recebeu o bloco 2001:db8:f0f0::/48 de seu provedor para endereçar a sua rede.

Você possui 10 filiais distribuídas pelo Brasil, sendo o limite de uma filial por estado.

Cada filial necessita de no mínimo 10 sub-redes. Qual o plano de alocação sugerido?

Lembrete: Neste exemplo, o provedor está distribuindo um /48 para você. Mas ele tem um /32, isto é, ele tem 16 bits para distribuir, o que equivale a 65.536



Como distribuir/alocar os endereços IPv6

1. Seguindo o princípio da divisão binária, vamos dividir nosso /48 em quantas redes forem necessárias para atender o crescimento máximo de nossa rede, isto é, os 26 estados + DF.

Serão necessárias no mínimo 27 redes, se $2^4 = 16$ e $2^5 = 32$, então vamos precisar de 5 bits para rede, isto é, nosso /48 + 5 bits = 32 redes /53.

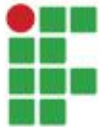


Como distribuir/alocar os endereços IPv6

- Como Alocar?

1	2001:db8:f0f0:0000::/53	RS
2	2001:db8:f0f0:0800::/53	PR
3	2001:db8:f0f0:1000::/53	SP
4	2001:db8:f0f0:1800::/53	DF
5	2001:db8:f0f0:2000::/53	
6	2001:db8:f0f0:2800::/53	
7	2001:db8:f0f0:3000::/53	
...	...	

Se SP crescer? O que
você faz? Atribui
outro bloco?



Exemplo Rede 1

0000 = 0000-0000-0000-0000

07ff = 0000-0111-1111-1111



Como distribuir/alocar os endereços IPv6

1	2001:db8:f0f0:0000::/53	17	2001:db8:f0f0:8000::/53
2	2001:db8:f0f0:0800::/53	18	2001:db8:f0f0:8800::/53
3	2001:db8:f0f0:1000::/53	19	2001:db8:f0f0:9000::/53
4	2001:db8:f0f0:1800::/53	20	2001:db8:f0f0:9800::/53
5	2001:db8:f0f0:2000::/53	21	2001:db8:f0f0:a000::/53
6	2001:db8:f0f0:2800::/53	22	2001:db8:f0f0:a800::/53
7	2001:db8:f0f0:3000::/53	23	2001:db8:f0f0:b000::/53
8	2001:db8:f0f0:3800::/53	24	2001:db8:f0f0:b800::/53
9	2001:db8:f0f0:4000::/53	25	2001:db8:f0f0:c000::/53
10	2001:db8:f0f0:4800::/53	26	2001:db8:f0f0:c800::/53

0=0000
 1=0001
 2=0010
 3=0011
 4=0100
 5=0101
 6=0110
 7=0111
 8=1000
 9=1001
 A=1010
 B=1011
 C=1100
 D=1101
 E=1110
 F=1111



Como distribuir/alocar os endereços IPv6

1	2001:db8:f0f0:0000::/53	RS
16	2001:db8:f0f0:7800::/53	PR
8	2001:db8:f0f0:3800::/53	SP
24	2001:db8:f0f0:b800::/53	DF
4	2001:db8:f0f0:1800::/53	...
12	2001:db8:f0f0:5800::/53	
20	2001:db8:f0f0:9800::/53	
28	2001:db8:f0f0:d800::/53	
..	...	

Se a rede de SP crescer?

