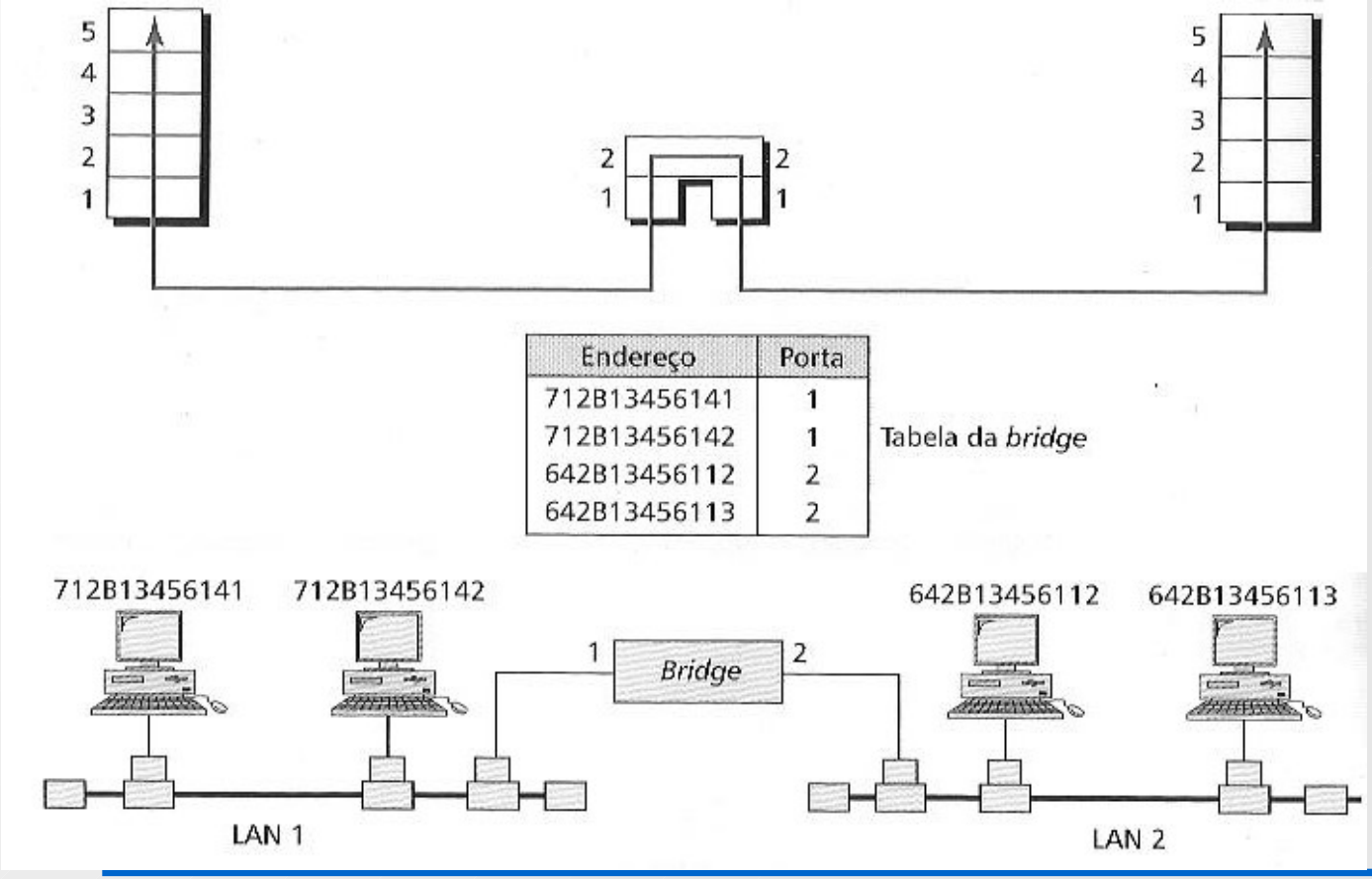
RCO2

Redes Locais:
Interligação de LANs e STP

Interligando LANs

Pontes e switches: ativos de camada de enlace



Endereço	Porta
712B13456141	1
712B13456142	1
642B13456112	2
642B13456113	2

Tabela da *bridge*

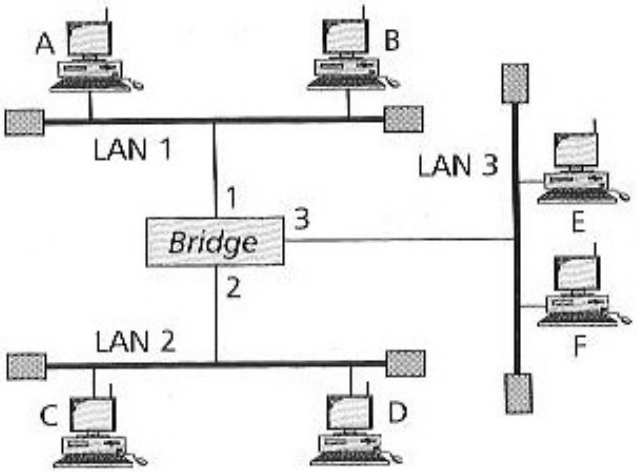
Interligando LANs

Pontes e switches: aprendem que estações estão em cada porta

Mas pode haver problemas !

Considere a existência de laços na rede ...

Regida pela norma IEEE 802.1d



Endereço	Porta

a. Original.

Endereço	Porta
A	1

b. Após uma transmissão de A para D.

Endereço	Porta
A	1
E	3

c. Após uma transmissão de E para A.

Endereço	Porta
A	1
E	3
B	1

d. Após uma transmissão de B para C.

