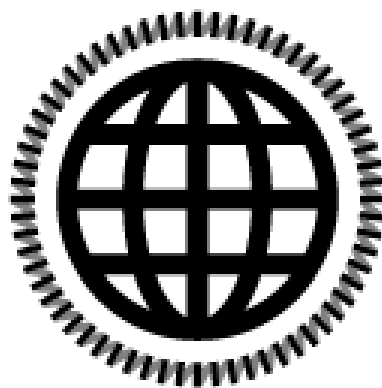


# IPv6

**Profº Lucas Jorge**  
**Profº Marcos Vinicius**

# IPv6

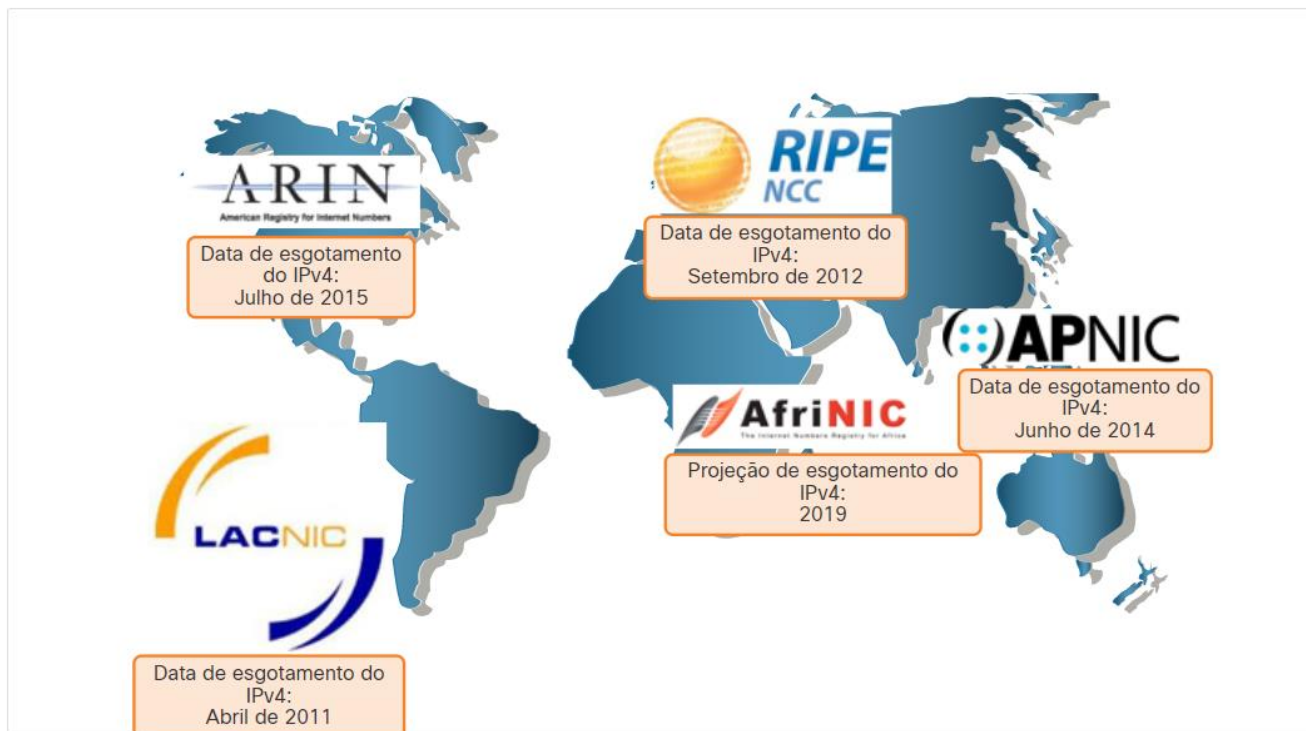
- ❑ Você já sabe que o IPv4 está ficando sem endereços. É por isso que você precisa aprender sobre IPv6.
- ❑ Projetado para ser o sucessor do IPv4, o IPv6 tem um maior espaço de endereços de 128 bits, fornecendo 340 undecilhões de endereços (340 seguido por 36 zeros).



# IPv6

# Esgotamento do IPv4

- ❑ À medida que África, Ásia e outras áreas do mundo ficarem mais conectadas à Internet, não haverá endereços IPv4 suficientes para acomodar esse crescimento.



# Unicast, Multicast e Anycast

- ❑ Tal como acontece com o IPv4, existem diferentes tipos de endereços IPv6. Na verdade, existem três grandes categorias de endereços IPv6:
  - ❑ **Unicast** – Um endereço IPv6 unicast identifica exclusivamente uma interface em um dispositivo habilitado para IPv6.
  - ❑ **Multicast** – Um endereço IPv6 multicast é usado para enviar um único pacote IPv6 para vários destinos.
  - ❑ **Anycast** – Um endereço IPv6 anycast é qualquer endereço IPv6 unicast que possa ser atribuído a vários dispositivos. Um pacote enviado a um endereço de anycast é roteado para o dispositivo mais próximo que tenha esse endereço. Os endereços anycast estão fora do escopo deste curso.
- ❑ Ao contrário do IPv4, o IPv6 não possui um endereço de broadcast. No entanto, há um endereço multicast para todos os nós IPv6 que fornece basicamente o mesmo resultado.

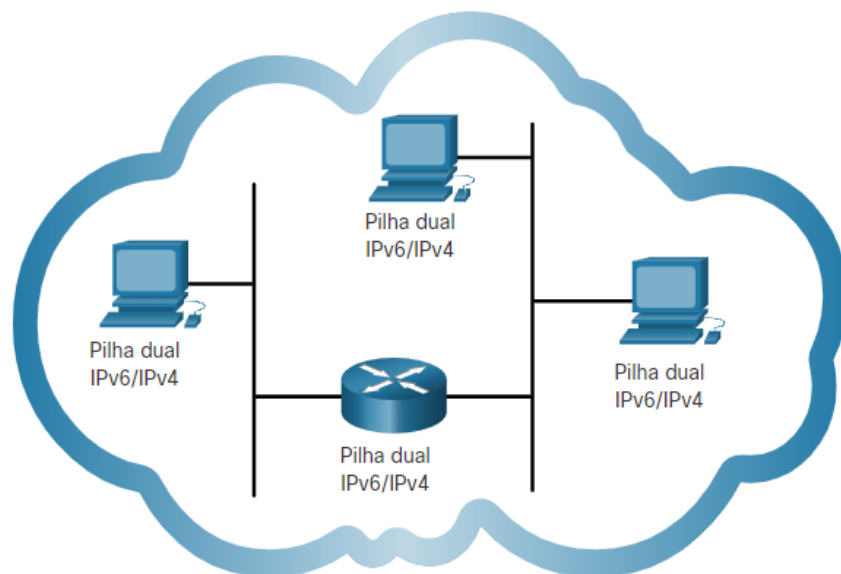
# Coexistência do IPv4 com o IPv6

Pilha Dupla

Tunelamento

Conversão

A pilha dupla permite que IPv4 e IPv6 coexistam no mesmo segmento de rede. Os dispositivos de pilha dupla executam os protocolos IPv4 e IPv6 simultaneamente. Conhecido como IPv6 nativo, isso significa que a rede do cliente tem uma conexão IPv6 com seu ISP e é capaz de acessar o conteúdo encontrado na internet através de IPv6.



