

Instituto Politécnico de Lisboa (IPL)  
Instituto Superior de Engenharia de Lisboa (ISEL)  
Departamento de Engenharia da  
Eletrónica e Telecomunicações e de Computadores (ADEETC)  
LEETC, LEIC, LEIM, LEIRT, MEIC

## Redes de Internet (RI) – Trabalho nº 1 (VLAN/STP/RIP)

Inverno de 2024/2025 - Data limite de entrega: [Ver Moodle](#)

Este trabalho tem como objetivo o aprofundamento dos conhecimentos sobre as VLAN, protocolos STP e RSTP, encaminhamento estático e RIP.

**O trabalho prático é de execução por grupos de até 3 alunos, podendo existir avaliação do grupo e/ou individual sobre a realização do mesmo e o tema que envolve. O trabalho é alvo de discussão final, em data a marcar pelo docente.**

Este trabalho, tal como os seguintes, é considerado pedagogicamente fundamental (“[Regulamento Pedagógico e de Avaliação de Conhecimentos](#)”, Conselho Pedagógico do ISEL).

É assumido que os alunos sabem utilizar convenientemente os comandos de configuração dos equipamentos, incluindo os de *show* e *debug*, para validar o seu trabalho e resolver os desafios que lhes vão sendo apresentados.

**O simulador de redes aconselhado para ser utilizado neste trabalho é o Packet Tracer.** A razão de não ser o GNS3 tem a ver com o facto do PT permitir lidar melhor com *switches* em termos de VLAN, STP, etc.

O relatório deve incluir uma capa com a identificação do grupo, dos alunos, os respetivos nomes e o curso e turma. Deve incluir, em anexo, os ficheiros de configuração das várias fases do trabalho, e a justificação das escolhas efetuadas. No ato da entrega do relatório, **não esquecer** que deverão também ser fornecido(s) o(s) ficheiro(s) **.pkt**.

Para minimizar o tempo necessário à realização do trabalho junto com este enunciado é disponibilizada a topologia utilizada para o Packet Tracer. Se utilizar a topologia fornecida e no enunciado aparecer “adicione” deve assumir como “ative”.

**Este trabalho será realizado em aulas práticas e continuado extra-aulas. O seu docente indicará o objetivo para cada aula prática devendo ser entregue no fim desta uma folha (A4) com o resumo do que foi efetuado nessa aula. A folha a ser entregue no final da aula prática poderá ser entregue em mão ou enviada via *email* e deverá ser assinada pelos membros do grupo presentes na aula.**

**Ler TODO o enunciado antes da aula prática e, sobretudo, antes de começar a configurar os equipamentos! É aconselhável dar uma leitura rápida à documentação indicada em **Bibliografia** antes da primeira aula prática para resolver este trabalho.**

