

Resumo Completo e Anotado: Spanning Tree Protocol (STP)

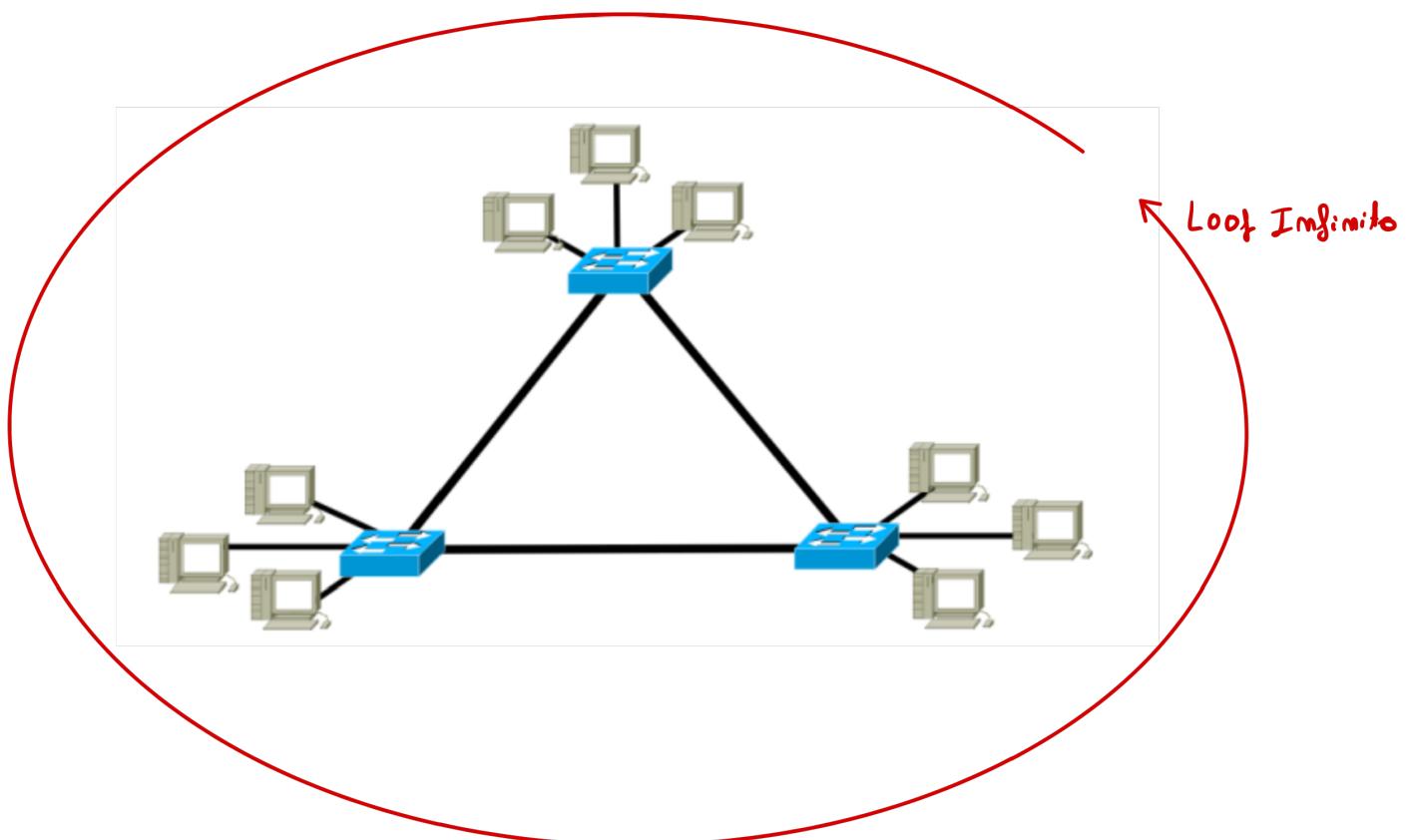
1. Objetivo do STP



O **Spanning Tree Protocol (STP)** é essencial em redes com **ligações redundantes**, pois **evita loops** de camada 2. Sem o STP, quadros de broadcast e multicast poderiam circular indefinidamente, causando sobrecarga nas ligações, consumo excessivo de largura de banda, enchimento das tabelas MAC e até colapso da rede. O STP identifica automaticamente um **subconjunto de ligações** para se **manter ativas** e **bloqueia** outras para garantir uma topologia sem ciclos, mantendo a ligação lógica entre todos os dispositivos.

