

# Multi Protocol Label Switching (MPLS)

LDP, VPNs (layer2, layer3), TE



**MYROUTER**

<https://www.myrouter.com.br>





## Edielson Pantoja Santana

Instrutor Oficial MikroTik - TR0581

CERTIFICAÇÕES:

**MTCNA, MTCRE, MTCWE, MTCTCE, MTCUME, MTCIPv6E, MTCSE, MTCINE**

CONTATO:

Email: [contato@myrouter.com.br](mailto:contato@myrouter.com.br)

Site: <http://www.myrouter.com.br>

WhatsApp/Telegram: **(61) 98203-6581**

- Tecnologia padronizada pelo IETF em 1996.
- Inicialmente criada como uma tentativa de padronizar a comutação de pacotes baseada na troca de rótulos.
- A sigla MPLS vem da abreviação de Multi Protocol Label Switching. Que resumidamente significa:
  - Comutação de multi-protocolos baseado em rótulos.
- A solução MPLS combina a inteligência do roteamento (característica da camada de rede) com o desempenho da comutação (característica da camada de enlace).

- Comutação de forma mais rápida e com menos uso de CPU;
- Capacidade de VPN-Layer2;
- Capacidade de VPN-Layer3;
- Implementação de engenharia de tráfego/QoS (túneis TE).

## MPLS – Definição

### Multi-Protocol

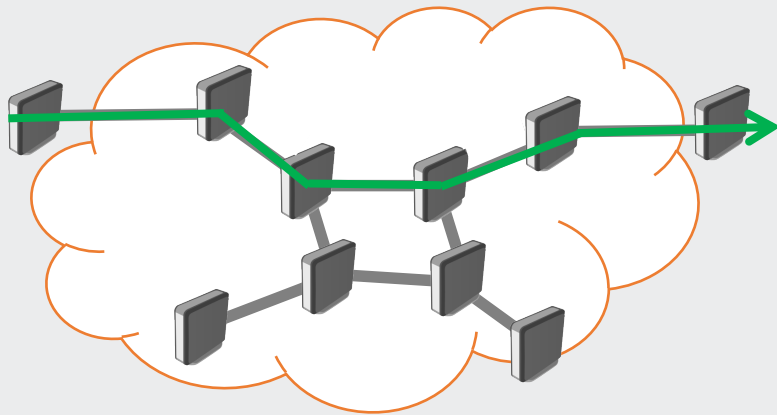
- Capaz de operar em cima de qualquer nível 2;
- Capaz de transportar qualquer nível 3;

### Switching

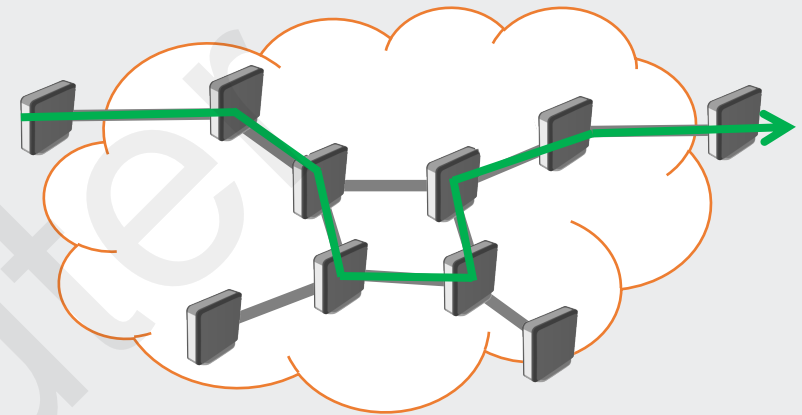
- Baixa demanda de hardware.



## MPLS - LSP – Label Switch Path



LSP segue a shortest-path do IGP



LSP (pode) divergir do shortest-path do IGP

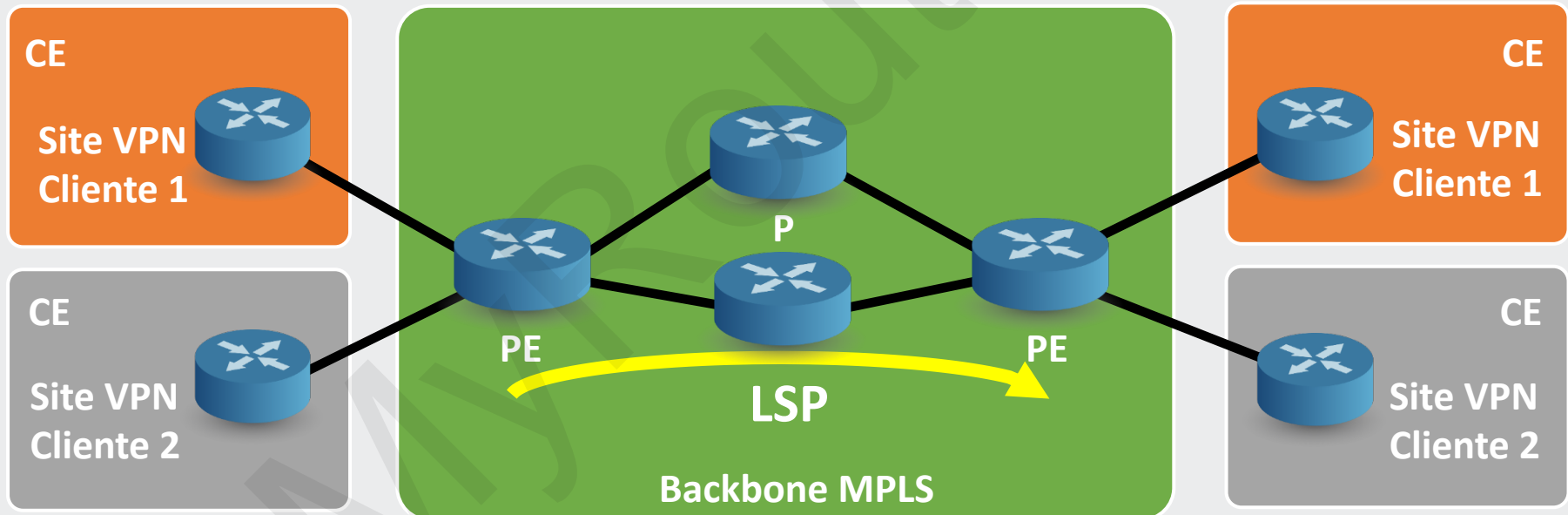
**Caminhos criados na rede pela atribuição de labels (rótulos) em cada nó de rede;**

- LSPs são derivados da informação de roteamento do IGP;
- LSPs pode divergir do IGP;
- LSPs são unidirecionais;
- Os LSP podem ser definidos através da utilização de túneis TE.

## MPLS - Protocolos de Distribuição de Labels

- *Label Distribution Protocol* (LDP)
  - padrão IETF
- RSVP-TE
  - utilizado em engenharia de tráfego MPLS
- BGP
  - divulgação de *labels* para rotas externas (VPN)
  - extensão MP-BGP

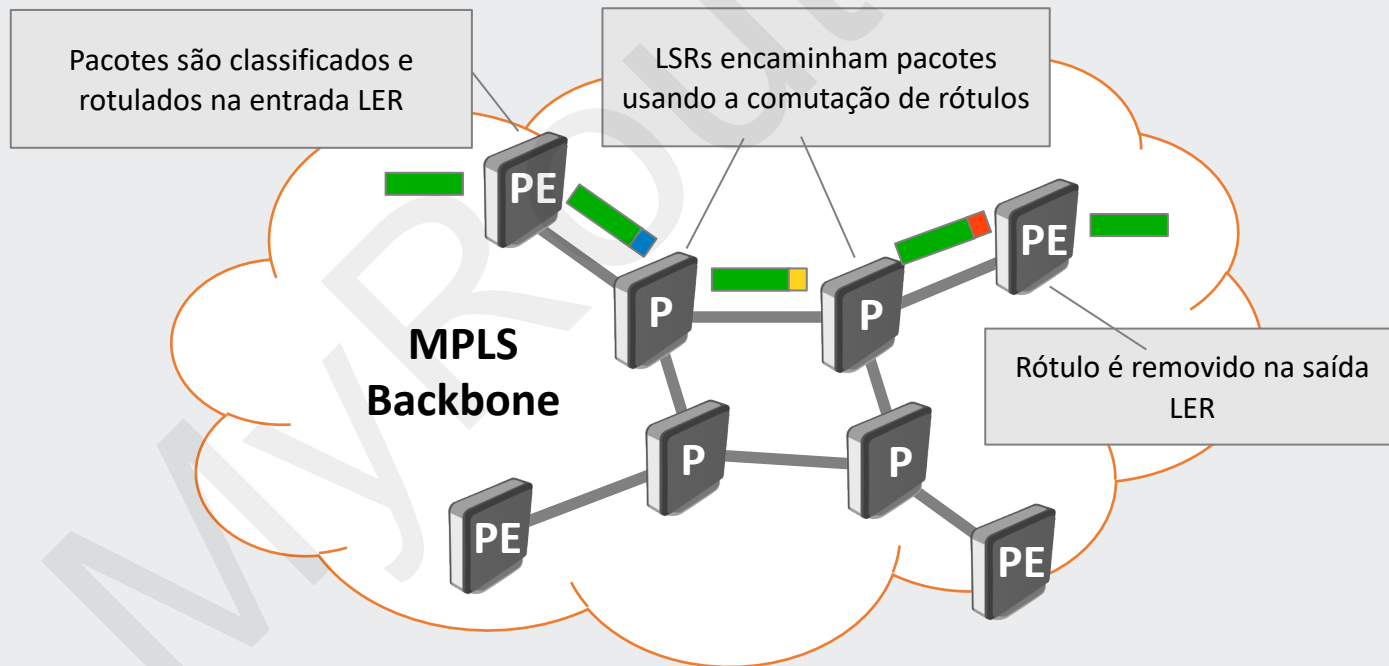
- **CE** – Customer Edge (roteador do cliente)
- **LER** – Label Edge Router **PE** – Provider Edge (roteador da borda )
- **LSR** – Label Switch Router **P** – Provider (Core)
- **LSP** – Label Switch Path (caminho)





