

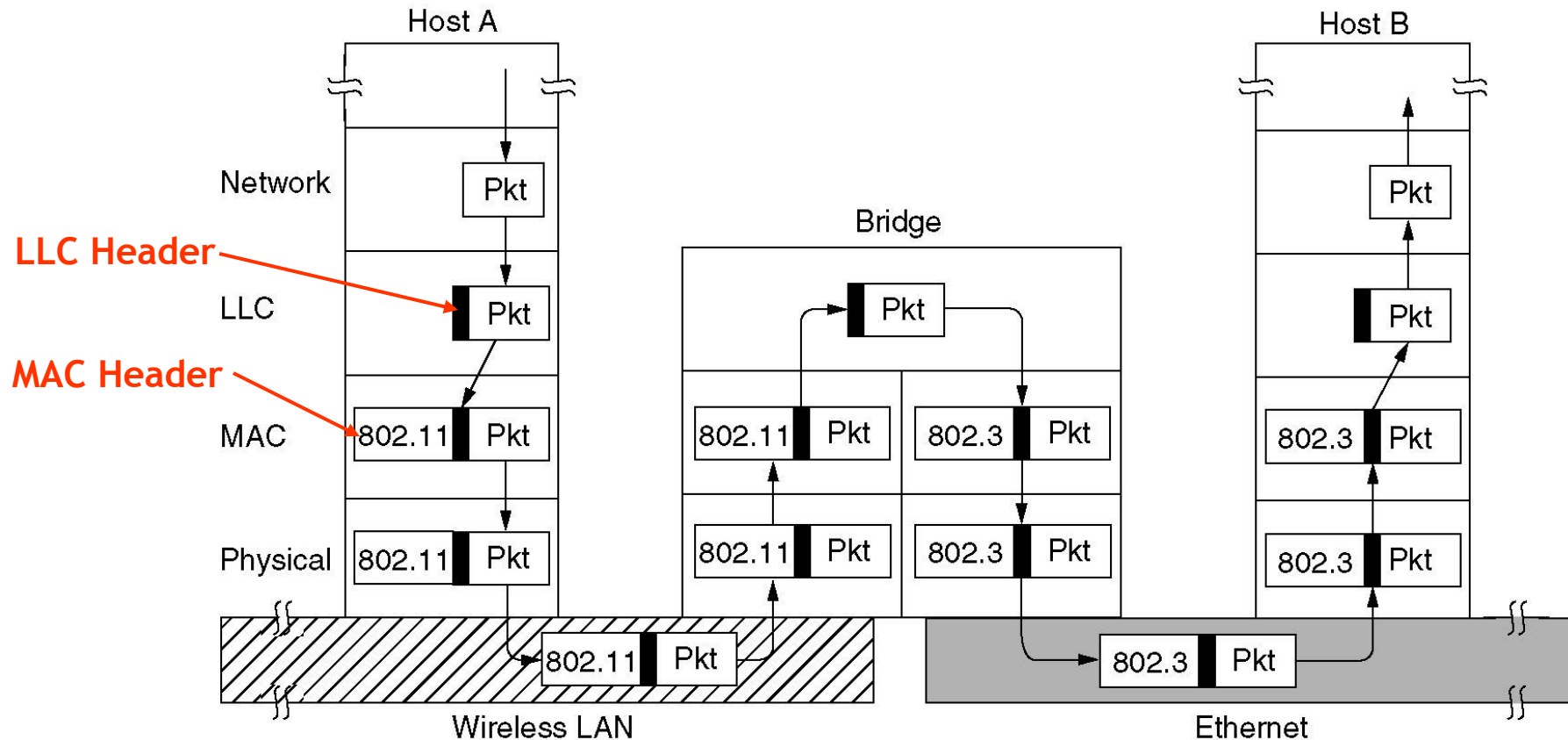
# Interligação de Redes

- Motivação
- Interligação de redes 802.x com redes 802.y
- Interligação de redes locais
- *Spanning Tree Bridges*
- Interligação de redes remotas
- Dispositivos de interligação:
  - L1 - Repetidores (*Repeaters*)
  - L1 - Concentradores (*Hubs*)
  - L2 - Pontes (*Bridges*)
  - L2 - Comutadores (*Switches*)
  - L3 - Encaminhadores (*Routers*)
  - L4 a L7/5 - Portas de Ligação (*Gateways*)
- Redes Virtuais (Virtual LANs)
  - IEEE 802.1Q

