

Atividade 03

0. Após reinicializarmos todos os roteadores virtuais, obtém-se as seguintes tabelas de roteamento para os roteadores R_1 e R_2 :

```

[admin@MikroTik] > ip route print
Flags: X - disabled, A - active, D - dynamic,
C - connect, S - static, r - rip, b - bgp, o - ospf, m - mme,
B - blackhole, U - unreachable, P - prohibit
# DST-ADDRESS      PREF-SRC  GATEWAY      DISTANCE
0 ADC 10.0.0.0/23    10.0.1.21   ether5        0
[admin@MikroTik] >

[admin@MikroTik] > ip route print
Flags: X - disabled, A - active, D - dynamic,
C - connect, S - static, r - rip, b - bgp, o - ospf, m - mme,
B - blackhole, U - unreachable, P - prohibit
# DST-ADDRESS      PREF-SRC  GATEWAY      DISTANCE
0 ADC 10.0.0.0/23    10.0.1.22   ether5        0
[admin@MikroTik] >
  
```

Figura 1: Reinicialização dos roteadores (a) R_1 e (b) R_2

Os dois roteadores não possuem uma rota *default* em suas tabelas de roteamento.

1. O resultado dos comandos *ip addr print* e *ip route print* após a configuração das *interfaces* dos roteadores R_1 e R_2 de acordo com o enunciado está representado nas figuras abaixo. Foi atribuído à interface eth1 de R_1 o endereço *10.0.4.21/23* e à interface eth2 de R_2 , *10.0.4.22/23*.

```

[admin@MikroTik] > interface print
Flags: D - dynamic, X - disabled, R - running, S - slave
# NAME      TYPE      ACTUAL-MTU L2MTU
0 R ether1   ether     1500
1 X ether2   ether     1500
2 X ether3   ether     1500
3 R ether4   ether     1500
4 X ether5   ether     1500
[admin@MikroTik] > ip route print
Flags: X - disabled, A - active, D - dynamic,
C - connect, S - static, r - rip, b - bgp, o - ospf, m - mme,
B - blackhole, U - unreachable, P - prohibit
# DST-ADDRESS      PREF-SRC  GATEWAY      DISTANCE
0 ADC 10.0.2.0/23    10.0.2.21   ether4        0
1 ADC 10.0.4.0/23    10.0.4.21   ether1        0
[admin@MikroTik] > ip address print
Flags: X - disabled, I - invalid, D - dynamic
# ADDRESS      NETWORK    INTERFACE
0 I 10.0.1.21/23  10.0.0.0   ether5
1 10.0.4.21/23  10.0.4.0   ether1
2 10.0.2.21/23  10.0.2.0   ether4
[admin@MikroTik] >

[admin@MikroTik] > interface print
Flags: D - dynamic, X - disabled, R - running, S - slave
# NAME      TYPE      ACTUAL-MTU L2MTU
0 X ether1   ether     1500
1 R ether2   ether     1500
2 X ether3   ether     1500
3 X ether4   ether     1500
4 R ether5   ether     1500
[admin@MikroTik] > ip route print
Flags: X - disabled, A - active, D - dynamic,
C - connect, S - static, r - rip, b - bgp, o - ospf, m - mme,
B - blackhole, U - unreachable, P - prohibit
# DST-ADDRESS      PREF-SRC  GATEWAY      DISTANCE
0 ADC 10.0.0.0/23    10.0.1.22   ether5        0
1 ADC 10.0.4.0/23    10.0.4.22   ether2        0
[admin@MikroTik] > ip address print
Flags: X - disabled, I - invalid, D - dynamic
# ADDRESS      NETWORK    INTERFACE
0 10.0.1.22/23  10.0.0.0   ether5
1 10.0.4.22/23  10.0.4.0   ether2
[admin@MikroTik] >
  
```

Figura 2: Configuração de rotas dos roteadores (a) R_1 e (b) R_2

Os endereços atribuídos às interfaces correspondem, conforme esperado, aos da figura 1 do enunciado.

- a. O comando *ping -c 4 10.0.4.21* executado em *10.0.2.101* retorna a seguinte tela:

Conforme esperado, a interface é corretamente alcançada e consegue enviar de volta os pacotes que foram recebidos. Esse comportamento é observado porque a rota padrão do *host* foi configurada com o *gateway* *10.0.2.21*, que é o endereço da interface *eth4* de R_1 . Assim, o *host* encaminha todos os seus pacotes para o respectivo roteador.

```

Thursday 10 September - 17:55
September 2015
Sun Mon Tue Wed Thu Fri Sat
slitaz 4.0 - sakura

My root@slitaz:~# ping 10.0.4.21 -c 5
PING 10.0.4.21 (10.0.4.21): 56 data bytes
64 bytes from 10.0.4.21: seq=0 ttl=64 time=0.103 ms
64 bytes from 10.0.4.21: seq=1 ttl=64 time=0.510 ms
64 bytes from 10.0.4.21: seq=2 ttl=64 time=0.505 ms
64 bytes from 10.0.4.21: seq=3 ttl=64 time=0.487 ms
64 bytes from 10.0.4.21: seq=4 ttl=64 time=0.507 ms

--- 10.0.4.21 ping statistics ---
5 packets transmitted, 5 packets received, 0% packet loss
round-trip min/avg/max = 0.103/0.422/0.510 ms
root@slitaz:~#
  
```

- b. O comando `ping -c 4 10.0.4.21` executado em `10.0.0.110` retorna a seguinte tela:

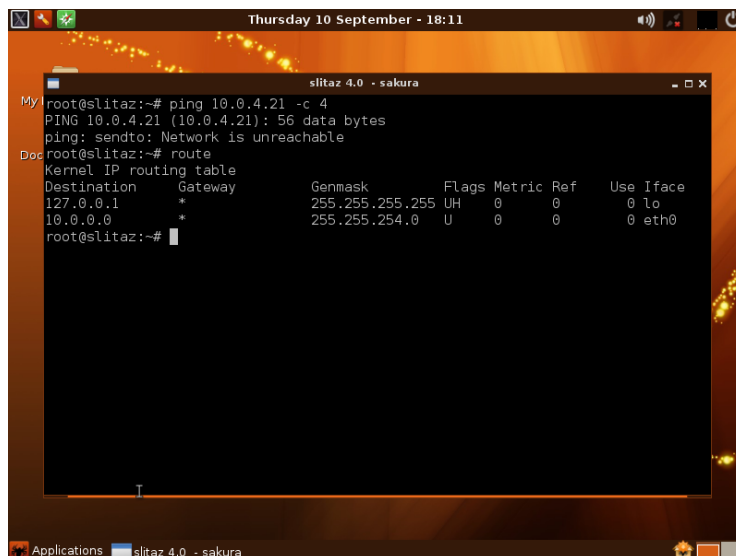


Figura 4: Resultado do comando *ping* do *host* 10.0.0.110

Neste caso, como a rota *default* de *10.0.0.110* não foi configurada para a interface *eth5* do roteador R_2 , os pacotes enviados por este *host* não conseguem atingir o roteador R_1 . Em outras palavras, após a aplicação das máscaras, não há nenhuma entrada na matriz correspondente com tal resultado.