**LER – Label Edge Router ou Provider Edge router (PE)** - Responsáveis por classificar e rotular os pacotes que ingressam na nuvem mpls. São responsáveis também pela remoção do rótulo antes do pacote deixar a nuvem mpls;

**LSR – Label Switch Router ou Provider router (P)** - Responsáveis pelo encaminhamento dos pacotes já rotulados;



MPLS

LDP Interface LDP Neighbor Accept Filter Advertise Filter Forwarding Table MPLS Interface

MPLS Settings LDP Settings

Interface	Hello Interval	Hold Time	Transport Address	Accept Dy...
ether4-mk-02-ibgp	00:00:05	00:00:15		y
ether6-mk-03-ibgp	00:00:05	00:00:15		y

**LDP Settings**

Enabled

LSR ID: 100.64.255.1

Transport Address: 100.64.255.1

Path Vector Limit: 255

Hop Limit: 255

Loop Detect

Use Explicit Null

Distribute For Default Route

OK Cancel Apply

MPLS

LDP Interface LDP Neighbor Accept Filter Advertise Filter Forwarding

MPLS Settings LDP Settings

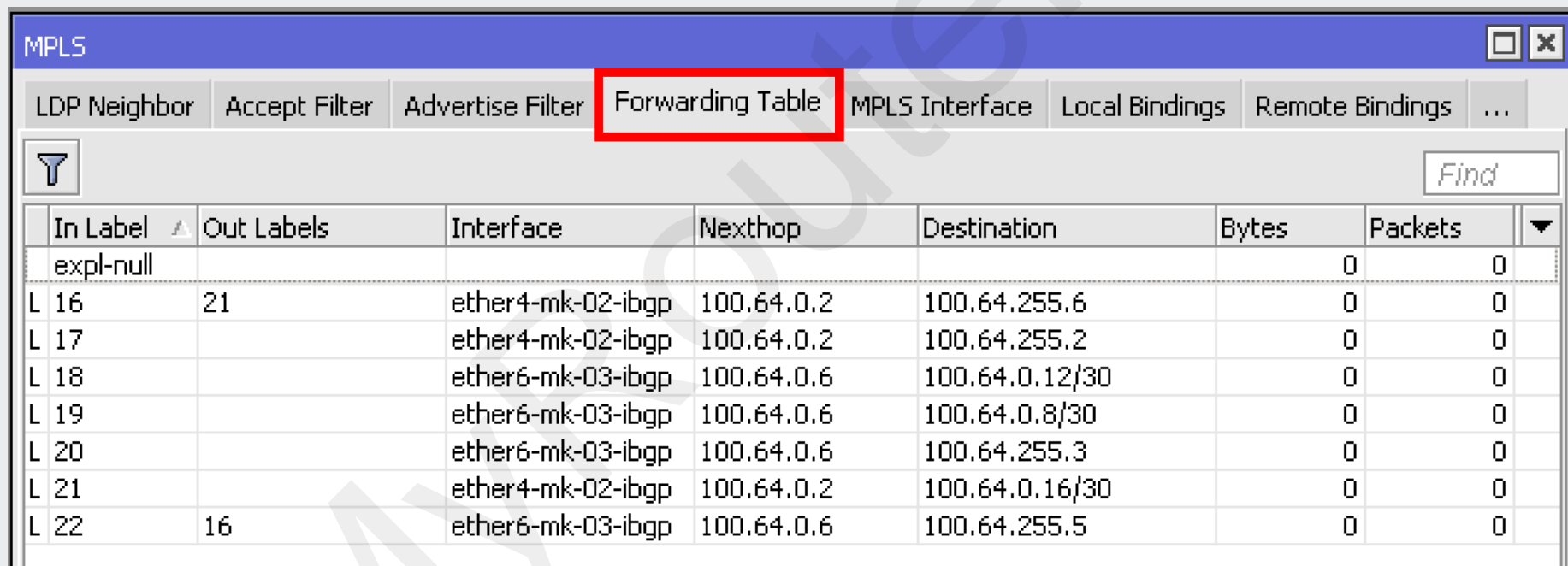
Interface	Hello Interval	Hold Time	Transport Add...	A
ether4-mk-02-ibgp	00:00:05	00:00:15		y
ether6-mk-03-ibgp	00:00:05	00:00:15		y

MPLS

LDP Interface LDP Neighbor Accept Filter Advertise Filter Forward

Transport	Send ...	Peer	Local Transp
DO 100.64.255.3	no	100.64.255.3:0	100.64.255.

