

Laboratório de Redes - Atividade 1A

- 1) Para acessar o roteador de endereço 10.0.1.21, temos duas opções:
 - i. Através do comando **ssh**, **ssh ea080@10.0.1.21**, em que **ea080** é o usuário a ser utilizado para nos conectarmos ao respectivo roteador. A figura 1 abaixo representa o resultado desta operação.

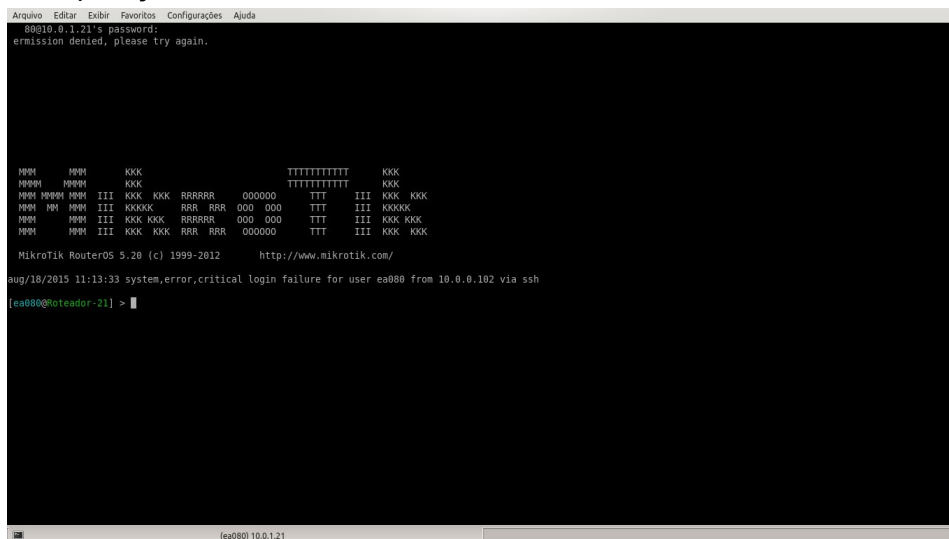


Figura 1: Terminal de acesso ao roteador.

- ii. Através do **browser**, após digitarmos o endereço do router na barra de endereços, conforme representado na figura 2. No caso, acessamos o roteador **10.0.1.23**.