2. A execução de *routing rip network add network = 10.0.4.21/23* no roteador R₁ configura a tabela de roteamento de acordo com a figura abaixo:

```
[admin@MikroTik] >
[admin@MikroTik] >
[admin@MikroTik] >
[admin@MikroTik] >
[admin@MikroTik] >
[admin@MikroTik] >
[admin@MikroTik] >
[admin@MikroTik] >
[admin@MikroTik] >
[admin@MikroTik] >
[admin@MikroTik] >
[admin@MikroTik] >
[admin@MikroTik] >
[admin@MikroTik] >
[admin@MikroTik] >
[admin@MikroTik] > ip route print
Flags: X - disabled, A - active, D - dynamic,
C - connect, S - static, r - rip, b - bgp, o - ospf, m - mme,
B - unreachable, U - unreachable, P - prohibit

#          DST-ADDRESS      PREF-SRC        GATEWAY          DISTANCE
0 AdR     10.0.0.0/23         10.0.4.22       120
1 ADC     10.0.2.0/23          10.0.2.21       ether4            0
2 ADC     10.0.4.0/23          10.0.4.21       ether1            0
[admin@MikroTik] >
```

Figura 5: Tabela de roteamento atualizada do roteador R₁

Destaca-se que a ativação do protocolo *RIP* na interface *eth1* permite que o roteador *aprendesse* que pacotes cujo destino é a sub-rede *10.0.0.0/23* devem ser enviados através do gateway *10.0.4.22*, ligado via a interface 1. Conforme visto em aula, este aprendizado é realizado a partir de troca de pacotes entre os roteadores, contendo as redes acessíveis por cada um deles. Neste caso, R_1 aprende que para atingir *10.0.0.0/23* deve passar por R_2 .

Para R₂ e *routing rip network add network = 10.0.4.22/23* obtem-se:


```

[admin@MikroTik] >
[admin@MikroTik] >
[admin@MikroTik] >
[admin@MikroTik] >
[admin@MikroTik] >
[admin@MikroTik] >
[admin@MikroTik] > ip route print
Flags: X - disabled, A - active, D - dynamic,
C - connect, S - static, r - rip, b - bgp, o - ospf, m - mme,
B - blackhole, U - unreachable, P - prohibit
# DST-ADDRESS PREF-SRC GATEWAY DISTANCE
0 S 0.0.0.0/0 10.0.1.26 1
1 ADr 10.0.0.0/23 10.0.4.22 120
2 ADC 10.0.2.0/23 10.0.2.21 ether4 0
3 ADC 10.0.4.0/23 10.0.4.21 ether1 0
[admin@MikroTik] > ip route print
Flags: X - disabled, A - active, D - dynamic,
C - connect, S - static, r - rip, b - bgp, o - ospf, m - mme,
B - blackhole, U - unreachable, P - prohibit
# DST-ADDRESS PREF-SRC GATEWAY DISTANCE
0 S 0.0.0.0/0 10.0.1.26 1
1 ADC 10.0.2.0/23 10.0.2.21 ether4 0
2 ADC 10.0.4.0/23 10.0.4.21 ether1 0
[admin@MikroTik] >

```

Figura 8: Tabelas de roteamento de R_1 antes da desativação de *eth5* (superior) e depois (inferior).

Evidentemente, o roteador R_1 adquire a informação de que a sub-rede 10.0.0.0/23 não é mais acessível através de R_2 e, portanto, elimina a respectiva entrada de sua tabela.

Para R_2 :

```

[admin@MikroTik] >
[admin@MikroTik] >
[admin@MikroTik] >
[admin@MikroTik] >
[admin@MikroTik] >
[admin@MikroTik] >
[admin@MikroTik] > ip route print
Flags: X - disabled, A - active, D - dynamic,
C - connect, S - static, r - rip, b - bgp, o - ospf, m - mme,
B - blackhole, U - unreachable, P - prohibit
# DST-ADDRESS PREF-SRC GATEWAY DISTANCE
0 A S 0.0.0.0/0 10.0.1.26 1
1 ADC 10.0.0.0/23 10.0.1.22 ether5 0
2 ADr 10.0.2.0/23 10.0.4.21 120
3 ADC 10.0.4.0/23 10.0.4.22 ether2 0
[admin@MikroTik] > ip route print
Flags: X - disabled, A - active, D - dynamic,
C - connect, S - static, r - rip, b - bgp, o - ospf, m - mme,
B - blackhole, U - unreachable, P - prohibit
# DST-ADDRESS PREF-SRC GATEWAY DISTANCE
0 S 0.0.0.0/0 10.0.1.26 1
1 ADr 10.0.2.0/23 10.0.4.21 120
2 ADC 10.0.4.0/23 10.0.4.22 ether2 0
[admin@MikroTik] >

```

Figura 9: Tabelas de roteamento de R_2 antes da desativação de *eth5* (superior) e depois (inferior).

Contrariamente a R_1 , R_2 não sofre alteração das suas rotas dinâmicas: os pacotes cujo destino é a sub-rede 10.0.2.0/23 devem ser enviados a R_1 .

3. As novas tabelas de roteamento para R_1 , R_2 e R_3 são:

```

[admin@MikroTik] >
[admin@MikroTik] >
[admin@MikroTik] >
[admin@MikroTik] >
[admin@MikroTik] >
[admin@MikroTik] >
[admin@MikroTik] >
[admin@MikroTik] >
[admin@MikroTik] >
[admin@MikroTik] >
[admin@MikroTik] >
[admin@MikroTik] > ip route print
Flags: X - disabled, A - active, D - dynamic,
C - connect, S - static, r - rip, b - bgp, o - ospf, m - mme,
B - blackhole, U - unreachable, P - prohibit
# DST-ADDRESS PREF-SRC GATEWAY DISTANCE
0 S 0.0.0.0/0 10.0.1.26 1
1 ADr 10.0.0.0/23 10.0.4.22 120
2 ADC 10.0.2.0/23 10.0.2.21 ether4 0
3 ADC 10.0.4.0/23 10.0.4.21 ether1 0
4 ADr 10.0.8.0/23 10.0.4.22 120
[admin@MikroTik] >

```

Figura 10: Tabela de roteamento de R_1 após inserção de R_3 .

