

Laboratório Jool [NAT64 Stateful + DNS64]

Objetivo

- Fornecer acesso à Internet **IPv4-Only** a partir de uma rede **IPv6-Only**, utilizando a técnica de transição **NAT64 Stateful** (RFC 6146) e um servidor **DNS64** (RFC 6147).

Topologia

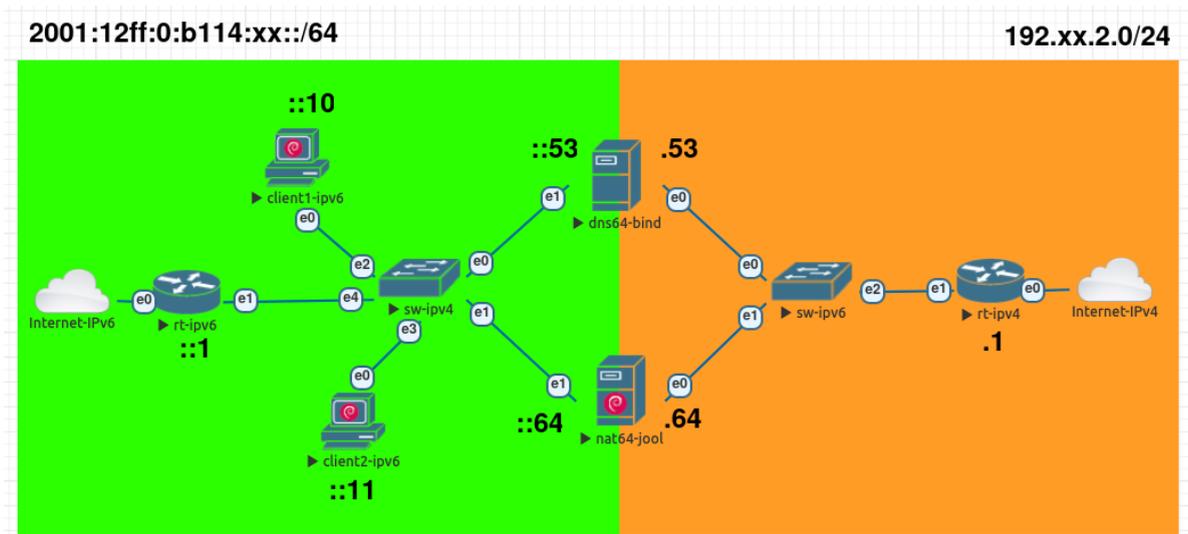


Fig. 1: Topologia NAT64+DNS64

Softwares Utilizados

- **Clientes:** Debian 12 (Bookworm) + MATE Desktop Environment
- **Servidor (nat64-jool):** Debian 12.5.0 (Bookworm)
 - **Jool:** 4.1.12
- **Servidor (dns64-bind):** Debian 12.5.0 (Bookworm)
 - **BIND:** 9.18.19-1

⚠ Importante

Para todos os equipamentos, use as seguintes credenciais:

- **Usuário:** root
- **Senha:** toor

⚡ Atenção

- Lembre-se de trocar o **xx** pelo número do seu grupo, utilizando sempre **dois dígitos**.
- Para acessar os equipamentos, basta dar um duplo clique no equipamento.

Tutorial

Parte 0 - Preparação do Ambiente

Antes de começar o tutorial é necessário efetuar algumas configurações prévias na rede.

Etapa 1 - Configurações Iniciais dos Roteadores [rt-ipv6 e rt-ipv4]

1. Acesse o **rt-ipv6**.
2. Execute o script de configuração com o seguinte comando:

```
# ./auto-config.sh
```

- a. Digite o número do seu **grupo**
- b. Confirme a configuração digitando 's'
- c. Ou digite 'n' para inserir o grupo novamente

3. Faça o seguinte teste de ping

```
# ping -c4 2001:4860:4860::8888
```

⚠ Atenção

Quando for testar as configurações no **rt-ipv4**, utilize o seguinte comando

```
# ping -c4 8.8.8.8
```

Repita os passos acima para o roteador **rt-ipv4**.