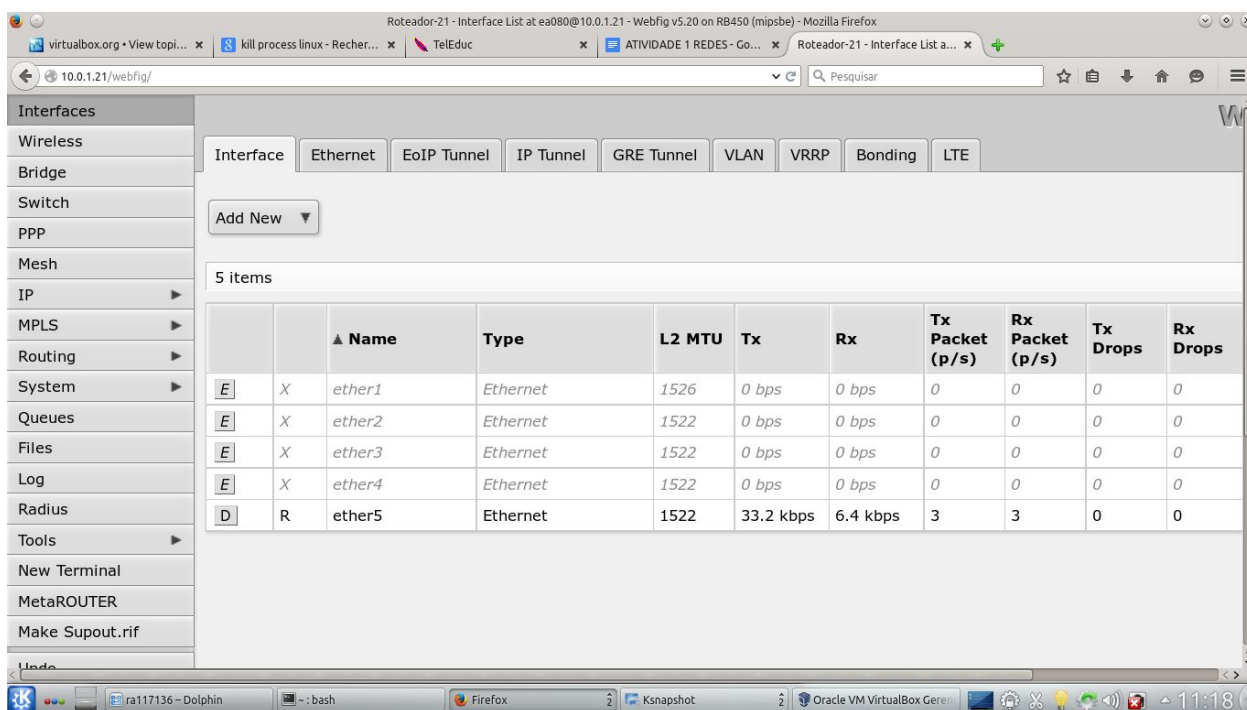


Figura 2: Acesso ao roteador via browser.

- 2) O endereço MAC de switches e roteadores pode ser determinado utilizando o comando **arp** no Linux. Por exemplo, para visualizar o endereço MAC do roteador **arp 10.0.1.21**. A seguir o endereço MAC de alguns elementos:

Endereço	Endereço MAC
10.0.1.21	00:0c:42:2e:e6:92
10.0.1.11	00:0f:3d:ce:d6:87

- 3) A tabela de encaminhamento dos switches relaciona o endereço MAC dos componentes conectados a cada uma de suas portas. A tabela abaixo corresponde ao switch **10.0.1.12**.

VID	VLAN Name	MAC Address	Port	Type
1	default	00-04-96-1F-1E-8C	11	Dynamic
1	default	00-0C-42-28-B3-8B	11	Dynamic
1	default	00-0C-42-2E-A4-62	11	Dynamic
1	default	00-0C-42-2E-A4-67	11	Dynamic
1	default	00-0C-42-2E-A4-71	11	Dynamic
1	default	00-0C-42-2E-A4-76	11	Dynamic
1	default	00-0C-42-2E-E6-92	11	Dynamic
1	default	00-0D-88-62-D1-80	11	Dynamic
1	default	00-0F-3D-CE-D6-87	11	Dynamic
1	default	00-0F-3D-CE-D6-F4	CPU	Self
1	default	D0-27-88-98-A9-4C	11	Dynamic
1	default	D0-27-88-98-AE-02	11	Dynamic
1	default	D0-27-88-98-AE-5F	4	Dynamic
1	default	D0-27-88-98-B0-19	11	Dynamic
1	default	D0-27-88-98-B0-28	11	Dynamic
1	default	D0-27-88-98-B0-3F	3	Dynamic
1	default	D0-27-88-98-B0-41	1	Dynamic
1	default	D0-27-88-98-B0-49	11	Dynamic
1	default	D0-27-88-98-B0-50	2	Dynamic
1	default	D0-27-88-98-B0-80	11	Dynamic
1	default	D0-27-88-9C-83-93	11	Dynamic
1	default	D0-27-88-D4-E0-18	11	Dynamic

Observamos que as máquinas correspondentes **10.0.0.102**, **10.0.0.107**, **10.0.0.112** e **10.0.0.117** estão conectadas nas portas 1 a 4, respectivamente, deste switch. Os outros componentes (roteadores e outros switches) estão ligados a este switch através da porta 11. As outras portas estão desabilitadas conforme previsto.

- 4) Observamos a seguir o tráfego entre o PC **10.0.0.102** e o roteador **10.0.1.23** através do WireShark para algumas mensagens do protocolo ARP e ICMP (correspondente ao ping).