↓
loop-free

Objective: To allow the network for dynamically recovery from network failures.

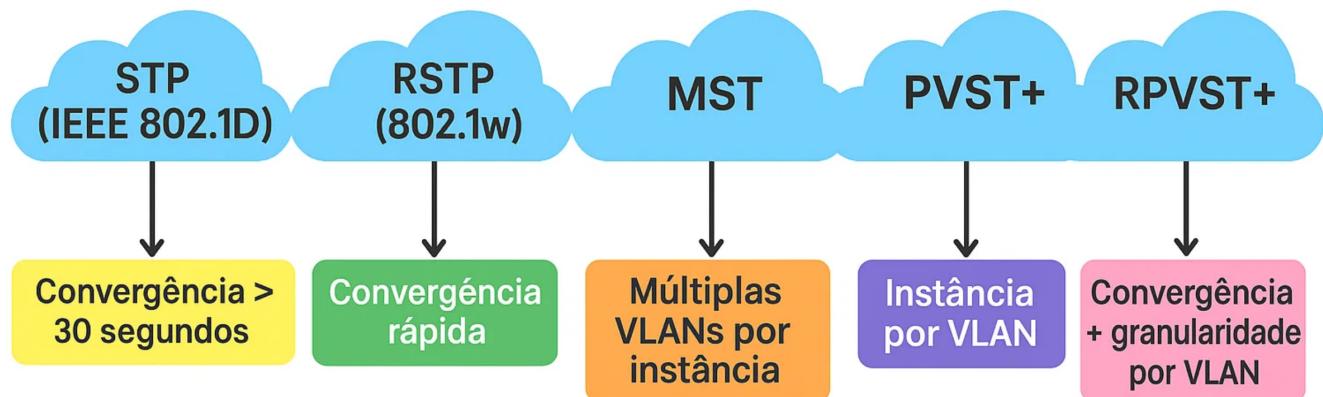


Resumo Completo e Anotado: Spanning Tree Protocol (STP)

2. Protocolos de STP

Ao longo do tempo, surgiram diferentes versões do STP. O padrão original IEEE 802.1D define o STP tradicional com tempos de convergência superiores a **30 segundos**. O **RSTP** (802.1w) melhora drasticamente este desempenho, permitindo a recuperação rápida em caso de falhas. O **MST** (Multiple Spanning Tree) agrupa várias VLANs na mesma instância, otimizando recursos. Em ambientes Cisco, **PVST+** permite uma instância separada de STP por VLAN, possibilitando caminhos diferentes por VLAN. O **RPVST+** combina a convergência rápida do RSTP com o controlo granular do PVST+.