Comparando as tabelas de roteamento de R₁ presentes nas figuras 5 e 10, nota-se que a única diferença é a inserção de uma nova entrada que descreve o caminho a ser tomado caso a sub-rede de destino seja a 10.0.8.0/23. Nessa situação, R₁ é informado por R₂ que esta subrede é acessível por este último e, portanto, uma nova entrada na tabela de R₁ é criada com o gateway valendo o endereço da interface de R₂ ligada à subrede 10.0.4.0/23, isto é, 10.0.4.22. A entrada referente à rota cujo destino é 10.0.0.0/23 mantém-se a mesma, visto que quando o protocolo RIP é ativado em R₃, este roteador comunica a R₂ que esta rede é acessível através dele e, em seguida, R₂ comunica este fato a R₁, permitindo que a rota permaneça presente na sua tabela.

```
[admin@MikroTik] >
[admin@MikroTik] >
[admin@MikroTik] >
[admin@MikroTik] >
[admin@MikroTik] >
[admin@MikroTik] >
[admin@MikroTik] >
[admin@MikroTik] >
[admin@MikroTik] >
[admin@MikroTik] >
[admin@MikroTik] >
[admin@MikroTik] >
[admin@MikroTik] >
[admin@MikroTik] >
[admin@MikroTik] >
[admin@MikroTik] >
[admin@MikroTik] > ip route print
Flags: X - disabled, A - active, D - dynamic,
C - connect, S - static, r - rip, b - bgp, o - ospf, m - mme,
B - blackhole, U - unreachable, P - prohibit
#   DST-ADDRESS      PREF-SRC  GATEWAY      DISTANCE
0   S  0.0.0.0/0         10.0.1.26      1
1  ADr 10.0.0.0/23          10.0.8.23     120
2  ADr 10.0.2.0/23          10.0.4.21     120
3  ADC 10.0.4.0/23          10.0.4.22      0
4  ADC 10.0.8.0/23          10.0.8.22      0
[admin@MikroTik] > _
```

Figura 11: Tabela de roteamento de R₂ após inserção de R₃.

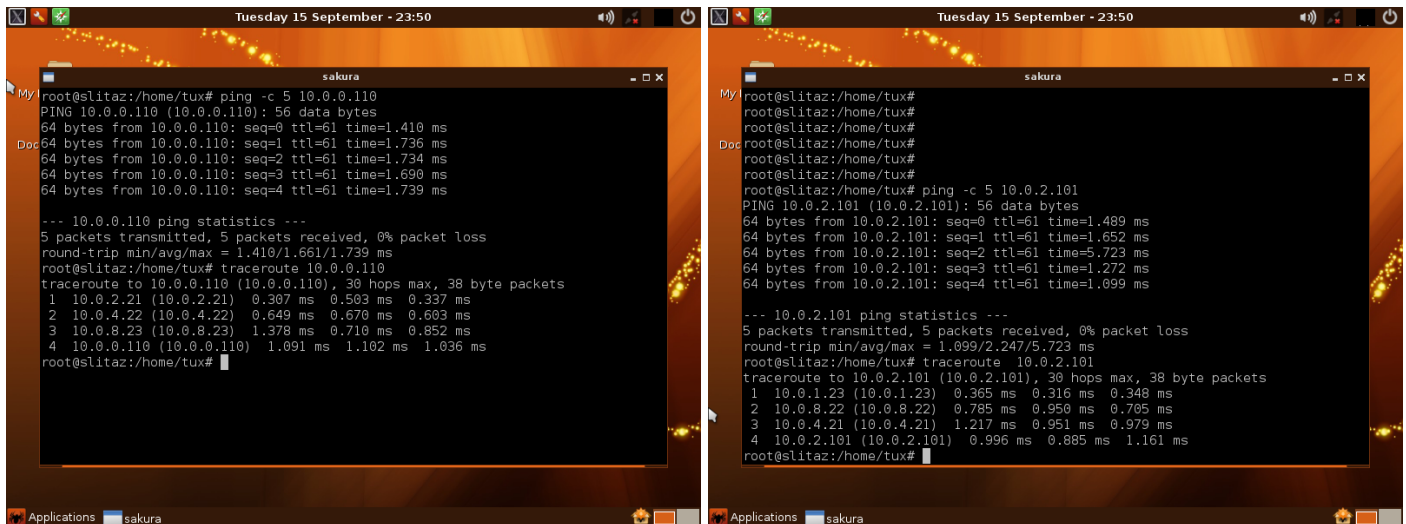
Assim como no caso precedente, R₂ tem apenas mais uma rota dinâmica adicionada à sua tabela, referente à sub-rede 10.0.0.0/23, criada com a configuração de R₃. Analogamente, R₃ comunica a R₂ que 10.0.0.0/23 é acessível através dele e, desta maneira, a entrada 10.0.0.0/23 -> 10.0.8.23 é adicionada à tabela de R₂. A rota dinâmica cujo destino é 10.0.2.0/23 permanece imutável, já que não há alterações estruturais na rede em relação a esta sub-rede.

```
[admin@MikroTik] >
[You have the Auto capture keyboard option turned on. This will cause the Virtual Machine to automatically
[admin@MikroTik] >
[admin@MikroTik] >
[admin@MikroTik] >
[admin@MikroTik] >
[admin@MikroTik] >
[admin@MikroTik] >
[admin@MikroTik] >
[admin@MikroTik] >
[admin@MikroTik] >
[admin@MikroTik] >
[admin@MikroTik] >
[admin@MikroTik] >
[admin@MikroTik] >
[admin@MikroTik] >
[admin@MikroTik] >
[admin@MikroTik] >
[admin@MikroTik] > ip route print
Flags: X - disabled, A - active, D - dynamic,
C - connect, S - static, r - rip, b - bgp, o - ospf, m - mme,
B - blackhole, U - unreachable, P - prohibit
#   DST-ADDRESS      PREF-SRC  GATEWAY      DISTANCE
0  A S  0.0.0.0/0         10.0.1.26      1
1  ADC 10.0.0.0/23          10.0.1.23      0
2  ADr 10.0.2.0/23          10.0.8.22     120
3  ADr 10.0.4.0/23          10.0.8.22     120
4  ADC 10.0.8.0/23          10.0.8.23      0
[admin@MikroTik] > _
```

Figura 12: Tabela de roteamento de R₃ após inserção de R₃.