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
196	16.196022	Routerbo_28:b3:8b	HonHaiPr_98:b0:41	ARP	60	Who has 10.0.0.102? Tell 10.0.1.26

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
197	16.196037	HonHaiPr_98:b0:41	Routerbo_28:b3:8b	ARP	42	10.0.0.102 is at d0:27:88:98:b0:41

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
605	50.151330	10.0.0.102	10.0.1.23	ICMP	98	Echo (ping) request id=0x110e, seq=1/256, ttl=64

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
606	50.151716	10.0.1.23	10.0.0.102	ICMP	98	Echo (ping) reply id=0x110e, seq=1/256, ttl=64

As duas primeiras mensagens, correspondentes ao protocolo ARP, são produzidas quando qualquer um dos outros componentes requer o endereço MAC da minha máquina, cujo endereço IP é **10.0.0.102**. Neste caso, quando recebemos uma solicitação deste tipo (primeira mensagem da tabela acima), enviamos o resultado para a máquina que solicitou esta informação.

Laboratório de Redes - Atividade 1B

- 1) A tabela a seguir mostra os resultados obtidos no WireShark para os pacotes trocados em uma requisição de um PING feito pela máquina virtual **10.0.0.122** para o host **10.0.0.102**.

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
1	0.000000	Routerbo_28:b3:8b	HonHaiPr_98:b0:41	ARP	60	Who has 10.0.0.102? Tell 10.0.1.26

Frame 1: 60 bytes on wire (480 bits), 60 bytes captured (480 bits)
 Ethernet II, Src: Routerbo_28:b3:8b (00:0c:42:28:b3:8b), Dst: HonHaiPr_98:b0:41 (d0:27:88:98:b0:41)
 Address Resolution Protocol (request)

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
2	0.000015	HonHaiPr_98:b0:41	Routerbo_28:b3:8b	ARP	42	10.0.0.102 is at d0:27:88:98:b0:41

Frame 2: 42 bytes on wire (336 bits), 42 bytes captured (336 bits)
 Ethernet II, Src: HonHaiPr_98:b0:41 (d0:27:88:98:b0:41), Dst: Routerbo_28:b3:8b (00:0c:42:28:b3:8b)
 Address Resolution Protocol (reply)

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
5	6.794434	10.0.0.102	10.0.0.122	ICMP	98	Echo (ping) request id=0x12ba, seq=1/256, ttl=64

Frame 5: 98 bytes on wire (784 bits), 98 bytes captured (784 bits)
 Ethernet II, Src: HonHaiPr_98:b0:41 (d0:27:88:98:b0:41), Dst: CadmusCo_30:b0:54 (08:00:27:30:b0:54)
 Internet Protocol Version 4, Src: 10.0.0.102 (10.0.0.102), Dst: 10.0.0.122 (10.0.0.122)
 Internet Control Message Protocol

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
6	6.794699	CadmusCo_30:b0:54	Broadcast	ARP	60	Who has 10.0.0.102? Tell 10.0.0.122

Frame 6: 60 bytes on wire (480 bits), 60 bytes captured (480 bits)
 Ethernet II, Src: CadmusCo_30:b0:54 (08:00:27:30:b0:54), Dst: Broadcast (ff:ff:ff:ff:ff:ff)
 Address Resolution Protocol (request)

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
7	6.794709	CadmusCo_30:b0:54	Broadcast	ARP	60	Who has 10.0.0.102? Tell 10.0.0.122

Frame 7: 60 bytes on wire (480 bits), 60 bytes captured (480 bits)
 Ethernet II, Src: CadmusCo_30:b0:54 (08:00:27:30:b0:54), Dst: Broadcast (ff:ff:ff:ff:ff:ff)
 Address Resolution Protocol (request)

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
-----	------	--------	-------------	----------	--------	------

8 6.794719 HonHaiPr_98:b0:41 CadmusCo_30:b0:54 ARP 42 10.0.0.102 is at d0:27:88:98:b0:41

Frame 8: 42 bytes on wire (336 bits), 42 bytes captured (336 bits)

Ethernet II, Src: HonHaiPr_98:b0:41 (d0:27:88:98:b0:41), Dst: CadmusCo_30:b0:54 (08:00:27:30:b0:54)
Address Resolution Protocol (reply)

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
9	6.794843	10.0.0.122	10.0.0.102	ICMP	98	Echo (ping) reply id=0x12ba, seq=1/256, ttl=64

Frame 9: 98 bytes on wire (784 bits), 98 bytes captured (784 bits)