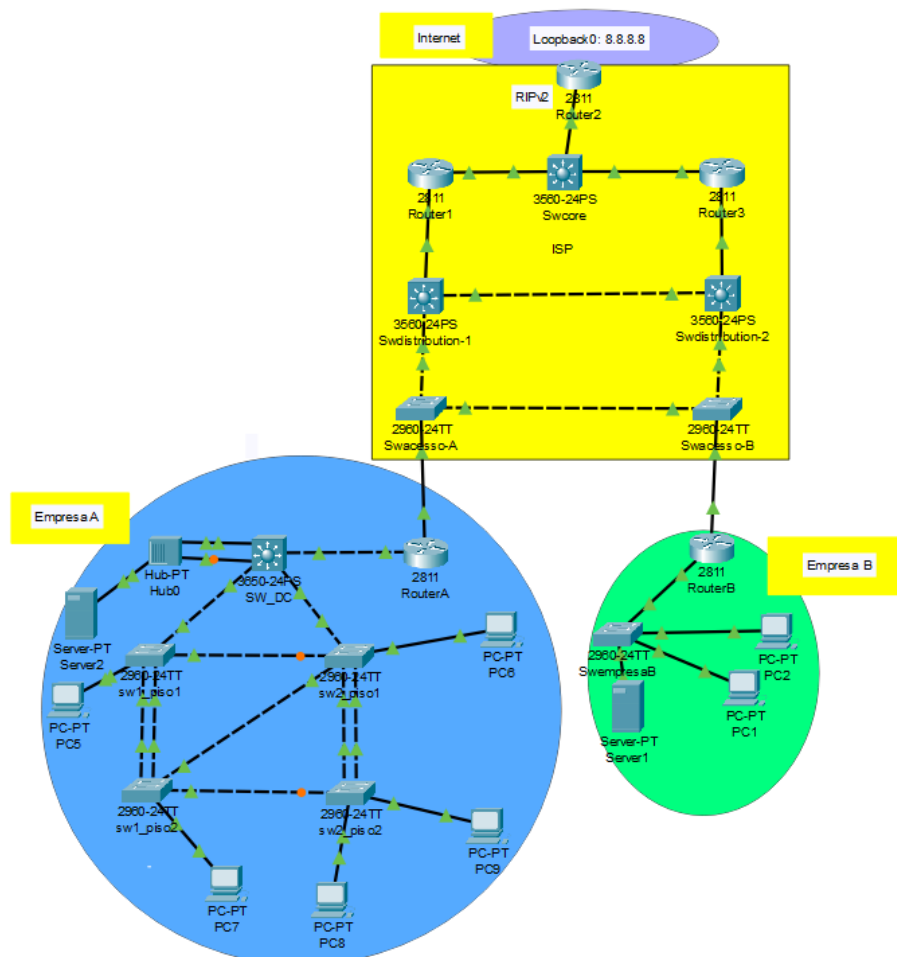
## Introdução

Este trabalho tem como objetivo familiarizar os alunos com a temática das VLAN, com o protocolo de proteção contra *loops* na camada 2 (STP), encaminhamento estático e com o protocolo de encaminhamento dinâmico RIP.

O relatório deve incluir as respostas às perguntas efetuadas e os exemplos de configuração necessários para se entender a abordagem efetuada na resolução dos diversos passos a implementar. As configurações completas deverão ser apresentadas no relatório.

## Objetivo

Pretende-se que os alunos criem a topologia indicada na figura, passo a passo, aumentando progressivamente a complexidade.



**Nota:** O estado dos *links* na figura são apenas um exemplo. Os da sua implementação poderão ser diferentes dependendo da configuração efetuada e das características dos equipamentos envolvidos.

Numa primeira fase os alunos devem implementar a topologia da Empresa A. Nesta os alunos consolidam os conhecimentos adquiridos em RCP e a matéria sobre redundância a nível 2 do modelo OSI (STP/RSTP), sobre as VLAN e sobre RIP.

Irá-se utilizar **VLAN estáticas** em que é necessário associar as portas tipo Access de cada switch à VLAN pretendida. A alternativa seria utilizar **VLAN dinâmicas** nas quais os dispositivos são atribuídos automaticamente a uma VLAN específica com base em critérios como os endereços MAC das máquinas, ao invés de serem atribuídos manualmente por portas de *switch*, como ocorre nas VLAN estáticas. A configuração dinâmica permite uma maior flexibilidade e automação na gestão de redes, facilitando a mobilidade de dispositivos dentro da rede, mas neste trabalho não são requeridas.

Numa segunda fase pretende-se que os alunos expandam a topologia, passo a passo, aumentando progressivamente a complexidade até terem implementado na sua totalidade a topologia da figura. A topologia representa uma

infraestrutura muito simplificada de um *Internet Service Provider* (ISP) que fornece conectividade/trânsito a duas empresas. Este ISP coloca equipamentos nas instalações de cada empresa que servem como um *Network Demarcation Device* (NDD).

Apesar de no exemplo acima o ISP apenas possuir dois clientes (empresas), numa situação real poderia possuir centenas ou milhares.

O ISP atribuiu blocos de endereços IPv4 públicos na gama 203.0.113.0/24 à empresa A e 198.51.100.0/24 à empresa B para uso destas. Internamente as empresas utilizam blocos de endereços IPv4 privados sempre que possível. As empresas possuem vários departamentos e, como tal, necessitam de possuir a sua rede segmentada em várias sub-redes, sendo o *gateway* de cada sub-rede sempre o *router* de cada empresa (Routers A e B). O ISP utiliza redes /30 (P2P em *layer3*) de interligação entre os seus *routers* (Routers 1 e 3) e os de cada empresa. **Não deve existir comunicação entre empresas sem o respetivo tráfego passar pelos routers do ISP.** Para tal cada empresa pode possuir uma rota estática *default* a apontar para um *router* do ISP. Este por sua vez, pode usar rotas estáticas para lidar internamente com as redes que atribuiu às empresas.

É utilizado o protocolo RIPv2 no *core* do ISP para os seus *routers* trocarem informações de rotas. O R2 do ISP possui uma ligação à Internet que é simulada como uma interface virtual (Loopback 0). Nota: Num ISP real não seria usado RIP, aqui é usado para se praticar o protocolo em questão.