A tabela de roteamento R₃, por sua vez, é totalmente atualizada. Na fase de aprendizado do protocolo RIP, R₂ informa R₃ que pode alcançar as sub-redes 10.0.2.0/23 e 10.0.4.0/23 e, dessa maneira, R₃ ajusta o gateway para as respectivas rotas para a interface eht1 de R₂, isto é, 10.0.8.22.

Os comandos *ping* e *traceroute* executados nos *hosts* resultam em



```
root@slitaz:/home/tux# ping -c 5 10.0.0.110
PING 10.0.0.110 (10.0.0.110): 56 data bytes
64 bytes from 10.0.0.110: seq=0 ttl=61 time=1.410 ms
64 bytes from 10.0.0.110: seq=1 ttl=61 time=1.736 ms
64 bytes from 10.0.0.110: seq=2 ttl=61 time=1.734 ms
64 bytes from 10.0.0.110: seq=3 ttl=61 time=1.690 ms
64 bytes from 10.0.0.110: seq=4 ttl=61 time=1.739 ms

--- 10.0.0.110 ping statistics ---
5 packets transmitted, 5 packets received, 0% packet loss
round-trip min/avg/max = 1.410/1.661/1.739 ms
root@slitaz:/home/tux# traceroute 10.0.0.110
traceroute to 10.0.0.110 (10.0.0.110), 30 hops max, 38 byte packets
 1 10.0.2.21 (10.0.2.21) 0.307 ms 0.503 ms 0.337 ms
 2 10.0.4.22 (10.0.4.22) 0.649 ms 0.670 ms 0.603 ms
 3 10.0.8.23 (10.0.8.23) 1.378 ms 0.710 ms 0.852 ms
 4 10.0.0.110 (10.0.0.110) 1.091 ms 1.102 ms 1.036 ms
root@slitaz:/home/tux#
```

```
root@slitaz:/home/tux# ping -c 5 10.0.2.101
PING 10.0.2.101 (10.0.2.101): 56 data bytes
64 bytes from 10.0.2.101: seq=0 ttl=61 time=1.489 ms
64 bytes from 10.0.2.101: seq=1 ttl=61 time=1.652 ms
64 bytes from 10.0.2.101: seq=2 ttl=61 time=5.723 ms
64 bytes from 10.0.2.101: seq=3 ttl=61 time=1.272 ms
64 bytes from 10.0.2.101: seq=4 ttl=61 time=1.099 ms

--- 10.0.2.101 ping statistics ---
5 packets transmitted, 5 packets received, 0% packet loss
round-trip min/avg/max = 1.099/2.247/5.723 ms
root@slitaz:/home/tux# traceroute 10.0.2.101
traceroute to 10.0.2.101 (10.0.2.101), 30 hops max, 38 byte packets
 1 10.0.1.23 (10.0.1.23) 0.365 ms 0.316 ms 0.348 ms
 2 10.0.8.22 (10.0.8.22) 0.785 ms 0.950 ms 0.705 ms
 3 10.0.4.21 (10.0.4.21) 1.217 ms 0.951 ms 0.979 ms
 4 10.0.2.101 (10.0.2.101) 0.996 ms 0.885 ms 1.161 ms
root@slitaz:/home/tux#
```

Figura 13: Resultado de *ping* e *traceroute* de (a) 10.0.2.101 para 10.0.0.110 e (b) de 10.0.0.110 para 10.0.2.101.

A figura 13a possui a saída para o *host* 10.0.2.101 e a 13b, para o 10.0.0.110. Os valores de **TTL** valem 61 e são idênticos para todos os pacotes enviados. Conforme esperado, os pacotes transmitidos passam por 3 roteadores, sendo eles R_1 , R_2 e R_3 , que decrementam esse atributo. Somente para recordar, essa função existe para evitar o tráfego de pacotes que estejam ‘perdidos’ pela rede. O *traceroute* confirma as afirmações anteriores, à medida que explicita os roteadores por onde os pacotes transitam. Para 10.0.2.101, os pacotes partem deste host, atingindo a interface *eth4* de R_1 (10.0.2.21), sendo encaminhados para a *eth2* de R_2 (10.0.4.22) e, em seguida, para *eth2* de R_3 (10.0.8.23). Este último, enfim, entrega os pacotes para 10.0.0.110. Para 10.0.0.110, o caminho é exatamente o inverso: *eth5* de R_3 (10.0.1.23), *eth1* de R_2 (10.0.8.22), *eth1* de R_1 (10.0.4.21) e, enfim, 10.0.2.101.

O sistema operacional dos roteadores Mikrotik oferece alguns recursos em relação à desativação e ativação do protocolo RIP. O primeiro comando, *routing rip network disable numbers=0* permite a desativação do protocolo para a determinada rede, mas não impede que o roteador deixe de se comunicar com o seus vizinhos. No caso da execução deste comando em R_3 , a sua tabela de roteamento não conterà mais as rotas criadas dinamicamente para as demais sub-redes, mas as tabelas dos outros roteadores não se modificarão. Isso só pode indicar que R_3 ainda compartilha que a sub-rede 10.0.0.0/23 é alcançável por ele. Evidentemente, a comunicação entre os *hosts*, como no caso de um *ping*, não será mais possível, visto que R_3 não conhece as rotas de retorno dos pacotes (sem o RIP, ele não sabe que para alcançar 10.0.2.0/23, ele tem que passar por R_2). O segundo comando *routing rip set redistribute-connected=no* impede a comunicação de R_3 com seus vizinhos e, portanto nesse caso, as tabelas de roteamento também serão afetadas, uma vez que estes roteadores não receberão mais a informação que R_3 está ativo.