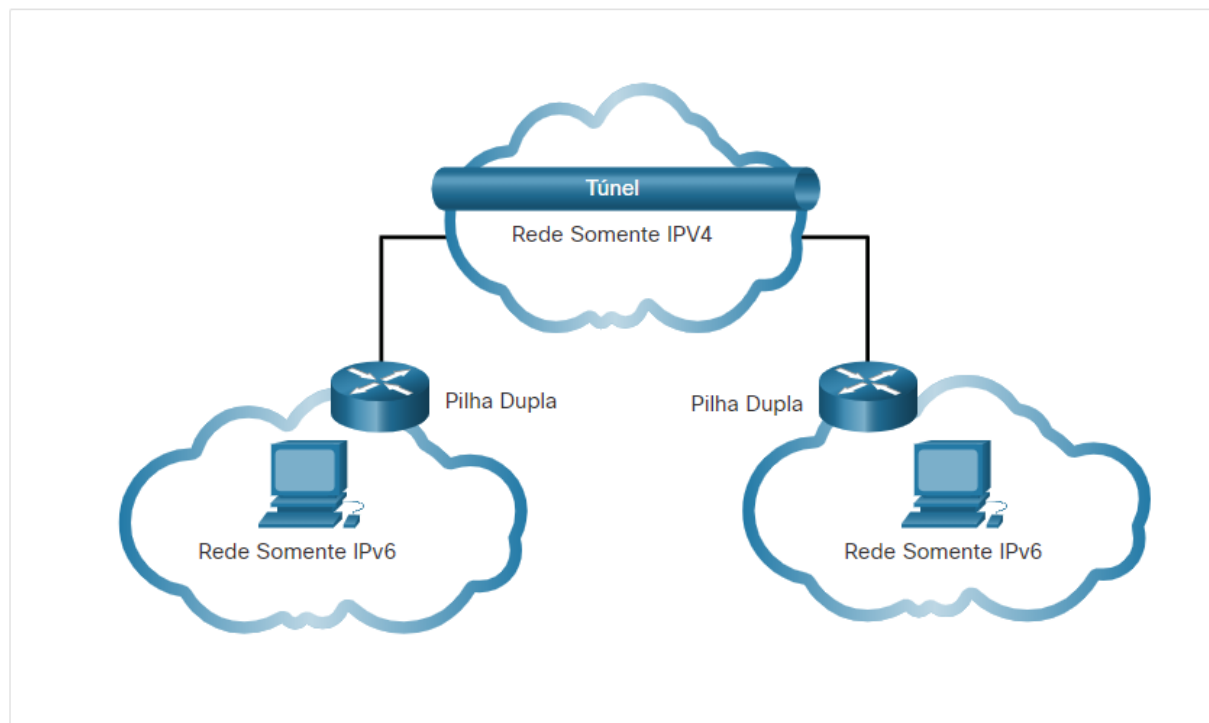
# Coexistência do IPv4 com o IPv6

Pilha Dupla

Tunelamento

Conversão

Tunelamento é um método de transporte de pacote IPv6 através de uma rede IPv4. O pacote IPv6 é encapsulado dentro de um pacote IPv4, de forma semelhante a outros tipos de dados.