Interligando LANs

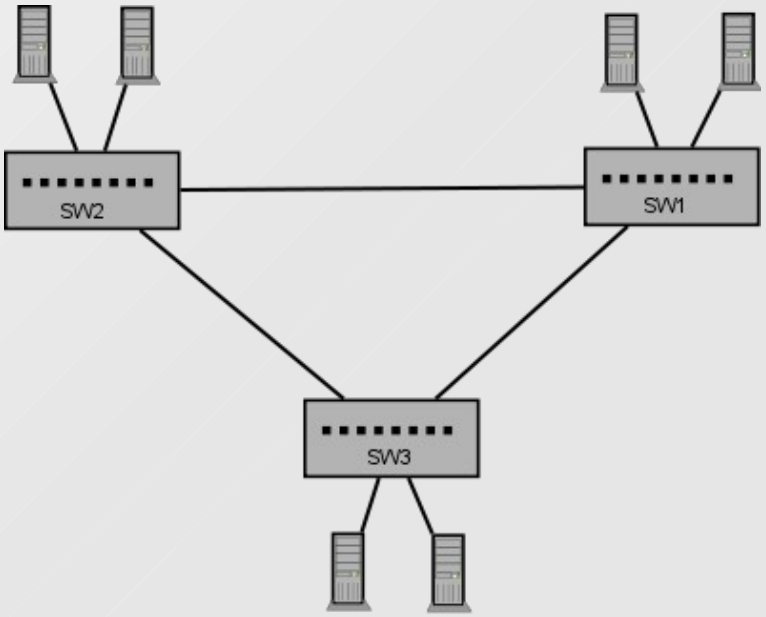
Pontes e switches: enlaces redundantes

- Prover enlaces de backup – tolerância a falhas na rede

- Esses enlaces formam loops

- Quadros em *broadcast* ficam circulando eternamente no loop

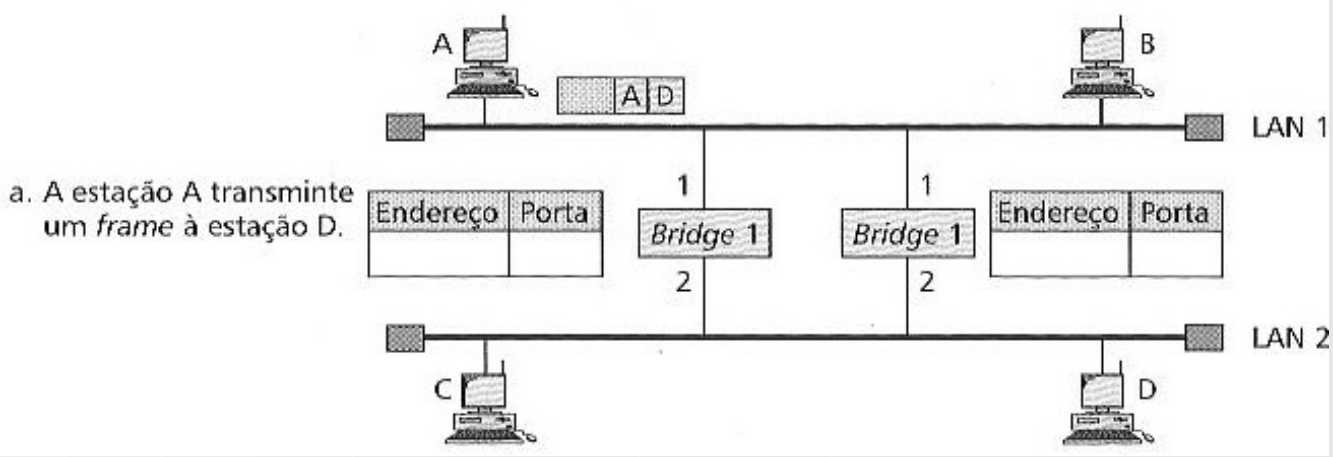
- Switches aprendem erroneamente localização de estações



Interligando LANs

Pontes e switches: enlaces redundantes

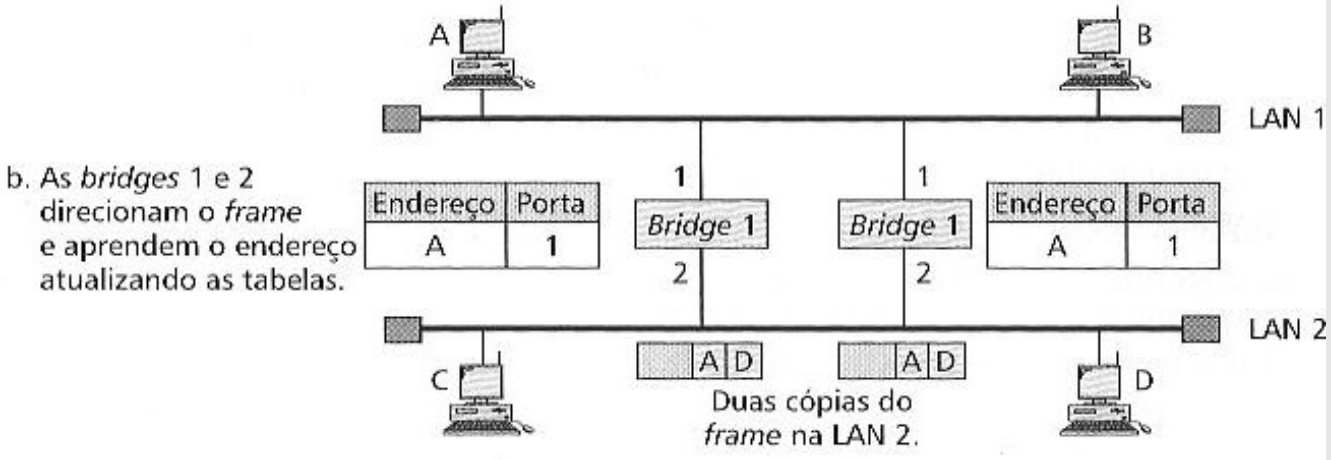
- Estação A envia para estação D: ambas pontes recebem o quadro na LAN1