Ethernet II, Src: CadmusCo_30:b0:54 (08:00:27:30:b0:54), Dst: HonHaiPr_98:b0:41 (d0:27:88:98:b0:41)
Internet Protocol Version 4, Src: 10.0.0.122 (10.0.0.122), Dst: 10.0.0.102 (10.0.0.102)
Internet Control Message Protocol

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
10	7.793431	10.0.0.102	10.0.0.122	ICMP	98	Echo (ping) request id=0x12ba, seq=2/512, ttl=64

Frame 10: 98 bytes on wire (784 bits), 98 bytes captured (784 bits)

Ethernet II, Src: HonHaiPr_98:b0:41 (d0:27:88:98:b0:41), Dst: CadmusCo_30:b0:54 (08:00:27:30:b0:54)
Internet Protocol Version 4, Src: 10.0.0.102 (10.0.0.102), Dst: 10.0.0.122 (10.0.0.122)
Internet Control Message Protocol

Observamos que a tabela ARP da máquina virtual é atualizada com a nova entrada do endereço MAC da máquina host, conforme abaixo:

```
? (10.0.1.254) em 00:0d:88:62:d1:80 [ether] em eth0
? (10.0.0.122) em 08:00:27:30:b0:54 [ether] em eth0
? (10.0.1.26) em 00:0c:42:28:b3:8b [ether] em eth0
```

- 2) O endereço MAC de destino do pacote ARP de requisição correspondente à máquina **10.0.0.102** é d0:27:88:98:b0:41.

No campo TIPO dos cabeçalhos Ethernet observamos os tipos IP e ARP.

Quando a máquina real **10.0.0.102** tenta realizar uma operação de ping para a máquina virtual **10.0.0.122**, ela consulta sua tabela ARP para verificar se o endereço MAC desta máquina já está presente nela. Caso não esteja, a máquina real necessita atualizar sua tabela e para isso envia uma mensagem ARP perguntando para as máquinas presentes na rede qual delas possui o endereço procurado. A máquina que possui este endereço responde com o MAC procurado e em seguida está pronta para continuar a enviar os pacotes ICMP.

- 3) O comando **netstat -in** tem como resultado

eth0	1500	0	78054	0	0	0	63065	0	0	0	BMRU
lo	16436	0	37	0	0	0	37	0	0	0	LRU

Logo, nosso host apresenta duas interfaces, **eth0** e **lo**, com MTU igual a 1500 e 16436, respectivamente.

O comando **netstat -s**, por sua vez, resulta na lista abaixo. Em negrito, estão representados as quantidades solicitadas de datagramas, pacotes e mensagens.

Ip:

70378 total de pacotes recebidos
0 encaminhado
0 pacotes de entrada descartados
70373 pacotes de entrada entregues
64290 requisições enviadas

Icmp:

880 mensagens ICMP recebidas
29 mensagens ICMP de entrada com problemas.
Histograma de entrada ICMP:
destino inalcançável: 36
redirecionamentos: 139
requisições de eco: 492
respostas de eco: 213
858 mensagens ICMP enviadas
0 mensagens ICMP falharam
Histograma de saída ICMP
destino inalcançável: 159
requisição echo: 233
respostas de eco: 466

IcmpMsg:

InType0: 213
InType3: 36
InType5: 139
InType8: 492
OutType0: 466
OutType3: 159
OutType8: 233

Tcp:

530 conexões ativas abertas
51 conexões passivas abertas
8 tentativas de conexão que falharam
2 reinícios de conexões recebidos
4 conexões estabelecidas
63095 segmentos recebidos
60426 segmentos enviados
229 segmentos retransmitidos
13 segmentos inválidos recebidos
219 reinícios enviados

Udp:

3945 pacotes recebidos
145 pacotes recebidos para uma porta desconhecida
0 erros na recepção de pacotes
2775 pacotes enviados

Um loopback é um canal de comunicação com apenas um ponto final. Qualquer mensagem transmitida por meio de tal canal é imediatamente recebida pelo mesmo canal. Esse tipo de interface pode ser utilizada para testar o funcionamento do canal de comunicação. A diferença de comportamento entre **RX-OK** e **TX-OK** nos dois casos se explica justamente pela característica da interface eth0, na qual nem todos os pacotes são transmitidos com sucesso (por exemplo, as mensagens UDP perdidas não são reenviadas).