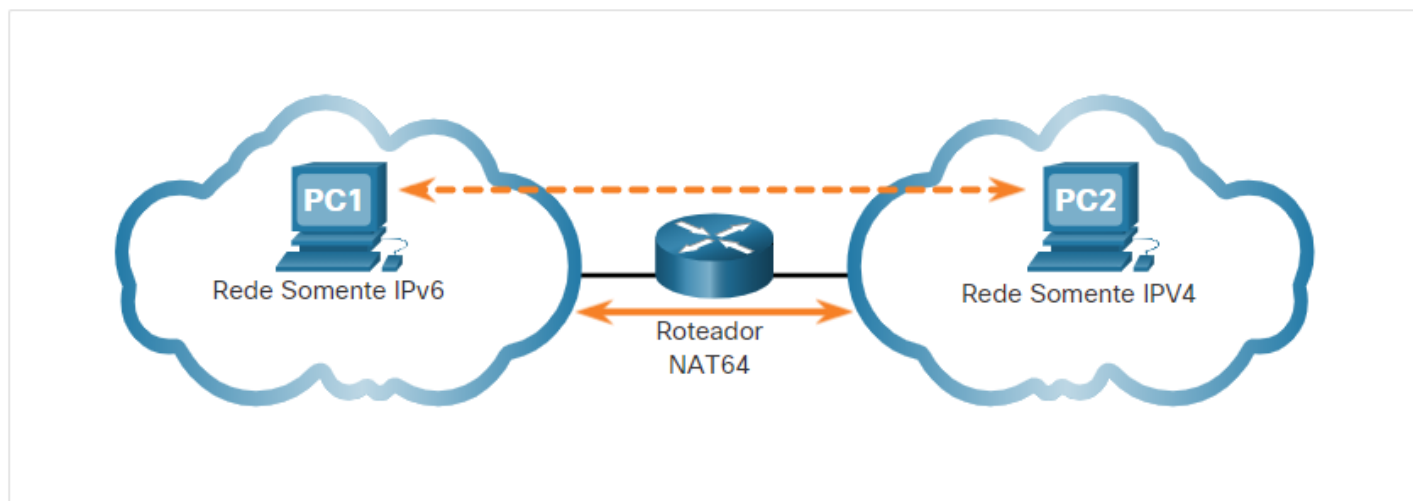
# Coexistência do IPv4 com o IPv6

Pilha Dupla

Tunelamento

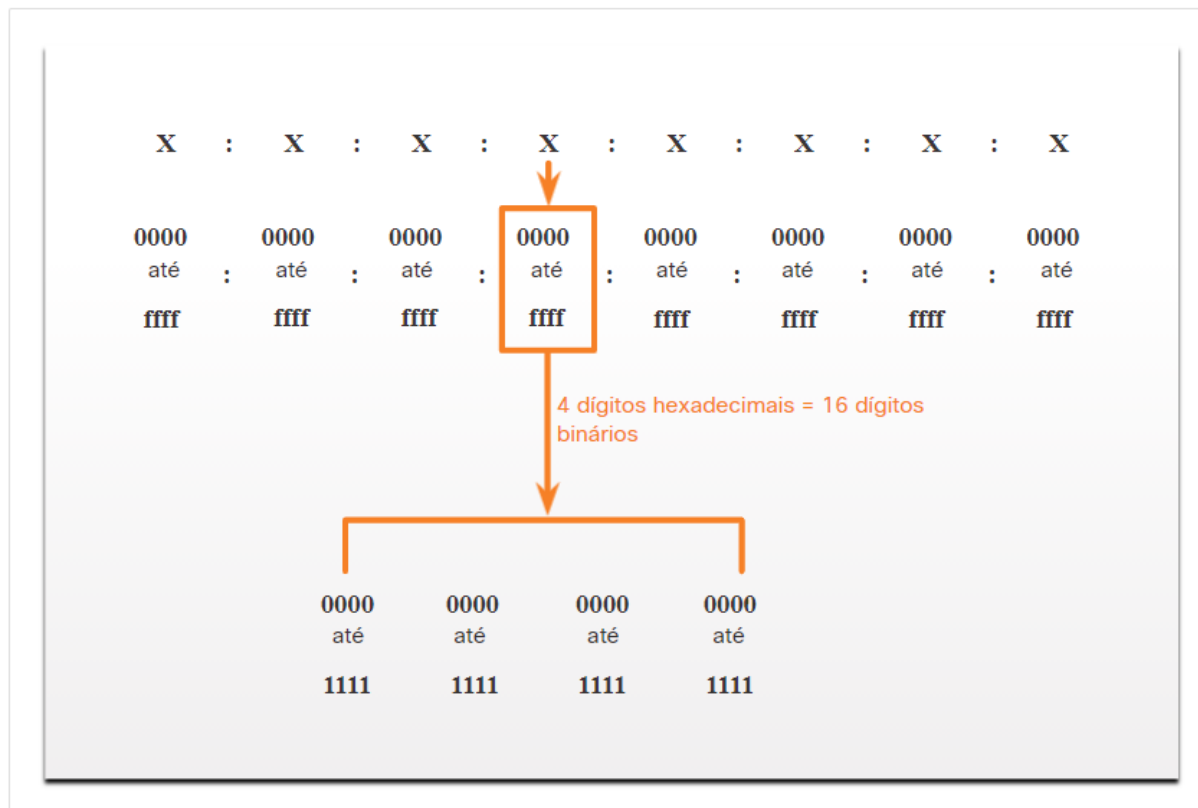
Conversão

A NAT64 (Network Address Translation 64) permite que os dispositivos habilitados para IPv6 se comuniquem com os dispositivos habilitados para IPv4 usando uma técnica de conversão semelhante à NAT IPv4. Um pacote IPv6 é traduzido para um pacote IPv4 e um pacote IPv4 é traduzido para um pacote IPv6.



# Representando o IPv6

- Os endereços IPv6 têm 128 bits e são escritos como uma sequência de valores hexadecimais. Cada 4 bits são representados por um único dígito hexadecimal, totalizando 32 valores hexadecimais, como mostra a Figura 1. Os endereços IPv6 não diferenciam maiúsculas e minúsculas e podem ser escritos tanto em minúsculas como em maiúsculas.





# Regra 1 - omitir zeros à esquerda

❑ A primeira regra para ajudar a reduzir a notação de endereços IPv6 é omitir os 0s (zeros) à esquerda de qualquer seção de 16 bits ou hexteto. Aqui estão quatro exemplos de maneiras de omitir zeros à esquerda:

- ❑ 01AB pode ser representado como 1AB
- ❑ 09f0 pode ser representado como 9f0
- ❑ 0a00 pode ser representado como a00
- ❑ 00ab pode ser representado como ab

```
2001 : 0db8 : 0000 : 1111 : 0000 : 0000 : 0000 : 0200
2001 :  db8 :    0 : 1111 :    0 :    0 :    0 :  200
```

# Regra 1 - omitir zeros à esquerda

Preferencial	2001 : 0db8 : 0000 : 00a3 : ab00 : 0ab0 : 00ab : 1234
Nenhum 0 à esquerda	2001 : db8 : 0 : a3 : ab00 : ab0 : ab : 1234
Preferencial	2001 : 0db8 : 000a : 0001 : c012 : 90ff : fe90 : 0001
Nenhum 0 à esquerda	2001 : db8 : a : 1 : c012 : 90ff : fe90 : 1
Preferencial	2001 : 0db8 : aaaa : 0001 : 0000 : 0000 : 0000 : 0000
Nenhum 0 à esquerda	2001 : db8 : aaaa : 1 : 0 : 0 : 0 : 0
Preferencial	fe80 : 0000 : 0000 : 0000 : 0123 : 4567 : 89ab : cdef
Nenhum 0 à esquerda	fe80 : 0 : 0 : 0 : 123 : 4567 : 89ab : cdef
Preferencial	fe80 : 0000 : 0000 : 0000 : 0000 : 0000 : 0000 : 0001
Nenhum 0 à esquerda	fe80 : 0 : 0 : 0 : 0 : 0 : 0 : 1
Preferencial	0000 : 0000 : 0000 : 0000 : 0000 : 0000 : 0000 : 0001
Nenhum 0 à esquerda	0 : 0 : 0 : 0 : 0 : 0 : 0 : 1
Preferencial	0000 : 0000 : 0000 : 0000 : 0000 : 0000 : 0000 : 0000
Nenhum 0 à esquerda	0 : 0 : 0 : 0 : 0 : 0 : 0 : 0

# Regra 2 - dois pontos duplos

- ❑ A segunda regra para ajudar a reduzir a notação de endereços IPv6 é que o uso de dois-pontos duplo (::) pode substituir uma única sequência contígua de um ou mais segmentos de 16 bits (hextetos) compostos exclusivamente por 0s. Por exemplo, 2001:db8:cafe:1:0:0:0:1 (0s iniciais omitidos) poderia ser representado como 2001:db8:cafe:1::1. O dois-pontos duplos (::) é usado no lugar dos três hextets all-0 (0:0:0).

2001:db8:cafe:1:0:0:0:1

2001:db8:cafe:1:■:1

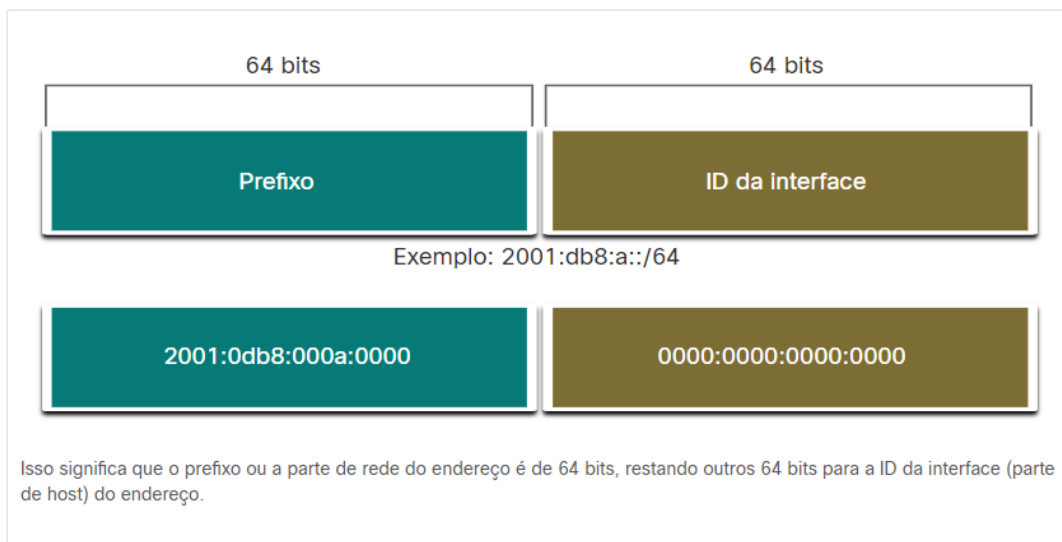
2001:db8:cafe:1::1

# Regra 2 - dois pontos duplos

Tipo	Formato
Preferencial	2001 : 0db8 : 0000 : 1111 : 0000 : 0000 : 0000 : 0200
Compressados/espacos	2001 : db8 : 0 : 1111 : : 200
Compactado	2001:db8:0:1111::200
Preferencial	2001 : 0db8 : 0000 : 0000 : ab00 : 0000 : 0000 : 0000
Compressados/espacos	2001 : db8 : 0 : 0 : ab00 ::
Compactado	2001:db8:0:0:ab00::
Preferencial	2001 : 0db8 : aaaa : 0001 : 0000 : 0000 : 0000 : 0000
Compressados/espacos	2001 : db8 : aaaa : 1 ::
Compactado	2001:db8:aaaa:1::
Preferencial	fe80 : 0000 : 0000 : 0000 : 0123 : 4567 : 89ab : cdef
Compressados/espacos	fe80 : : 123 : 4567 : 89ab : cdef
Compactado	fe80::123:4567:89ab:cdef
Preferencial	fe80 : 0000 : 0000 : 0000 : 0000 : 0000 : 0000 : 0001
Compressados/espacos	fe80 : : : 1
Compactado	fe80::1
Preferencial	0000 : 0000 : 0000 : 0000 : 0000 : 0000 : 0000 : 0001
Compressados/espacos	:: : 1
Compactado	:::1
Preferencial	0000 : 0000 : 0000 : 0000 : 0000 : 0000 : 0000 : 0000
Compressados/espacos	::
Compactado	::