# Interligação de Redes: Motivação

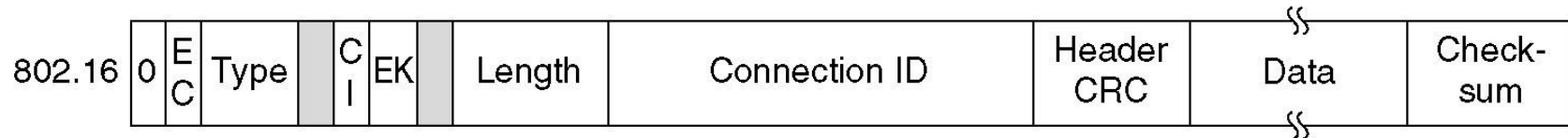
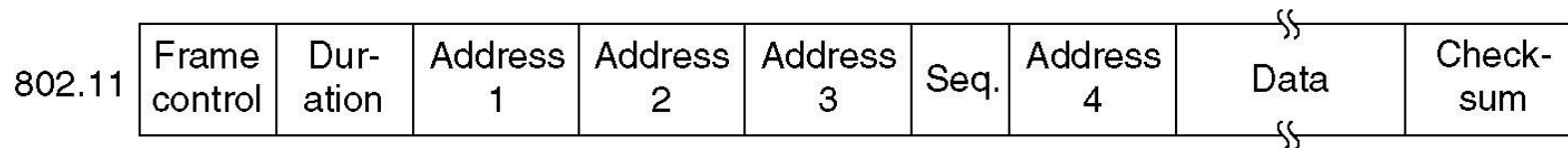
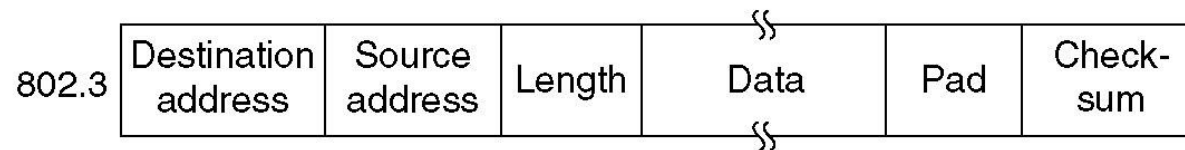
- Necessidade de interacção entre dispositivos situados em redes distintas, e.g., interligação de diferentes departamentos de uma empresa
- Redução dos custos de cablagem em organizações espalhadas geograficamente, e.g., interligação através de ligações sem fios
- Aumentar o desempenho através da separação de tráfego, e.g., através do agrupamento de terminais em diferentes LANs
- Segmentação de uma rede de modo a não violar o comprimento máximo permitido, e.g., mais do 2,5 km para a Ethernet
- Aumentar a fiabilidade, e.g., um nó defeituoso numa rede pode deturpar o funcionamento de toda a rede
- Aumentar a segurança, e.g., permite isolar o tráfego mais sensível e evitar que seja visível por computadores a operar em modo promíscuo

# Interligação de Redes 802.x com redes 802.y (1)



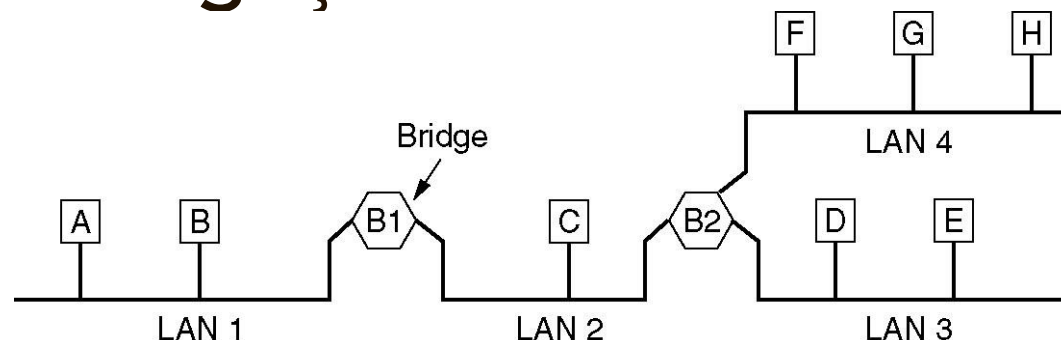
Interligação de uma rede 802.11 com uma rede 802.3

# Interligação de Redes 802.x com redes 802.y (2)



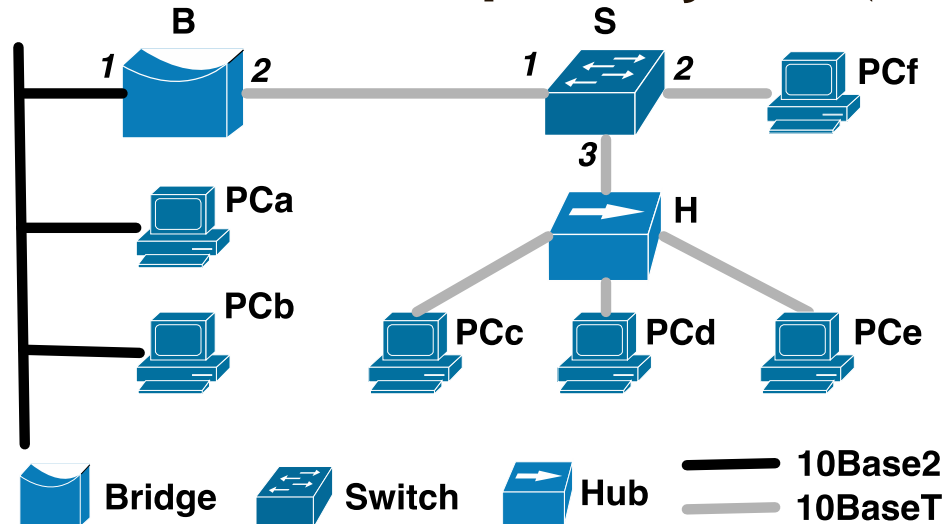
- Formatos de trama diferentes (e.g., o campo “duração” não existe na *Ethernet*)  
=> **reformatação das tramas**
- Diferentes débitos binários (e.g., interligação de uma *Ethernet* a 100 Mbit/s com uma rede 802.11b a 11 Mbit/s ou interligação de várias LANs com uma única LAN)  
=> **buffering de informação**
- Comprimento máximo das tramas diferente  
=> **tramas demasiado grandes têm que ser descartadas**
- Segurança (e.g., 802.11 usa cifragem mas a *Ethernet* não usa)
- Qualidade de serviço (e.g., disponível nas redes 802.11[modo PCF] e 802.16 [Constant Data Rate Connection] mas não na *Ethernet*)