- 4) Após realizar uma operação de ping para uma determinada máquina, a tabela ARP passa a conter em uma de suas entradas esta máquina e seu endereço MAC correspondente. Após alguns minutos, esta entrada é eliminada da tabela ARP, como esperado.

A saída abaixo foi capturada pelo Wireshark após um comando de ping para uma máquina desconhecida até então pelo host. Essa máquina tem endereço 10.0.0.116 e, conforme esperado, primeiramente o host pergunta o respectivo endereço MAC e, após recebê-lo, efetua o comando ping.

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
Tell 10.0.0.137	1 0.000000	CadmusCo_86:81:19	Broadcast	ARP	60	Who has 10.0.0.102?
No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
d0:27:88:98:b0:41	2 0.000016	HonHaiPr_98:b0:41	CadmusCo_86:81:19	ARP	42	10.0.0.102 is at
No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
Tell 10.0.1.26	3 0.242449	Routerbo_28:b3:8b	HonHaiPr_98:b0:41	ARP	60	Who has 10.0.0.102?
No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
d0:27:88:98:b0:41	4 0.242465	HonHaiPr_98:b0:41	Routerbo_28:b3:8b	ARP	42	10.0.0.102 is at
No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
Tell 10.0.0.137	15 1.000927	CadmusCo_86:81:19	Broadcast	ARP	60	Who has 10.0.0.102?
No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
d0:27:88:98:b0:41	16 1.000951	HonHaiPr_98:b0:41	CadmusCo_86:81:19	ARP	42	10.0.0.102 is at
No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
Tell 10.0.0.102	51 23.272486	HonHaiPr_98:b0:41	Broadcast	ARP	42	Who has 10.0.0.116?
No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
d0:27:88:98:ad:fc	52 23.272714	HonHaiPr_98:ad:fc	HonHaiPr_98:b0:41	ARP	60	10.0.0.116 is at
No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
id=0x1367, seq=1/256, ttl=64	53 23.272731	10.0.0.102	10.0.0.116	ICMP	98	Echo (ping) request
No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
id=0x1367, seq=1/256, ttl=64	54 23.272910	10.0.0.116	10.0.0.102	ICMP	98	Echo (ping) reply
No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
id=0x1367, seq=2/512, ttl=64	55 24.271480	10.0.0.102	10.0.0.116	ICMP	98	Echo (ping) request
No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
id=0x1367, seq=2/512, ttl=64	56 24.271680	10.0.0.116	10.0.0.102	ICMP	98	Echo (ping) reply
No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
57	25.270480	10.0.0.102	10.0.0.116	ICMP	98	Echo (ping) request id=0x1367, seq=3/768, ttl=64
58	25.270740	10.0.0.116	10.0.0.102	ICMP	98	Echo (ping) reply id=0x1367, seq=3/768, ttl=64
59	26.270232	10.0.0.102	10.0.0.116	ICMP	98	Echo (ping) request id=0x1367, seq=4/1024, ttl=64
60	26.270483	10.0.0.116	10.0.0.102	ICMP	98	Echo (ping) reply id=0x1367, seq=4/1024, ttl=64
63	28.282191	HonHaiPr_98:ad:fc	HonHaiPr_98:b0:41	ARP	60	Who has 10.0.0.102? Tell 10.0.0.116
64	28.282207	HonHaiPr_98:b0:41	HonHaiPr_98:ad:fc	ARP	42	10.0.0.102 is at d0:27:88:98:b0:41
73	33.228372	Routerbo_28:b3:8b	HonHaiPr_98:b0:41	ARP	60	Who has 10.0.0.102? Tell 10.0.1.26
74	33.228388	HonHaiPr_98:b0:41	Routerbo_28:b3:8b	ARP	42	10.0.0.102 is at d0:27:88:98:b0:41

4) a)

Ao realizar um *gratuitous reply* com o comando arping, observamos no relatório de atividades as mensagens abaixo.