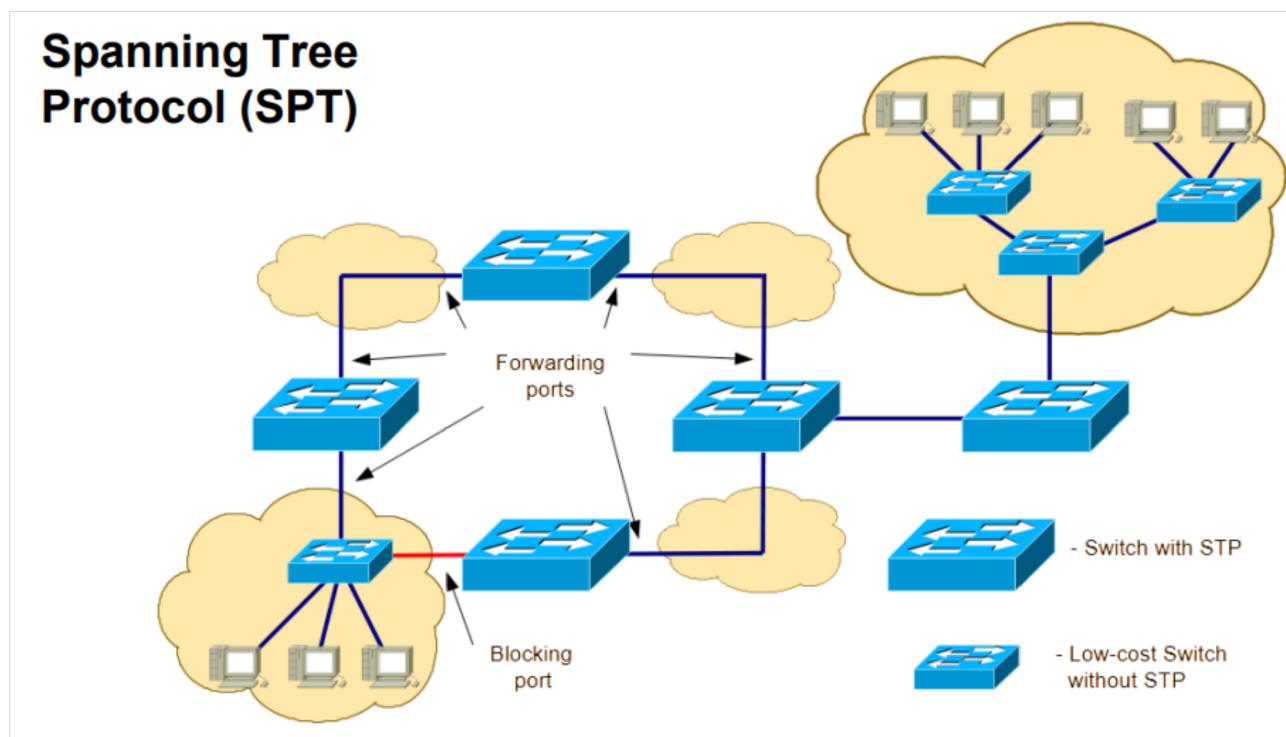
Evolução dos Protocolos STP



Resumo Completo e Anotado: Spanning Tree Protocol (STP)

3. Funcionamento geral

O STP utiliza mensagens chamadas BPDUs (Bridge Protocol Data Units) para construir uma arvore sem ciclos. Os switches trocam estas mensagens para eleger um Root Bridge, determinar o caminho de menor custo ate esse root, e decidir quais portas devem permanecer em estado de encaminhamento (forwarding) e quais devem bloquear (blocking). Com isso, garante-se que so existe um caminho ativo entre qualquer par de switches, evitando loops e mantendo a conectividade da rede. ✓



As conexões podem ser:

- Point - to Point Links (e/ STP)
- Network of switches (s/ STP)

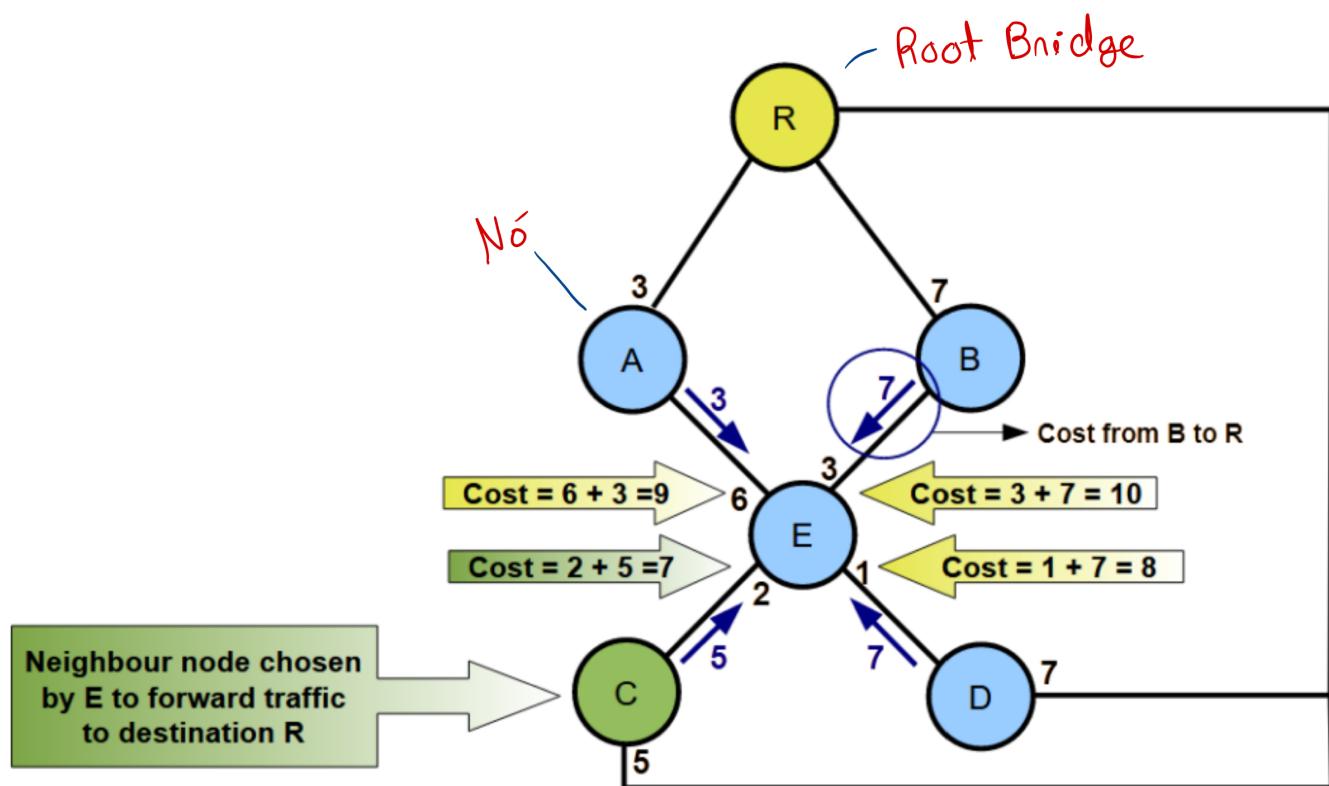
Resumo Completo e Anotado: Spanning Tree Protocol (STP)