- Quando executamos *interface disable ether5* em R_3 , a entrada referente à rota dos pacotes com destino à 10.0.0.0/23 é apagada alguns segundos (tabela superior da figura 14) depois e o ping entre os *hosts* deixa de funcionar. A figura 14 esquematiza o fato:


```
[admin@MikroTik] > ip route print
Flags: X - disabled, A - active, D - dynamic,
C - connect, S - static, r - rip, b - bgp, o - ospf, m - mme,
B - blackhole, U - unreachable, P - prohibit
# DST-ADDRESS      PREF-SRC  GATEWAY      DISTANCE
0 S 0.0.0.0/0         10.0.1.26    1
1 ADr 10.0.2.0/23      10.0.4.21    120
2 ADC 10.0.4.0/23      10.0.4.22    0
3 ADC 10.0.8.0/23      10.0.8.22    0

[admin@MikroTik] > ip route print
Flags: X - disabled, A - active, D - dynamic,
C - connect, S - static, r - rip, b - bgp, o - ospf, m - mme,
B - blackhole, U - unreachable, P - prohibit
# DST-ADDRESS      PREF-SRC  GATEWAY      DISTANCE
0 S 0.0.0.0/0         10.0.1.26    1
1 ADr 10.0.0.0/23      10.0.8.23    120
2 ADr 10.0.2.0/23      10.0.4.21    120
3 ADC 10.0.4.0/23      10.0.4.22    0
4 ADC 10.0.8.0/23      10.0.8.22    0
```

Figura 14: Tabelas de roteamento de R_2 com *eth5* desativado (tabela superior) e ativado (tabela inferior).

Uma vez que esta mesma interface é reativada, os roteadores trocam informações entre si e a tabela de R_2 é uma vez mais atualizada, com a informação da rota para 10.0.0.0/23 (tabela inferior da figura 14). O ping entre os *hosts* é, portanto, permitido.

5. Na figura 2, existe 6 sub-redes, cujos endereços são 10.0.2.0/23, 10.0.4.0/23, 10.0.6.0/23, 10.0.8.0/23, 10.0.12.0/23 e 10.0.0.0/23. Na realização deste item durante o laboratório, utilizei uma máquina virtual no host 10.0.2.141, configurada conforme mostrado na figura 15. Destaca-se o *gateway* da rota padrão, sendo ele a interface *eth4* do roteador 1 de endereço 10.0.2.21.

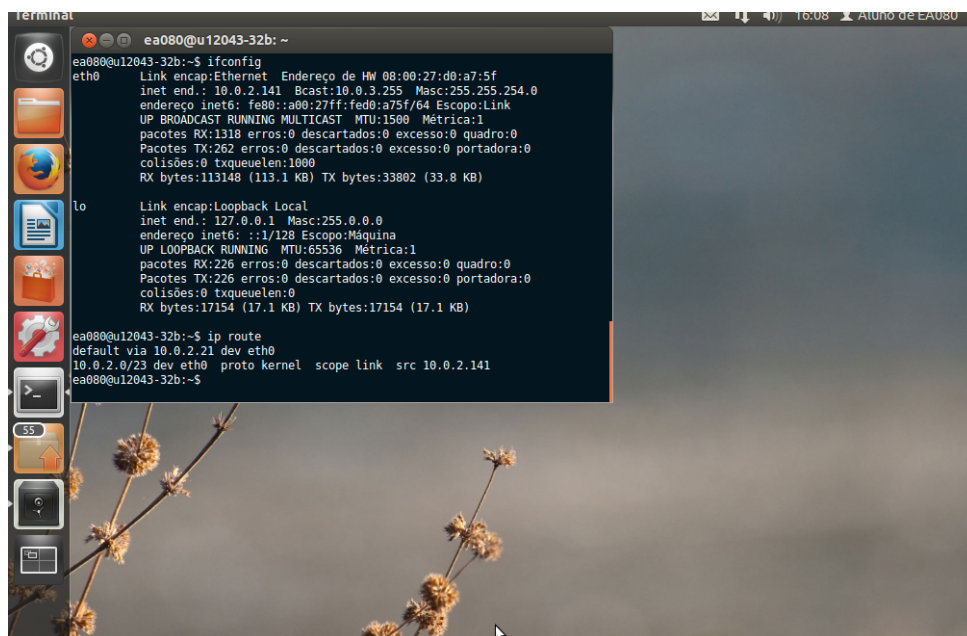


Figura 15: Configuração da interface *eth0* da máquina virtual do host 10.0.2.141

- a. O resultado do comando *ping* do host 10.0.2.141 para o host 10.0.12.149, pertencente à rede 10.0.12.0/23. Considerando que o valor de TTL vale 61 e analisando as tabelas de roteamento de R_1 e R_4 nas figuras 17a e 17b, respectivamente, conclui-se que os pacotes passam por 3 roteadores, sendo eles $R_1 \leftrightarrow R_5 \leftrightarrow R_4$. A justificativa dessa afirmação são os fatos que o *gateway* da rota para pacotes com destino 10.0.12.0/23 que chegam em R_1 é a interface *eth1* de R_5 , isto é, 10.0.10.25 (última linha da tabela da figura 17a) e o *gateway* da rota para pacotes com destino a 10.0.2.0/23 que chegam a R_4 é a interface *eth5* de R_5 , cujo endereço é 10.0.1.25 (segunda linha da tabela em 17b).