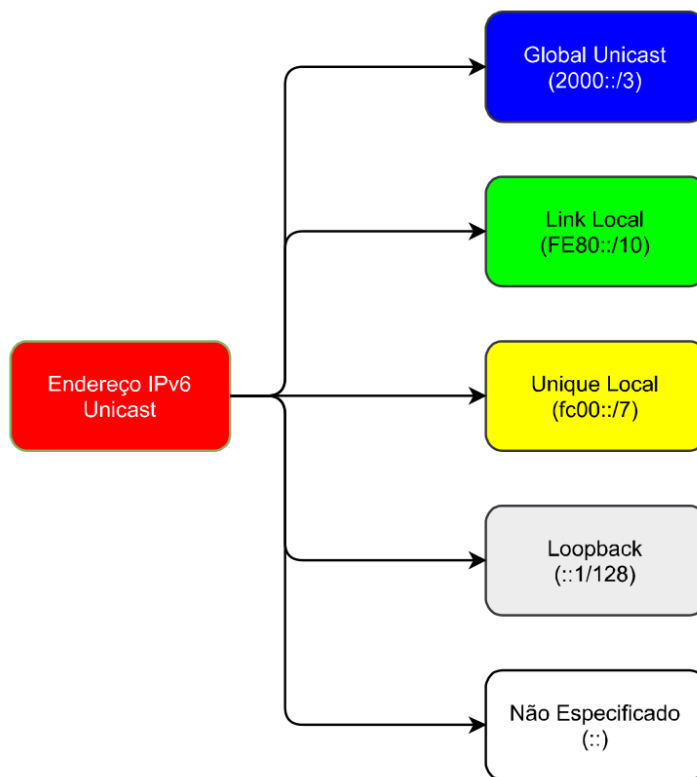
# Comprimento do Prefixo IPv6

- ❑ Lembre-se de que o prefixo (a parte de rede) de um endereço IPv4 pode ser identificado pelo comprimento do prefixo (notação em barra) ou por uma máscara de sub-rede decimal com pontos. Por exemplo, o endereço IPv4 192.168.1.10 com máscara de sub-rede decimal com pontos 255.255.255.0 é equivalente a 192.168.1.10/24.
- ❑ No IPv4 o /24 é chamado de prefixo. No IPv6 é chamado de comprimento do prefixo. O IPv6 não usa a notação decimal com pontos da máscara de sub-rede. Como o IPv4, o comprimento do prefixo é representado na notação de barra e é usado para indicar a parte da rede de um endereço IPv6.
- ❑ O comprimento do prefixo pode variar de 0 a 128. O comprimento do prefixo IPv6 recomendado para LANs e a maioria dos outros tipos de redes é /64, conforme mostrado na figura.



# Comprimento do Prefixo IPv6

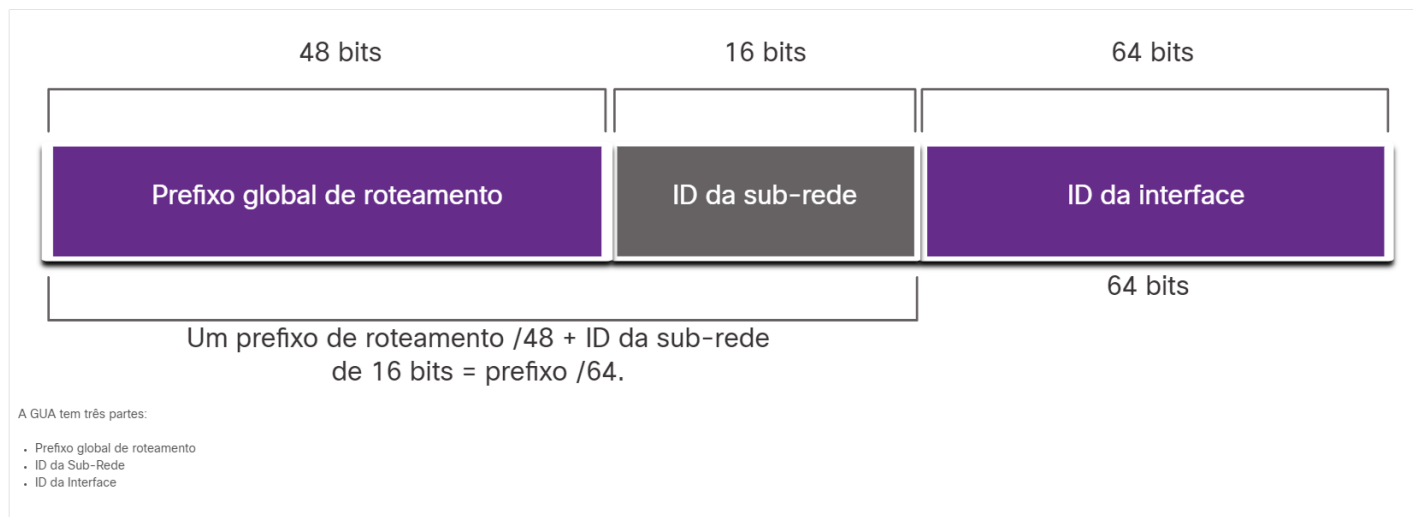
- ❑ Um endereço IPv6 unicast identifica exclusivamente uma interface em um dispositivo habilitado para IPv6. Um pacote enviado a um endereço unicast é recebido pela interface à qual foi atribuído esse endereço. Semelhante ao IPv4, o endereço IPv6 origem deve ser um endereço unicast. O endereço IPv6 destino pode ser um endereço unicast ou multicast. A figura mostra os diferentes tipos de endereços unicast IPv6.



# Global Unicast

- ❑ O endereço IPv6 unicast global (GUA) é globalmente exclusivo e roteável na Internet IPv6. Esses endereços são equivalentes aos endereços públicos do IPv4.