- Altere a máscara da rede para /52, o endereço de SP será:

2001:db8:f0f0:3000::/52

Início:

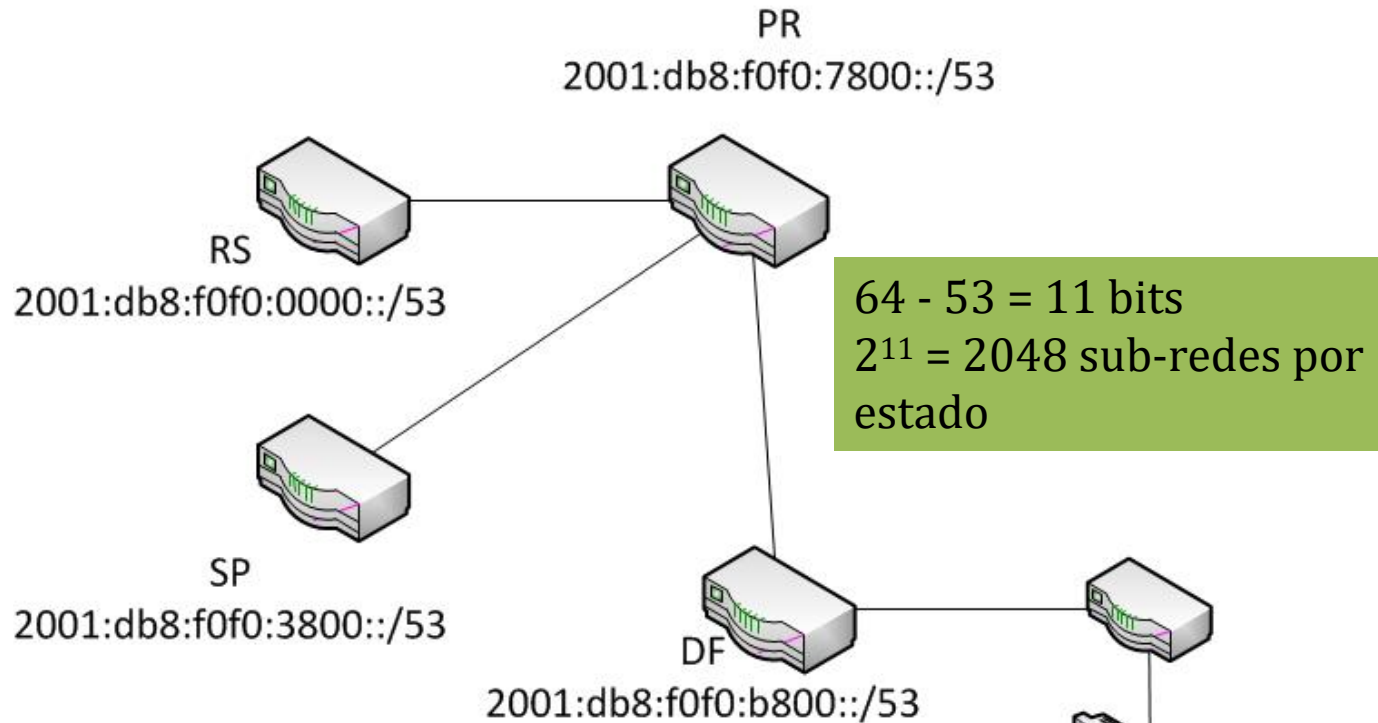
2001:db8:f0f0:3000:0000:0000:000:0000

Fim:

2001:db8:f0f0:3FFF:FFFF:FFFF:FFFF:FFFF



Como distribuir/alocar os endereços IPv6



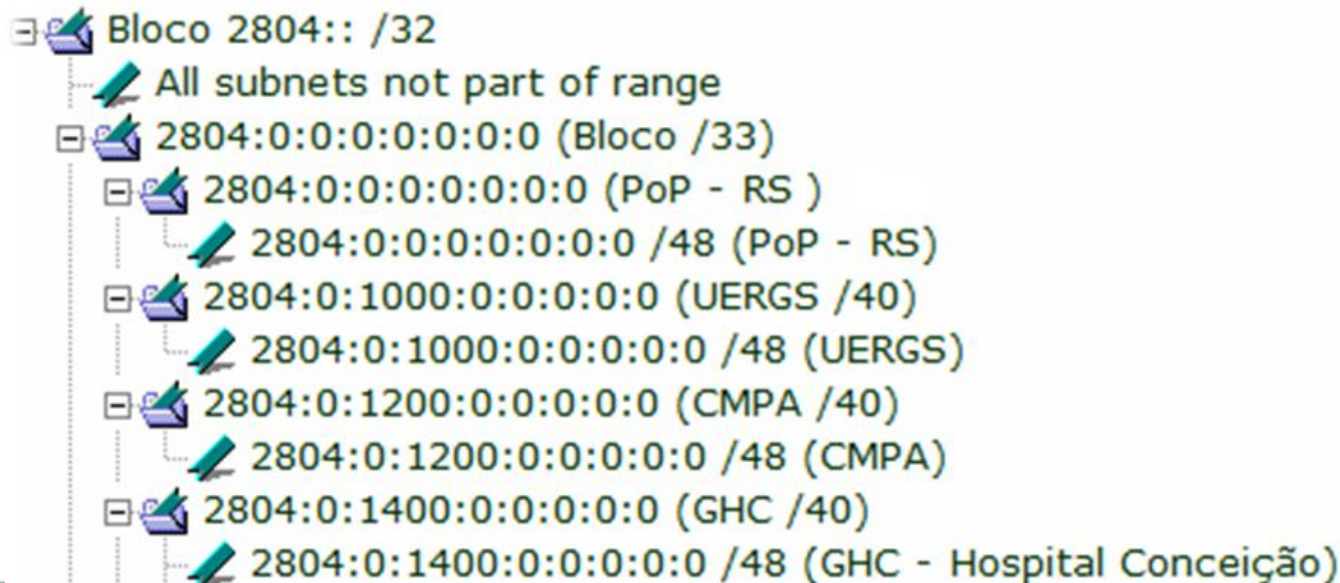
Não esqueça que mesmo cada Estado possuindo um /53, na hora de configurar seu roteador, a rede interna onde estão seus hosts deverá ser um /64

Como distribuir/alocar os endereços IPv6

Ferramenta do NIC.br para calcular distribuição de endereços

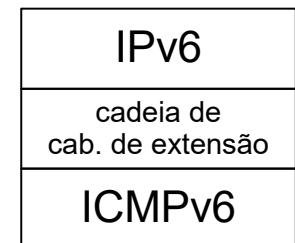
<http://ipv6.br/paginas/subnet>

Ferramenta IPPLAN para gerenciamento de endereços



Funcionalidades ICMPv6

- Definido na RFC 4443
- Mesmas funções do ICMPv4 (mas não são compatíveis)
- Informar características da rede
- Realizar diagnósticos
- Relatar erros no processamento de pacotes
- Assume as funcionalidades de outros protocolos
 - ARP/RARP
 - IGMP
- Identificado pelo valor 58 no campo Próximo Cabeçalho.
- Deve ser implementado em todos os nós.
- É precedido pelos cabeçalhos de extensão, se houver, e pelo cabeçalho base do IPv6.



Funcionalidades

ICMPv6

Possui duas classes de mensagens:

.Mensagens de Erro

.Destination Unreachable

.Packet Too Big

.Time Exceeded

.Parameter Problem

.Mensagens de Informação

.Echo Request e Echo Reply

.Multicast Listener Query

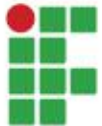
.Multicast Listener Report

.Multicast Listener Done

.Router Solicitation e Router Advertisement

.Neighbor Solicitation e Neighbor Advertisement

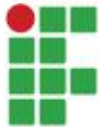
.Redirect...



Funcionalidades

Neighbor Discovery

- Definido na RFC 4861.
- Assume as funções de protocolos ARP, *ICMP Router Discovery* e *ICMP Redirect*, do IPv4.
- Adiciona novos métodos não existentes na versão anterior do protocolo IP.
- Torna mais dinâmico alguns processos de configuração de rede:
 - determinar o endereço MAC dos nós da rede;
 - encontrar roteadores vizinhos;
 - determinar prefixos e outras informações de configuração da rede;
 - detectar endereços duplicados;
 - determinar a acessibilidades dos roteadores;
 - redirecionamento de pacotes;
 - autoconfiguração de endereços.