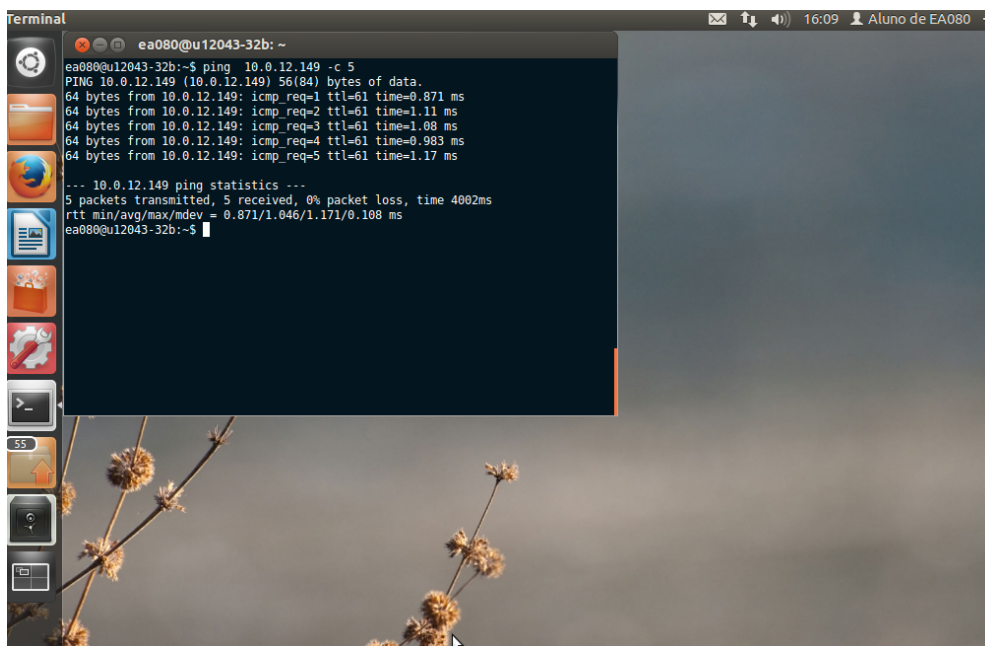


Figura 16: Ping de 10.0.2.141 para 10.0.12.149

[admin@MikroTik] > ip route print					[admin@MikroTik] > ip route print				
Flags: X - disabled, A - active, D - dynamic, C - connect, S - static, r - rip, b - bgp, o - ospf, m - mme, B - blackhole, U - unreachable, P - prohibit					Flags: X - disabled, A - active, D - dynamic, C - connect, S - static, r - rip, b - bgp, o - ospf, m - mme, B - blackhole, U - unreachable, P - prohibit				
#	DST-ADDRESS	PREF-SRC	GATEWAY	DISTANCE	#	DST-ADDRESS	PREF-SRC	GATEWAY	DISTANCE
0	ADr 10.0.0.0/23		10.0.10.25	120	0	ADC 10.0.0.0/23	10.0.1.24	ether5	0
1	ADC 10.0.2.0/23	10.0.2.21	ether4	0	1	ADr 10.0.2.0/23		10.0.1.25	120
2	ADC 10.0.4.0/23	10.0.4.21	ether1	0	2	ADr 10.0.4.0/23		10.0.8.23	120
3	ADr 10.0.6.0/23		10.0.4.22	120	3	ADr 10.0.6.0/23		10.0.8.23	120
4	ADr 10.0.8.0/23		10.0.4.22	120	4	ADC 10.0.8.0/23	10.0.8.24	ether2	0
5	ADC 10.0.10.0/23	10.0.10.21	ether3	0	5	ADr 10.0.10.0/23		10.0.1.25	120
6	ADr 10.0.12.0/23		10.0.10.25	120	6	ADC 10.0.12.0/23	10.0.12.24	ether4	0

Figura 17: Tabelas de roteamento de (a) R_1 e (b) R_4

O protocolo RIP é capaz de determinar o caminho mais curto a uma determinada rede à medida que cada roteador transmite a seus vizinhos quais redes são acessíveis a partir dele e a quantos hops de distância elas estão. Assim, basta que cada *router* calcule e atualize sua tabela de forma a minimizar os caminhos relativos a cada sub-rede. No nosso caso, os routers R_1 e R_4 recebem as informações que podem acessar 10.0.12.0/23 e 10.0.2.0/23 por dois caminhos e escolhem aquele “de baixo”, por ser evidentemente mais curto.

O trecho a seguir foi capturado a partir do Wireshark executado em uma das máquinas pertencentes à rede 10.0.0.0/23 e é um exemplo de uma mensagem RIP enviada pelo R_4 . Destaca-se que essa mensagem é do tipo *Response*.

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
1	0.000000	10.0.1.24	224.0.0.9	RIPv2	186	Response
Frame 1: 186 bytes on wire (1488 bits), 186 bytes captured (1488 bits)						
Ethernet II, Src: Routerbo_2e:a4:71 (00:0c:42:2e:a4:71), Dst: IPv4mcast_00:00:09 (01:00:5e:00:00:09)						
Destination: IPv4mcast_00:00:09 (01:00:5e:00:00:09)						
Source: Routerbo_2e:a4:71 (00:0c:42:2e:a4:71)						
Type: IP (0x0800)						
Internet Protocol Version 4, Src: 10.0.1.24 (10.0.1.24), Dst: 224.0.0.9 (224.0.0.9)						
User Datagram Protocol, Src Port: router (520), Dst Port: router (520)						
Routing Information Protocol						

- b. Quando desativamos a interface *eth5* de R_4 eliminamos um dos caminhos de comunicação entre os *hosts* de 10.0.2.0/0 e 10.0.12.0/23, forçando que os roteadores reajam e se adaptem a esta situação gerada na rede. A figura 18 mostra o comportamento de um *ping* em modo contínuo após **desativação da respectiva interface**. Diversos pacotes são perdidos e foi estimado um intervalo de aproximadamente 3 minutos até

toda a rede se readaptar à estrutura resultante. O comando *traceroute*, mostrado na figura 19, exibe um caminho de ida com 4 roteadores, sendo ele composto por 10.0.2.21 (R_1) -> 10.0.4.22 (R_2) -> 10.0.6.23 (R_3) -> 10.0.8.24 (R_4). O comando *ping*, executado de modo contínuo, é representado na figura 20 e mostra o evento de **reativação desta interface**. Nesta figura, observa-se que o valor de TTL é modificado, indo de 60 a 61, equivalendo, assim, à passagem em um roteador adicional e, conseqüentemente, a uma mudança de rota. Destaca-se ainda que essa readaptação ocorre muito mais rápida (apenas 18 segundos) se comparada com a sua situação análoga, isto é, perda de conexão com o roteador, sendo que, neste caso, nenhum pacote é perdido devido a *timeout*.

Figura 18: Ping de 10.0.2.141 para 10.0.12.154 após **desativação da interface eth5**

Figura 19: Traceroute de 10.0.2.141 para 10.0.12.149

Figura 20: Ping de 10.0.2.141 para 10.0.12.149 após **reativação da interface eth5**

O trecho abaixo foi capturado pelo Wireshark nas mesmas condições que no exercício anterior antes da desativação de *eth5* de R_4 . Os trechos em *itálico e negrito* explicitam as métricas para cada roteador, sendo que o registro superior foi enviado de 10.0.1.24 (R_4) e o inferior, de 10.0.1.25 (R_5). Para o primeiro, destaca-se que as sub-redes 10.0.0.0/23, 10.0.2.0/23 e 10.0.10.0/23 não estão disponíveis a partir deste roteador, já que as métricas valem 16. Para o segundo, não estão disponíveis 10.0.0.0/23 e 10.0.12.0/23. As métricas das demais redes são adequadas em relação à figura 2 do enunciado.

```
User Datagram Protocol, Src Port: router (520), Dst Port: router (520)
Routing Information Protocol
  Command: Response (2)
  Version: RIPv2 (2)
  IP Address: 10.0.0.0, Metric: 16
  IP Address: 10.0.2.0, Metric: 2
  IP Address: 10.0.4.0, Metric: 2
  IP Address: 10.0.6.0, Metric: 3
  IP Address: 10.0.8.0, Metric: 16
  IP Address: 10.0.10.0, Metric: 1
  IP Address: 10.0.12.0, Metric: 16
```