## 2000::/3 - 3FFF::/3



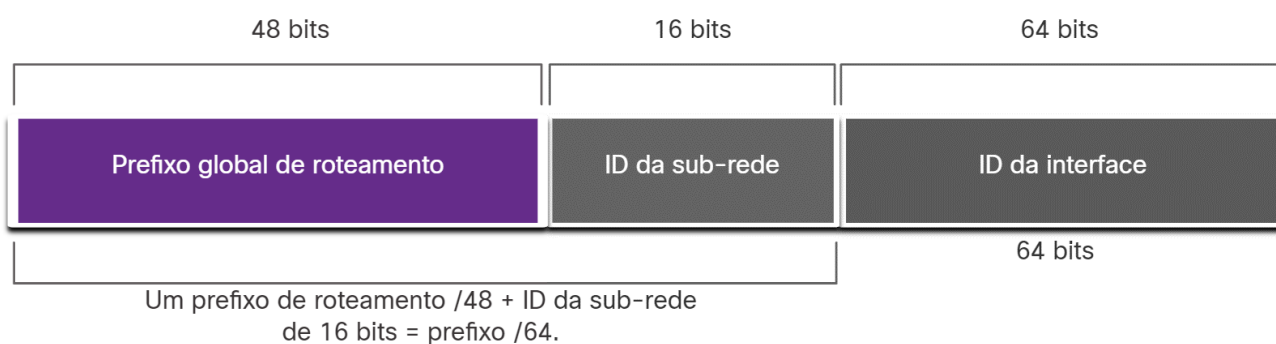
# Estrutura IPv6 GUA (Global Unicast Address)

## Prefixo de roteamento global

O prefixo global de roteamento é o prefixo (parte de rede) do endereço que é atribuído pelo provedor (como um ISP) a um cliente ou um site. Por exemplo, é comum que os ISPs atribuam um prefixo de roteamento global /48 a seus clientes. O prefixo de roteamento global geralmente varia dependendo das políticas do ISP.

A figura anterior mostra um GUA usando um prefixo de roteamento global /48. Os prefixos /48 são os prefixos de roteamento global mais comuns atribuídos e serão usados na maioria dos casos ao longo deste curso.

Por exemplo, o endereço IPv6 2001:db8:acad::/48 possui um prefixo de roteamento global que indica que os primeiros 48 bits (3 hextets) (2001:db8:acad) são como o ISP conhece esse prefixo (rede). Dois-pontos duplo (::) antes do comprimento de prefixo /48 significa que o restante do endereço contém apenas 0s. O tamanho do prefixo de roteamento global determina o tamanho da ID da sub-rede.



A GUA tem três partes:

- Prefixo global de roteamento
- ID da Sub-Rede
- ID da Interface

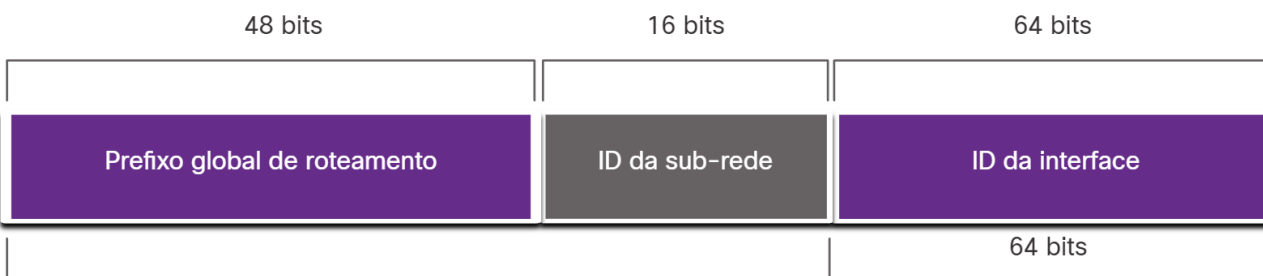


# Estrutura IPv6 GUA (Global Unicast Address)

## ID da sub-rede

O campo ID de sub-rede é a área entre o Prefixo de roteamento global e o ID da interface. Ao contrário do IPv4, onde você deve pedir bits emprestados da parte do host para criar sub-redes, o IPv6 foi projetado tendo em mente a sub-rede. A ID da sub-rede é usada por uma empresa para identificar sub-redes localmente. Quanto maior a ID da sub-rede, mais sub-redes disponíveis.

O endereço IPv6 na figura anterior tem um prefixo de roteamento global /48, que é comum entre muitas redes corporativas. Isso torna especialmente fácil examinar as diferentes partes do endereço. Usando um tamanho típico de prefixo /64, os quatro primeiros hextets são para a parte da rede do endereço, com o quarto hextet indicando o ID da sub-rede. Os quatro hextetos restantes são para a ID da interface.



A GUA tem três partes:

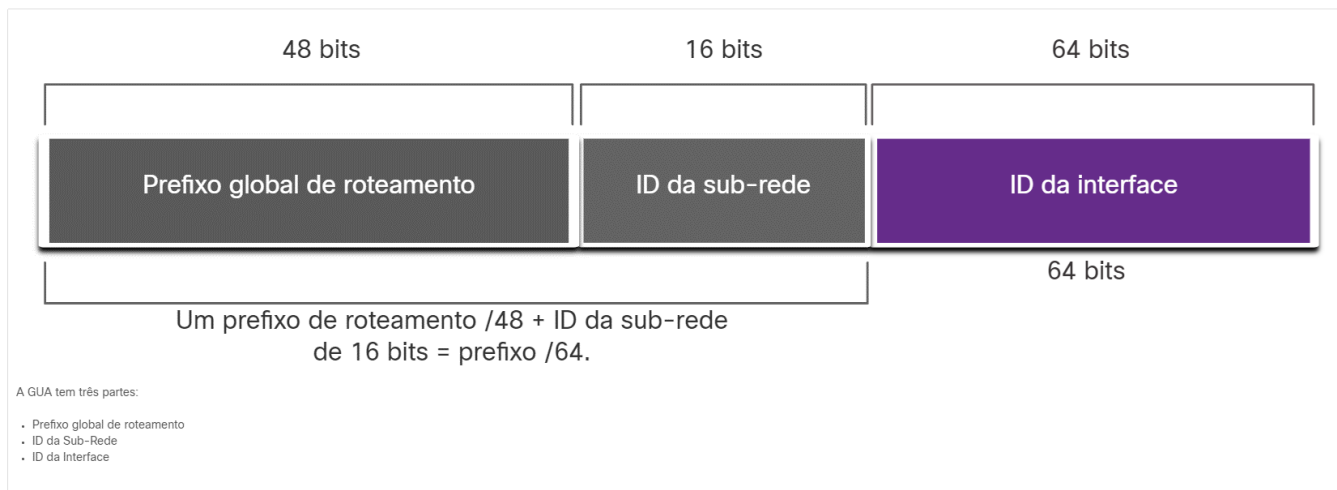
- Prefixo global de roteamento
- ID da Sub-Rede
- ID da Interface

# Estrutura IPv6 GUA (Global Unicast Address)

## ID da interface

A ID da interface IPv6 equivale à parte de host de um endereço IPv4. O termo ID da interface é usado porque um único host pode ter várias interfaces, cada uma com um ou mais endereços IPv6. A figura mostra um exemplo da estrutura de um GUA IPv6. É altamente recomendável que as sub-redes /64 sejam usadas na maioria dos casos. Um ID de interface de 64 bits permite 18 quintilhões de dispositivos ou hosts por sub-rede.

Observação: Ao contrário do IPv4, no IPv6 todos os endereços de host apenas com 0s ou apenas com 1s podem ser atribuídos a um dispositivo. O endereço todos-1s pode ser usado porque os endereços de broadcast não são usados dentro do IPv6. O endereço apenas de 0s também pode ser usado, mas é reservado como endereço anycast de roteadores de sub-redes e só deve ser atribuído a roteadores.