Interligando LANs

Pontes e switches: enlaces redundantes

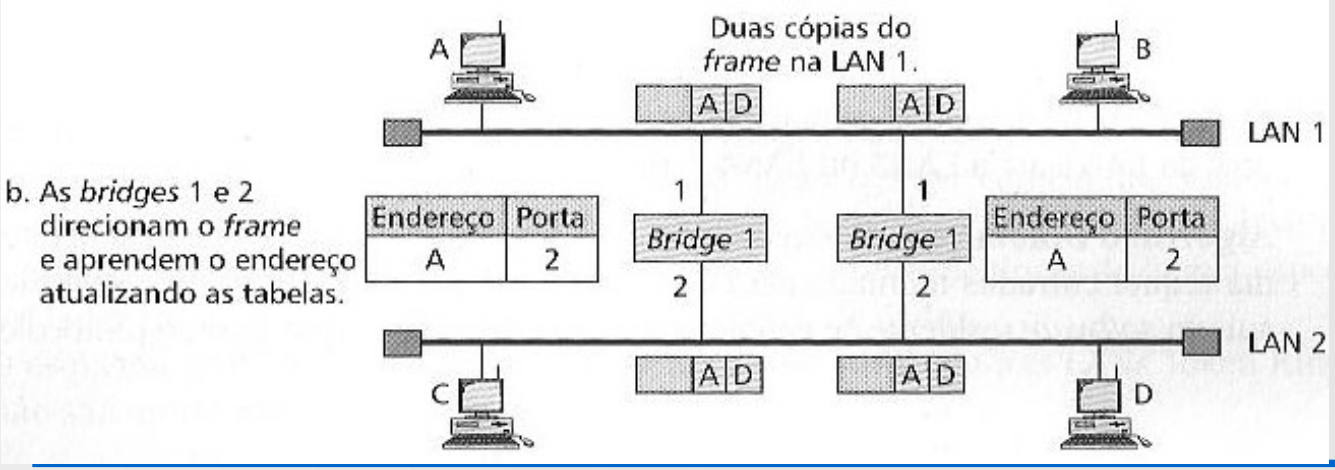
- Ambas pontes aprendem que A está na LAN1
- Ambas encaminham o quadro para a LAN2: duas cópias do quadro original aparecem na LAN2



Interligando LANs

Pontes e switches: enlaces redundantes

- Cada ponte recebe na LAN2 a cópia do quadro encaminhada pela outra ponte
- Cada ponte agora pensa que A está na LAN2 !
- Além disto, cada ponte encaminha uma cópia do quadro de volta para a LAN1
- O processo continua indefinidamente ...

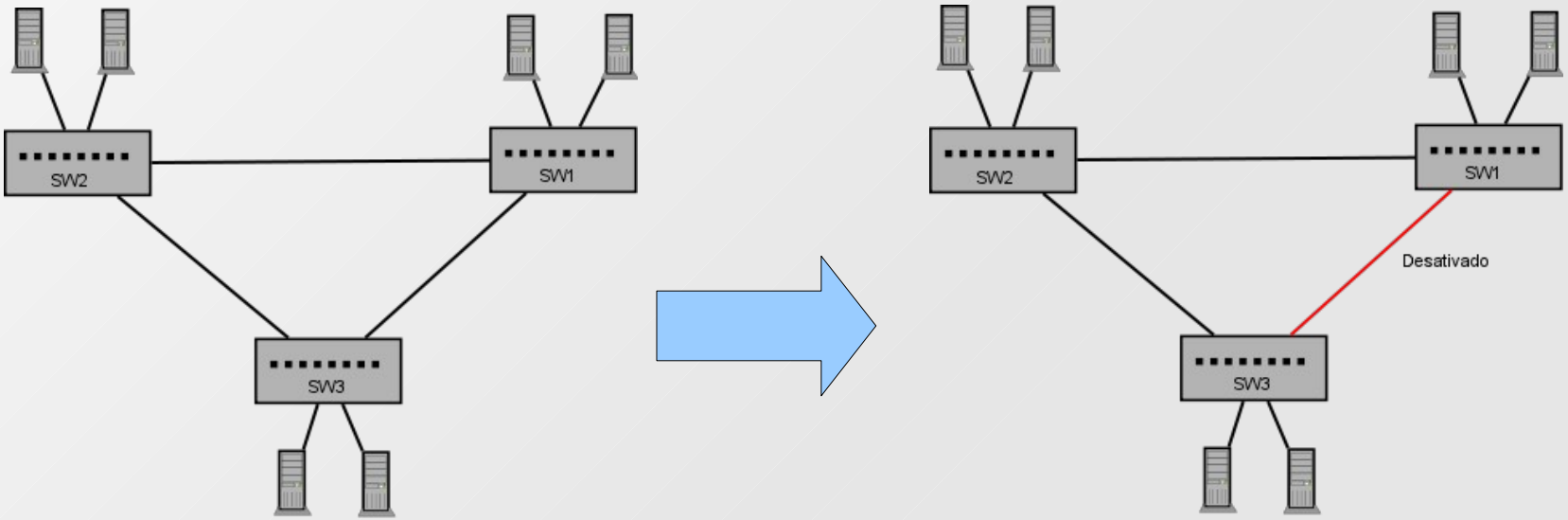


b. As *bridges* 1 e 2 direcionam o *frame* e aprendem o endereço atualizando as tabelas.

Interligando LANs

Pontes e switches: problema dos loops

- Solução usada: desativar enlaces administrativamente para quebrar os *loops* ...
  - *Problema*: quais enlaces devem ser desativados ?



Interligando LANs

Pontes e switches: Algoritmo Spanning Tree

- Gera uma topologia sem laços (em árvore)
  - Faz-se com que exista apenas um caminho entre cada par de estações
- Cria-se assim uma topologia lógica sobreposta à topologia física
- Usa prioridades para identificar a raiz da árvore
- Usa métrica baseada em custo para selecionar os enlaces a serem preservados