# LFIB

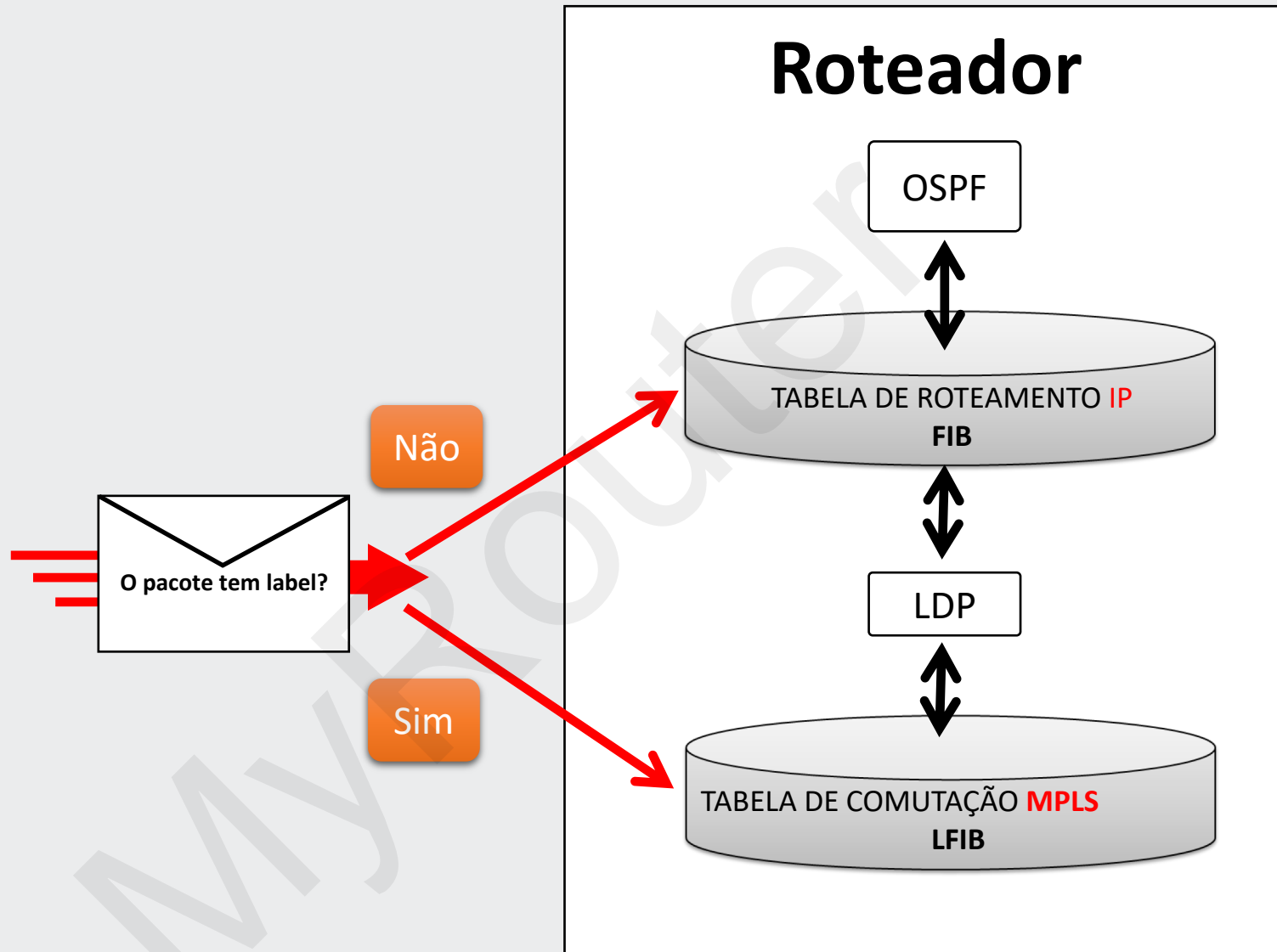


MPLS

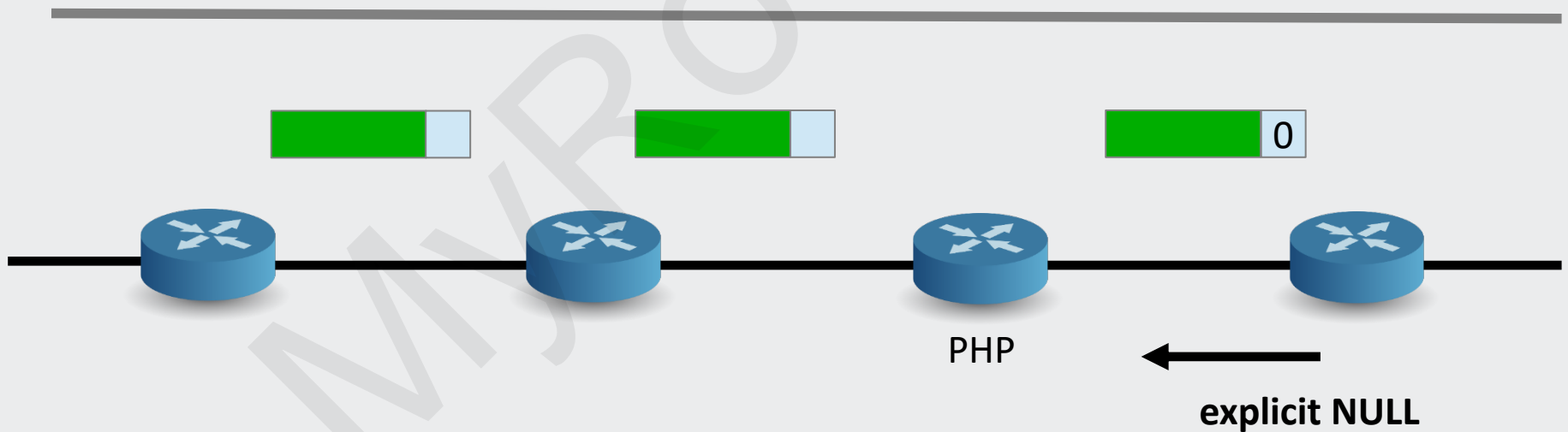
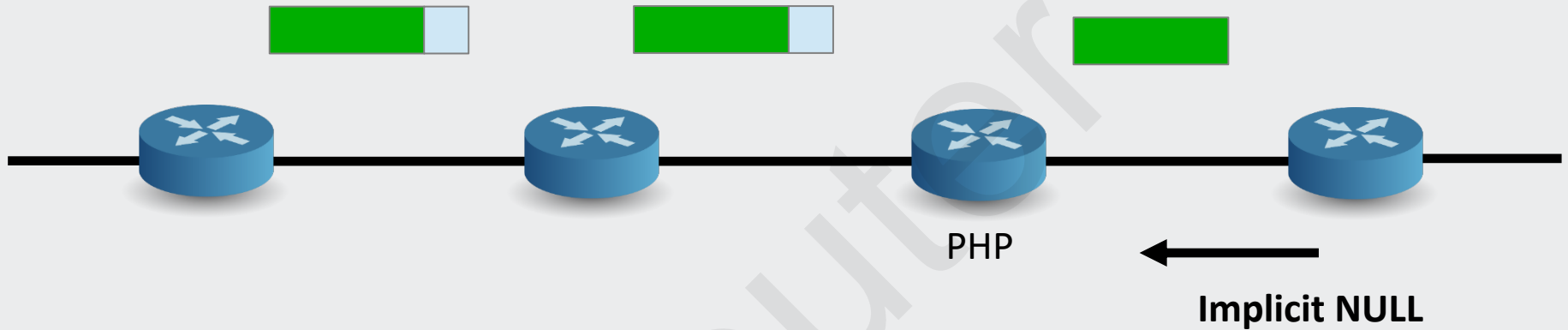
LDP Neighbor | Accept Filter | Advertise Filter | **Forwarding Table** | MPLS Interface | Local Bindings | Remote Bindings | ...

Find

In Label	Out Labels	Interface	Nexthop	Destination	Bytes	Packets
expl-null					0	0
L 16	21	ether4-mk-02-ibgp	100.64.0.2	100.64.255.6	0	0
L 17		ether4-mk-02-ibgp	100.64.0.2	100.64.255.2	0	0
L 18		ether6-mk-03-ibgp	100.64.0.6	100.64.0.12/30	0	0
L 19		ether6-mk-03-ibgp	100.64.0.6	100.64.0.8/30	0	0
L 20		ether6-mk-03-ibgp	100.64.0.6	100.64.255.3	0	0
L 21		ether4-mk-02-ibgp	100.64.0.2	100.64.0.16/30	0	0
L 22	16	ether6-mk-03-ibgp	100.64.0.6	100.64.255.5	0	0



- O PHP é implementado por motivos de desempenho.
- Sem o PHP, o LER teria que fazer 2 pesquisas (tabela de encaminhamento de rótulos MPLS e tabela de roteamento IP) evitando um consulta desnecessária.
- Anunciado pelo rótulo “implicit null”



- Se configurado, o penúltimo LSR encaminha o pacote com o label NULL (rótulo nulo), ao invés de retirar o cabeçalho.
- Útil para preservar o QoS

# VPLS baseada em LDP e BGP

Layer2 VPN

Virtual Private LAN Service

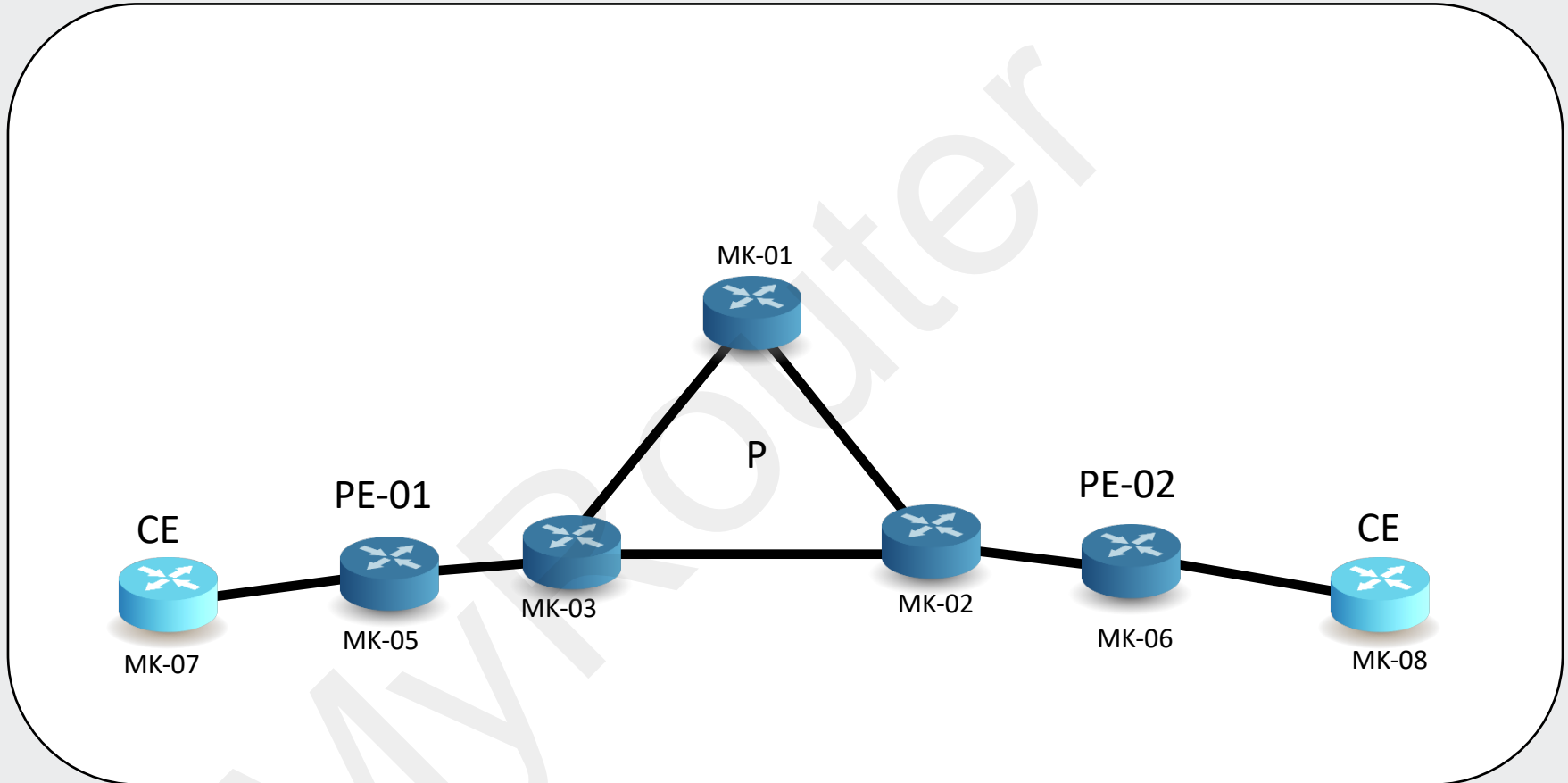


- Também chamadas de L2VPN ou EoMPLS.
- Usa LDP para negociar os túneis VPLS.

## MPLS – PseudoWire – Problemas com MTU

- O transporte via AToM de Frame Relay, Ethernet, ATM e VPLS não permite que os pacotes sejam fragmentados e remontados.
- Certifique-se que o MTU de todos os links intermediários são suficiente para carregar o maior frame recebido.