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
111	46.851314	HonHaiPr_98:b0:41	Broadcast	ARP	42	Gratuitous ARP for 10.0.0.102 (Reply)

Frame 111: 42 bytes on wire (336 bits), 42 bytes captured (336 bits)
 Ethernet II, Src: HonHaiPr_98:b0:41 (d0:27:88:98:b0:41), Dst: Broadcast (ff:ff:ff:ff:ff:ff)
 Address Resolution Protocol (reply/gratuitous ARP)

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
132	47.851364	HonHaiPr_98:b0:41	Broadcast	ARP	42	Gratuitous ARP for 10.0.0.102 (Reply)

Frame 132: 42 bytes on wire (336 bits), 42 bytes captured (336 bits)
 Ethernet II, Src: HonHaiPr_98:b0:41 (d0:27:88:98:b0:41), Dst: Broadcast (ff:ff:ff:ff:ff:ff)
 Address Resolution Protocol (reply/gratuitous ARP)

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
133	48.851415	HonHaiPr_98:b0:41	Broadcast	ARP	42	Gratuitous ARP for 10.0.0.102 (Reply)

Frame 133: 42 bytes on wire (336 bits), 42 bytes captured (336 bits)
 Ethernet II, Src: HonHaiPr_98:b0:41 (d0:27:88:98:b0:41), Dst: Broadcast (ff:ff:ff:ff:ff:ff)

Address Resolution Protocol (reply/gratuitous ARP)

De modo análogo, ao realizar um *gratuitous request* com o comando `arping`, observamos no relatório de atividades as mensagens abaixo:

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info		
16	2.859567	HonHaiPr_98:b0:41	Broadcast	ARP	42	Gratuitous	ARP	for 10.0.0.102 (Request)

Frame 16: 42 bytes on wire (336 bits), 42 bytes captured (336 bits)
Ethernet II, Src: HonHaiPr_98:b0:41 (d0:27:88:98:b0:41), Dst: Broadcast (ff:ff:ff:ff:ff:ff)
Address Resolution Protocol (request/gratuitous ARP)

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info		
17	3.859613	HonHaiPr_98:b0:41	Broadcast	ARP	42	Gratuitous	ARP	for 10.0.0.102 (Request)

Frame 17: 42 bytes on wire (336 bits), 42 bytes captured (336 bits)
Ethernet II, Src: HonHaiPr_98:b0:41 (d0:27:88:98:b0:41), Dst: Broadcast (ff:ff:ff:ff:ff:ff)
Address Resolution Protocol (request/gratuitous ARP)

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info		
18	4.859661	HonHaiPr_98:b0:41	Broadcast	ARP	42	Gratuitous	ARP	for 10.0.0.102 (Request)

Frame 18: 42 bytes on wire (336 bits), 42 bytes captured (336 bits)
Ethernet II, Src: HonHaiPr_98:b0:41 (d0:27:88:98:b0:41), Dst: Broadcast (ff:ff:ff:ff:ff:ff)
Address Resolution Protocol (request/gratuitous ARP)

As situações nas quais é interessante utilizar esse tipo de mensagem são: ajudar na detecção de conflitos de endereços IP, atualização de tabelas ARP de outras máquinas e informar aos switches o endereço MAC da máquina dada uma porta do switch. Esses comandos também são utilizados na inicialização de componentes.

4) b)