# Interligação de Redes Locais



- Originalmente as bridges possuíam apenas 2 portos: realizavam sobretudo adaptação de redes de tecnologias diferentes (e.g., 10Base2 <-> 10BaseT)
- Actualmente é mais comum usar comutadores (*switches*) sendo neste contexto designados também como multiport bridges.
- Interligação de diferentes redes em modo transparente, i.e., sem alterações no hardware ou no software da rede (*plug & play*)
- As *bridges* transparentes operam em modo promíscuo, i.e., aceitam todas as tramas transmitidas em todas as redes a que estão ligadas
- Exemplo:
  - Uma trama na LAN1 destinada a A é descartada por B1 (*filtering*)
  - Uma trama na LAN1 destinada a C ou F é expedida por B1 para a LAN2 (*forwarding*)
- Cada *bridge* possui uma base de dados - tabela de expedição - actualizada dinamicamente onde regista o endereço MAC de cada estação e a interface (LAN) a que pertence
- Uma trama com destino desconhecido é expedida por todas as interfaces da *bridge*, excepto por aquela por onde chegou (*flooding*)

# Actualização e utilização da tabela de expedição (*bridges e switches*): 1



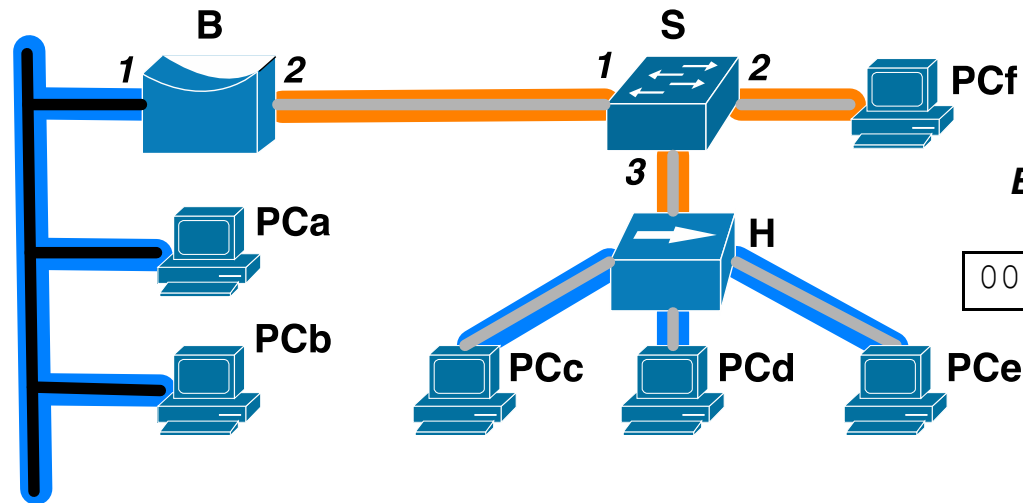
PC	Endereço (MAC)
PCa	00:00:00:AA:AA:AA
PCb	00:00:00:BB:BB:BB
PCc	00:00:00:CC:CC:CC
PCd	00:00:00:DD:DD:DD
PCe	00:00:00:EE:EE:EE
PCf	00:00:00:FF:FF:FF

