



**Universidade do Minho**  
Escola de Engenharia

# Redes Fixas e Móveis

## 2023/2024

### Trabalho Prático 2

André Alves :: pg53651; Renato Gomes :: pg54174; Afonso Marques :: pg53601



#### Abstract

Nos anos 90, surgiu o MPLS (Multiprotocol Label Switching) com o objetivo inicial de melhorar a integração entre redes IP, baseadas em comutação de pacotes, e redes ATM, baseadas em comutação de circuitos. Visava criar um plano de controlo capaz de abranger tanto *routers* IP quanto *switches* ATM, enquanto dotava o IP de mecanismos de engenharia de tráfego, como restrições de largura de banda. Inicialmente, previa-se que o IP dominaria a periferia das redes e o ATM o núcleo, justificando a integração. Porém, o MPLS rapidamente assumiu o papel principal, com os ISPs oferecendo circuitos ATM e Frame Relay "sobre" MPLS. Hoje, o MPLS é dominante nas redes de acesso e essencial no núcleo da rede, oferecendo funcionalidades além da comutação rápida e engenharia de tráfego.

Uma propriedade fundamental do MPLS é a sua capacidade de estabelecer túneis, abstraindo caminhos entre extremidades da rede via comutação de etiquetas. Os túneis são sinalizados por protocolos como RSVP ou LDP e podem ser recursivos, com prioridades de estabelecimento e manutenção. Mecanismos de engenharia de tráfego permitem criar túneis com garantias de largura de banda ou restrições administrativas, calculadas por classe de serviço DiffServ.

#### Index Terms

MPLS, Cisco, EVE, Engenharia de Tráfego, Redes.

#### I. INTRODUÇÃO

O seguinte trabalho pretende explorar o ambiente EVE-NG para a criação de topologias e a familiarização com o MPLS IP e com os conceitos de encaminhamento por etiquetas. Pretende também estudar a conceção e teste de soluções de engenharia de tráfego IP MPLS simples (MPLS-TE) e de engenharia de tráfego MPLS DiffServ-TE, consolidando assim os conhecimentos do módulo teórico sobre MPLS.

A topologia utilizada para este trabalho é a seguinte:

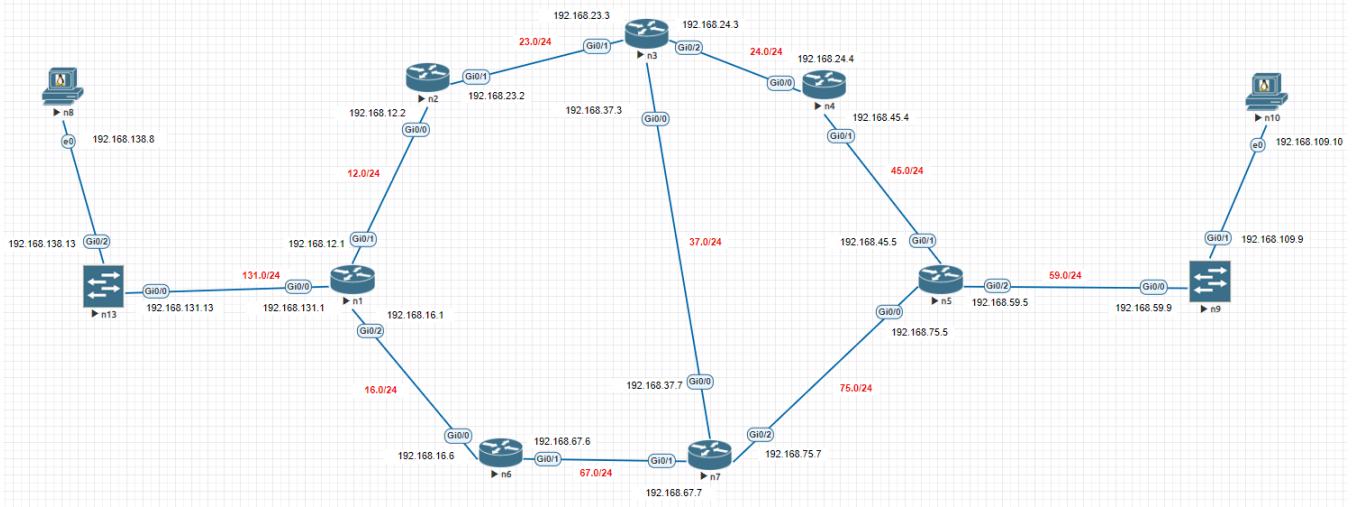


Fig. 1: Topologia utilizada

## II. DESENVOLVIMENTO

### A. Configurações Realizadas

#### 1) Descrição da topologia:

A topologia utilizada tem a forma de um duplo peixe, onde o domínio MPLS consiste no círculo de *routers* CISCO compreendido entre n1 e n7. Os *routers* LER, ou seja, os *routers* de fronteira com as interfaces dentro e interfaces fora do domínio MPLS, são o n1 e n5, enquanto que os LSR, *routers* internos ao domínio MPLS, são os restantes (n2, n3, n4, n6 e n7).

Foram determinados dois caminhos disjuntos LSP (Label Switched Paths), que são caminhos estabelecidos numa rede MPLS para encaminhar o tráfego de forma eficiente e determinística. Ambos começam em n1 e terminam em n5. O caminho LSP1 está identificado a azul e o caminho LSP2 a verde.

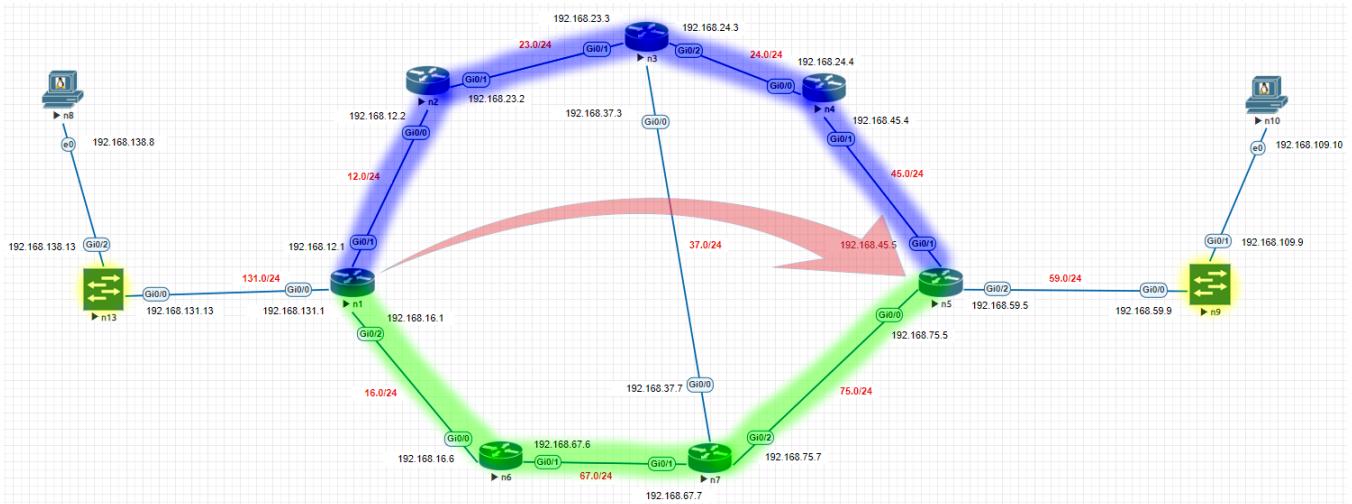


Fig. 2: Caminhos LSP

Identificado a amarelo, encontra-se o sistema final de origem que é o n13 e o sistema final de destino que é o n9, ambos fora do domínio MPLS. A seta roxa indica o túnel MPLS estabelecido com início em n1 e fim em n5.