5) a) A seguir a resposta para um ping gerado para o próprio host. Observamos um tempo médio de resposta de 0,018 ms.

```
ea080@le25-2:~$ ping 10.0.0.102 -c 25
PING 10.0.0.102 (10.0.0.102) 56(84) bytes of data.
64 bytes from 10.0.0.102: icmp_req=1 ttl=64 time=0.019 ms
64 bytes from 10.0.0.102: icmp_req=2 ttl=64 time=0.021 ms
64 bytes from 10.0.0.102: icmp_req=3 ttl=64 time=0.027 ms
64 bytes from 10.0.0.102: icmp_req=4 ttl=64 time=0.020 ms
64 bytes from 10.0.0.102: icmp_req=5 ttl=64 time=0.020 ms
64 bytes from 10.0.0.102: icmp_req=6 ttl=64 time=0.020 ms
64 bytes from 10.0.0.102: icmp_req=7 ttl=64 time=0.021 ms
64 bytes from 10.0.0.102: icmp_req=8 ttl=64 time=0.019 ms
64 bytes from 10.0.0.102: icmp_req=9 ttl=64 time=0.017 ms
64 bytes from 10.0.0.102: icmp_req=10 ttl=64 time=0.016 ms
64 bytes from 10.0.0.102: icmp_req=11 ttl=64 time=0.022 ms
64 bytes from 10.0.0.102: icmp_req=12 ttl=64 time=0.020 ms
64 bytes from 10.0.0.102: icmp_req=13 ttl=64 time=0.019 ms
```



```
64 bytes from 10.0.0.102: icmp_req=14 ttl=64 time=0.016 ms
64 bytes from 10.0.0.102: icmp_req=15 ttl=64 time=0.015 ms
64 bytes from 10.0.0.102: icmp_req=16 ttl=64 time=0.019 ms
64 bytes from 10.0.0.102: icmp_req=17 ttl=64 time=0.020 ms
64 bytes from 10.0.0.102: icmp_req=18 ttl=64 time=0.018 ms
64 bytes from 10.0.0.102: icmp_req=19 ttl=64 time=0.016 ms
64 bytes from 10.0.0.102: icmp_req=20 ttl=64 time=0.015 ms
64 bytes from 10.0.0.102: icmp_req=21 ttl=64 time=0.020 ms
64 bytes from 10.0.0.102: icmp_req=22 ttl=64 time=0.020 ms
64 bytes from 10.0.0.102: icmp_req=23 ttl=64 time=0.019 ms
64 bytes from 10.0.0.102: icmp_req=24 ttl=64 time=0.015 ms
64 bytes from 10.0.0.102: icmp_req=25 ttl=64 time=0.016 ms

--- 10.0.0.102 ping statistics ---
25 packets transmitted, 25 received, 0% packet loss, time 23999ms
rtt min/avg/max/mdev = 0.015/0.018/0.027/0.006 ms
```

A seguir a resposta para um ping gerado para um host a um switch de distância. Observamos um tempo médio de resposta de 0,164 ms, consideravelmente maior do que anteriormente.

```
64 bytes from 10.0.0.107: icmp_req=1 ttl=64 time=0.354 ms
64 bytes from 10.0.0.107: icmp_req=2 ttl=64 time=0.174 ms
64 bytes from 10.0.0.107: icmp_req=3 ttl=64 time=0.169 ms
64 bytes from 10.0.0.107: icmp_req=4 ttl=64 time=0.169 ms
64 bytes from 10.0.0.107: icmp_req=5 ttl=64 time=0.163 ms
64 bytes from 10.0.0.107: icmp_req=6 ttl=64 time=0.170 ms
64 bytes from 10.0.0.107: icmp_req=7 ttl=64 time=0.177 ms
64 bytes from 10.0.0.107: icmp_req=8 ttl=64 time=0.169 ms
64 bytes from 10.0.0.107: icmp_req=9 ttl=64 time=0.168 ms
64 bytes from 10.0.0.107: icmp_req=10 ttl=64 time=0.164 ms
64 bytes from 10.0.0.107: icmp_req=11 ttl=64 time=0.167 ms
64 bytes from 10.0.0.107: icmp_req=12 ttl=64 time=0.181 ms
64 bytes from 10.0.0.107: icmp_req=13 ttl=64 time=0.121 ms
64 bytes from 10.0.0.107: icmp_req=14 ttl=64 time=0.184 ms
64 bytes from 10.0.0.107: icmp_req=15 ttl=64 time=0.185 ms
64 bytes from 10.0.0.107: icmp_req=16 ttl=64 time=0.180 ms
64 bytes from 10.0.0.107: icmp_req=17 ttl=64 time=0.119 ms
64 bytes from 10.0.0.107: icmp_req=18 ttl=64 time=0.113 ms
64 bytes from 10.0.0.107: icmp_req=19 ttl=64 time=0.151 ms
64 bytes from 10.0.0.107: icmp_req=20 ttl=64 time=0.185 ms
64 bytes from 10.0.0.107: icmp_req=21 ttl=64 time=0.118 ms
64 bytes from 10.0.0.107: icmp_req=22 ttl=64 time=0.191 ms
64 bytes from 10.0.0.107: icmp_req=23 ttl=64 time=0.114 ms
64 bytes from 10.0.0.107: icmp_req=24 ttl=64 time=0.108 ms
64 bytes from 10.0.0.107: icmp_req=25 ttl=64 time=0.109 ms

--- 10.0.0.107 ping statistics ---
25 packets transmitted, 25 received, 0% packet loss, time 23996ms
rtt min/avg/max/mdev = 0.108/0.164/0.354/0.047 ms
```