- c.
6. O uso da *flag -n* no comando *traceroute* especifica que ele deve tentar também mapear o endereço com o respectivo nome do *host*, além de mostrar a rota seguida. As tabelas de roteamento dos roteadores são representadas nas figuras 21a e 21b, respectivamente. Apesar de não apresentarmos o resultado do comando *traceroute*, podemos afirmar, com base nessas duas tabelas, que a rota seguida pelos pacotes trocados entre um *host* da sub-rede 10.0.2.0/23 e um da 10.0.12.0/23 seguem pelo caminho inferior (R1 <-> R5 <-> R4) da rede. Isso porque R₁ apresenta como gateway para pacotes com destino a 10.0.12.0/23 a interface *eth1* do roteador R₅, isto é, 10.0.10.25 (última linha da tabela em 21a) e R₄ apresenta como gateway para pacotes a 10.0.2.0/23 a interface *eth5* de R₅, cujo endereço é 10.0.1.25 (linha 2 em 21b). Observa-se também as entradas no. 4 da figura 21a e no.3 de 21b que apresentam dois gateways associados a cada uma. Isso significa que a rede alvo está a uma distância equivalente a ambos roteadores e, portanto, qualquer um pode ser escolhido. Esta é uma diferença que pode ser observada em relação ao protocolo RIP.

[ea080@Router1] > ip route print					[ea080@Router4] > ip route print				
Flags: X - disabled, A - active, D - dynamic, C - connect, S - static, B - blackhole, U - unreachable, P - prohibit					Flags: X - disabled, A - active, D - dynamic, C - connect, S - static, B - blackhole, U - unreachable, P - prohibit				
#	DST-ADDRESS	PREF-SRC	GATEWAY	DISTANCE	#	DST-ADDRESS	PREF-SRC	GATEWAY	DISTANCE
0	ADo 10.0.0.0/23		10.0.10.25	110	0	A S 0.0.0.0/0		10.0.1.26	1
1	ADC 10.0.2.0/23	10.0.2.21	ether4	0	1	ADC 10.0.0.0/23	10.0.1.24	ether5	0
2	ADC 10.0.4.0/23	10.0.4.21	ether1	0	2	ADo 10.0.2.0/23		10.0.1.25	110
3	ADo 10.0.6.0/23		10.0.4.22	110	3	ADo 10.0.4.0/23		10.0.8.23	110
4	ADo 10.0.8.0/23		10.0.4.22	110				10.0.1.25	
			10.0.10.25		4	ADo 10.0.6.0/23		10.0.8.23	110
5	ADC 10.0.10.0/23	10.0.10.21	ether3	0	5	ADC 10.0.8.0/23	10.0.8.24	ether2	0
6	ADo 10.0.12.0/23		10.0.10.25	110	6	ADo 10.0.10.0/23		10.0.1.25	110
					7	ADC 10.0.12.0/23	10.0.12.24	ether4	0

Figura 21: Tabelas de roteamento de (a) R₁ e (b) R₄

- a. As mensagens capturadas pelo Wireshark, executado em um host na sub-rede 10.0.0.0/23 estão representadas no trecho logo abaixo. Destaca-se as origens de cada mensagem (a superior é provida de R₄ e a inferior, de R₅) e os campos inferiores em negrito: **Router Dead Interval** e **Active Neighbor**, que especificam, respectivamente, o intervalo de tempo máximo de espera para que o roteador vizinho não seja considerado morto e o roteador vizinho ativo. Há ainda diversas flags adicionais inerentes ao algoritmo utilizado para determinar as melhores opções de roteamento.

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
1	0.000000	10.0.1.24	224.0.0.5	OSPF	82	Hello Packet

Frame 1: 82 bytes on wire (656 bits), 82 bytes captured (656 bits)

Arrival Time: Sep 10, 2015 17:06:40.580842000 BRT

Epoch Time: 1441915600.580842000 seconds

[...]

Fragment offset: 0

Time to live: 1

Protocol: OSPF IGP (89)

Open Shortest Path First

OSPF Header

OSPF Version: 2

Message Type: Hello Packet (1)

Packet Length: 48

Source OSPF Router: 10.0.12.24 (10.0.12.24)

Area ID: 0.0.0.0 (Backbone)

Packet Checksum: 0xc638 [correct]

```

Auth Type: Null
Auth Data (none)
OSPF Hello Packet
Network Mask: 255.255.254.0
Hello Interval: 10 seconds
Options: 0x02 (E)
  0... .... = DN: DN-bit is NOT set
  .0.. .... = O: O-bit is NOT set
  ..0. .... = DC: Demand Circuits are NOT supported
  ...0 .... = L: The packet does NOT contain LLS data block
  .... 0... = NP: NSSA is NOT supported
  .... .0.. = MC: NOT Multicast Capable
  .... ..1. = E: External Routing Capability
  .... ...0 = MT: NO Multi-Topology Routing
Router Priority: 1
Router Dead Interval: 40 seconds
Designated Router: 10.0.1.24
Backup Designated Router: 10.0.1.25
Active Neighbor: 10.0.1.25

```

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
2	2.022804	10.0.1.25	224.0.0.5	OSPF	82	Hello Packet

Frame 2: 82 bytes on wire (656 bits), 82 bytes captured (656 bits)

Arrival Time: Sep 10, 2015 17:06:42.603646000 BRT

Epoch Time: 1441915602.603646000 seconds

[...]