- Inicialmente as tabelas de expedição de *bridges e switches* estão vazias

Bridge - B		
Endereço (MAC)	Porta	Instante

Switch - S		
Endereço (MAC)	Porta	Instante

# Actualização e utilização da tabela de expedição (*bridges e switches*): 2



• PCa envia uma trama para PCb

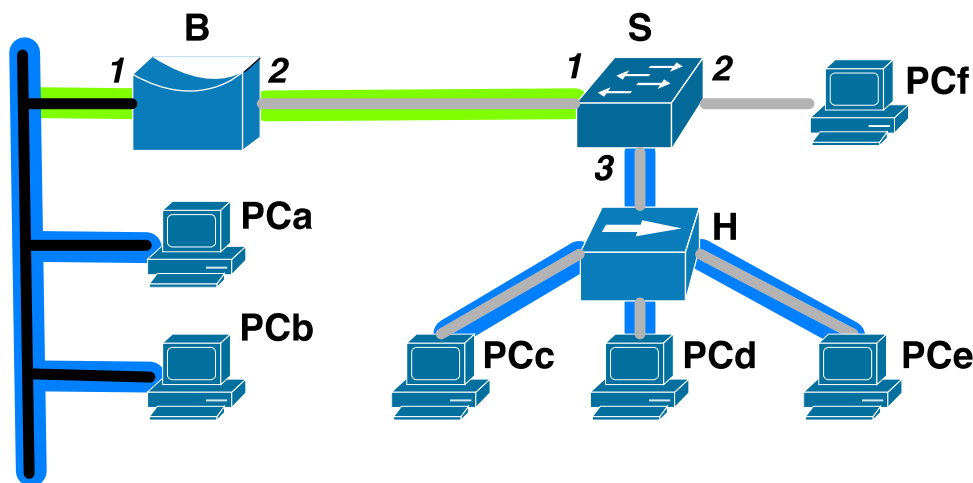
Endereço Destino (MAC)	Endereço Origem (MAC)	Resto da trama
00:00:00:BB:BB:BB	00:00:00:AA:AA:AA	...

- A aprendizagem é efectuada associando a **origem** da trama à porta por onde é recebida
- No caso em que o **destino** não se encontra na tabela de expedição a trama é enviada por todas as portas menos pela qual foi recebida (**flooding**).

Bridge - B		
Endereço (MAC)	Porta	Instante
00:00:00:AA:AA:AA	1	0.0

Switch - S		
Endereço (MAC)	Porta	Instante
00:00:00:AA:AA:AA	1	0.0001

# Actualização e utilização da tabela de expedição (*bridges e switches*): 3



- PCd envia uma trama para PCa

Endereço Destino (MAC)	Endereço Origem (MAC)	Resto da trama
00:00:00:AA:AA:AA	00:00:00:DD:DD:DD	...

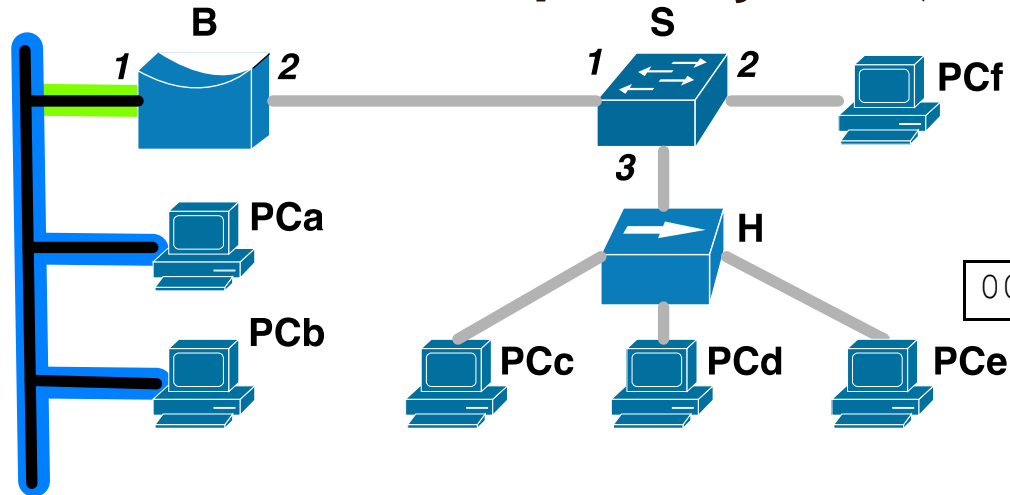
- A aprendizagem é efectuada associando a **origem** da trama à porta por onde é recebida
- No caso em que o **destino** é presente na tabela de expedição a trama é enviada pela porta respectiva (**forwarding**).

Bridge - B		
Endereço (MAC)	Porta	Instante
00:00:00:AA:AA:AA	1	0.0
00:00:00:DD:DD:DD	2	1.0001

Switch - S		
Endereço (MAC)	Porta	Instante
00:00:00:AA:AA:AA	1	0.0001
00:00:00:DD:DD:DD	3	1.0



# Actualização e utilização da tabela de expedição (*bridges e switches*): 4



- PCb envia uma trama para PCa

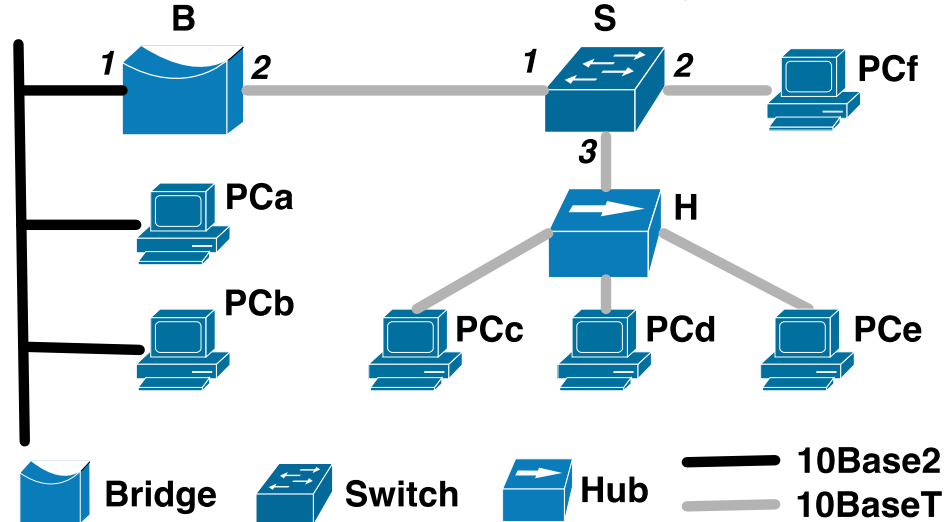
Endereço Destino (MAC)	Endereço Origem (MAC)	Resto da trama
00:00:00:AA:AA:AA	00:00:00:BB:BB:BB	...