Etapa 2 - Configurações Iniciais do servidor dns64-bind

Nos servidores vamos configurar as interfaces de rede manualmente.

1. Acesse o servidor **dns64-bind**
2. Utilize um editor de texto para abrir os arquivos de configuração de rede (nano, vi, vim.tiny ou outro de sua preferência)

```
# nano /etc/network/interfaces
```

3. Edite o arquivo e insira as configurações abaixo

```
auto ens3
iface ens3 inet static
address 192.xx.2.53/24
gateway 192.xx.2.1

auto ens4
iface ens4 inet6 static
address 2001:12ff:0:b114:xx::53/64
gateway 2001:12ff:0:b114:xx::1
```

4. Salve as modificações e saia do arquivo

✍ Dica

Para salvar as alterações utilize a combinação de teclas **Ctrl+O** (confirmar com a tecla **ENTER**)

Para sair do **nano** utilize a combinação de teclas **Ctrl+X**

5. Reinicie o serviço de rede com o comando abaixo

```
# systemctl restart networking
```

6. Verifique se todas as interfaces foram configuradas corretamente.

```
# ip addr show
```

7. Configure o endereço do servidor DNS. Abra o arquivo *resolv.conf*

```
# nano /etc/resolv.conf
```

8. Insira as seguintes configurações

```
nameserver 192.xx.2.53  
nameserver 2001:12ff:0:b114:xx::53
```

9. Faça os seguintes teste de **ping**, para verificar se o servidor tem acesso a Internet (tanto IPv4 quando IPv6)

```
# ping -4c4 ipv6.br  
# ping -6c4 ipv6.br
```

Etapa 3 - Configurações Iniciais dos servidor nat64-jool

1. Acesse o servidor **nat64-jool**

2. Utilize um editor de texto para abrir os arquivos de configuração de rede (nano, vi, vim.tiny ou outro de sua preferência)

```
# nano /etc/network/interfaces
```

3. Edite o arquivo e insira as configurações abaixo

```
auto ens3  
iface ens3 inet static  
    address 192.xx.2.64/24  
    gateway 192.xx.2.1  
  
iface ens3 inet static  
    address 192.xx.2.65/24  
  
auto ens4  
iface ens4 inet6 static  
    address 2001:12ff:0:b114:xx::64/64  
    gateway 2001:12ff:0:b114:xx::1
```

4. Salve as modificações e saia do arquivo

5. Reinicie o serviço de rede com o comando abaixo

```
# systemctl restart networking
```

6. Verifique se todas as interfaces foram configuradas corretamente.

```
# ip addr show
```

7. Configure o endereço do servidor DNS. Abra o arquivo *resolv.conf*

```
# nano /etc/resolv.conf
```

8. Insira as seguintes configurações

```
nameserver 192.xx.2.53
nameserver 2001:12ff:0:b114:xx::53
```

9. Faça os seguintes teste de **ping**, para verificar se o servidor tem acesso a Internet (tanto IPv4 quando IPv6)

```
# ping -4c4 ipv6.br
# ping -6c4 ipv6.br
```

10. Mude o hostname do servidor e reinicie o mesmo

```
# echo nat64-jool > /etc/hostname
# reboot
```

Etapa 4 - Configurações Iniciais dos Clientes [client1-ipv6 e client1-ipv6]

1. Acesse o **client1-ipv6**
2. Abre o terminal (clique no ícone do terminal na barra superior)
3. Execute o script de configuração com o seguinte comando:

```
# ./auto-config.sh
```

- a. Digite o número do seu **grupo**.
- b. Confirme a configuração digitando 's'.
- c. Ou digite 'n' para inserir o grupo novamente.

4. Verifique se todas as interfaces foram configuradas corretamente.

```
# ip addr show
```

5. Configure o endereço do servidor DNS com o seguinte comando.

```
# echo "nameserver 2001:12ff:0:b114:xx::53" > /etc/resolv.conf
```

6. Faça o seguintes teste de **ping**, para verificar se o servidor tem acesso a Internet IPv6.

```
# ping -6c4 ipv6.br
```

7. Abra o navegador Mozilla Firefox (clique no ícone localizado na barra superior)
8. Acesse o site **ipv6.br**
9. Acesse o site *IPv4 Only* **ipv4.jamieweb.net**

Foi possível acessar os dois sites?