A seguir a resposta para um ping gerado para um host a dois switches de distância. Observamos um tempo médio de resposta de 0,258 ms, ligeiramente maior do que o resultado anterior.

```
ea080@le25-2:~$ ping 10.0.0.103 -c 25
PING 10.0.0.103 (10.0.0.103) 56(84) bytes of data.
64 bytes from 10.0.0.103: icmp_req=1 ttl=64 time=0.938 ms
64 bytes from 10.0.0.103: icmp_req=2 ttl=64 time=0.193 ms
64 bytes from 10.0.0.103: icmp_req=3 ttl=64 time=0.216 ms
```

```
64 bytes from 10.0.0.103: icmp_req=4 ttl=64 time=0.188 ms
64 bytes from 10.0.0.103: icmp_req=5 ttl=64 time=0.211 ms
64 bytes from 10.0.0.103: icmp_req=6 ttl=64 time=0.195 ms
64 bytes from 10.0.0.103: icmp_req=7 ttl=64 time=0.177 ms
64 bytes from 10.0.0.103: icmp_req=8 ttl=64 time=0.166 ms
64 bytes from 10.0.0.103: icmp_req=9 ttl=64 time=0.157 ms
64 bytes from 10.0.0.103: icmp_req=10 ttl=64 time=0.162 ms
64 bytes from 10.0.0.103: icmp_req=11 ttl=64 time=0.170 ms
64 bytes from 10.0.0.103: icmp_req=12 ttl=64 time=0.706 ms
64 bytes from 10.0.0.103: icmp_req=13 ttl=64 time=0.206 ms
64 bytes from 10.0.0.103: icmp_req=14 ttl=64 time=0.194 ms
64 bytes from 10.0.0.103: icmp_req=15 ttl=64 time=0.156 ms
64 bytes from 10.0.0.103: icmp_req=16 ttl=64 time=0.191 ms
64 bytes from 10.0.0.103: icmp_req=17 ttl=64 time=0.194 ms
64 bytes from 10.0.0.103: icmp_req=18 ttl=64 time=0.169 ms
64 bytes from 10.0.0.103: icmp_req=19 ttl=64 time=0.178 ms
64 bytes from 10.0.0.103: icmp_req=20 ttl=64 time=0.172 ms
64 bytes from 10.0.0.103: icmp_req=21 ttl=64 time=0.749 ms
64 bytes from 10.0.0.103: icmp_req=22 ttl=64 time=0.192 ms
64 bytes from 10.0.0.103: icmp_req=23 ttl=64 time=0.200 ms
64 bytes from 10.0.0.103: icmp_req=24 ttl=64 time=0.191 ms
64 bytes from 10.0.0.103: icmp_req=25 ttl=64 time=0.190 ms
```

--- 10.0.0.103 ping statistics ---

25 packets transmitted, 25 received, 0% packet loss, **time 23997ms**

rtt min/avg/max/mdev = **0.156/0.258/0.938/0.203 ms**

Devido à arquitetura da rede, todos os hosts estão separados de no máximo 2 switches, logo não é possível enviar um ping para um host que esteja a 3 switches de distância.

5) b) Como o tempo de propagação do sinal pelos fios é desprezível, podemos estimar o tempo de comutação de um switch como a diferença entre os tempos médios obtidos nos 2 últimos resultados. Assim, estima-se um tempo de comutação de 1 switch de 0,094 ms, equivalente a uma frequência de aproximadamente 10,6 kHz, um valor bem elevado.