PE-01

VPLS

VPLS BGP VPLS Cisco BGP VPLS

+ - ✓ ✗ 📄 🔍

Name	Type
vpls1-cliente-01	VPLS

Interface <vpls1-cliente-01>

General Status Traffic

Name: vpls1-cliente-01

Type: VPLS

MTU: 1500

Actual MTU: 1500

L2 MTU: 1500

MAC Address: 02:16:7E:E8:E5:5D

ARP: enabled

ARP Timeout:

Remote Peer: 100.64.255.6

VPLS ID: 1:1

Cisco Style

Cisco Style ID: 0

Advertised L2MTU: 1500

PW Type:  tagged ethernet  raw ethernet

OK Cancel Apply Disable Comment Copy Remove Torch

Bridge

Bridge Ports Filters NAT Hosts

+ - ✓ ✗ 📄 🔍 Settings

Name	Type	L2 MTU	Tx
bridge-vpls	Bridge	65535	0 b

Interface <bridge-vpls>

General STP Status Traffic

Name: bridge-vpls

Type: Bridge

OK Cancel Apply

Bridge

Bridge Ports Filters NAT Hosts

+ - ✓ ✗ 📄 🔍

Interface	Bridge
ether2-mk-07-clie...	bridge-vpls
vpls1-cliente-01	bridge-vpls

VPLS

VPLS BGP VPLS Cisco BGP VPLS

+ - ✓ ✗ 📄 🗑️

	Name	Type
R	vpls1-cliente-01	VPLS

Interface <vpls1-cliente-01>

General Status Traffic

Name: vpls1-cliente-01

Type: VPLS

MTU: 1500

Actual MTU: 1500

L2 MTU: 1500

MAC Address: 02:D4:86:90:1D:D0

ARP: enabled

ARP Timeout:

Remote Peer: 100.64.255.5

VPLS ID: 1:1

Cisco Style

Cisco Style ID: 0

Advertised L2MTU: 1500

PW Type:  tagged ethernet  raw ethernet

OK Cancel Apply Disable Comment Copy Remove Torch

Bridge

Bridge Ports Filters NAT Hosts

+ - ✓ ✗ 📄 🗑️ Settings

	Name	Type	L2 MTU	Tx
R	bridge-vpls	Bridge	65535	0 b

Interface <bridge-vpls>

General STP Status Traffic

Name: bridge-vpls

Type: Bridge

OK Cancel Apply

Bridge

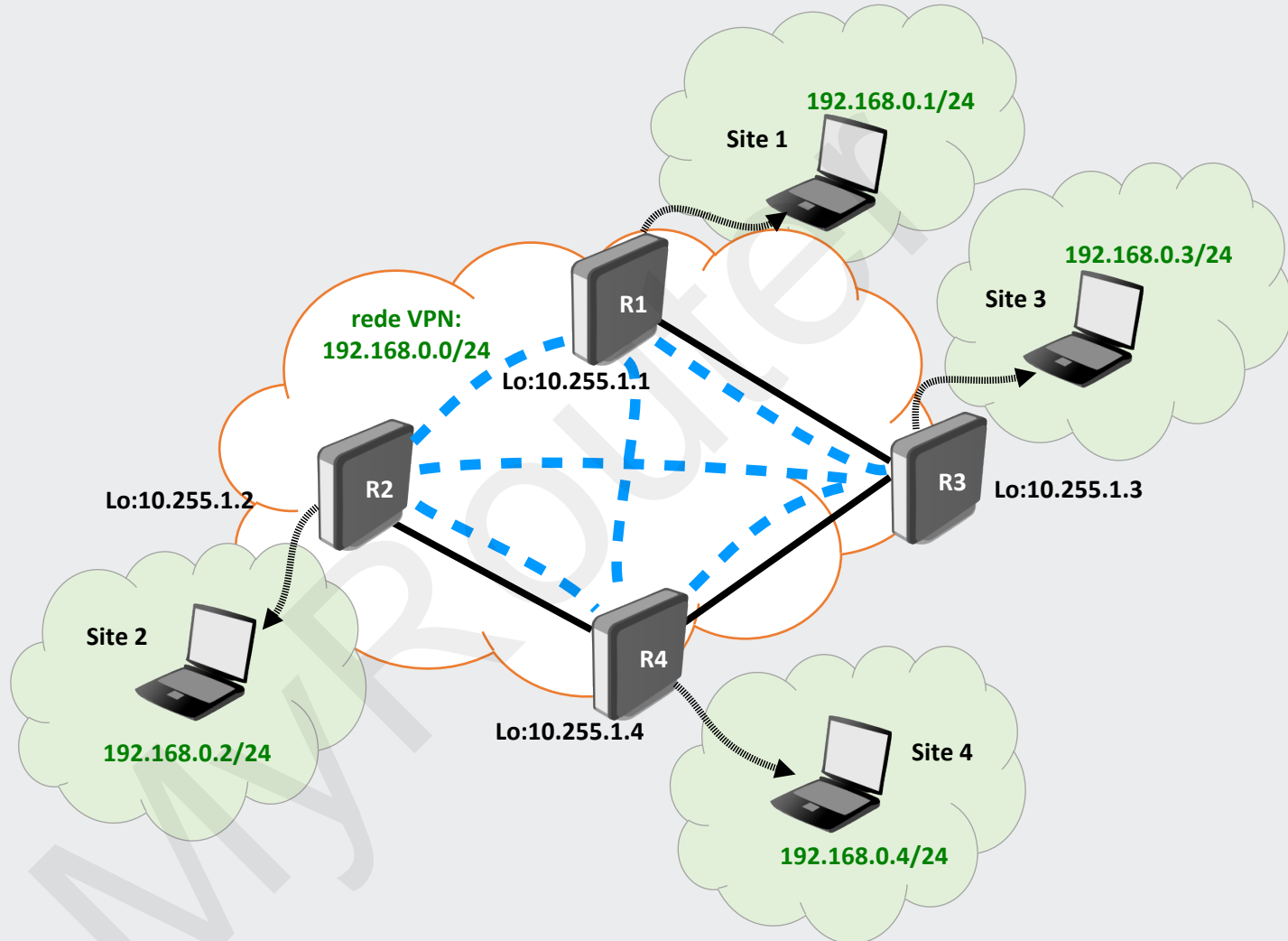
Bridge Ports Filters NAT Hosts

+ - ✓ ✗ 📄 🗑️

	Interface	Bridge
	ether2-mk-08...	bridge-vpls
	vpls1-cliente-01	bridge-vpls

- Problemas de escalabilidade por conta de sua natureza estática
- Exigência de manter em full mesh os túneis LDP
- Ajuste de configuração em todos os roteadores que formam VPLS

----- túnel VPLS





- Funcionalidades VPLS no BGP
  - **Autodiscovery** – sem necessidade de configurar cada router VPLS
  - **Signaling** – rótulos para túneis VPLS distribuídos nos updates do BGP.
- Sem necessidade de sessões LDP destinadas.
- Sem problemas com escalabilidade.

- O túnel VPLS é criado dinamicamente e adicionado como porta da bridge
- **route-distinguisher** – valor que é anexado à PREFIXO da VPLS para distinguir os anúncios, valor deve ser único para cada VPLS
- **site-id** – atributo único em cada router membro da VPLS

BGP Peer <IBGP-MK-05>

General Advanced Status

Address Families:  ip  ipv6  l2vpn  vpn4  l2vpn-cisco

Update Source: loopback-ospf

Cisco VPLS NLRI Length Format: auto bits

- IPv6
- MPLS
- Routing
- System
  - VPLS

VPLS

VPLS BGP VPLS Cisco BGP VPLS

+ - ✓ ✗ [icon] [icon]

	Name	Type
DRSB	vpls2	VPLS

Bridge

Bridge Ports Filters NAT Hosts

+ - ✓ ✗ [icon] [icon]

	Interface	Bridge	...	P...	Horizon
	Ether2-mk-07-clie...	bridge-vpls	80	10	
D	vpls3	bridge-vpls	80	10	1

VPLS

VPLS BGP VPLS Cisco BGP VPLS

+ - [icon] [icon]

New BGP VPLS

Name: vpls-CE1

Route Distinguisher: 23456:10

Import Route Targets: 23456:10

Export Route Targets: 23456:10

Site ID: 1

Bridge: bridge-vpls

Bridge Cost: 0

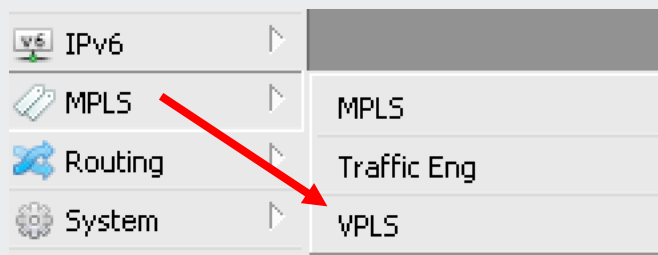
Bridge Horizon: 1

Use Control Word

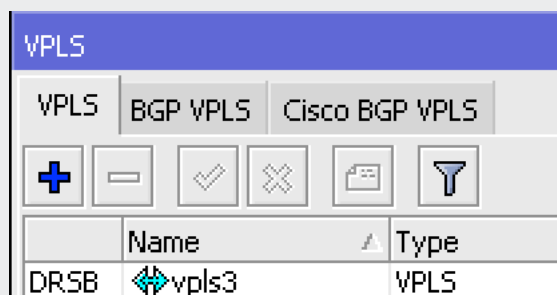
PW MTU: 1500

PW Type: vpls

enabled inactive



- IPv6
- MPLS
- Routing
- System
  - VPLS

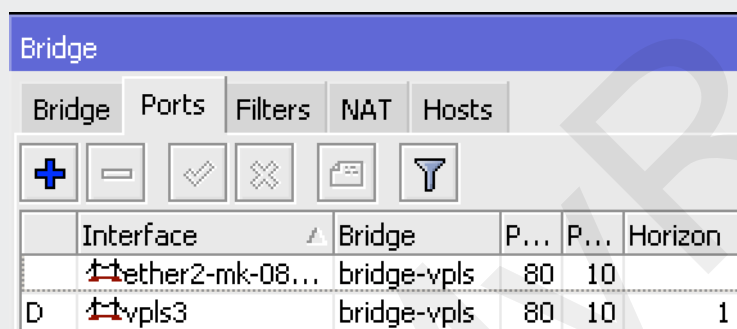


VPLS

VPLS BGP VPLS Cisco BGP VPLS

+ - ✓ ✗ [Info] [Filter]