Pretende-se que com a topologia indicada se consiga implementar a maior redundância possível sem comprometer a eficiência ou necessitar de novos equipamentos.

## Tarefas

- 1) Implementar a rede correspondente à Empresa A e responder às questões apresentadas (não se esqueça de justificar as suas respostas):
  - a) Use o comando: "*no ip domain-lookup*". Qual o objetivo deste comando?
  - b) Quais as VLAN por omissão que existem [*sh vlan*] antes de ser configurada qualquer VLAN em qualquer equipamento?
  - c) Qual o formato da *tags* introduzidas nas tramas Ethernet nas ligações *trunk*?
  - d) Qual a razão pela qual, numa LAN que utilize VLANs, numa ligação tipo Access as tramas não incluem *tags*?
  - e) Qual é a *tag* que as tramas pertencentes à VLAN 1 transportam?
  - f) Uma máquina quando recebe uma trama Ethernet como diferencia se esta a seguir ao campo endereço de origem inclui o campo do tipo Type/Lenght ou se inclui os campos associados a uma VLAN?
  - g) Quais as possíveis consequências de passarmos os *timers* "Max Age"=20 sec e "Forward Delay"= 15 sec para metade desses valores?
  - i) Qual é a *Root Bridge* (RB)? Justifique.
  - j) Por omissão qual é o tipo de Spanning-Tree (STP) ativo [*sh span*]?
  - k) Quantas árvores (*spanning trees*) existem na topologia implementada?
  - l) Para a empresa A, construa a tabela de cálculo do custo dos caminhos e de determinação de quais são as portas Root, Designated e Blocking e calcule os respetivos valores (verifique no PT quais os valores dos custos utilizados nos cálculos das *spanning trees*). Os resultados finais a que chegou são coerentes com os que o simulador PT apresenta?
  - m) Qual o custo do caminho mais curto até ao Router A desde o PC9?
  - n) Force a *root bridge* para ser o SW\_DC através da prioridade. Possui alguma porta bloqueada?
  - o) Na literatura sobre *spanning tree* encontra-se frequentemente a afirmação de que todas as portas de um *root switch/bridge* são portas Designated. Comente tendo em consideração o SW\_DC.

- p) Ative o modo *Per-Vlan Rapid Spanning Tree*. Verifique se é necessário ativá-lo em todos os *switches*?
- q) Quantas árvores passaram a existir?
- r) Existem duas ligações entre o sw1\_piso1 e o sw1\_piso2, uma delas bloqueada. Altere a configuração de maneira a desbloquear a ligação bloqueada e a desbloquear outra. [Opcional] Indique qual a forma de proceder de maneira que as duas ligações pudessem ser usadas em simultâneo.
- s) Explique de forma detalhada a razão do sw2\_piso2 escolher o caminho por omissão em detrimento de outro possível. Realize as alterações que considerar necessárias para que o caminho preferido seja outro que não o escolhido (por omissão).
- t) Considere a seguinte afirmação: “Com o SW\_DC como *root bridge*, a substituição do Hub0 por um *switch*, interligado entre o sw1\_piso1 e o SW\_DC, iria melhor a conectividade entre o PC5 e o Server2 pois o caminho ficava mais curto.”. Indique, justificando, se a mesma é falsa ou verdadeira atendendo a que todas as ligações ao *switch* novo funcionam a 100 Mbps.

2) O ISP possui os seguintes blocos de endereços IPv4 públicos:

- **192.0.2.0/24** – Usado pelo **ISP** nos seus equipamentos
- **203.0.113.0/24** – Cedidos para uso pela **empresa A**
- **198.51.100.0/24** – Cedidos à **empresa B**

Sempre que possível as empresas usam internamente endereços IPv4 privados

3) Segmente a topologia da **Empresa A** utilizando VLAN para ficar de acordo com as regras abaixo (poderá criar outras VLAN se necessário). Os informáticos da empresa decidiram que cada VLAN terá um endereço IPv4 privado dentro da gama **172.16.0.0/12**. A tabela seguinte é uma sugestão. Como resultado pretende-se a implementação no simulador da topologia indicada e o resultado dos testes indicados na última alínea que comprovem que a topologia está implementada e configurada como indicado nos passos (alíneas) seguintes:

Nº Vlan	Nome	IP do Gateway	Rede	PCs
<b>N_Grupo*10+1</b>	Contabilidade	<i>Último útil</i>	172.24.X.0/24	PC7, PC9
<b>N_Grupo*10+2</b>	Secretariado	<i>Último útil</i>	172. 24.X+1.0/24	PC5, PC8
<b>N_Grupo*10+3</b>	Informática	<i>Último útil</i>	172. 24.X+2.0/25	PC6
<b>N_Grupo*10+4</b>	Gestão da rede	<i>Último útil</i>	172. 24. X+2.128/25	Server2

Na tabela “**N\_Grupo**” representa o número do seu grupo e o **X** é o número da VLAN obtido na primeira coluna da linha da tabela.