- A aprendizagem é efectuada associando a **origem** da trama à porta por onde é recebida
- No caso em que o **destino** é presente na tabela de expedição a trama é enviada pela porta respectiva (**filtering**).

Bridge - B		
Endereço (MAC)	Porta	Instante
00:00:00:AA:AA:AA	1	0.0
00:00:00:DD:DD:DD	2	1.0001
00:00:00:BB:BB:BB	1	2.0

Switch - S		
Endereço (MAC)	Porta	Instante
00:00:00:AA:AA:AA	1	0.0001
00:00:00:DD:DD:DD	3	1.0

# Actualização e utilização da tabela de expedição (*bridges e switches*): 5



- Nenhum dos PCs emite qualquer trama durante algum tempo.

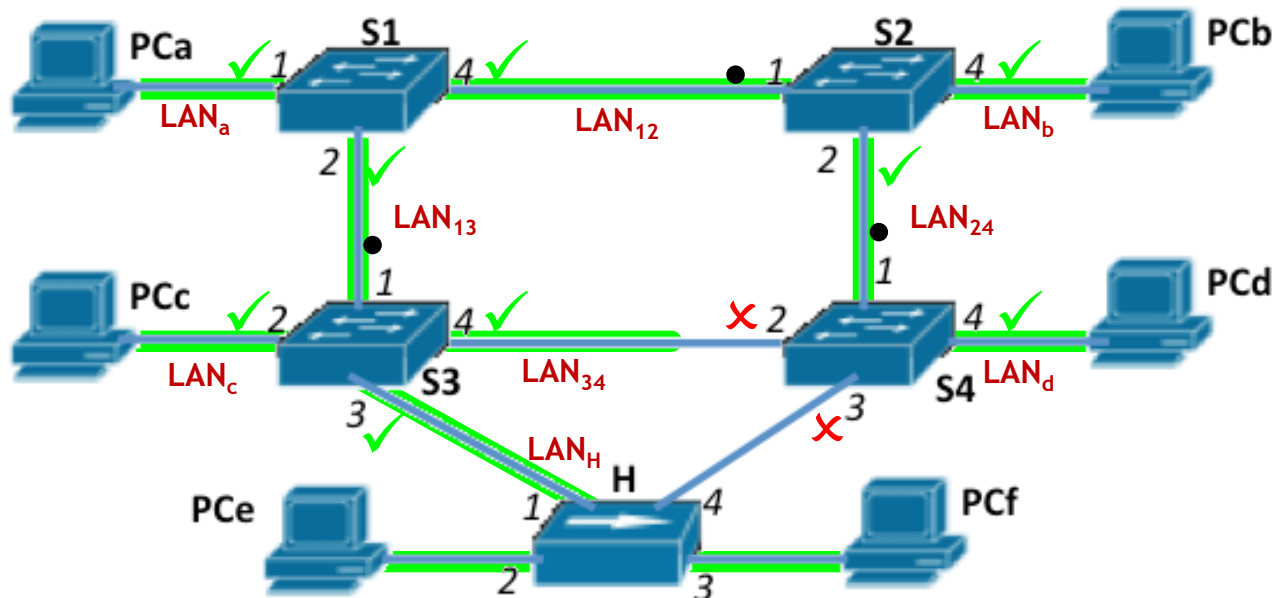
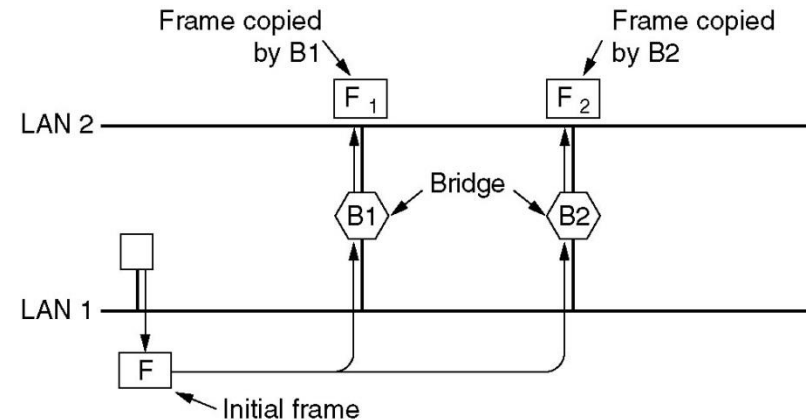
- Após algum tempo sem receber tramas correspondentes a uma determinada entrada essa entrada é eliminada da tabela de expedição.