4. Algoritmo Bellman-Ford

O cálculo da árvore sem loops baseia-se num algoritmo distribuído e assíncrono chamado Bellman-Ford.

Cada switch propaga periodicamente o seu custo acumulado até ao Root Bridge. Ao receber uma BPDU, o switch soma o custo da porta local ao custo indicado na mensagem e escolhe o vizinho com o menor custo total como seu caminho até ao root. Esta lógica é fundamental para a convergência automática e a estabilidade da rede STP.

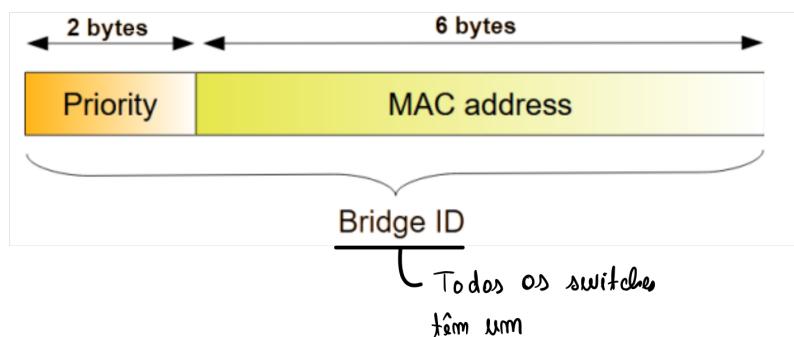
- Cada nó transmite periodicamente o custo até ao Root Bridge
- Com essas informações, o E consegue decidir o caminho + curto



Resumo Completo e Anotado: Spanning Tree Protocol (STP)

5. Identificadores importantes

Cada switch é identificado por um Bridge ID composto por dois elementos: a prioridade (valor configurável, por defeito 32768) e o endereço MAC (único). O switch com o menor Bridge ID torna-se o Root Bridge. Cada porta também tem um Port ID, que inclui uma prioridade e um identificador exclusivo da interface. Estes valores são usados como critérios de desempate durante o processo de eleição do root e de definição da topologia ativa.



- **Root Bridge:** é o switch eleito como raiz da árvore STP.
- **Root ID:** é o Bridge ID do Root Bridge — ou seja, identifica qual switch é o root.

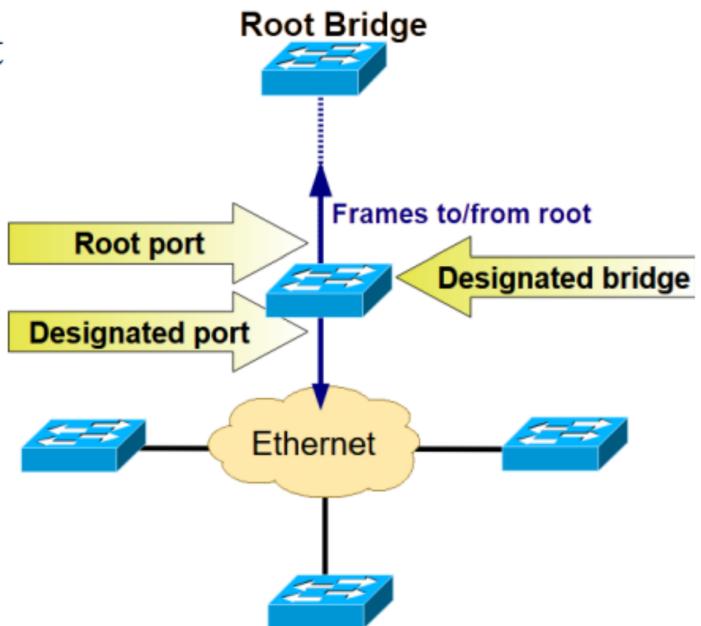
- **Designated Bridge** – Switch responsável to forward the packets from an Ethernet segment to and from the **Root Bridge**.