Interligando LANs

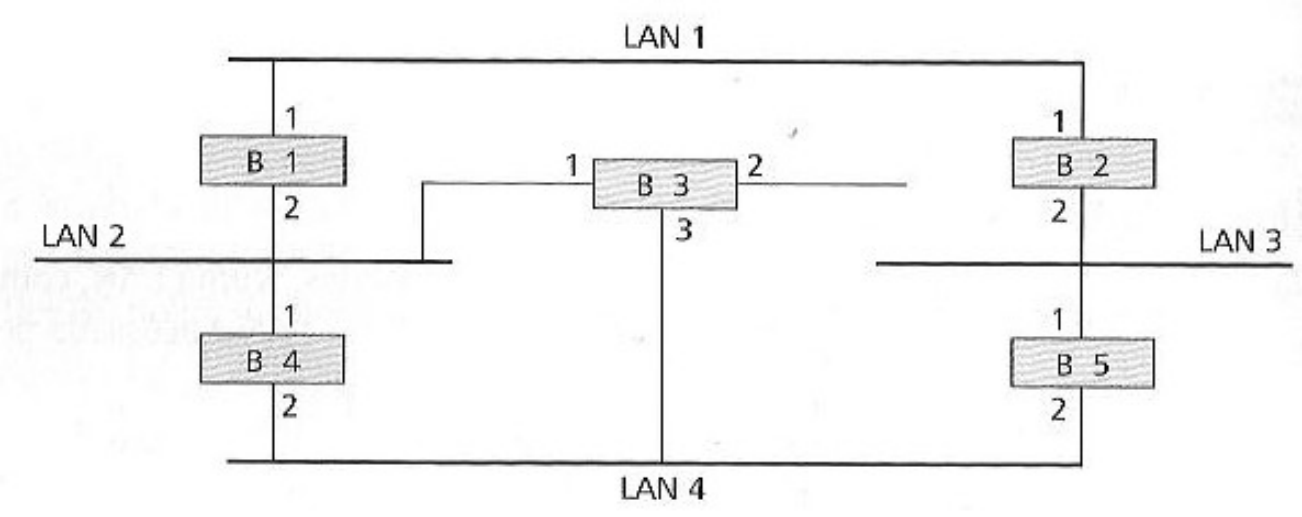
Pontes e switches: Algoritmo Spanning Tree

- Processo em quatro etapas:
  1. Cada ponte recebe um ID. Aquela com menor ID deve se tornar a ponte raiz.
  2. Identifica-se em cada ponte a porta com menor custo até a ponte raiz, chamada de porta raiz.
  3. Identifica-se em cada LAN a ponte com menor custo até a raiz. Esta será a ponte designada, e a porta que a conecta à LAN será a porta designada.
  4. As portas designadas e raiz serão marcadas como portas de encaminhamento (encaminha quadros recebidos), e as demais portas serão portas bloqueantes (não os encaminha).

Interligando LANs

Pontes e switches: Algoritmo Spanning Tree

- Exemplo de aplicação do algoritmo Spanning Tree

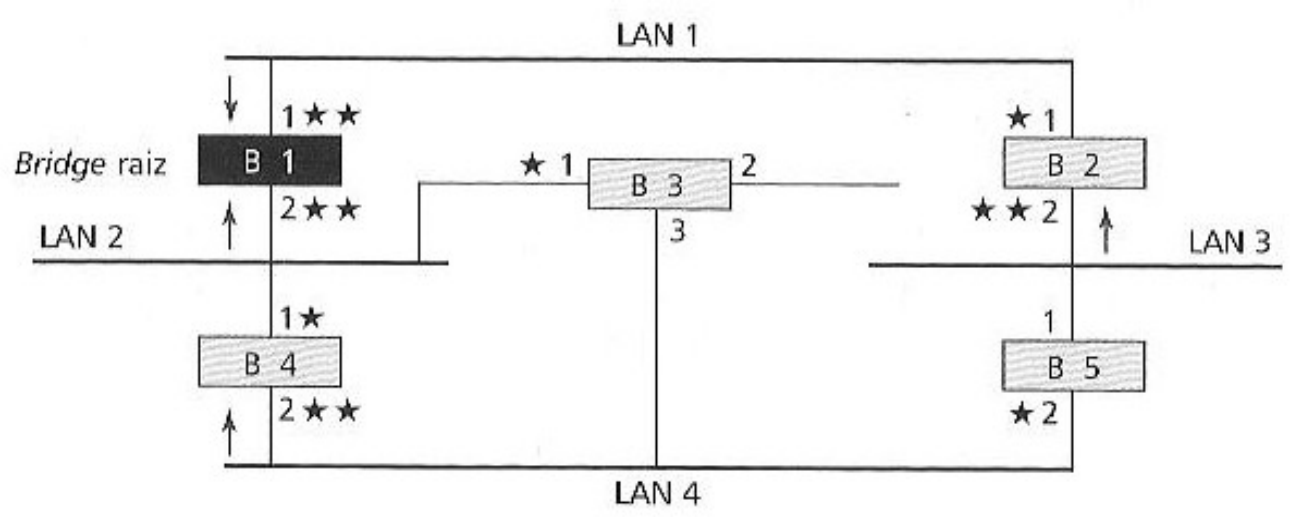


Pontes e respectivos IDs

Interligando LANs

Pontes e switches: Algoritmo Spanning Tree

- Exemplo de aplicação do algoritmo Spanning Tree



Ponte 1 escolhida como ponte raiz.

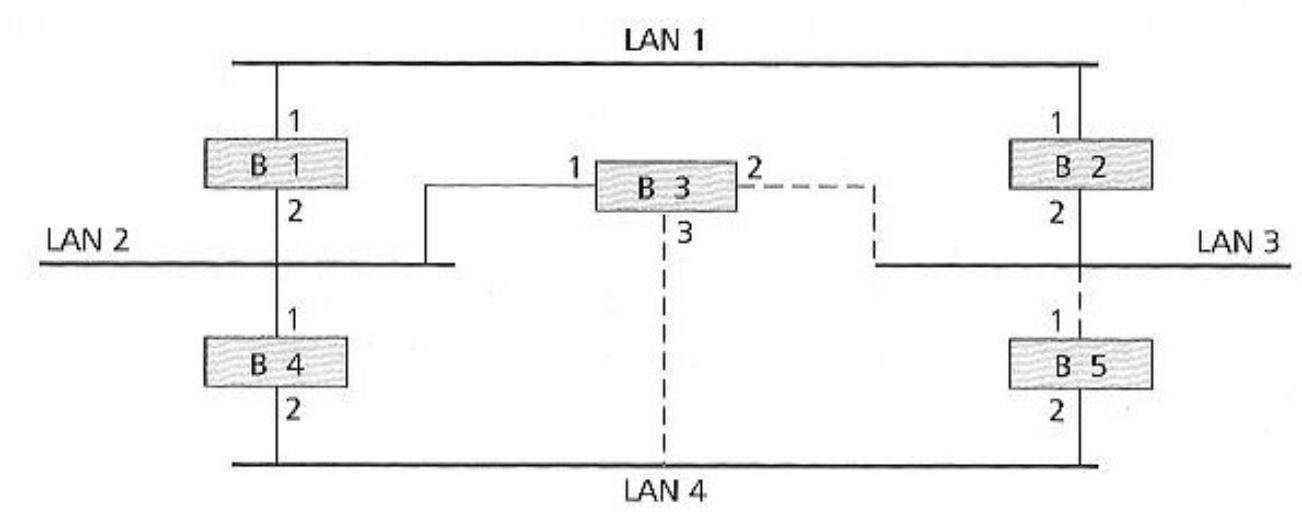
Portas raiz marcadas com uma única estrela