	Name	Type
DRSB	vpls3	VPLS

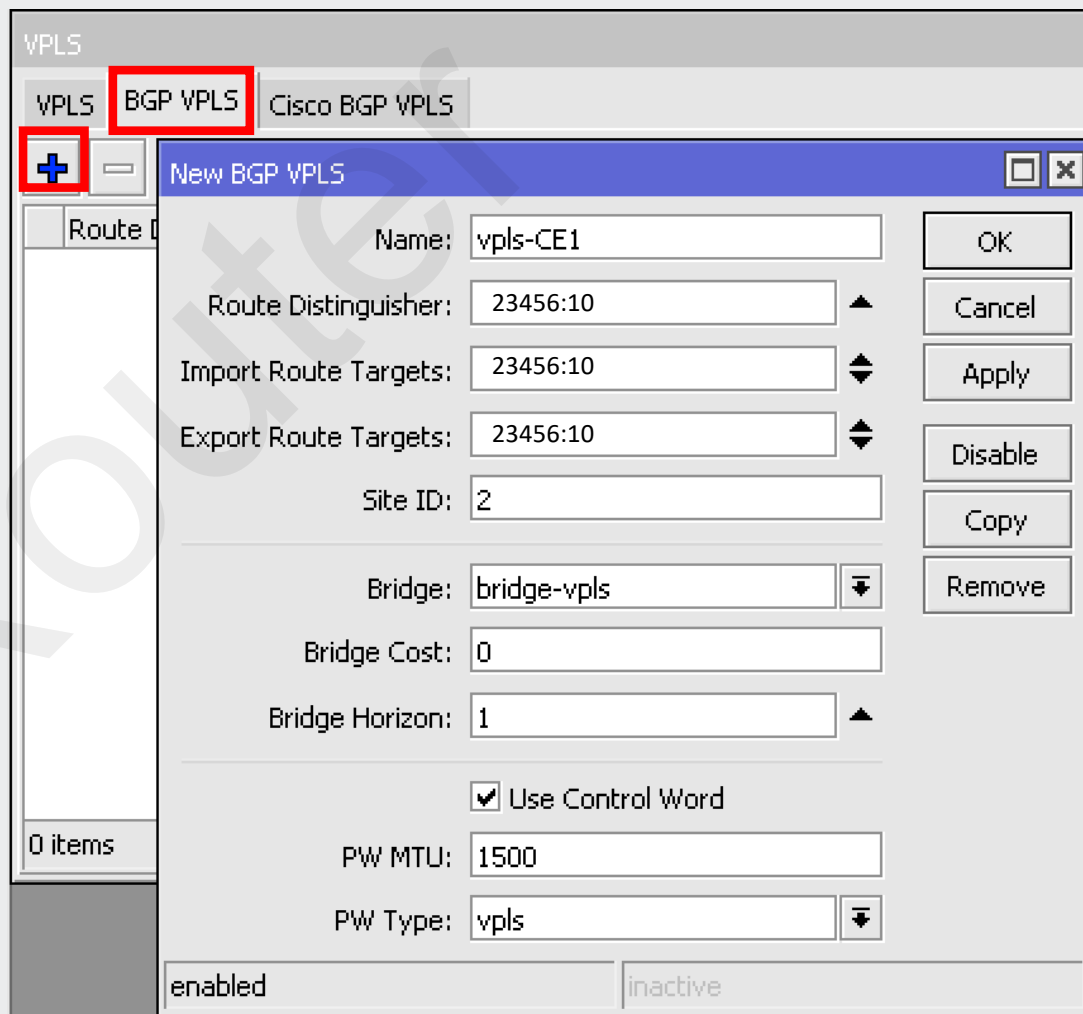


Bridge

Bridge Ports Filters NAT Hosts

+ - ✓ ✗ [Info] [Filter]

	Interface	Bridge	P...	P...	Horizon
	Ether2-mk-08...	bridge-vpls	80	10	
D	vpls3	bridge-vpls	80	10	1