- a) Configure as VLAN preferencialmente de acordo com a tabela anterior.
- b) Configure as portas em modo *access* ou *trunk* dependendo das necessidades. Desligue o protocolo *Dynamic Trunking Protocol* (DTP) em cada interface que configurar como *access* ou *trunk*.
- c) Configure o endereçamento IPv4 de todos os equipamentos tendo em consideração o sugerido na tabela.
- d) Verifique se existe conectividade entre os equipamentos em cada uma das VLAN.
- e) Verifique se existe conectividade entre os equipamentos de VLAN distintas.
- f) Ambas as ligações entre o *hub* Hub0 e o *switch* SW\_DC estão ativas e deixam passar tráfego IPv4? Justifique.
- 4) Ative o **RouterA** na topologia, ligando-o ao SW\_DC apenas configurando o RouterA e SW\_DC, segundo uma topologia *router-on-a-stick*, e de acordo com as indicações que se seguem de maneira a estes ficarem com as configurações de acordo com as *best practices*. Procure implementar, ao configurar as VLAN e o encaminhamento

nos *routers*, as seguintes regras (sem recorrer a listas de acesso (ACL)) (Lembra-se que: Se no exterior de uma rede esta não for “conhecida”, os outros *routers* não enviarão tráfego para ela):

- Da rede da **Contabilidade** não deve poder comunicar com nenhuma outra rede/VLAN interna ou externa;
- Da rede do **Secretariado** deve-se poder comunicar apenas com a VLAN da Informática
- Da rede da **Informática** deve ser possível comunicar com as VLAN do Secretariado, da Contabilidade e para fora da Empresa A;
- Da VLAN “**Gestão da rede**” deve ser possível comunicar com todos os equipamentos de rede internos em todas as VLAN. Não deve poder ser possível comunicar para ela de fora da empresa.
- Os equipamentos na VLAN “Gestão da rede” da empresa A devem poder comunicar todos entre si (Nota: Todos os equipamentos de suporte da rede da empresa devem poder ser acedidos a partir do PC6 de maneira a poder ser realizada gestão remota).
- O servidor 2 da empresa A inclui um servidor que é um Web Server que deve poder ser acedido também a partir da Internet.

**Nota:** No futuro, quando evoluir na matéria de Redes, utilizando listas de acesso (ACL) irá constatar que podem ser implementadas com facilidade outras alternativas à limitação da comunicação (filtros) entre equipamentos em redes distintas, mas isso não é requerido neste trabalho dado que essa matéria será aprofundada apenas mais à frente.

Lembre-se que cada rede/VLAN tem atribuídos endereços IPv4 públicos e privados. Do exterior das empresas só podem ser acedidos com endereços IPv4 públicos.

- a) Configurar e ativar as *interfaces* utilizadas de acordo com a regras enunciadas e as VLAN criadas (tenha em atenção que no uso de *subinterfaces*, neste caso a correspondente interface física não possui configuração de IP). Exemplos:

```
RouterN(config)# interface Fa0/1
RouterN(config-if)# description [Fa0/1] Link to SWY G1/0/5
RouterN(config-if)# no shutdown
RouterN (config-if)#exit
RouterN(config)# interface Fa0/1.10
RouterN(config-subif)# description [Fa0/1] Link to SWY G1/0/5 na VLAN 10
RouterN (config-subif)#encapsulation dot1Q 10
RouterN (config-subif)#ip address xxx.yyy.zzz.www mmm.mmm.mmm.mmm
RouterN(config-subif)# interface Fa0/1.20
RouterN(config-subif)# description [Fa0/1] Link to SWY G1/0/5 na VLAN 20
RouterN (config-subif)#encapsulation dot1Q 20
RouterN (config-subif)#ip address xxx.yyy.kkk.www mmm.mmm.mmm.mmm
RouterN (config-subif)#exit
```

**Nota:** Deve saber para que servem todos os comandos que utilizar.

- b) Atribuir o nome aos *routers/switches* com o comando `hostname`:

```
Router(config)# hostname RouterN
RouterN(config)#
```