Repita os passos acima para o **client2-ipv6**.

Parte 1 - Configuração NAT64 Stateful [nat64-jool]

Etapa 1 - Ativar o encaminhamento de pacotes

1. Ative o encaminhamento de pacotes nas interfaces com o seguinte comando.

```
# sysctl -w net.ipv4.conf.all.forwarding=1
# sysctl -w net.ipv6.conf.all.forwarding=1
```

Etapa 2 - Instalação do Jool

1. Certifique-se de que o *header* mais recente do seu *kernel* está sendo utilizado.

```
# apt update
```

```
# apt install linux-headers-$(uname -r) -y
```

2. Entre no diretório /tmp (isso evita erros de permissão do apt).

```
# cd /tmp
```

3. Baixe os arquivos .deb diretamente do repositório oficial do Jool no Github.

```
# wget https://github.com/NICMx/Jool/releases/download/v4.1.13/jool-dkms_4.1.13-1_all.deb  
https://github.com/NICMx/Jool/releases/download/v4.1.13/jool-tools_4.1.13-1_amd64.deb
```

⚠ Importante

O comando acima deve ser digitado em uma única linha.

4. Instale os pacotes baixados.

```
# apt install ./jool-dkms_4.1.13-1_all.deb ./jool-tools_4.1.13-1_amd64.deb -y
```

✍ Nota

É possível instalar o Jool diretamente do repositório do Debian 12 com os seguintes comandos:

```
# apt install jool-dkms jool-tools
```

Isso instalará os pacotes presentes no repositório *stable* do Debian 12, o qual contém a versão 4.1.9 (**verificado no dia 22/07/2024**).

Etapa 3 - Configuração do Jool

1. Ative o módulo do Jool.

```
# modprobe jool
```

Para realizar o processo de tradução, vamos utilizar a rede **64:ff9b::/96** (RFC 6052), a qual será utilizada para "incorporar" os endereços IPv4.

Por exemplo: 64:ff9b::203.0.113.8

2. Crie a instância Jool chamada "nat64", a qual utilizará a rede IPv6 64:ff9b::/96.

```
# jool instance add "nat64" --netfilter --pool6 64:ff9b::/96
```

3. Verifique se a instância foi criada corretamente.

```
# jool instance display
```

A partir desse momento, a tradução já estará funcionando. Vamos realizar alguns testes de conectividade.

Etapa 4 - Testes de Conectividade [client1-ipv6 e client2-ipv6]

1. Acesse o computador **client1-ipv6** e faça os seguintes teste de *ping*

```
# ping -c4 64:ff9b::8.8.8.8
```

2. Acesse o computador **client2-ipv6** e faça os seguintes teste de *ping*

```
# ping -c4 64:ff9b::200.160.4.9
```

Os testes de *ping* funcionaram?

Etapa 5 - Criar Rota para a rede 64:ff9b::/96 [rt-ipv6]

Os teste não funcionaram, pois se faz necessário criar uma rota estática para a rede **64:ff9b::/96** no `rt-ipv6`, direcionando para o endereço IP do servidor `nat64-jool`.

1. Abra o `rt-ipv6`
2. Crie a seguinte rota estática

```
# ip -6 route add 64:ff9b::/96 via 2001:12ff:0:b114:xx::64
```

Nota

- Essa configuração não é permanente, dessa forma se o roteador for reiniciado, será necessário realizar a mesma novamente.
- Para adicionar uma rota permanentemente, adicione a seguinte linha no arquivo **/etc/conf.d/staticroute**

```
staticiproute="64:ff9b::/96 via 2001:12ff:0:b114:99::64"
```

- Para mais informações veja o seguinte link: https://wiki.alpinelinux.org/wiki/How_to_configure_static_routes

Faça novamente os teste de conectividade

3. Acesse o computador **client1-ipv6** e faça os seguintes teste de *ping*

```
# ping 64:ff9b::8.8.8.8
```

4. Acesse o computador **client2-ipv6** e faça os seguintes teste de *ping*

```
# ping 64:ff9b::1.1.1.1
```

Os teste deram certo?