VPLS

VPLS BGP VPLS Cisco BGP VPLS

+ -

New BGP VPLS

Name: vpls-CE1

Route Distinguisher: 23456:10

Import Route Targets: 23456:10

Export Route Targets: 23456:10

Site ID: 2

Bridge: bridge-vpls

Bridge Cost: 0

Bridge Horizon: 1

Use Control Word

PW MTU: 1500

PW Type: vpls

enabled inactive

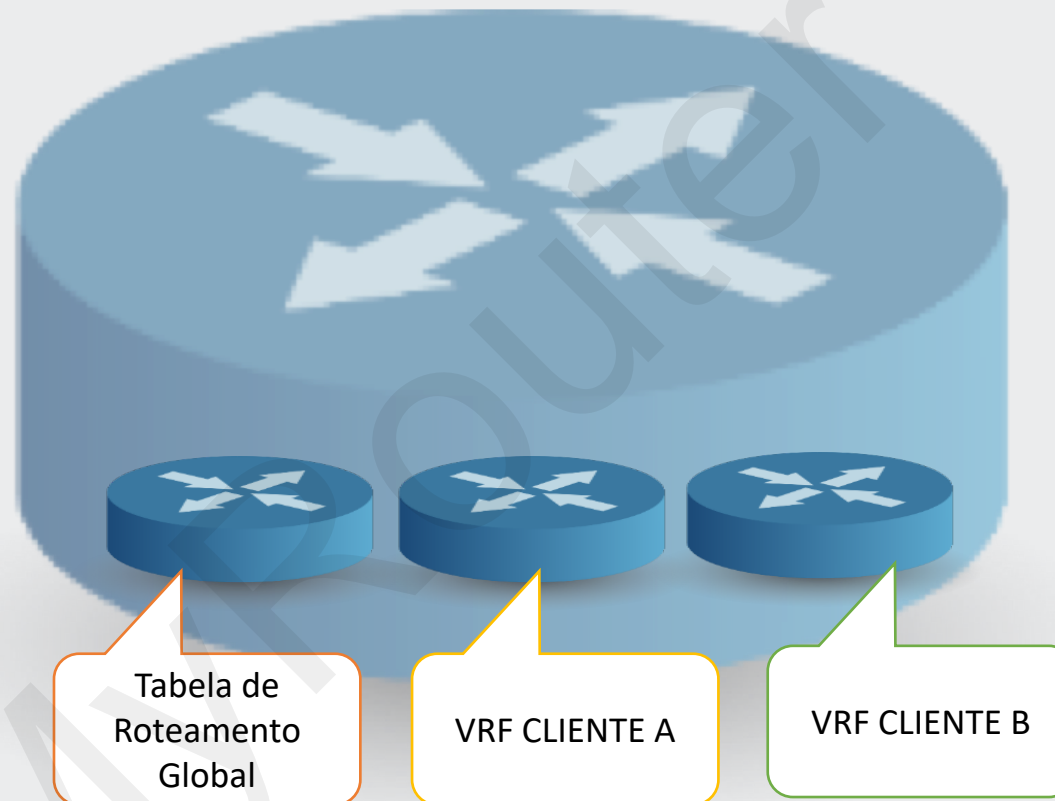
OK Cancel Apply Disable Copy Remove

# VRF

Layer3 VPN

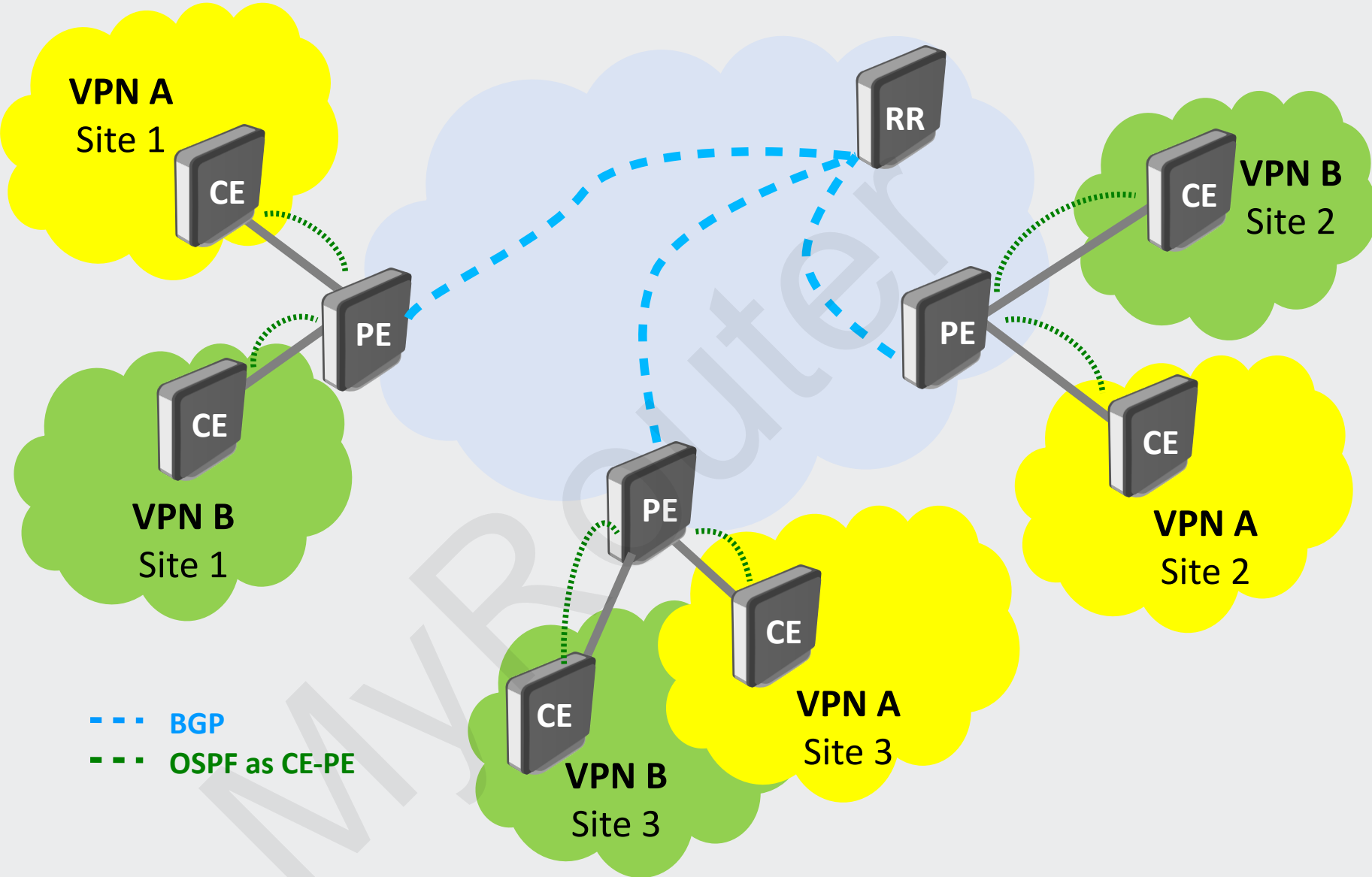
- Virtual Routing and Forwarding – Roteamento e encaminhamento virtual;
- Funcionalidade de roteamento completamente independente da tabela de roteamento principal do roteador;
- Múltiplas VRFs resolvem o problema da sobreposição de endereços IP dos clientes;

## Roteador



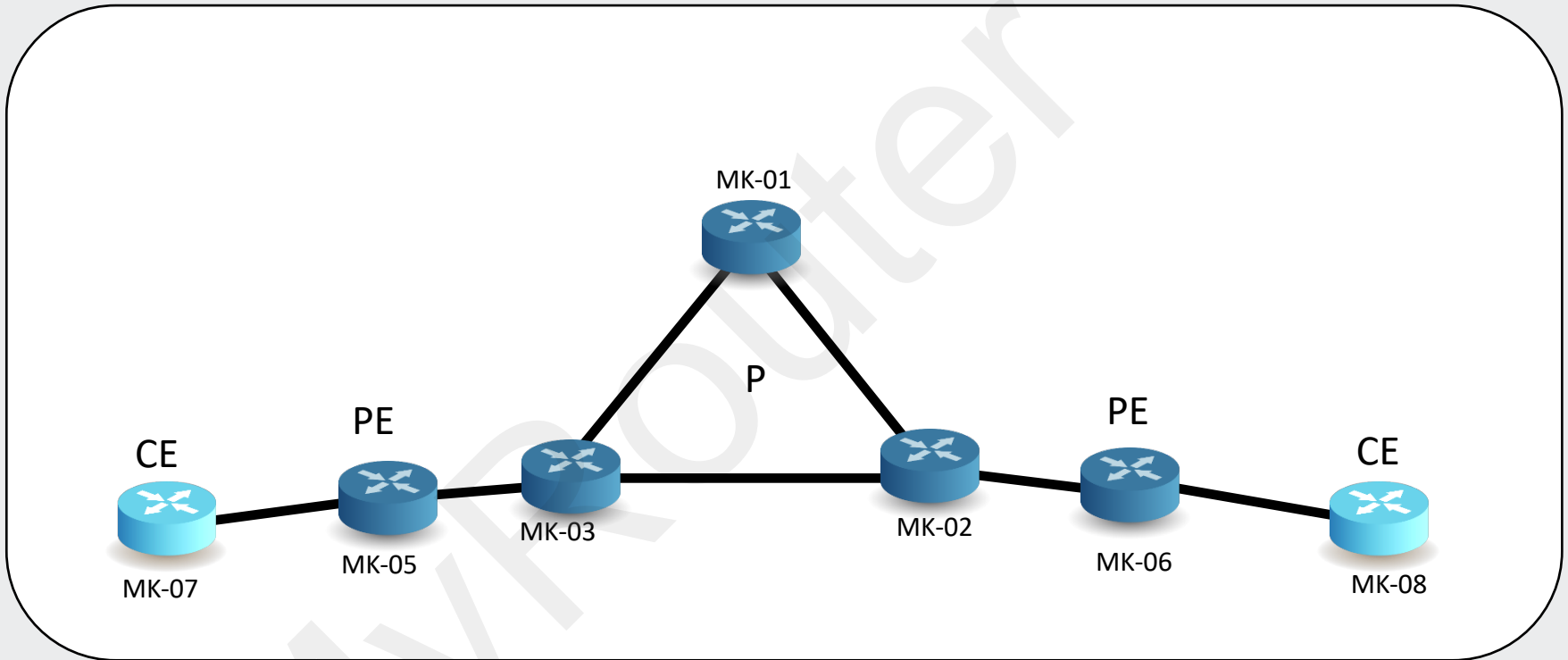


- Funciona em Camada 3
- Também chamada de L3VPN
- A rede do provedor PRECISA ter o MPLS habilitado.
- BGP (MP-BGP) é usado para distribuir rotas entre as VRFs.



--- BGP  
- - - OSPF as CE-PE

- **Route distinguisher (RD)** (64bits) é usado para tornar os prefixos IPv4 únicos.
- **Route Targets (RTs)** (64bits) foram introduzidos para a habilidade de interconectar sites de diferentes empresas, a chamada extranet VPN.
  - São utilizadas para controlar os anúncios de rotas
  - Exporting RT – a vpnv4 recebe adicionalmente uma community BGP estendida.
  - Importing RT – a rota vpnv4 recebida é verificada por um RT correspondente.



- Crie as VRFs para cada cliente.

Route List

Routes Nexthops Rules **VRF**

+ - ✓ ✗ [icon] [icon]

Routing Mark Interfaces Route Dist...

**New VRF**

Routing Mark:

Interfaces:

Route Distinguisher:

Import Route Targets:

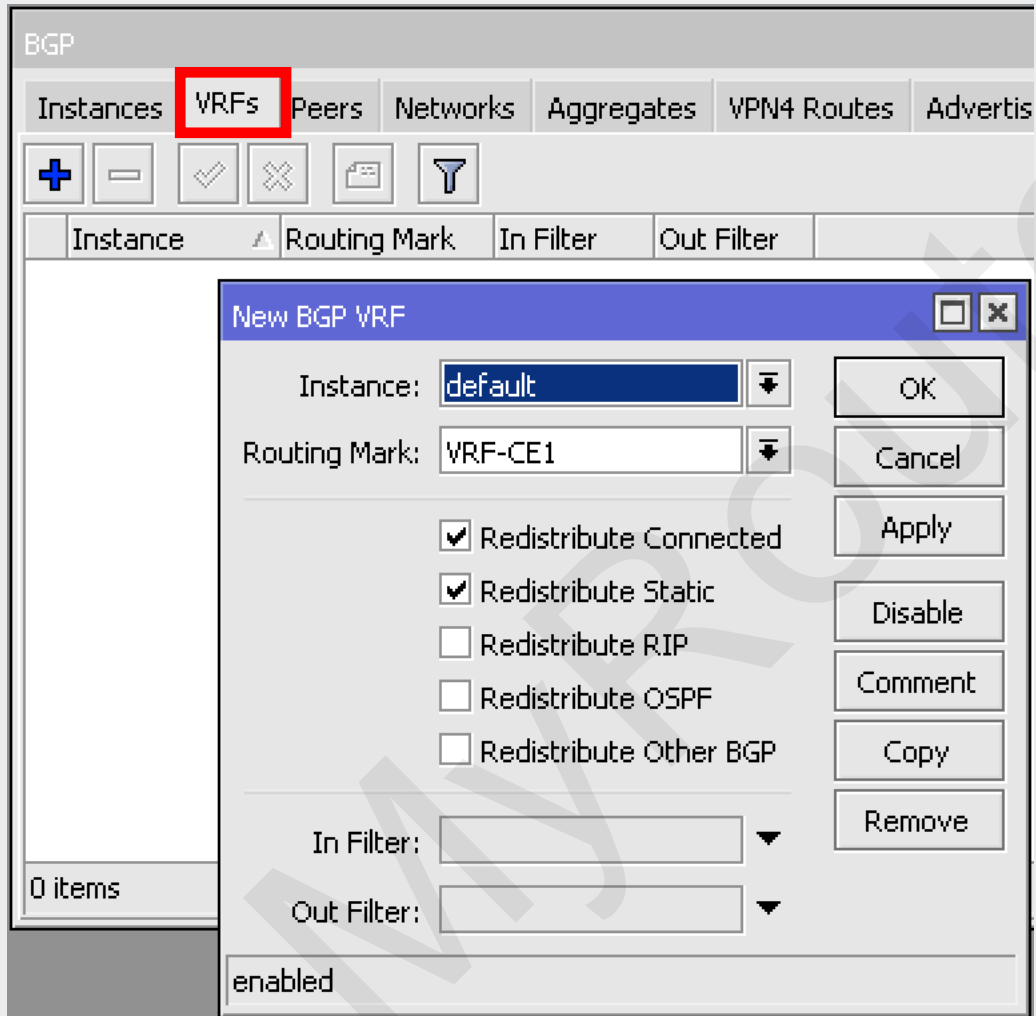
Export Route Targets:

OK  
Cancel  
Apply  
Enable  
Comment  
Copy  
Remove

0 items

disabled inactive

- Configurar a VRF para cada cliente, na aba do BGP



- Ajuste a sessão BGP para permitir transportar VPN4 via BGP

BGP Peer <IBGP-MK-06>

General Advanced Status

Address Families:  ip  ipv6  l2vpn  **vpn4**  l2vpn-cisco

Update Source: loopback-ospf

Cisco VPLS NLRI Length Format: auto bits

OK  
Cancel  
Apply  
Disable

- Depois de feitas as configuração analise a aba baixo dos seus PE

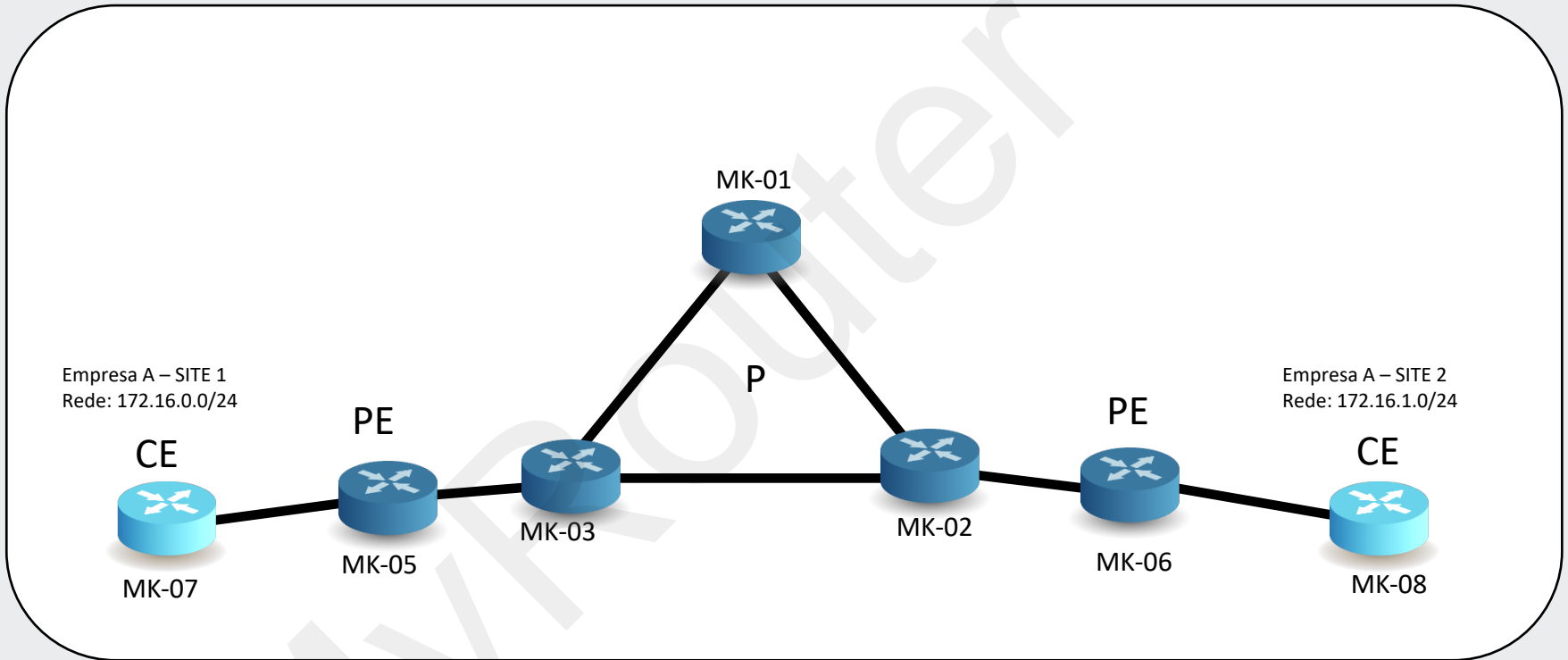
BGP

Instances VRFs Peers Networks Aggregates **VPN4 Routes** Advertisements

Route Dist...	Dst. Address	Gateway	Interface	In Label	Out Label
2011:1	200.11.3.8/30		ether2-mk-0...	29	0
2011:1	200.11.3.4/30	100.64.255.5	ether1-mk-02	55	55

- Tabela de roteamento

DAB	▶ 200.11.3.4/30	100.64.255.5 recursive via 100.64.0.17 ether1-mk-02	200	VRF-CE1		
DAC	▶ 200.11.3.8/30	ether2-mk-08-cliente reachable	0	VRF-CE1	200.11.3.9	





Route <172.16.0.0/24>

General | Attributes

Dst. Address: 172.16.0.0/24

Gateway: 200.X.3.6 on VRF-CE1 reachable ether2-mk-07-cliente

Check Gateway:

Type: unicast

Distance: 1

Scope: 30

Target Scope: 10

Routing Mark: VRF-CE1

Pref. Source:

OK  
Cancel  
Apply  
Disable  
Comment  
Copy  
Remove

enabled active static

Route <172.16.1.0/24>

General | Attributes

Dst. Address: 172.16.1.0/24

Gateway: 200.X.3.10 on VRF-CE1 reachable ether2-mk-08-cliente

Check Gateway:

Type: unicast

Distance: 1

Scope: 30

Target Scope: 10

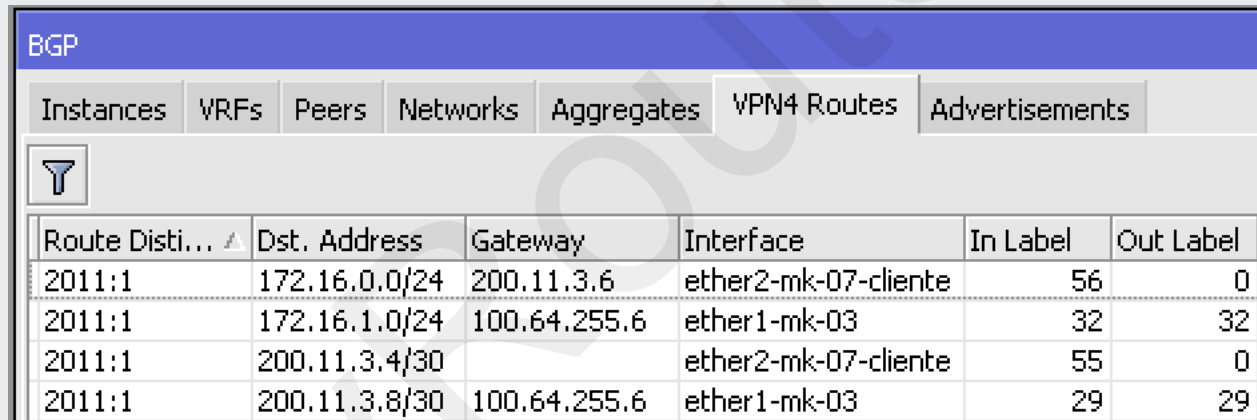
Routing Mark: VRF-CE1

Pref. Source:

OK  
Cancel  
Apply  
Disable  
Comment  
Copy  
Remove

enabled active static

- Veja da aba VPN4 Routes no BGP e todas as rotas exportadas e importadas da VPN via BGP.