- c) Configure uma mensagem inicial para quem entra no equipamento:

```
RouterN (config)# banner login ^C
---                               Router N                               ---
--- -----
--- UNAUTHORISED ACCESS IS PROHIBITED ---
--- Entradas nao autorizadas sao punidas por lei ---
--- (lei 109/2009 de 15 de Setembro) ---
^C
```

- d) Salve as configurações no *router* não se esquecendo da primeira vez de verificar se ficou mesmo salvo, se funcionou:

```
RouterN# copy running-config startup-config ou apenas RouterN# write
```

- e) Verifique se a conectividade entre os PC de diferentes VLAN está de acordo com as regras anteriormente indicadas. Pode utilizar o *Ping*. Caso tenha problemas, faça o *troubleshooting* para verificar se o problema está na *vlan/rede* (possível causa nos *switches/vlan* não criadas/passadas; portas em *access/trunks* ou a própria configuração dos PC/endereço/máscara do PC/GW)) execute um *ping* ao seu GW ou utilize um *traceroute* para verificar em que “hop” está o problema. Se estiver a tentar “pingar” o PC7 do PC5 e se cada PC possuir conectividade com o seu GW, então o problema estará no *router*. Pode usar comandos como:

```
show arp : Shows the Address Resolution Protocol
show mac-address-table : Shows the MAC Address Table
traceroute <ip address> : Execute a traceroute to a destination
ip show interface <interface> <number> : Interface status and configuration
show ip interface brief : Brief summary of IP interface status and configuration
```

- 4) Implemente a topologia da **Empresa B**, sabendo que o ISP forneceu a esta duas redes blocos de endereços IPv4 públicos, mas que para efeitos de racionamento de endereçamento a Empresa B utiliza internamente blocos IPv4 privados /26, onde N representa o número do grupo.

Nº Vlan	Nome	IP do Gateway	Rede	PCs
2	Servidores	192.168.Nx10+nº VLAN.63	192.168.Nx10+nº VLAN.0/26	Server1
3	Engenharia	192.168.N+nº VLAN.63	192.168.Nx10+nº VLAN.0/26	PC1, PC2

- a) Será uma boa decisão, e era necessário, os informáticos da empresa B optarem por endereços IPv4 privados usando máscaras /26? Justifique.
- 5) Implemente a topologia do **ISP** de interligação com os clientes (empresas A e B e muitas outras não presentes na topologia):

- a) Decida se nos *routers* do ISP é preferível utilizar endereços IPv4 privados ou públicos. Justifique.
- b) Relembre-se que quer o ISP quer as empresas possuem endereços IPv4 públicos e que as empresas só devem comunicar entre elas através dos *routers* do ISP. No caso de falha de um dos *routers* do ISP, os *routers* das empresas devem poder comunicar para fora através do outro *router* do ISP (*routers* 1 e 3).

Existe a possibilidade do ISP utilizar duas redes /30 (P2P em *layer3*) de interligação entre os seus *routers* e o de cada empresa.

As redes e respetivas VLAN podem ser:

- VLAN 90 (EmpresaA) -> 10.N.X.0/30
- VLAN 95 (EmpresaB) -> 10.N.X.4/30

**Nota:** No endereço IP, “N” corresponde ao número do grupo e X o número da VLAN.

Se concluir que deve usar endereços IPv4 públicos nos equipamentos do ISP determine como pretende utilizar o bloco do ISP.

Atribua o endereçamento IP ao Router1, Router3, RouterA e RouterB, fazendo com que os *routers* do lado do ISP possuam sempre os primeiros endereços IP disponíveis na respetiva rede.

- c) Configure os caminhos das VLAN na malha de *switches* do ISP (configurando as interfaces em *trunk* ou *access* quando necessário), sabendo que para efeitos de redundância de camada 2, o ISP construiu um circuito entre as duas empresas, logo este é para ser usado apenas em caso necessário se os *routers* do ISP falharem. No

caso de falha de um equipamento de rede deve ser possível manter o serviço mesmo que haja troços que fiquem com tráfego maior.