Nota

- Veja que os endereços IPv4 foram traduzidos para hexadecimal quando incorporados no endereço IPv6:
 - **8.8.8.8** → **808:808**
 - **1.1.1.1** → **101:101**

Deixe os teste de **ping** funcionando.

Etapa 6 - Análise das sessões NAT64

Vamos verificar as sessões ICMP que estão ativas em nosso servidor Jool.

1. Acesse o **debian-jool** e verifique as sessões ICMP ativas com o seguinte comando.

```
# jool -i "nat64" session display --icmp
```

Veja que as sessões ICMP ativas (uma para cada cliente).

2. Verifique a relação entre os endereços IPv6 e IPv4 utilizados na tradução.

```
# jool -i "nat64" bib display --icmp
```

O comando acima exibe as informações contidas na BIB (*Binding Information Base*).

Note que para todas as sessões ICMP o mesmo endereço IPv4 é utilizado (**192.xx.2.64**).

Porém, nosso servidor está configurado com dois endereços IPv4 (**192.xx.2.64** e **192.xx.2.65**), mas se faz necessário informar ao Jool que ele deve utilizar ambos os endereços para a tradução.

⚡ Importante

Antes de ir para o próximo passo, pare os comandos de *ping* nos clientes com a combinação de tecla **Ctrl+C**.

Etapa 7 - Configurando o pool4

1. Vamos adicionar os endereços IPv4 em nossa instância do Jool com os seguintes comandos.

```
# jool -i "nat64" pool4 add --tcp 192.xx.2.64 61001-65535
# jool -i "nat64" pool4 add --udp 192.xx.2.64 61001-65535
# jool -i "nat64" pool4 add --icmp 192.xx.2.64 61001-65535

# jool -i "nat64" pool4 add --tcp 192.xx.2.65 61001-65535
# jool -i "nat64" pool4 add --udp 192.xx.2.65 61001-65535
# jool -i "nat64" pool4 add --icmp 192.xx.2.65 61001-65535
```

⚠ Importante

É possível adicionar um *range* de IPv4 no pool4, como por exemplo:

```
# jool -i "nat64" pool4 add --tcp 192.168.0.0/30 61001-65535
```

Esse comando adicionará os seguintes endereços IPv4 no pool4:

- 192.168.0.1
- 192.168.0.2

Por padrão, o Jool aloca o *range* de portas **61001-65535** (o mesmo *range* que utilizamos em nossa configuração).

Caso seja necessário, pode-se aumentar o número de portas utilizados.

Uma recomendação é utilizar uma parte das **portas efêmeras**, utilizadas pelo Linux (32768-61000).

Para mais detalhes, acesse: <https://nicmx.github.io/Jool/en/usr-flags-pool4.html#port-range>

2. Realize novamente os testes de ping.

3. Verifique agora se algo mudou nas sessões ICMP e na BIB.

```
# jool -i "nat64" bib display --icmp
```

```
# jool -i "nat64" session display --icmp
```

Houve mudanças?

Nota

Caso o servidor continue utilizando o mesmo endereço, abra outras abas no terminal (**Ctrl+Shift+T**) e faça outros teste de ping em paralelo, "forçando" o uso de ambos os endereços.

Para mais informações sobre o funcionamento do algoritmo de escolha de endereço e recomendações de configuração, acesse o seguinte link:

- <https://nicmx.github.io/Jool/en/pool4.html>

Nota

Por padrão as sessões ICMP veem configuradas no Jool com o tempo de duração de 1 min (60 segundos).

É possível mudar o tempo das sessões ICMP do Jool com o seguinte comando:

```
# jool -i "nat64" global update icmp-timeout [[HH:]MM:]SS[.mmm]
```

Substituindo as letras pelo tempo desejado.