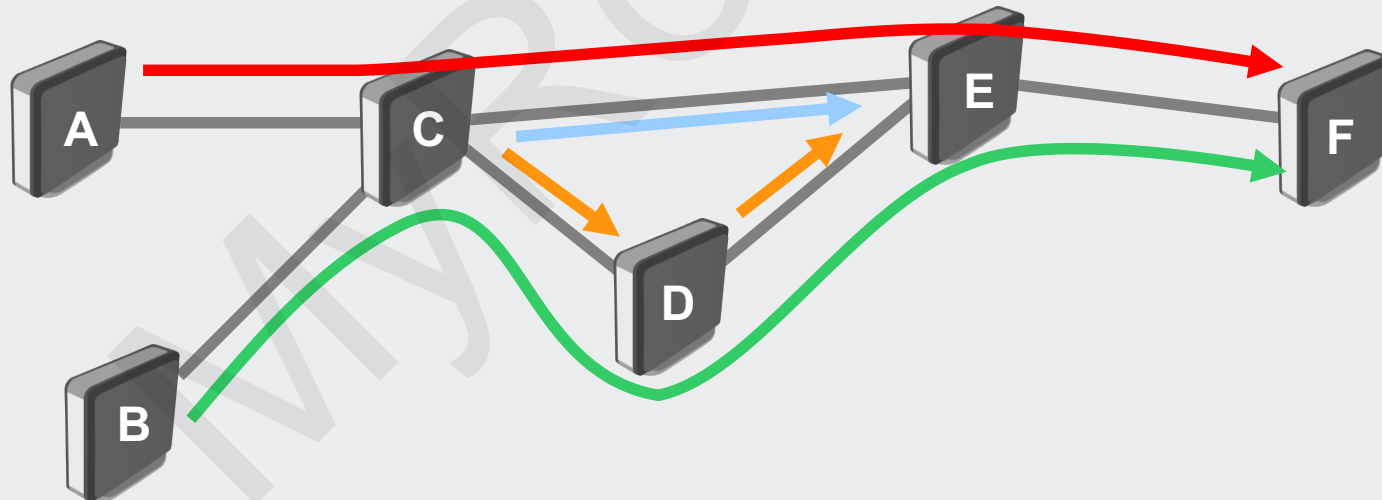


The screenshot shows the Mikrotik WinBox interface for the BGP configuration page, specifically the 'VPN4 Routes' tab. The interface includes a navigation bar with tabs for 'Instances', 'VRFs', 'Peers', 'Networks', 'Aggregates', 'VPN4 Routes', and 'Advertisements'. Below the navigation bar is a search icon and a table of routes. The table has six columns: 'Route Dist...', 'Dst. Address', 'Gateway', 'Interface', 'In Label', and 'Out Label'. There are four rows of data in the table.

Route Dist...	Dst. Address	Gateway	Interface	In Label	Out Label
2011:1	172.16.0.0/24	200.11.3.6	ether2-mk-07-cliente	56	0
2011:1	172.16.1.0/24	100.64.255.6	ether1-mk-03	32	32
2011:1	200.11.3.4/30		ether2-mk-07-cliente	55	0
2011:1	200.11.3.8/30	100.64.255.6	ether1-mk-03	29	29

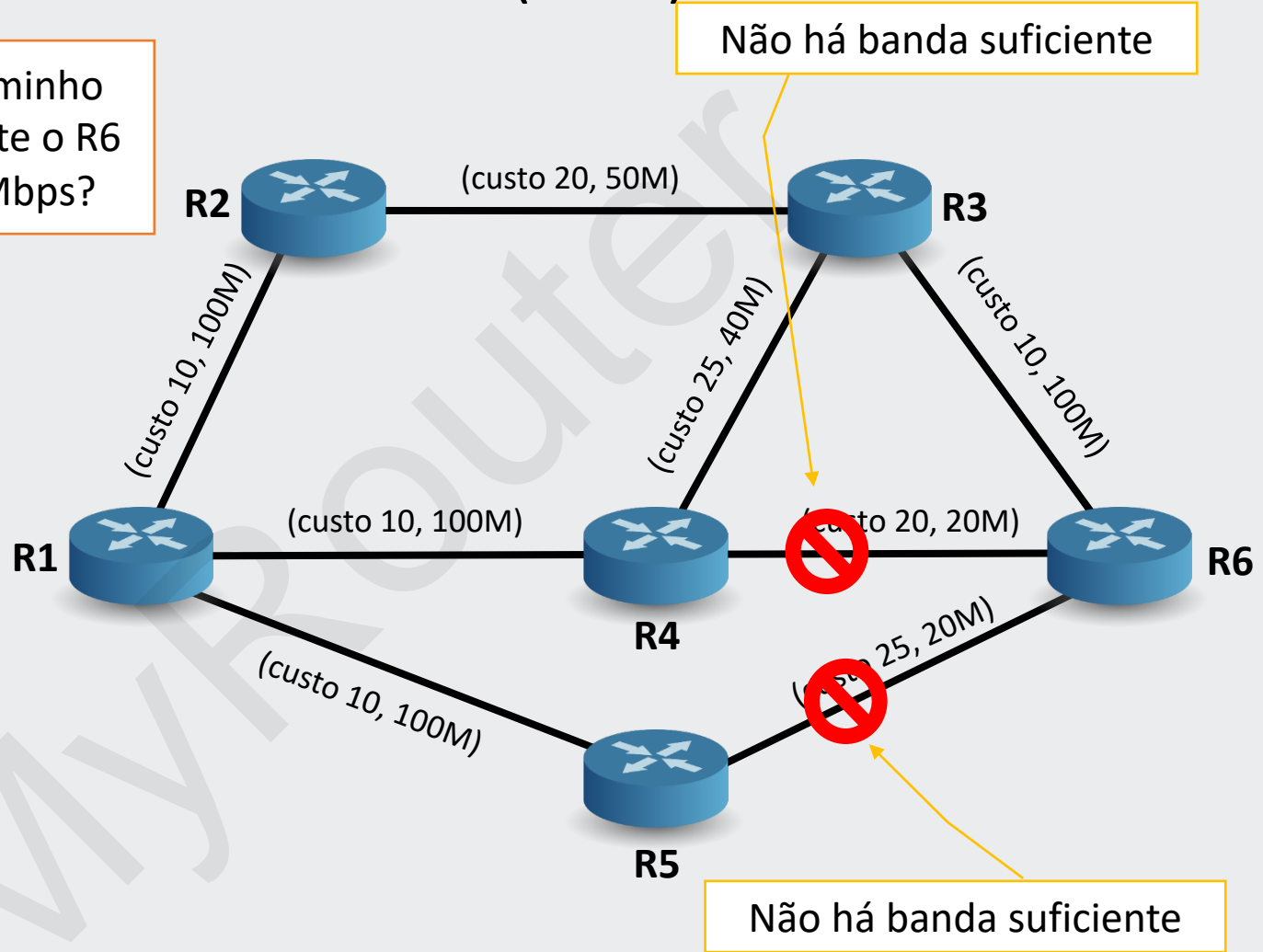
## Traffic Engineering (engenharia de tráfego)

- O **Multiprotocol Label Switching Traffic Engineering (MPLS TE)** é uma tecnologia que foi criada para sanar uma deficiência inerente do próprio modelo de roteamento instaurado e suportado pelo protocolo IP.



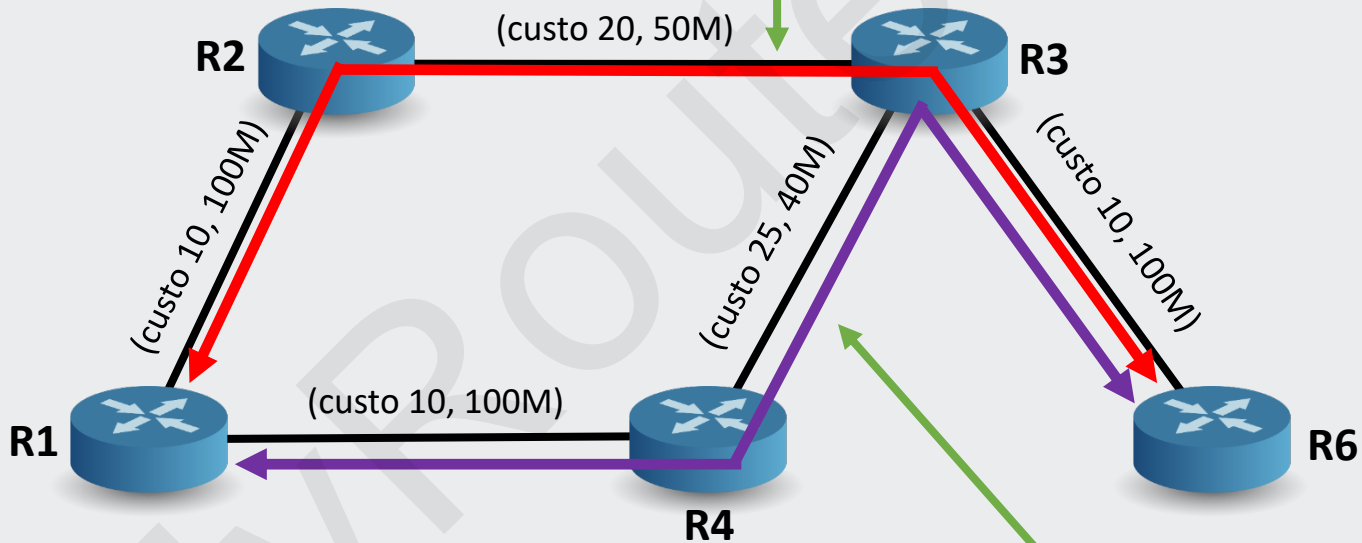
## Constrained Shortest Path First (CSPF)

Qual o melhor caminho para o R1 chegar ate o R6 com a banda 30Mbps?



## Constrained Shortest Path First (CSPF)

Caminho calculado para um túnel dinâmico baseado em restrição sobre o caminho do menor custo.



Caminho tem custo de 45, e não é o custo mais baixo.



MYROUTER