Bridge - B		
Endereço (MAC)	Porta	Instante
00:00:00:DD:DD:DD	2	1.0001
00:00:00:BB:BB:BB	1	2.0

Switch - S		
Endereço (MAC)	Porta	Instante
00:00:00:AA:AA:AA	1	0.0001
00:00:00:DD:DD:DD	3	1.0

# Spanning Tree Bridges (1)

- Para aumentar a fiabilidade são por vezes utilizadas duas ou mais *bridges* em paralelo => ciclos (*loops*)
- **Problema:** retransmissão interminável de tramas
- **Solução:** construção de uma árvore sem ciclos que abranja todas as estações, i.e., *spanning tree*



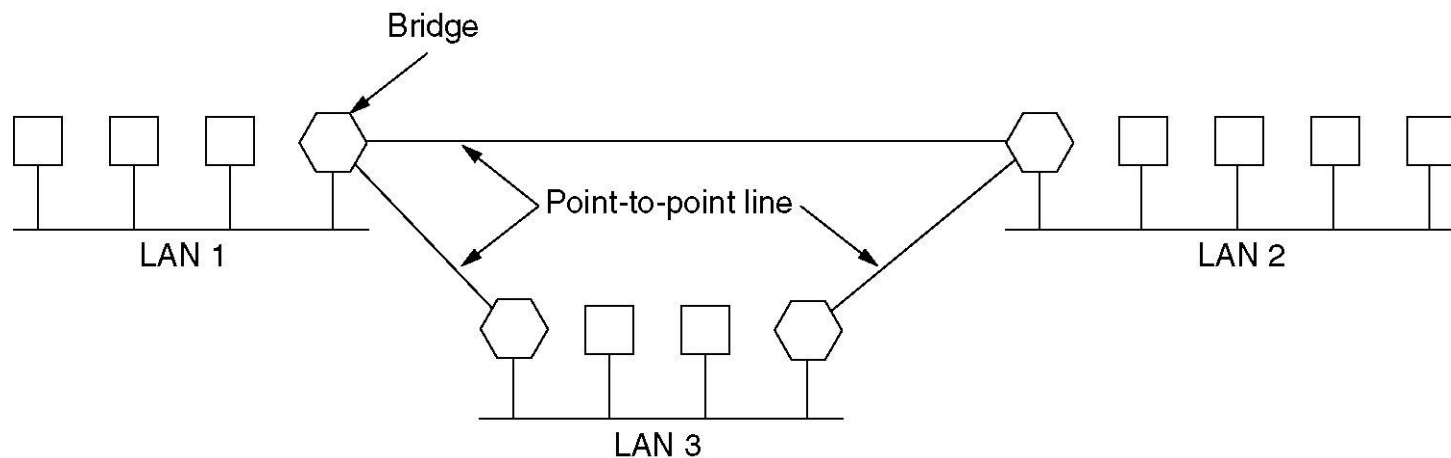
- ✗ blocked (discarding)
- ✓ forwarding / designated
- forwarding / root port