- The root bridge is the designated bridge to all Ethernet segments connected to it.

- **Designated Port** – Port of the designated bridge of the Ethernet segment.

- **Root Port** – Port of the switch that provides the shortest path to the **Root Bridge**.

- The Root Bridge has no Root Ports.



Resumo Completo e Anotado: Spanning Tree Protocol (STP)

6. Custos de porta (Path Cost)

Cada porta tem um custo associado com base na velocidade da interface. Valores tipicos sao: 10 Mbps = 100, 100 Mbps = 19, 1 Gbps = 4, 10 Gbps = 2 e 25 Gbps = 1. Este custo influencia a selecao dos caminhos preferenciais na arvore. Links de maior capacidade tem custos mais baixos e, portanto, sao mais utilizados na topologia STP. O administrador pode alterar os custos manualmente para influenciar a construcao da arvore.

Resumo Completo e Anotado: Spanning Tree Protocol (STP)

7. Tipos de portas

Existem tres tipos principais de portas em STP: a Root Port e a que aponta para o caminho mais curto ate ao Root Bridge; a Designated Port e a porta ativa num segmento Ethernet que encaminha trafego para o Root; e a Blocking Port e aquela que foi desativada logicamente para evitar loops. O Root Bridge nao tem Root Ports, apenas Designated Ports. Cada segmento de rede tem apenas uma Designated Port.

Resumo Completo e Anotado: Spanning Tree Protocol (STP)

8. Estados de porta

As portas podem estar em diferentes estados operacionais. Em Blocking, a porta só ouve BPDUs. Em Listening, participa da eleição da topologia, mas ainda não aprende MACs. No estado Learning, aprende endereços MAC, mas ainda não encaminha tráfego. Finalmente, no estado Forwarding, a porta encaminha tráfego e aprende MACs. Existe ainda o estado Disabled, onde a porta está inativa por gestão ou erro. A transição entre estados é regulada pelos temporizadores Hello, Max Age e Forward Delay.

Resumo Completo e Anotado: Spanning Tree Protocol (STP)

9. BPDUs

BPDUs (Bridge Protocol Data Units) são mensagens trocadas pelos switches para construir e manter a árvore sem loops. Existem dois tipos principais: Configuration BPDUs, que estabelecem a topologia ativa, e TCN BPDUs (Topology Change Notification), que notificam alterações na topologia, forçando a atualização das tabelas MAC. Estas mensagens são enviadas periodicamente pelas Designated Ports e são cruciais para a manutenção da estabilidade da rede.

Resumo Completo e Anotado: Spanning Tree Protocol (STP)

10. PVST+ e RPVST+

O PVST+ (Per VLAN Spanning Tree Plus), usado em redes Cisco, cria uma instancia separada de STP para cada VLAN. Isto permite que cada VLAN tenha o seu proprio Root Bridge e caminho preferido, otimizando o uso da largura de banda. O RPVST+ combina esta abordagem com as melhorias de desempenho do RSTP, garantindo uma convergencia rapida e controlo granular por VLAN.

Resumo Completo e Anotado: Spanning Tree Protocol (STP)

11. RSTP (IEEE 802.1w)

O Rapid Spanning Tree Protocol (RSTP) reduz significativamente o tempo de convergência após alterações na topologia. Ele elimina os estados Listening e Learning, usando apenas três estados operacionais: Discarding, Learning e Forwarding. Introduz ainda os papéis de Alternate Port (rota de backup para o root) e Backup Port (rota alternativa no mesmo segmento). RSTP é compatível com STP, mas requer que todos os dispositivos suportem para desempenho total.

Resumo Completo e Anotado: Spanning Tree Protocol (STP)

12. Tabela MAC

Os switches mantem tabelas com enderecos MAC associados as portas. Estas entradas expiram apos um tempo de inatividade para permitir a atualizacao dinamica da topologia. O tempo de expiracao padrao e 300 segundos. Quando ha uma mudanca de topologia (detectada por TCN), este tempo e temporariamente reduzido para 15 segundos, acelerando o processo de reencontro dos caminhos corretos e minimizando o impacto de pacotes perdidos ou mal encaminhados.