Fragment offset: 0

Time to live: 1

Protocol: OSPF IGP (89)

Source: 10.0.1.25 (10.0.1.25)

Destination: 224.0.0.5 (224.0.0.5)

Open Shortest Path First

OSPF Header

OSPF Version: 2

Message Type: Hello Packet (1)

Packet Length: 48

Source OSPF Router: 10.0.1.25 (10.0.1.25)

Area ID: 0.0.0.0 (Backbone)

Packet Checksum: 0xc638 [correct]

Auth Type: Null

Auth Data (none)

OSPF Hello Packet

Network Mask: 255.255.254.0

Hello Interval: 10 seconds

Options: 0x02 (E)

0... = DN: DN-bit is NOT set

.0.. = O: O-bit is NOT set

..0. = DC: Demand Circuits are NOT supported

...0 = L: The packet does NOT contain LLS data block

.... 0... = NP: NSSA is NOT supported

.... .0.. = MC: NOT Multicast Capable

.... ..1. = E: External Routing Capability

.... ...0 = MT: NO Multi-Topology Routing

Router Priority: 1

Router Dead Interval: 40 seconds

Designated Router: 10.0.1.24

Backup Designated Router: 10.0.1.25

Active Neighbor: 10.0.12.24

b. Após desativação da interface *eth5* de R_5 , obtem-se o resultado do *traceroute* na figura a seguir:

```

traceroute to 10.0.12.154 (10.0.12.154), 30 hops max, 60 byte packets
 1  10.0.2.21  1.104 ms  0.371 ms  0.282 ms
 2  10.0.4.22  0.676 ms  0.586 ms  0.690 ms
 3  10.0.6.23  1.025 ms  0.953 ms  1.052 ms
 4  10.0.8.24  1.415 ms  1.344 ms  1.189 ms
 5  10.0.12.154  1.604 ms  1.500 ms  1.528 ms

```

Figura 22: Traceroute para host 10.0.12.154 de 10.0.2.141

Conforme esperado, a rota adotada é aquela representada na parte superior da figura 5 do enunciado, passando por $R_1 \leftrightarrow R_2 \leftrightarrow R_3 \leftrightarrow R_4$.

- c. As tabelas obtidas após reativação da interface em R_5 são apresentadas a seguir. Como esperado, elas são iguais aquelas obtidas logo no início deste exercício. Isso porque os roteadores repetem o processo de aprender as sub-redes alcançáveis partir de quais roteadores.

Flags: X - disabled, A - active, D - dynamic, C - connect, S - static, r - rip, b - bgp, o - ospf, m - mme, B - blackhole, U - unreachable, P - prohibit

#	DST-ADDRESS	PREF-SRC	GATEWAY	DISTANCE
0	ADo 10.0.0.0/23		10.0.10.25	110
1	ADC 10.0.2.0/23	10.0.2.21	ether4	0
2	ADC 10.0.4.0/23	10.0.4.21	ether1	0
3	ADo 10.0.6.0/23		10.0.4.22	110
4	ADo 10.0.8.0/23		10.0.4.22	110
			10.0.10.25	
5	ADC 10.0.10.0/23	10.0.10.21	ether3	0
6	ADo 10.0.12.0/23		10.0.10.25	110

[ea080@Router4] > ip route print

Flags: X - disabled, A - active, D - dynamic, C - connect, S - static, r - rip, b - bgp, o - ospf, m - mme, B - blackhole, U - unreachable, P - prohibit

#	DST-ADDRESS	PREF-SRC	GATEWAY	DISTANCE
0	AS 0.0.0.0/0		10.0.1.26	1
1	ADC 10.0.0.0/23	10.0.1.24	ether5	0
2	ADo 10.0.2.0/23		10.0.1.25	110
3	ADo 10.0.4.0/23		10.0.8.23	110
			10.0.1.25	
4	ADo 10.0.6.0/23		10.0.8.23	110
5	ADC 10.0.8.0/23	10.0.8.24	ether2	0
6	ADo 10.0.10.0/23		10.0.1.25	110
7	ADC 10.0.12.0/23	10.0.12.24	ether4	0

Figura 23: Tabelas de roteamento de (a) R_1 e (b) R_4

O resultado do *ping* executado de maneira contínua resulta na figura 24, a seguir. Observa-se que antes da desativação da interface, os valores de TTL valem 61, isto é, o caminho passa por 3 roteadores. Quando a interface é desativada, a rede gasta um tempo para se dar conta que alguma coisa está incorreta e se readaptar em consequência. A partir disso, o caminho mais longo é adotado (TTL valendo 60, ou seja, 4 roteadores participando da transmissão. Caminho $R_1 \leftrightarrow R_2 \leftrightarrow R_3 \leftrightarrow R_4$). Comparando o tempo de readaptação entre os dois protocolos, concluiu-se que o caso do OSPF é muito superior ao RIP, uma vez que, aqui, a rede permaneceu comprometida por apenas 3 segundos, enquanto que no caso anterior, esse tempo foi 18 segundos (Exercício 5).

```
64 bytes from 10.0.12.149: icmp_req=90 ttl=61 time=1.10 ms
64 bytes from 10.0.12.149: icmp_req=91 ttl=61 time=1.03 ms
64 bytes from 10.0.12.149: icmp_req=92 ttl=61 time=1.12 ms
From 10.0.10.25 icmp_seq=93 Destination Net Unreachable
From 10.0.10.25 icmp_seq=94 Destination Net Unreachable
From 10.0.10.25 icmp_seq=95 Time to live exceeded
64 bytes from 10.0.12.149: icmp_req=96 ttl=60 time=1.66 ms
64 bytes from 10.0.12.149: icmp_req=97 ttl=60 time=1.27 ms
```

Figura 24: Ping de 10.0.2.141 para 10.0.12.149 após **desativação da interface eth5**

- d. O ping adquirido após aumento de custo na interface *eth5* de R_5 foi:

```
64 bytes from 10.0.12.149: icmp_req=1 ttl=61 time=1.80 ms
64 bytes from 10.0.12.149: icmp_req=2 ttl=61 time=1.76 ms
64 bytes from 10.0.12.149: icmp_req=3 ttl=61 time=0.926 ms
64 bytes from 10.0.12.149: icmp_req=4 ttl=61 time=0.927 ms
64 bytes from 10.0.12.149: icmp_req=5 ttl=61 time=0.983 ms
64 bytes from 10.0.12.149: icmp_req=6 ttl=61 time=1.03 ms
From 10.0.10.25 icmp_seq=7 Time to live exceeded
64 bytes from 10.0.12.149: icmp_req=8 ttl=60 time=1.50 ms
64 bytes from 10.0.12.149: icmp_req=9 ttl=60 time=1.13 ms
```

Figura 25: Ping de 10.0.2.141 para 10.0.12.149 após **aumento do custo de eth5**

Neste caso, percebe-se que a rota é modificada, uma vez que o valor de TTL foi alterado, passando de 60 para 61, o que significa que o novo caminho é maior. Apesar de não apresentarmos imagens, o que se apurou foi que as rotas feitas pelos comandos *traceroute* e *ping* foram diferentes. Isso indica que o caminho de ida dos pacotes, capturada por *traceroute*, não a mesma que a de volta, monitoria via *ping*.