# Spanning Tree Bridges (2)

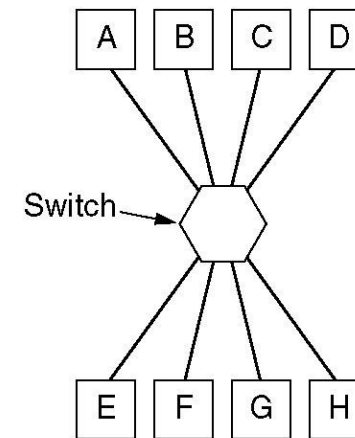
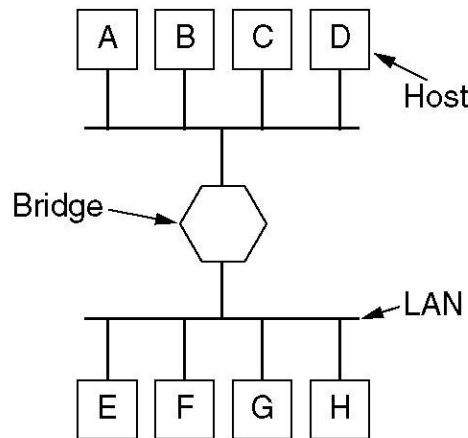
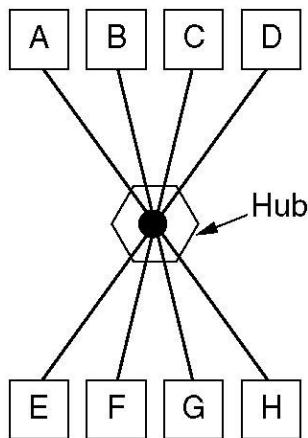
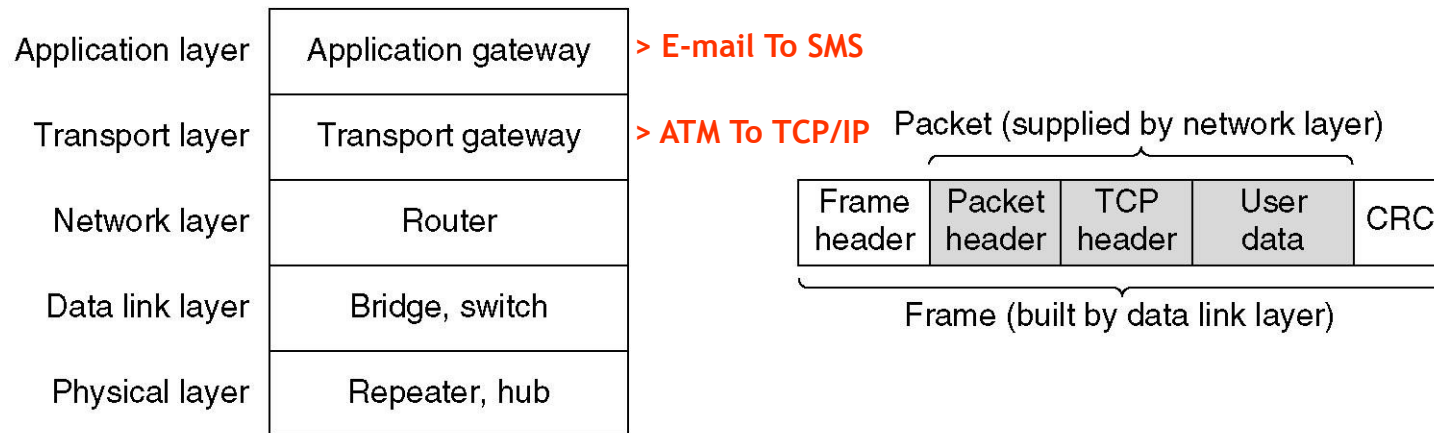
- A expedição de tramas é efectuada segundo uma *spanning tree*
- A *spanning tree* é calculada de modo distribuído e dinâmico através da troca mensagens entre as bridges (*bridge protocol data units* - BPDUs):
  1. Eleição de uma *bridge* como raiz - **Root Bridge** (Bridge ID mais baixo)
  2. Cálculo do caminho mais curto (menor custo) de cada *bridge* até à raiz (o porto ligado a esse caminho torna-se o **Root Port** dessa bridge)
  3. Determinação da *bridge* designada para cada segmento da rede - **Designated Bridge** (a que tiver o caminho mais curto (menor custo) até à raiz; o porto ligado a esse caminho torna-se o **Designated Port** desse segmento da rede)
  4. Os portos activos que não sejam **Root Port** ou **Designated Port** são desactivados, i.e., passam a **Blocked Port**
  5. Actualização da *spanning tree* em caso de falha de uma *bridge* ou alterações na topologia da rede (envio de *Topology Change Notification* BPDUs)
- Bridge ID (64 bits) = [BRIDGE PRIORITY] (16 bits) + [MAC ADDRESS] (48 bits)
- Por omissão [BRIDGE PRIORITY] = 32768 (0x8000)
- Na prática [BRIDGE PRIORITY] = [PRIORITY] (4 bits) + [SYSTEM ID] (12 bits)
- Custo de uma ligação =  $K/R_b$  ( $K = 10^9$  ou  $K = 10^{12}$  bit/s)

# Interligação de Redes Remotas

- Interligação de redes dispersas geograficamente através de *bridges* (*bridges* remotas) e ligações ponto-a-ponto (e.g., usando PPP)
- O sistema completo actua como uma única rede

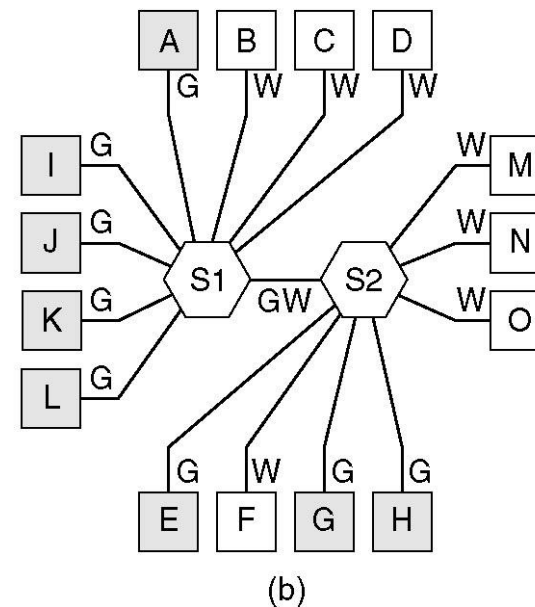
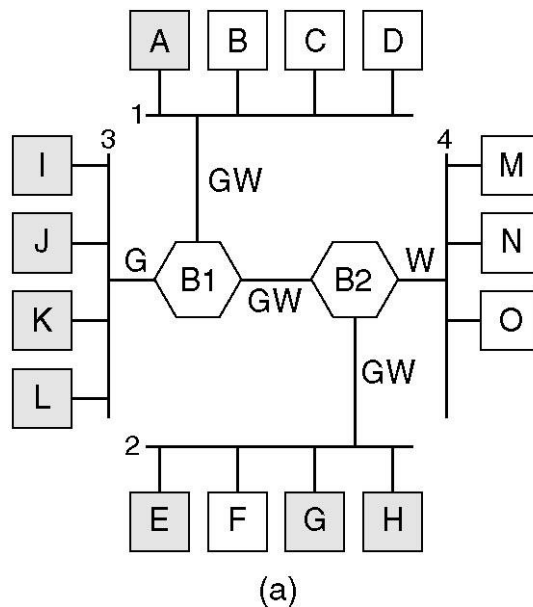