Portas designadas marcadas com duas estrelas

Interligando LANs

Pontes e switches: Algoritmo Spanning Tree

- Exemplo de aplicação do algoritmo Spanning Tree



Portas bloqueantes com linhas tracejadas ...

Interligando LANs

Pontes e switches: Protocolo Spanning Tree

- Protocolo *Spanning Tree* (STP) o implementa de forma automática e distribuída
- Em redes IEEE 802: definido na norma IEEE 802.1D (versão atual: *802.1w RSTP – Rapid STP*)
- *Requisitos para o STP:*
  - Um endereço MAC *multicast* para o protocolo (*Bridge Group Address = 01:80:C2:00:00:00*)
  - Um ID único para cada ponte
  - Um ID único para cada porta, no escopo da ponte que a possui

Interligando LANs

Pontes e switches: STP

- Informações necessárias pelo RSTP:
  - Prioridade relativa de cada ponte na rede
  - Prioridade relativa de cada porta em uma ponte
  - O *custo de caminho* de cada porta
- *RSTP configura o estado de cada porta nas pontes:*
  - *Forwarding*: porta encaminha quadros e aprende endereços
  - *Learning*: porta apenas aprende endereços MAC
  - *Blocking*: porta não encaminha quadros recebidos
  - *Discarding*: porta não aprende endereços, nem encaminha quadros

Interligando LANs

Pontes e switches: funcionamento do STP

1. ***Seleciona a ponte raiz:*** ponte com menor ID; se duas pontes tiverem mesmo ID, vence aquela com menor endereço MAC
2. ***Determina os caminhos de menor custo até a raiz:*** custo de caminho é a soma dos custos de cada segmento até a raiz
   - **Porta raiz:** porta de uma ponte com menor custo até a raiz
   - **Porta designada:** porta que dá acesso à ponte com menor custo até raiz, no escopo de uma determinada LAN
3. ***Desabilita todas as outras portas***

Interligando LANs

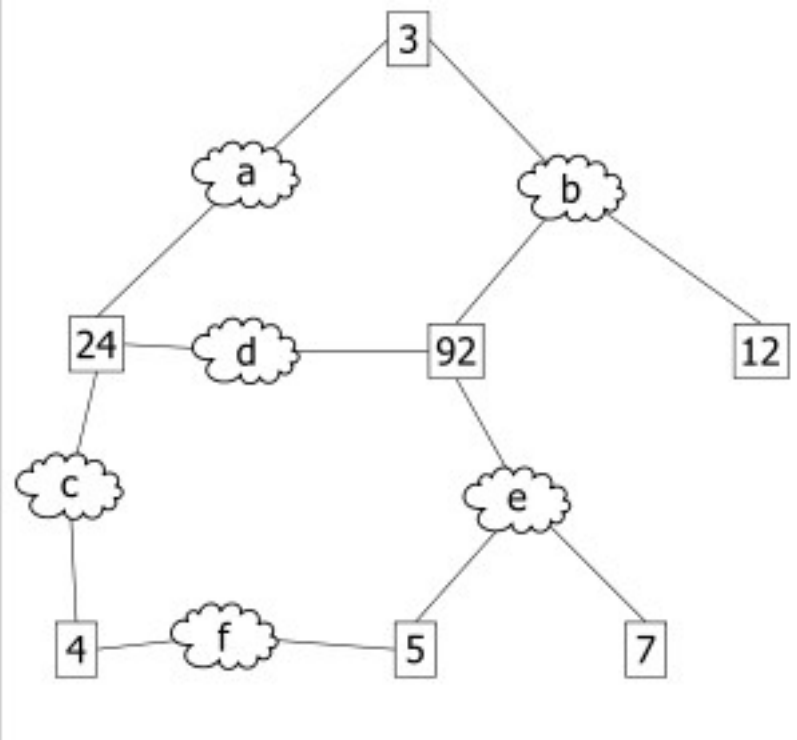
Pontes e switches: funcionamento do STP

Data rate	STP Cost (802.1D-1998)	STP Cost (802.1t-2001)
4 Mbit/s	250	5000000
10 Mbit/s	100	2000000
16 Mbit/s	62	1250000
100 Mbit/s	19	200000
1 Gbit/s	4	20000
2 Gbit/s	3	10000
10 Gbit/s	2	2000

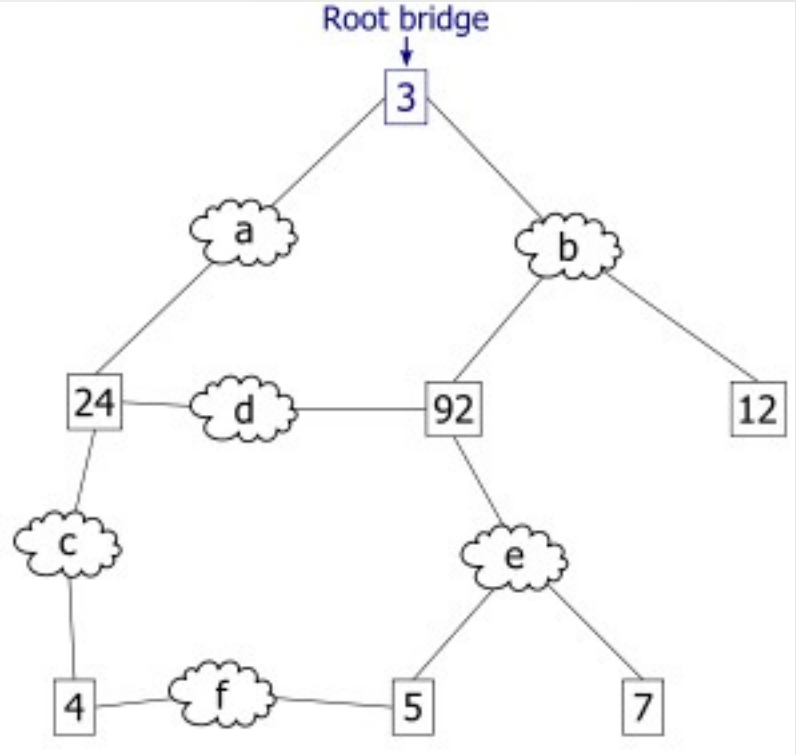
Custos de portas segundo norma IEEE 802.1D