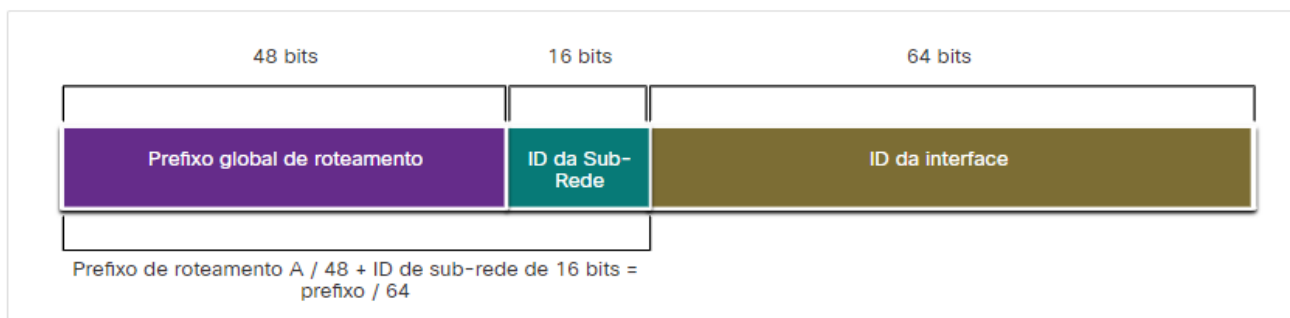


# Subredes com IPv6

# Sub-rede usando o ID de sub-rede

Lembre-se que, com o IPv4, devemos pedir bits emprestados da parte do host para criar sub-redes. Isso ocorre porque a sub-rede foi um pensamento tardio com IPv4. No entanto, o IPv6 foi projetado com a sub-rede em mente. Um campo de ID de sub-rede separado no GUA IPv6 é usado para criar sub-redes. Conforme mostrado na figura, o campo ID da sub-rede é a área entre o Prefixo de Roteamento Global e o ID da interface.

GUA com um ID de sub-rede de 16 bits



O benefício de um endereço de 128 bits é que ele pode suportar sub-redes e hosts mais do que suficientes por sub-rede, para cada rede. Conservação de endereços não é um problema. Por exemplo, se o prefixo de roteamento global for /48, e usando um 64 bits típico para o ID de interface, isso criará um ID de sub-rede de 16 bits:

ID de sub-rede de\* **16 bits** - Cria até 65.536 sub-redes.


- **ID da interface de 64 bits** - Suporta até 18 quintilhões de endereços IPv6 de host por sub-rede (ou seja, 18.000.000.000.000.000.000).

**Observação:** A sub-rede no ID da interface de 64 bits (ou parte do host) também é possível, mas raramente é necessária.

A divisão de IPv6 em sub-redes também é mais fácil de implementar do que no IPv4, porque não há necessidade da conversão em binário. Para determinar a próxima sub-rede disponível, basta contar em ordem crescente em hexadecimal.

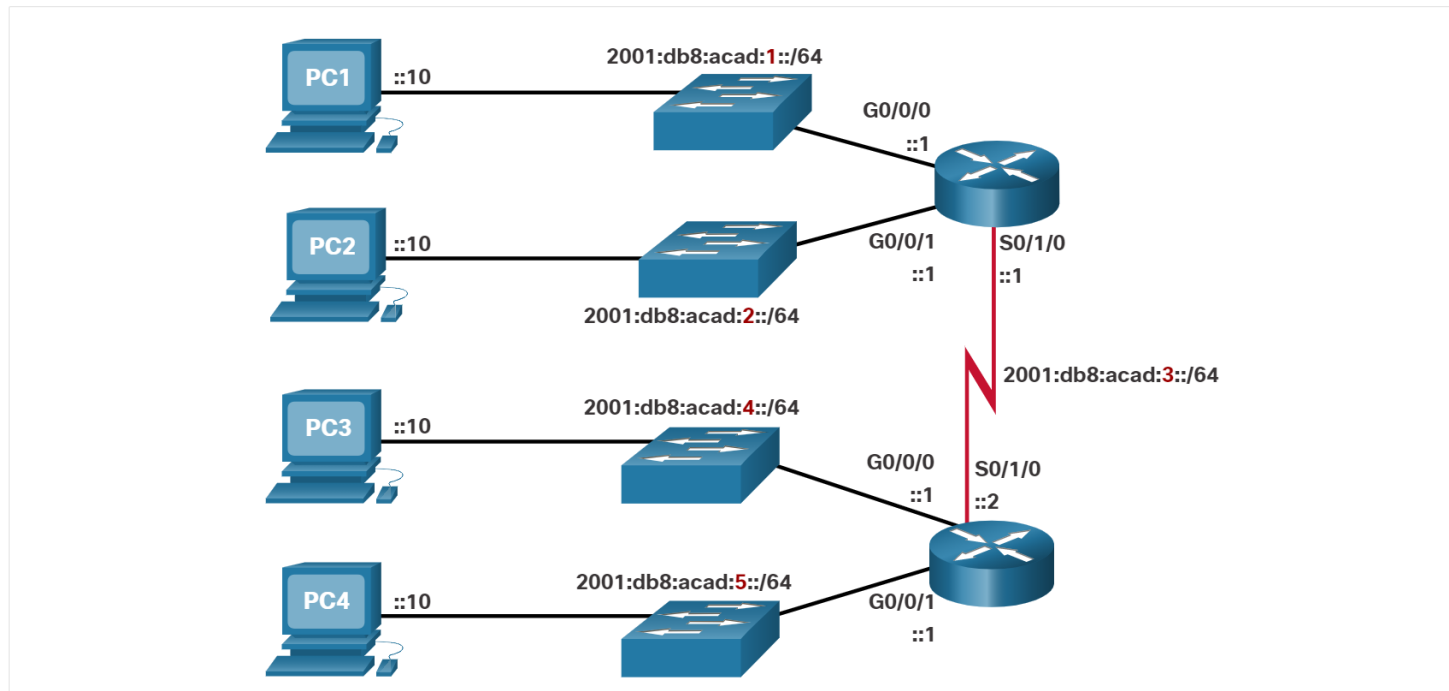
# Sub-rede usando o ID de sub-rede

Incrementar a ID da sub-rede para  
criar 65.536 sub-redes



```
2001:db8:acad:0000::/64
2001:db8:acad:0001::/64
2001:db8:acad:0002::/64
2001:db8:acad:0003::/64
2001:db8:acad:0004::/64
2001:db8:acad:0005::/64
2001:db8:acad:0006::/64
2001:db8:acad:0007::/64
2001:db8:acad:0008::/64
2001:db8:acad:0009::/64
2001:db8:acad:000a::/64
2001:db8:acad:000b::/64
2001:db8:acad:000c::/64
Sub-redes 13 - 65.534 não exibidas
2001:db8:acad:fff::/64
```

# Sub-rede usando o ID de sub-rede



# IPv6 Link Local Address (LLA)

Um endereço IPv6 de link-local permite que um dispositivo se comunique com outros dispositivos habilitados para IPv6 no mesmo link e somente nesse link (sub-rede). Os pacotes com endereço de link local origem ou destino não podem ser roteados além do link de onde o pacote foi originado.