Por exemplo: para mudar o tempo de duração das sessões para 2 min (dois minutos), usa-se o seguinte comando:

```
# jool -i "nat64" global update icmp-timeout 00:02:00
```

4. Para verificar os pool4 criados, utilize os seguintes comandos.

```
# jool -i "nat64" pool4 display --tcp
# jool -i "nat64" pool4 display --udp
# jool -i "nat64" pool4 display --icmp
```

Etapa 8 - Ativando os Logs

Por padrão, o Jool não vem com os *logs* ativados, no entanto, é recomendável ativá-los para facilitar *auditorias* e processos de *troubleshooting*.

1. Antes de ativar os logs, vamos verificar as opções disponíveis em nossa instância.

```
# jool -i "nat64" global display
```

2. Vamos ativar as opções **logging-bib** e **logging-session**.

```
# jool -i "nat64" global update logging-bib true
# jool -i "nat64" global update logging-session true
```

3. Verifique se as opções foram alteradas com sucesso.

```
# jool -i "nat64" global display
```

4. Utilize o seguinte comando para acessar os *logs* gerados.

```
# journalctl -f
```

⚠ Importante

Só serão exibidos nos *logs* as sessões e informações da BIB que forem criadas **após** a ativação das opções **logging-bib** e **logging-session**.
Dessa forma, se havia sessões ativas, faz-se necessário interromper essas sessões e criar novas sessões.

Etapa 9 - Ativar as configurações permanentemente

Todas as configurações realizadas até o momento não são permanentes. Dessa forma, caso haja a necessidade de reiniciar o servidor, as mesmas serão perdidas.

O Jool oferece a possibilidade de armazenar as configurações em um arquivo (do formato **JSON**). Portanto, é possível manter as configurações permanentemente e facilitar futuras automatizações.

É possível encontrar exemplos de arquivos no diretório **/usr/share/doc/jool-tools/examples/**:

- jool.conf (NAT64)
- jool_siit.conf (SIIT)

Para esse tutorial, foi preparado um arquivo com todas as configurações realizadas até o momento.

Você pode baixar esse arquivo através do seguinte *link*: <https://moodle.saladeaula.nic.br/mod/resource/view.php?id=2506>

1. Antes de realizar as configurações, reinicie o servidor (dessa forma vamos perder todas as configurações realizadas no Jool).

```
# reboot
```

2. Após o servidor reiniciar, ative o módulo do Jool.

```
# modprobe jool
```

⚠ Importante

É possível ativar o módulo do Jool de forma permanente.
Para isso, adicione a seguinte linha no arquivo **/etc/modules**

```
# jool
```

3. Ative o encaminhamento de pacotes nas interfaces.

```
# sysctl -w net.ipv4.conf.all.forwarding=1  
# sysctl -w net.ipv6.conf.all.forwarding=1
```

⚠ Importante

É possível ativar o módulo do Jool de forma permanente.
Para isso, adicione as seguintes linhas no arquivo **/etc/sysctl.conf**

```
net.ipv4.ip_forward = 1  
net.ipv6.conf.all.forwarding = 1
```

4. Crie o diretório onde vamos armazenar o arquivo de configuração do Jool.

```
mkdir /etc/jool
```

5. Acesse o diretório e baixe o arquivo JSON.

```
# cd /etc/jool
# wget -O jool.conf https://owncloud.in.ceptro.br/index.php/s/7Hx2ugj4RJqXjF/download
```

danger

Antes de ir para o próximo passo, edite o arquivo **jool.conf** e substitua o **xx** pelo número do seu grupo.

6. Ative o serviço do Jool.

```
# systemctl start jool
```

7. Verifique se a instância foi criada e se as configurações foram realizadas corretamente.

```
# jool instance display
# jool -i "nat64" global display
# jool -i "nat64" pool4 display --tcp
# jool -i "nat64" pool4 display --udp
# jool -i "nat64" pool4 display --icmp
```

8. Refaça os teste de ping e verifique se as sessões ICMP foram criadas e as informações que constam na BIB.

```
# jool -i "nat64" session display --icmp
# jool -i "nat64" bib display --icmp
```

Nota

Caso seja necessário atualizar alguma configuração, basta editar o arquivo **jool.conf** e reiniciar o serviço do Jool com o seguinte comando.

```
# systemctl restart jool
```

Parte 2 - Configuração DNS64 [dns64-bind]

Etapa 1 - Testes de Acessos a conteúdos IPv4 Only [client1-ipv6 e client2-ipv6]

A tradução de IPv6 para IPv4 está em funcionamento, porém os usuários ainda não conseguem acessar sites que são IPv4.