Interligando LANs

Pontes e switches: exemplo de funcionamento do STP



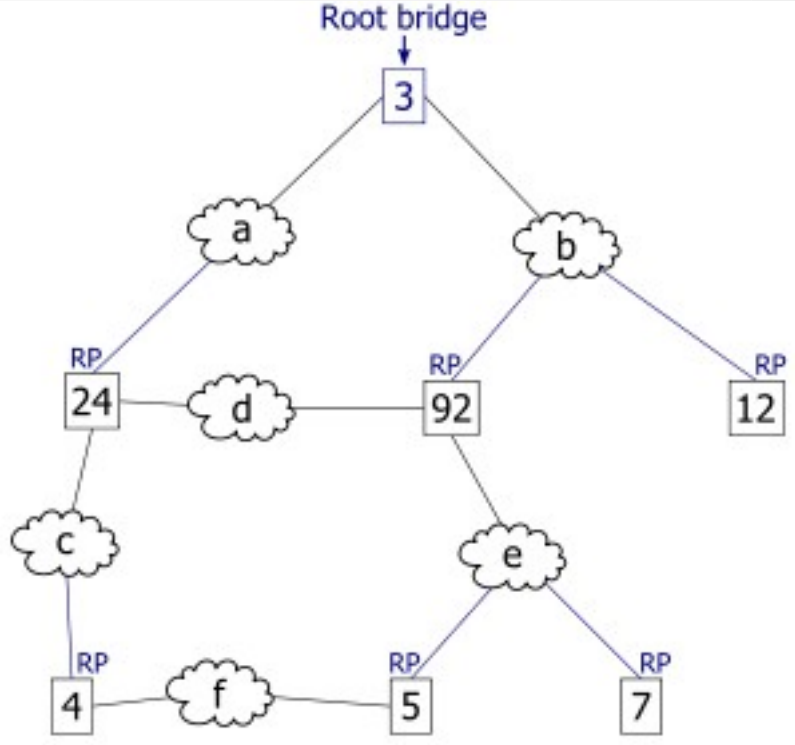
Início

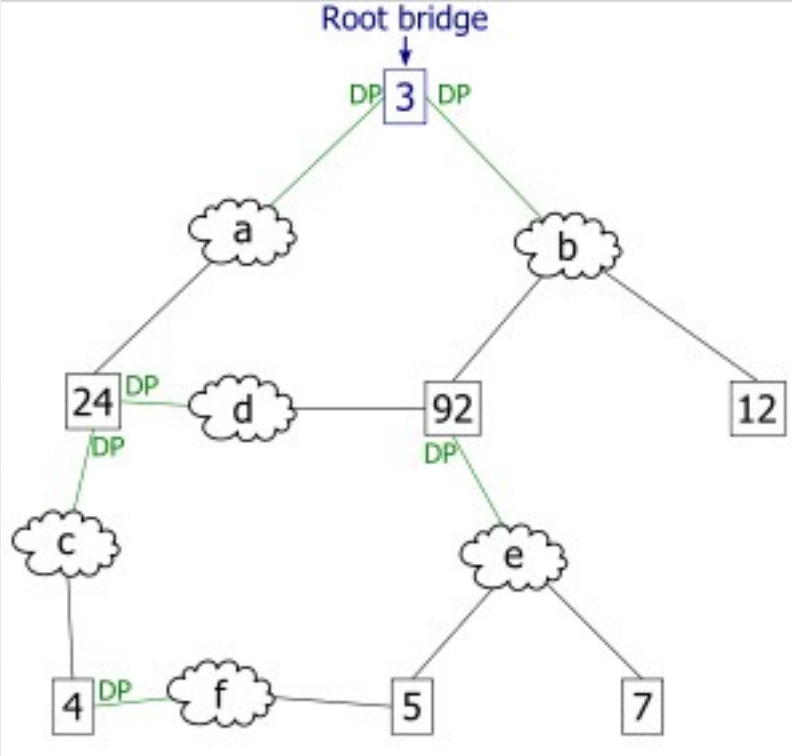


Ponte raiz escolhida

Interligando LANs

Pontes e switches: exemplo de funcionamento do STP



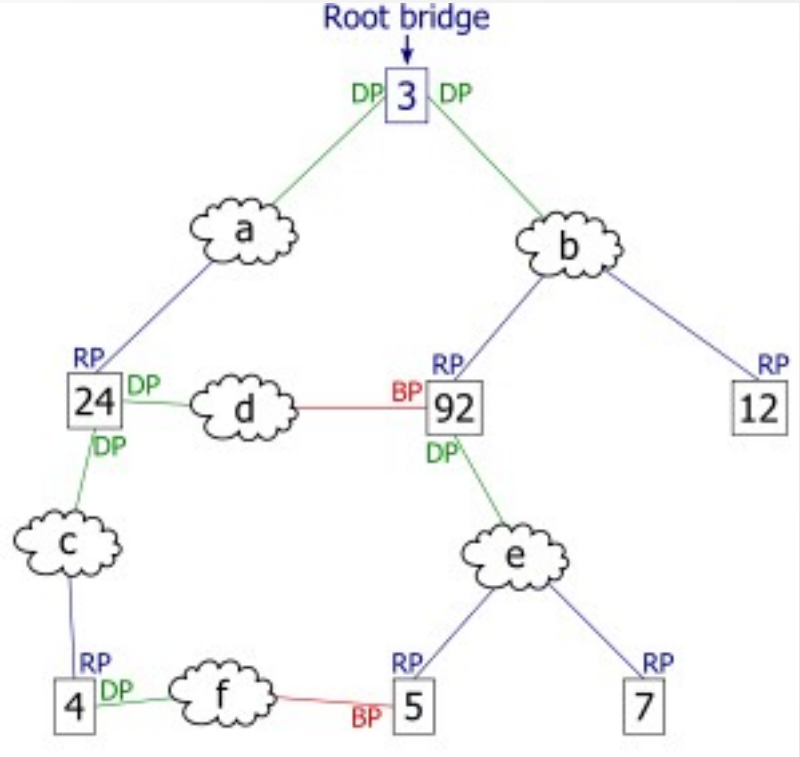


Portas raiz identificadas

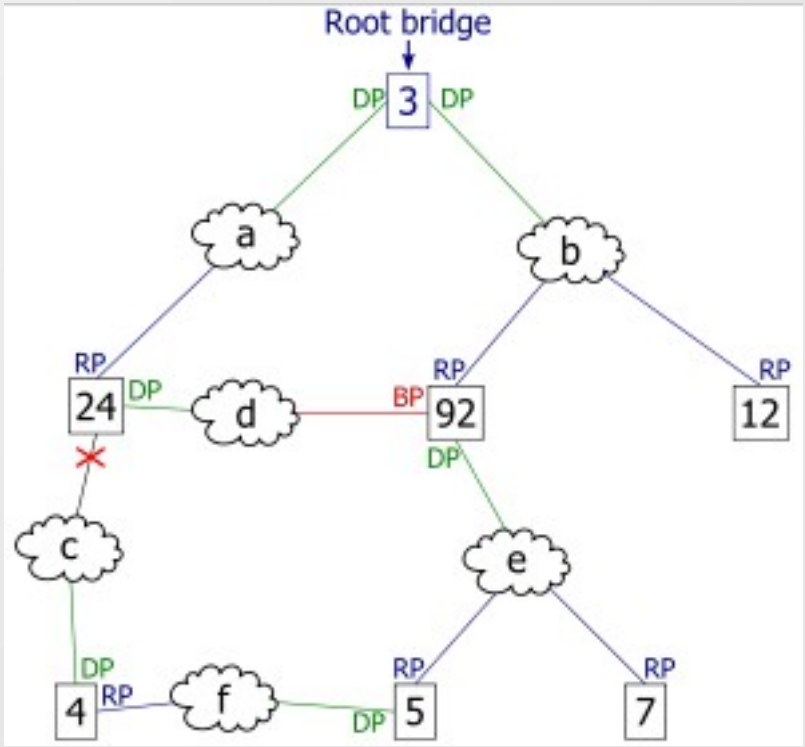
Portas designadas

Interligando LANs

Pontes e switches: exemplo de funcionamento do STP



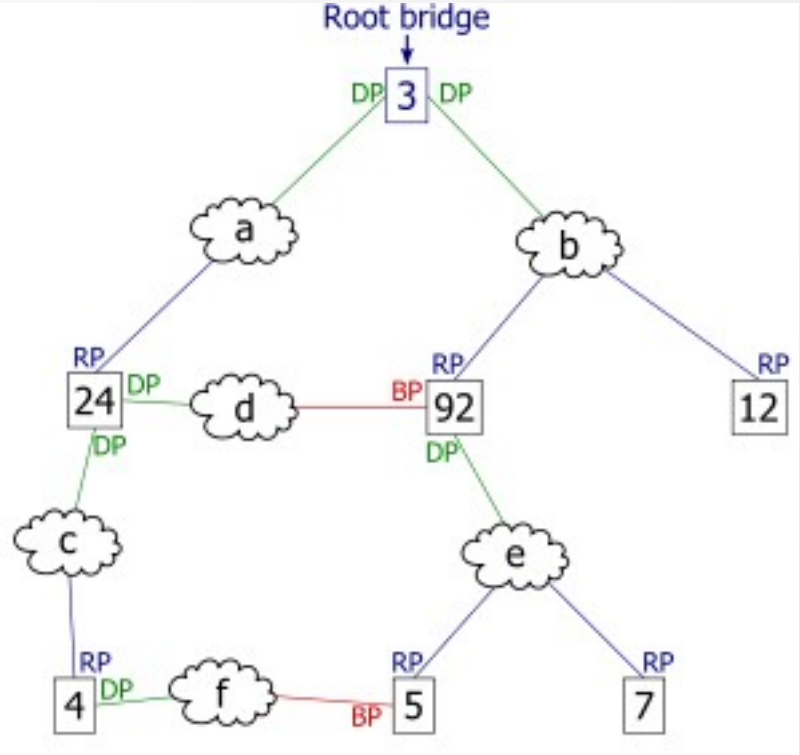
Portas bloqueadas



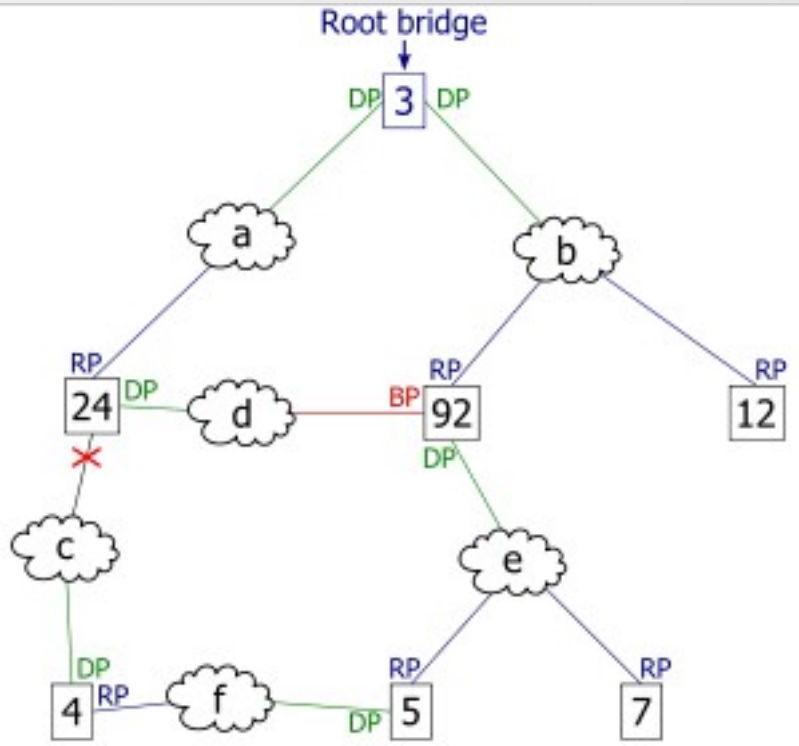
Falha de enlace

Interligando LANs

Pontes e switches: exemplo de funcionamento do STP



Portas bloqueadas