Funcionalidades

- Jumbograms
 - Pacotes acima de 64K, com limite máximo de 4Gb
- Path MTU Discovery
 - Assume que o MTU máximo do caminho é igual ao MTU do primeiro salto.
 - Pacote maiores do que o suportado por algum roteador ao longo do caminho, são descartados
 - Uma mensagem ICMPv6 packet too big é retornada.
- QoS
 - IntServ: baseia-se na reserva de recursos por fluxo. Normalmente é associado ao protocolo RSVP (*Resource ReSerVation Protocol*).



Funcionalidades

- DNS

- Utiliza o Registro AAAA, ao invés de A.

webserver IN AAAA 2001:db8::afca:1

- Reverso:

1.0.0.0.a.c.f.a.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.8.b.d.0.1.0.0.2.ip6.arpa PTR

webserver.xx.com.br.

- Mobilidade

- Permite que um host troque de rede sem perder a comunicação com o host remoto
 - Implementação no IPv6 através de cabeçalhos de extensão
 - Permite que um host possua ao mesmo tempo dois endereços de rede, um da rede de origem e outro da rede visitada.



Onde aprender mais!

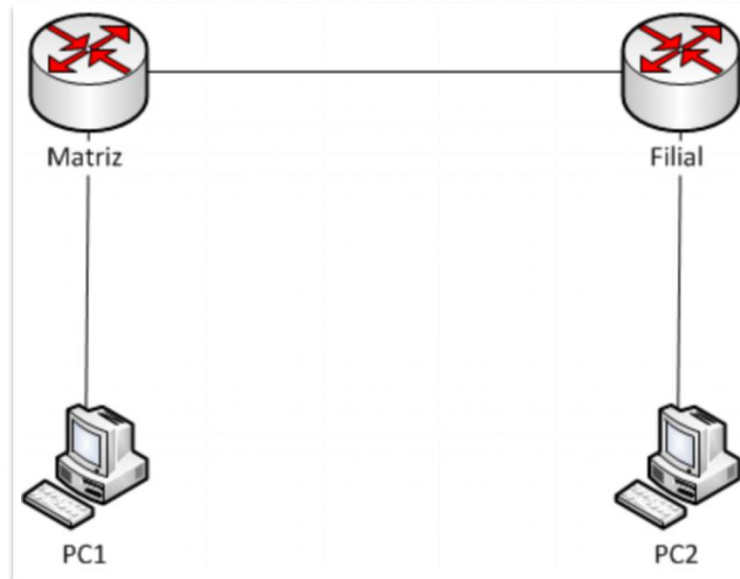
<http://ipv6.br>

Documentação oficial do curso presencial do NIC.br, com apostilas, máquinas virtuais e apresentações:



Exercício Proposto

- A matriz da empresa FACE, onde se encontra R1, recebeu o bloco 2001:db8::/32 do Registro.br.
- Esta empresa possui 12 filiais e nenhuma chance de expansão em novas sedes, pois já atende todo o mercado.
- Sabendo que o bloco 2001:db8::/116 é utilizado pela matriz para endereçamento de ponto-a-ponto, utilize as técnicas aprendidas em aula para distribuir corretamente um bloco para sua terceira filial onde se encontra R2 e para a interface onde se encontra PC1 e PC2.
- Realize além das configurações, e testes uma justificativa para sua divisão de redes.
- Utilize algum simulador/emulador a sua disposição, como Packet Tracer, **GNS3** ou CORE.



Referências

- <http://6lab.cisco.com/stats/>
- <http://www.potaroo.net/tools/ipv4/>
- CISCO, I. S. IPv6 Extension Headers Review and Considerations. [S.l.]: Cisco Technology White Paper, 2006.
- <http://portalipv6.lacnic.net/en/ipv6/statistics/regional>
- Apostila “Curso IPv6 básico” do NIC.br, disponível no sítio <http://curso.ipv6.br> ou através do e-mail ipv6@nic.br.
- <http://ipv6.br/>