## 2) Configurações dos nodos:

Segue agora uma descrição mais detalhada das configurações feitas em cada nodo:

- Linux's:

- existem dois nodos Linux: n8, n10;
- foi utilizada a seguinte imagem Linux para cada um dos hosts, *linux-tinycore-6.4.tar.gz*, que permite interagir com a máquina através de uma GUI (Graphical User Interface) e personalizar mais rapidamente os endereços e gateways de cada um dos PC.
- atribuição de um ip e gateway específico de cada host, como é possível ver nas imagens em baixo.

```
QEMU (n8)
Terminal
grns3@box:~$ ifconfig
eth0      Link encap:Ethernet HWaddr 00:50:00:00:07:00
          inet addr:192.168.138.8  Bcast:192.168.138.255  Mask:255.255.255.0
          inet6 addr: fe80::250:fffe%eth0 brd fe80::ff:fe70:700/64 Scope:Link
            UP BROADCAST RUNNING MULTICAST MTU:1500 Metric:1
            RX packets:42 errors:0 dropped:0 overruns:0 frame:0
            TX packets:56 errors:0 dropped:0 overruns:0 carrier:0
            collisions:0 txqueuelen:1000
            RX bytes:3440 (3,3 KIB)  TX bytes:5500 (5,3 KiB)

lo       Link encap:Local Loopback
          inet addr:127.0.0.1  Mask:255.0.0.0
          inet6 addr: ::1/128 Scope:Host
            UP LOOPBACK RUNNING MTU:65536 Metric:1
            RX packets:1100 errors:0 dropped:0 overruns:0 frame:0
            TX packets:1100 errors:0 dropped:0 overruns:0 carrier:0
            collisions:0 txqueuelen:0
            RX bytes:85472 (83,4 KiB)  TX bytes:85472 (83,4 KiB)

grns3@box:~$ ping -c5 192.168.109.9
PING 192.168.109.9 (192.168.109.9): 56 data bytes
64 bytes from 192.168.109.9: seq=0 ttl=250 time=10.185 ms
64 bytes from 192.168.109.9: seq=1 ttl=250 time=10.950 ms
64 bytes from 192.168.109.9: seq=2 ttl=250 time=11.648 ms
64 bytes from 192.168.109.9: seq=3 ttl=250 time=7.056 ms
64 bytes from 192.168.109.9: seq=4 ttl=250 time=6.740 ms
--- 192.168.109.9 ping statistics ---
5 packets transmitted, 5 packets received, 0% packet loss
round-trip min/avg/max = 6.740/9.317/11.648 ms
grns3@box:~$
```

Fig. 3: Ping n8 para n10

```
QEMU (n10)
Terminal
grns3@box:~$ ifconfig
eth0      Link encap:Ethernet HWaddr 00:50:00:00:10:00
          inet addr:192.168.109.10  Bcast:192.168.109.255  Mask:255.255.255.0
          inet6 addr: fe80::250:fffe%eth0 brd fe80::ff:fe10:100/64 Scope:Link
            UP BROADCAST RUNNING MULTICAST MTU:1500 Metric:1
            RX packets:12 errors:0 dropped:0 overruns:0 frame:0
            TX packets:16 errors:0 dropped:0 overruns:0 carrier:0
            collisions:0 txqueuelen:1000
            RX bytes:1011 (1.011 B)  TX bytes:1692 (1.6 KiB)

lo       Link encap:Local Loopback
          inet addr:127.0.0.1  Mask:255.0.0.0
          inet6 addr: ::1/128 Scope:Host
            UP LOOPBACK RUNNING MTU:65536 Metric:1
            RX packets:75 errors:0 dropped:0 overruns:0 frame:0
            TX packets:75 errors:0 dropped:0 overruns:0 carrier:0
            collisions:0 txqueuelen:0
            RX bytes:5920 (5.7 KiB)  TX bytes:5920 (5.7 KiB)

grns3@box:~$ ping -c5 192.168.138.8
PING 192.168.138.8 (192.168.138.8): 56 data bytes
64 bytes from 192.168.138.8: seq=0 ttl=98 time=11.113 ms
64 bytes from 192.168.138.8: seq=1 ttl=98 time=8.104 ms
64 bytes from 192.168.138.8: seq=2 ttl=98 time=6.282 ms
64 bytes from 192.168.138.8: seq=3 ttl=98 time=10.495 ms
64 bytes from 192.168.138.8: seq=4 ttl=98 time=8.395 ms
--- 192.168.138.8 ping statistics ---
5 packets transmitted, 5 packets received, 0% packet loss
round-trip min/avg/max = 6.282/8.990/11.113 ms
grns3@box:~$
```

Fig. 4: Ping n10 para n8

- Routers MPLS

- existem sete routers no domínio MPLS: n1, n2, n3, n4, n5, n6 e n7;
- foi utilizada a seguinte imagem para cada um dos routers, *vios-adventureisek9-m.SPA.156-1.T*;
- em cada um destes routers foi necessário estabelecer em quais das interfaces existem endereços IPv4 de MPLS juntamente com a largura de banda em cada uma. Usamos o valor de 1000000 kbps (1000 Mbps) em cada;
- para os nodos n1 e n5 foi necessário fazer o passo extra de configurar a interface do túnel MPLS, indicando que o seu destino seria a rede 5.5.5.5 para o n1 e 1.1.1.1 para o n5 e as suas respetivas larguras de banda.