Antes de configurar o serviço de DNS64, faça os seguintes testes.

1. No **client1-ipv6**, faça o seguinte comando

```
# dig ipv4.jamieweb.net
```

Observe que ele retorna os registros A (IPv4) encontrados.

2. Agora verifique se existem registros AAAA (IPv6), digite o seguinte comando.

```
# dig ipv4.jamieweb.net AAAA
```

Veja que não retornou nenhum registro, confirmando que esse site só é acessível via IPv4.

Repetir os mesmo teste no **client2-ipv6** deve retornar os mesmo resultados.

Etapa 2 - Configurando o servidor dns64-bind

1. No servidor **dns64-bind**, execute o seguinte comando para limpar o arquivo de configuração do bind.

```
# echo > /etc/bind/named.conf.options
```

2. Abra o arquivo de configuração.

```
# nano /etc/bind/named.conf.options
```

3. Insira as seguintes configurações.

```
acl dns64-clients {
    localnets;
};

options {
    directory "/var/cache/bind";
    dnssec-validation auto;
    auth-nxdomain no;
    listen-on-v6 { any; };
    allow-query { dns64-clients; };

    dns64 64:ff9b::/96 {
        clients {dns64-clients; };
    };
};
```

4. Teste as configurações do bind

```
# named-checkconf
```

5. Reinicie o serviço do bind

```
# systemctl restart bind9
```

Etapa 3 - Testes de Acesso utilizando o DNS64 [client1-ipv6 e client2-ipv6]

1. No **client1-ipv6**, refaça o seguinte teste.

```
# dig ipv4.jamieweb.net AAAA
```

Veja que agora ele retornou registros AAAA, porém utilizando a rede 64:ff9b::/96, o qual está incorporando os endereços de IPv4 convertidos em Hexadecimal.

2. Abra o navegador Mozilla Firefox e tente acessar o site ipv4.jamieweb.net.

Conseguiu acessar?

3. ACESSA o servidor **nat64-jool** e veja as sessões TPC criadas.

```
# jool -i "nat64" session display --tcp
```

Veja a quantidade de sessões, FQDNs utilizados, tempo de expiração de cada sessão e endereços IPv4 e IPv6 utilizados na tradução.

Faça o mesmo teste no **client2-ipv6** e veja como o servidor nat64-jool se comporta.

Referências

- **Site Oficial do Projeto Jool**
<https://nicmx.github.io/Jool/en/index.html>
- **[#SemanaCap 7] Curso - Configurando o seu DNS de forma simples e segura**
<https://www.youtube.com/watch?v=JYLwzLh7BJc>
- **Webinar LACNIC - Configuring IPv6 Only Linux Servers**
 - [ENG] <https://www.youtube.com/watch?v=RgyqKlAErsI&t>
 - [ESP] <https://www.youtube.com/watch?v=tG40ZikILWs>
 - [PT-BR] <https://www.youtube.com/watch?v=X6aJd3Z9dLg>
- **The Road Towards IPv6 Only Networks**
 - [ENG] <https://www.youtube.com/watch?v=XY7lprwqotc>
 - [ESP] <https://www.youtube.com/watch?v=aLA5y3X74c0>
 - [PT-BR] <https://www.youtube.com/watch?v=KzJ-Ng2Wolo&t>
- **RFC 6052 - IPv6 Addressing of IPv4/IPv6 Translators**
<https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc6052>
- **RFC 6146 - Stateful NAT64: Network Address and Protocol Translation from IPv6 Clients to IPv4 Servers**
<https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc6146>
- **RFC 6147 - DNS64: DNS Extensions for Network Address Translation from IPv6 Clients to IPv4 Servers**
<https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc6147>