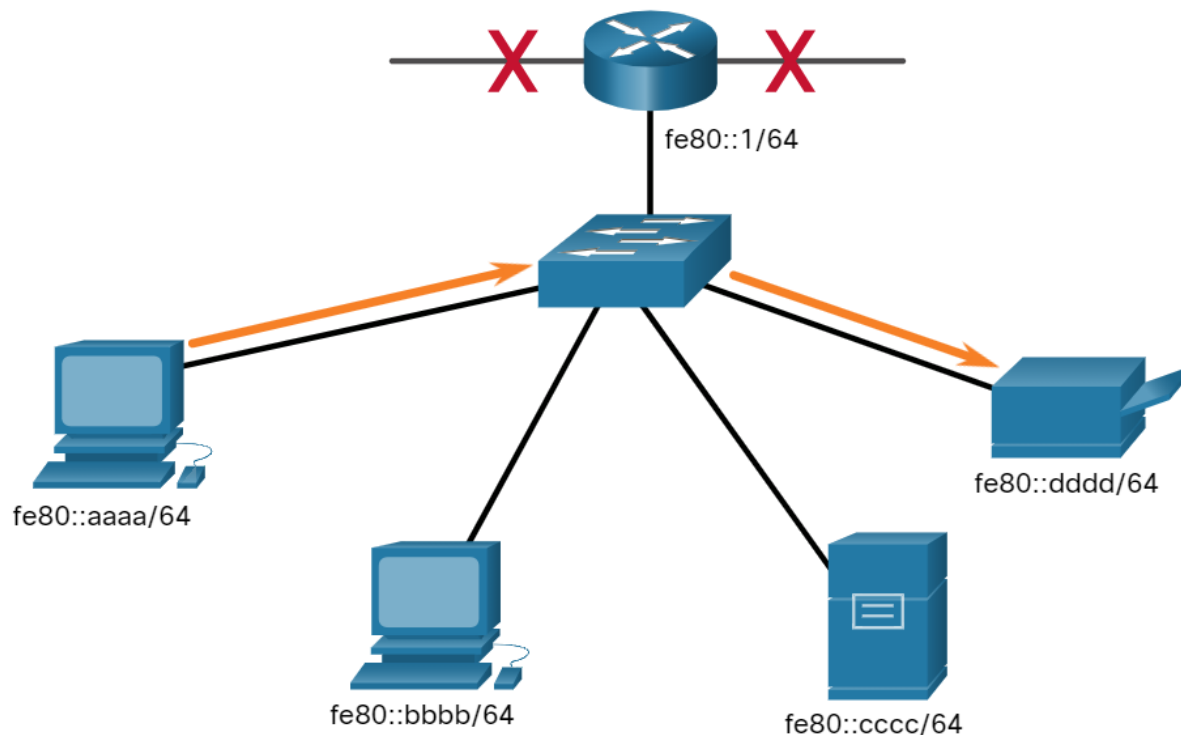
Se um LLA não estiver configurado manualmente em uma interface, o dispositivo criará automaticamente um próprio, sem se comunicar com um servidor DHCP. Os hosts habilitados para LLA IPv6 criarão um endereço IPv6 mesmo que não tenha sido atribuído um endereço IPv6 unicast global ao dispositivo. Isso permite que dispositivos habilitados para IPv6 se comuniquem com outros dispositivos semelhantes na mesma sub-rede. Isso inclui a comunicação com o gateway padrão (roteador).

**FE80::/10 – FEBF::/10**

# IPv6 Link Local Address (LLA)

Pacote IPv6

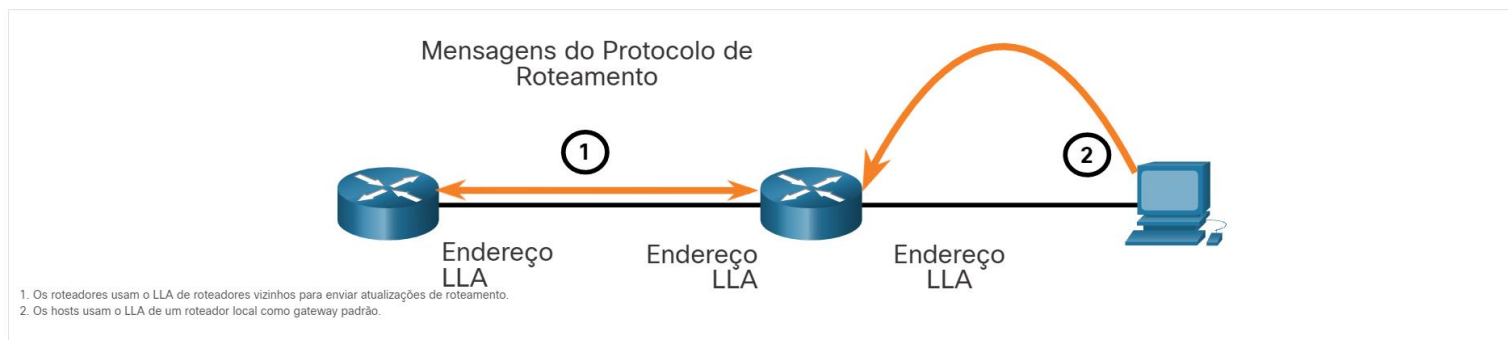
Endereço IPv6 origem	Endereço IPv6 Destino
fe80::aaaa	fe80::dddd





# IPv6 Link Local Address (LLA)

**Observação:** Normalmente, é o LLA do roteador, e não a GUA, que é usado como o gateway padrão para outros dispositivos no link.



Há duas maneiras pelas quais um dispositivo pode obter um LLA:

- Estaticamente** - Isso significa que o dispositivo foi configurado manualmente.
- Dinamicamente** - Isso significa que o dispositivo cria seu próprio ID de interface usando valores gerados aleatoriamente ou usando o método de Identificador Único Extended (EUI), que usa o endereço MAC do cliente juntamente com bits adicionais.

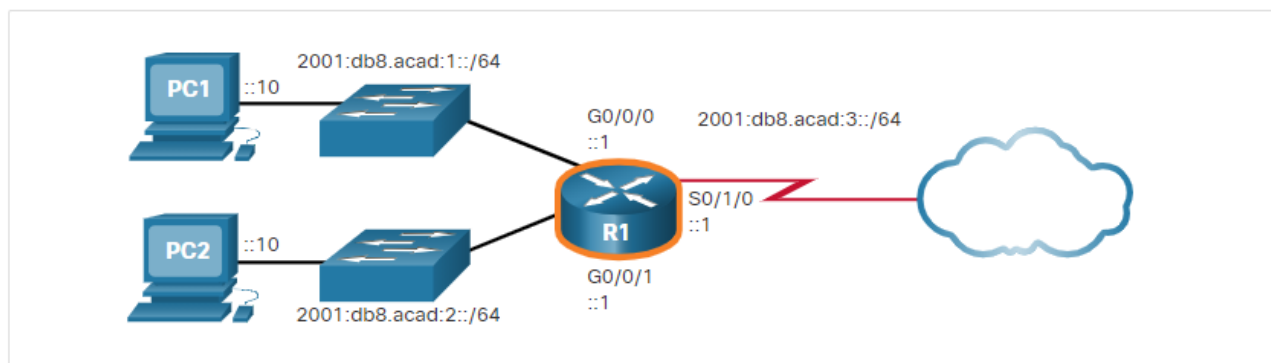
# Configurando IPv6 – Cisco IOS

# Configuração de GUA estática em um roteador

O exemplo de configuração usa a topologia mostrada na Figura e as seguintes sub-redes IPv6:

- 2001:db8:acad:1::/64
- 2001:db8:acad:2::/64
- 2001:db8:acad:3::/64

## Exemplo de Topologia



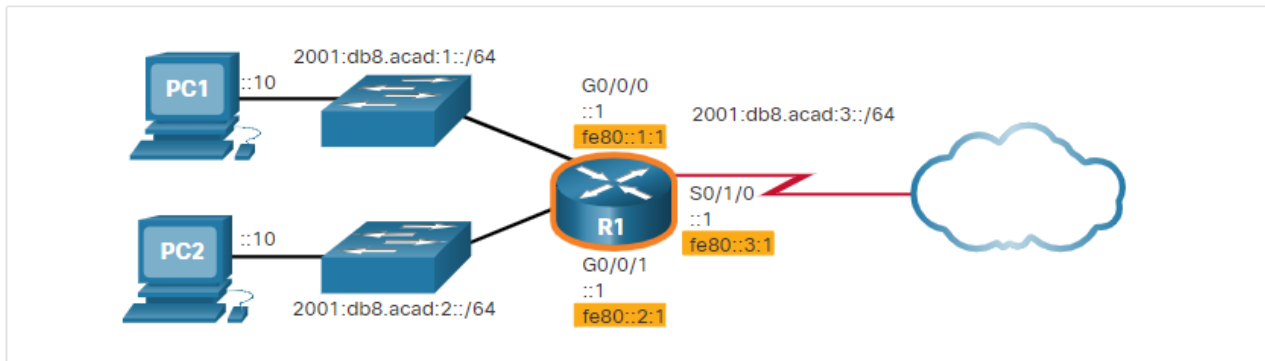
O exemplo mostra os comandos necessários para configurar o IPv6 GUA no GigabitEthernet 0/0/0, GigabitEthernet 0/0/1 e na interface Serial 0/1/0 do R1.

## Configuração IPv6 GUA no Roteador R1

```
R1(config)# interface GigabitEthernet 0/0/0
R1(config-if)# ipv6 address 2001:db8:acad:1::1/64
R1(config-if)# no shutdown
R1(config-if)# exit
R1(config)# interface GigabitEthernet 0/0/1
R1(config-if)# ipv6 address 2001:db8:acad:2::1/64
R1(config-if)# no shutdown
R1(config-if)# exit
R1(config)# interface serial 0/1/0
R1(config-if)# ipv6 address 2001:db8:acad:3::1/64
R1(config-if)# no shutdown
```

# Configuração de LLA estática em um roteador

## Exemplo de Topologia com LLAs



O exemplo mostra a configuração de um LLA no roteador R1.

```
R1(config)# interface gigabitethernet 0/0/0
R1(config-if)# ipv6 address fe80::1:1 link-local
R1(config-if)# exit
R1(config)# interface gigabitethernet 0/0/1
R1(config-if)# ipv6 address fe80::2:1 link-local
R1(config-if)# exit
R1(config)# interface serial 0/1/0
R1(config-if)# ipv6 address fe80::3:1 link-local
R1(config-if)# exit
```

Os LLAs configurados estaticamente são usados para torná-los mais facilmente reconhecíveis como pertencentes ao roteador R1. Neste exemplo, todas as interfaces do roteador R1 foram configuradas com um LLA que começa com **fe80::1:n** e um dígito exclusivo à direita "n". O "1" representa o roteador R1.

Seguindo a mesma sintaxe do roteador R1, se a topologia incluísse o roteador R2, ele teria suas três interfaces configuradas com os LLAs fe80::2:1, fe80::2:2 e fe80::2:3.

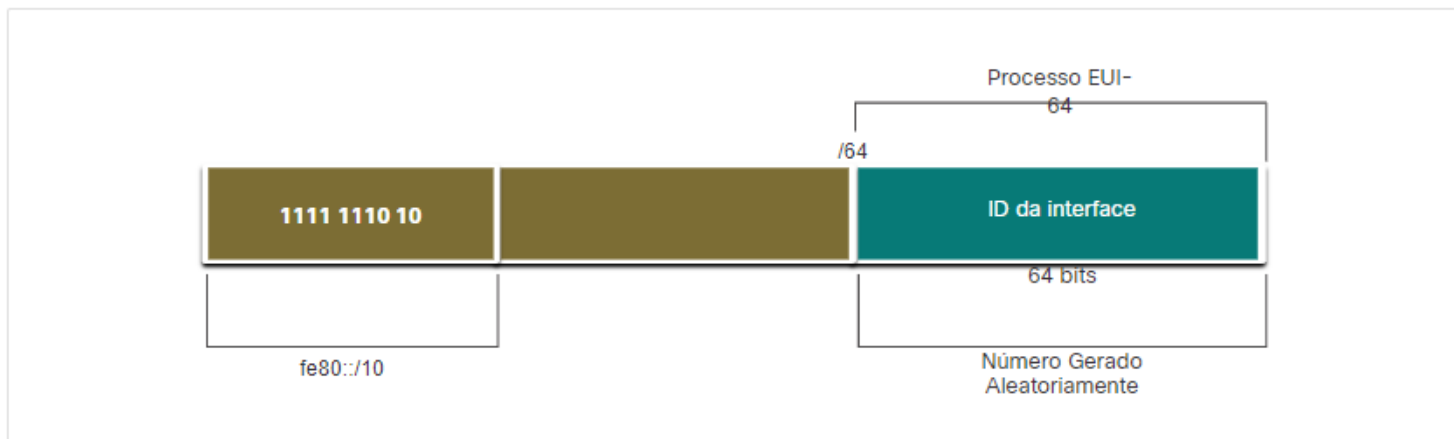
**Observação:** O mesmo LLA pode ser configurado em cada link, desde que seja exclusivo nesse link. Isso é possível porque as interfaces de link local só precisam ser exclusivas nesse link. No entanto, a prática comum é criar um LLA diferente em cada interface do roteador para facilitar a identificação do roteador e da interface específica.

# LLA Dinâmico

# IPv6 Link Local Address (LLA)

Todos os dispositivos IPv6 devem ter um IPv6 LLA. Assim como IPv6 GUAs, você também pode criar LLAs dinamicamente. Independentemente de como você cria seus LLAS (e seus GUAs), é importante que você verifique toda a configuração de endereço IPv6. Este tópico explica a verificação de configuração de LLAs e IPv6 gerados dinamicamente.

A Figura 1 mostra que o endereço de link local é criado dinamicamente com o prefixo FE80::/10 e que a ID da interface é criada por meio do processo EUI-64 ou por um número de 64 bits gerado aleatoriamente.



# IPv6 Link Local Address (LLA)

Sistemas operacionais, como o Windows, normalmente usarão o mesmo método para um GUA criado pelo SLAAC e um LLA atribuído dinamicamente. Veja as áreas destacadas nos exemplos a seguir que foram mostrados anteriormente.

ID da interface gerada com EUI-64

```
C:\> ipconfig
Windows IP Configuration
Adaptador Ethernet Conexão de Área Local:
Específico de Conexão Sufixo DNS. :
IPv6 Address. . . . . : 2001:db8:acad:1:fc 99:47ff:fe75:cee0
Link-local IPv6 Address . . . . : fe80::fc99:47ff:fe75:cee0
Gateway Padrão . . . . . : fe80::1
C:\>
```

ID da interface gerada aleatoriamente com 64 bits

```
C:\> ipconfig
Windows IP Configuration
Adaptador Ethernet Conexão de Área Local:
Específico de Conexão Sufixo DNS. :
IPv6 Address. . . . . : 2001:db8:acad:1:50a 5:8 a35:a5bb:66e1
Link-local IPv6 Address . . . . : fe80::50a 5:8 a35:a5bb:66e1
Gateway Padrão . . . . . : fe80::1
C:\>
```