- criação dos caminhos LSP explicitos em cada nodo n1 e n5, ficando:

```
ip explicit-path name LSP1 enable
next-address 2.2.2.2
next-address 3.3.3.3
next-address 4.4.4.4
next-address 5.5.5.5
!
ip explicit-path name LSP2 enable
next-address 6.6.6.6
next-address 7.7.7.7
next-address 5.5.5.5
```

```
ip explicit-path name LSP1 enable
next-address 4.4.4.4
next-address 3.3.3.3
next-address 2.2.2.2
next-address 1.1.1.1
!
ip explicit-path name LSP2 enable
next-address 7.7.7.7
next-address 6.6.6.6
next-address 1.1.1.1
```

Fig. 5: LSP em n1 e n5 respectivamente

- criação de listas de acesso (ACL) que foram usadas na ultima etapa do trabalho práctico, onde o objetivo é implementar uma solução de engenharia de tráfego em que o tráfego HTTP na porta 80 ou 8080 vá por um percurso e o tráfego UDP, nas portas 16384 a 32767, vá por outro alternativo; as listas criadas são as seguintes:

```
n1#show access-list
Extended IP access list 101
 10 permit tcp any any
 20 permit tcp any any eq www
 30 permit tcp any any eq 8080
Extended IP access list 102
 10 permit udp any any range 16384 32767
```

```
route-map HTTP permit 16
  match ip address 102
  set interface Tunnel1
!
route-map UDP permit 15
  match ip address 101
  set interface Tunnel0
```

Fig. 6: ACL's criados

- alocação ao túnel 0 (caminho LSP1) todo o tráfego TCP nas portas 80 e 8080;
- alocação ao túnel 1 (caminho LSP2) todo o tráfego UDP nas portas entre 16384 e 32767;

- Routers Destino
  - existem dois routers de destino fora do domínio MPLS: n13 e n9;
  - - foi utilizada a seguinte imagem para cada um dos routers, *vios-adventerprisek9-m.SPA.156-1.T*;

## B. Testes Realizados E Discussão

### 1) Teste Domínio MPLS - Ponto 7:

Tendo terminado as devidas configurações da topologia, segue-se agora o teste da conetividade da mesma, em particular do domínio estabelecido de MPLS. O objetivo é de garantir que o todo o processo foi bem executado e que é possível observar que as ligações estão ativas e que é possível estabelecer rotas entre diversos pontos da topologia.

Interface	IP-Address	OK?	Method	Status	Protocol
GigabitEthernet0/0	192.168.131.1	YES	NVRAM	up	up
GigabitEthernet0/1	192.168.12.1	YES	NVRAM	up	up
GigabitEthernet0/2	192.168.16.1	YES	NVRAM	up	up
GigabitEthernet0/3	unassigned	YES	unset	administratively down	down
Loopback0	1.1.1.1	YES	NVRAM	up	up
Tunnel0	1.1.1.1	YES	TFTP	up	up
Tunnel1	1.1.1.1	YES	TFTP	up	up