Falha de enlace e mudança de topologia

Interligando LANs

Pontes e switches: funcionamento do STP

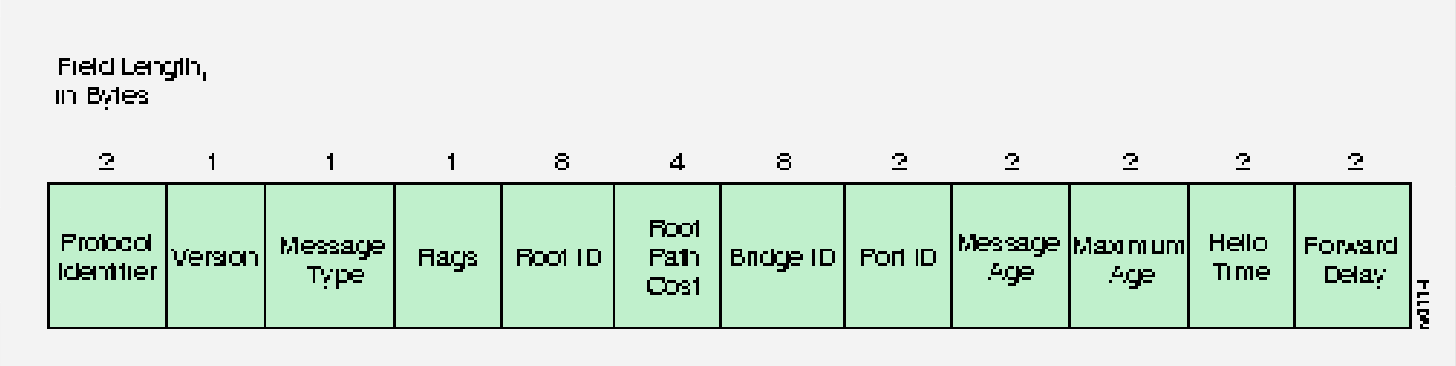
Mensagens representadas por BPDUs (*Bridge PDUs*):

- ***Configuration BDPUs****:* para execução do Spanning Tree
- ***Topology Change Notification (TCN)****:* anuncia mudança na topologia, sendo gerado por uma ponte comum e enviado para a ponte raiz
- ***Topology Change Notification Acknowledgment (TCA)****:* enviado pela ponte raiz após o recebimento de um TCN
- BPDUs são enviadas regularmente (2 segundos por default)

Interligando LANs

Pontes e switches: funcionamento do STP

Formato de BPDU:



Flag: bit 0 indica TCN, e bit 1 indica TCA