- d) Verifique se existe conectividade ponto a ponto entre os *routers* R1, RA, R3 e RB. Justifique.
- e) Configure no ISP:
  - i) O modo de STP é o *Per-Vlan spanning tree*.
  - ii) O Swdistribution-1 é a Root Bridge (RB) *primary* da *vlan* 90 e RB *secondary* da *vlan* 95.
  - iii) O Swdistribution-2 é a RB *primary* da *vlan* 95 e *secondary* da *vlan* 90.
  - iv) Faça “prune” nos *trunks* da topologia de *switching* do ISP para que apenas passem nos *trunks* as VLAN necessárias/utilizadas. Qual a vantagem/objetivo?
  - v) Verifique quantas árvores de STP estão presentes?
  - vi) Indique as portas bloqueadas da *vlan* 90 e 95. Justifique o bloqueio nestas portas.
- f) Qual é o caminho entre o R1 e o RB? Consegue realizar com sucesso um *Ping* entre eles?

### Encaminhamento

- 6) Configurar o *routing* estático. No final deste ponto, os PC com comunicação para o exterior da EmpresaA devem conseguir “pingar” o Router1 e os PC da EmpresaB devem conseguir “pingar” o Router3.
  - a) Configure nos *routers* das empresas as rotas estáticas *default*. Qual o “next-hop” destas rotas? Qual o objetivo?
  - b) Neste momento os PC das empresas já conseguem pingar o seu respetivo *router* do ISP? Justifique.
  - c) Configure as rotas estáticas que entender necessárias no R1 e R3 para que exista conectividade entre estes e as redes atribuídas a cada empresa. Qual o objetivo desta configuração?
- 7) Implementação do RIPv2 e conectividade global à Internet: No final deste ponto deve existir conectividade entre os PC das empresas e a Internet.
  - a) Ative os equipamentos Swcore e Router2 da topologia e as respetivas ligações como indica a figura.
  - b) Foi atribuída a rede 10.0.0.0/26 ao *core* do ISP. Configure as *interfaces* de cada *router*.
  - c) É necessário efetuar alguma configuração do Swcore? Porquê?
  - d) Configure o RIP no *core* do ISP com os seguintes objetivos:
    - i) Pretende-se que seja *classless* e que utilize a versão 2 do RIP.
    - ii) Que forme vizinhos apenas nas *interfaces* viradas para o *core*.
    - iii) Necessita de colocar o R1 e R3 a anunciar para os seus vizinhos que participam no RIP as rotas estáticas que possuam.
    - iv) O R2 propaga automaticamente a rota por omissão (*default*) através do RIP para o R1 e R3?
    - v) Configure a *interface* loopback0 no R2 com o IPv4 8.8.8.8/32, simulando desta forma a Internet.
    - vi) É necessário colocar a rede 8.8.8.8/32 no RIP? Porquê?
    - vii) O trabalho está completo quando existir a conectividade global prevista no enunciado com a redundância possível com os equipamentos utilizados.
- 8) NAT
  - a) Explique onde teve de usar NAT para possibilitar a utilização de endereços IPv4 públicos para dar acesso externo a partir das empresas.
  - b) Qual a diferença no caso do servidor que é Web Server?

- c) Teste, usando Ping entre os equipamentos nas várias redes, se as condições de limitação de acessos se confirmam, inclusive as das VLAN da empresa A.

## Bibliografia

- Documentos de apoio da UC e material fornecido pelo seu docente
- VLAN Configuration Guide, Cisco IOS Release 15.2:  
([https://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/switches/lan/catalyst2960x/software/15-2\\_2\\_e/vlan/configuration\\_guide/b\\_vlan\\_1522e\\_2960x\\_cg.html](https://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/switches/lan/catalyst2960x/software/15-2_2_e/vlan/configuration_guide/b_vlan_1522e_2960x_cg.html).)
- STP/RSTP , Cisco IOS Release 15.2:  
([https://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/switches/lan/catalyst2960/software/release/15-2\\_2\\_e/configuration/guide/b\\_1522e\\_2960\\_2960c\\_2960s\\_2960sf\\_2960p\\_cg/b\\_1522e\\_2960\\_2960c\\_2960s\\_2960sf\\_2960p\\_cg\\_chapter\\_010000.html](https://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/switches/lan/catalyst2960/software/release/15-2_2_e/configuration/guide/b_1522e_2960_2960c_2960s_2960sf_2960p_cg/b_1522e_2960_2960c_2960s_2960sf_2960p_cg_chapter_010000.html).)
- RIPv2, Cisco IOS 15.2:  
([https://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/ios-xml/ios/iproute\\_rip/configuration/15-mt/irr-15-mt-book/irr-cfg-info-prot.html](https://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/ios-xml/ios/iproute_rip/configuration/15-mt/irr-15-mt-book/irr-cfg-info-prot.html) )