Fig. 7: Interfaces de router n1

A imagem acima ilustra as interfaces do router n1, com destaque para a interface do túnel, Tunnel1, indicando que está ativada.

```

n1#show mpls traffic-eng tunnels

Name: nl_t0                                     (Tunnel0) Destination: 5.5.5.5
Status:
  Admin: up          Oper: up      Path: valid      Signalling: connected
  path option 1, type explicit LSP1 (Basis for Setup, path weight 4)

Config Parameters:
  Bandwidth: 0      kbps (Global)  Priority: 7 7  Affinity: 0x0/0xFFFF
  Metric Type: TE (default)
  AutoRoute: enabled  LockDown: disabled  Loadshare: 1
  auto-bw: disabled

Active Path Option Parameters:
  State: explicit path option 1 is active
  BandwidthOverride: disabled  LockDown: disabled  Verbatim: disabled

InLabel : -
OutLabel : GigabitEthernet0/1, 36
RSVP Signalling Info:
  Src 1.1.1.1, Dst 5.5.5.5, Tun_Id 0, Tun_Instance 1
  RSVP Path Info:
    My Address: 192.168.12.1
    Explicit Route: 192.168.12.2 192.168.23.2 192.168.23.3 192.168.24.3
               192.168.24.4 192.168.45.4 192.168.45.5 5.5.5.5
    Record Route: NONE
    Tspec: ave rate=0 kbytes, burst=1000 bytes, peak rate=0 kbytes
  RSVP Resv Info:
    Record Route: NONE
    Fspec: ave rate=0 kbytes, burst=1000 bytes, peak rate=0 kbytes
History:
Tunnel:
  Time since created: 28 minutes, 2 seconds
  Time since path change: 27 minutes, 54 seconds
  Number of LSP IDs (Tun_Instances) used: 1
Current LSP:
  Uptime: 27 minutes, 54 seconds

Name: nl_t1                                     (Tunnell) Destination: 5.5.5.5
Status:
  Admin: up          Oper: up      Path: valid      Signalling: connected
  path option 1, type explicit LSP2 (Basis for Setup, path weight 3)

Config Parameters:
  Bandwidth: 750      kbps (Global)  Priority: 7 7  Affinity: 0x0/0xFFFF
  Metric Type: TE (default)
  AutoRoute: enabled  LockDown: disabled  Loadshare: 1
  auto-bw: disabled

Active Path Option Parameters:
  State: explicit path option 1 is active
  BandwidthOverride: disabled  LockDown: disabled  Verbatim: disabled

InLabel : -
OutLabel : GigabitEthernet0/2, 37
RSVP Signalling Info:
  Src 1.1.1.1, Dst 5.5.5.5, Tun_Id 1, Tun_Instance 8
  RSVP Path Info:
    My Address: 192.168.16.1
    Explicit Route: 192.168.16.6 192.168.67.6 192.168.67.7 192.168.75.7
               192.168.75.5 5.5.5.5
    Record Route: NONE
    Tspec: ave rate=750 kbytes, burst=1000 bytes, peak rate=750 kbytes
  Bandwidth: 750      kbps (Global)  Priority: 7 7  Affinity: 0x0/0xFFFF
  Metric Type: TE (default)
  AutoRoute: enabled  LockDown: disabled  Loadshare: 1
  auto-bw: disabled

Active Path Option Parameters:
  State: explicit path option 1 is active
  BandwidthOverride: disabled  LockDown: disabled  Verbatim: disabled

InLabel : -
OutLabel : GigabitEthernet0/2, 37
RSVP Signalling Info:
  Src 1.1.1.1, Dst 5.5.5.5, Tun_Id 1, Tun_Instance 8

```

```

nl#show mpls traffic-eng tunnels summary
Signalling Summary:
    LSP Tunnels Process:          running
    Passive LSP Listener:        running
    RSVP Process:                running
    Forwarding:                 enabled
    Head: 2 interfaces, 2 active signalling attempts, 2 established
        3 activations, 1 deactivations
        0 SSO recovery attempts, 0 SSO recovered
    Midpoints: 0, Tails: 2
    Periodic reoptimization:     every 3600 seconds, next in 2835 seconds
    Periodic FRR Promotion:      Not Running
    Periodic auto-bw collection: every 300 seconds, next in 135 seconds

```

Fig. 9: Informação sobre o túnel MPLS

## 2) *Teste Da Nova Solução de Tráfego - Ponto 8:*

O objetivo agora é de propor uma nova solução de engenharia de tráfego em que o tráfego HTTP na porta 80 ou 8080 vá por um percurso e o tráfego UDP, nas portas 16384 a 3276, vá por outro alternativo.

Optamos por deixar o tráfego UDP ir

## III. CONCLUSÃO

## REFERENCES

- [1] <http://tinycorelinux.net/>
- [2] <https://www.eve-ng.net/index.php/documentation/howtos/howto-create-own-linux-host-image/>