Root ID: ID da raiz = prioridade (2 bytes) e MAC Address

Root Path Cost: custo até a raiz

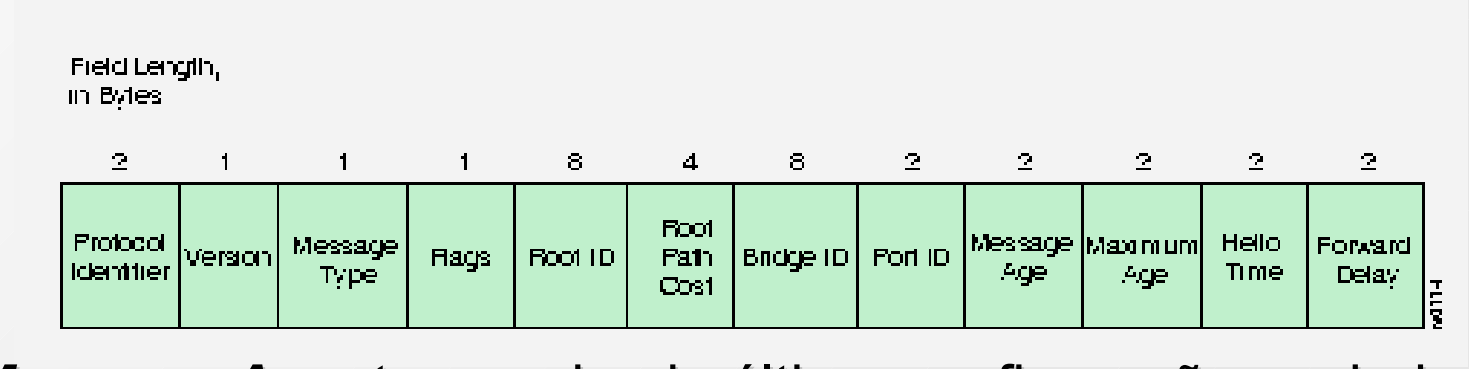
Bridge ID: ID da ponte que enviou o BPDU

Port ID: Identificador da porta na ponte

Interligando LANs

Pontes e switches: funcionamento do STP

Formato de BPDU (cont.):



Message Age: tempo desde última configuração enviada pela raiz

Maximum Age: quando esta mensagem deve ser apagada

HelloTime: intervalo entre configurações enviadas pela raiz

Forward Delay: tempo a esperar antes de mudar estados de portas

Arquitetura IEEE 802

Referências:

Padrão IEEE 802.1D
(ver http://www.sj.ifsc.edu.br/~msobral/RCO2/docs.html)

Andrew Tanenbaum. Redes de Computadores 3a ed.
Capítulo 4