# Dispositivos de Interligação



# Redes Virtuais (*Virtual LANs*)

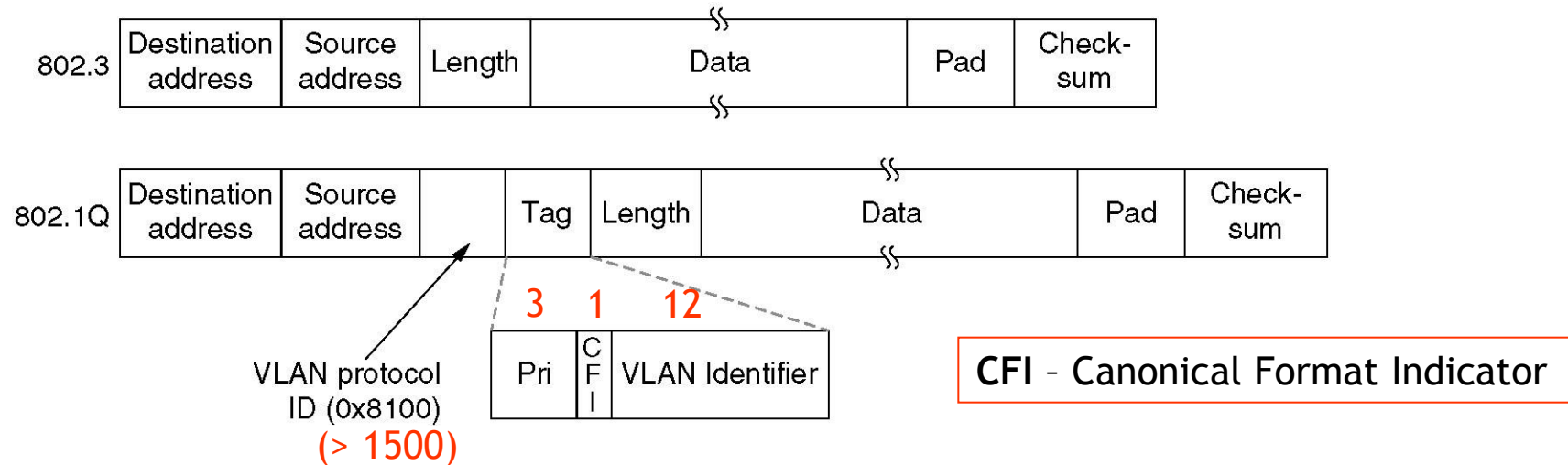
- Organização lógica e não apenas geográfica dos terminais, e.g., organizacional, segurança, optimização do tráfego (carga), difusão por grupos
- Exemplo:
  - Quatro LANs organizadas em duas redes virtuais (VLANs) G e W através de:
    - (a) *bridges*; ou (b) *switches*



## Hipóteses:

1. Portos
2. IPs
3. MACs

# IEEE 802.1Q



- Cada trama contém um identificador da VLAN (VLAN ID)
- A máquina de origem não tem que gerar o identificador (compatibilidade com a norma 802.3) => gerado pela primeira *bridge/switch* no caminho
- A expedição das tramas é efectuada com base no VLAN ID
- As *bridges* compatíveis com IEEE 802.1Q constroem dinamicamente tabelas de expedição com base nas tramas que surgem nas suas interfaces
- Exemplo:
  - Se uma *bridge* recebe uma trama no porto 3 com VLAN ID = 4 significa que existe uma estação pertencente a VLAN 4 ligada ao porto 3



# Parte III: Sub-Nível de Acesso ao Meio

- Séries de problemas
  - RDI: Série de problemas 6.
- Questões de frequências e exames
  - 2001/02: Freq. Gr. IV: Exame 1<sup>a</sup> ép. (ETI, IGE) Gr. IV: 2<sup>a</sup> ép. -
  - 2002/03: Freq. (ETI, IGE) Gr. IV: Exame 1<sup>a</sup> ép. Gr. IV: 2<sup>a</sup> ép. Gr. IV
  - 2003/04: Freq. (ETI, IGE) Gr. IV: Exame 1<sup>a</sup> ép. Gr. IV: 2<sup>a</sup> ép. Gr. IV
  - 2004/05: Exame 1<sup>a</sup> época Gr. IV: Exame 2<sup>a</sup> época Gr. IV
  - 2005/06: Exame 1<sup>a</sup> época Gr. IV: Exame 2<sup>a</sup> época Gr. IV
  - 2006/07: Exame 1<sup>a</sup> época Gr.III: Exame 2<sup>a</sup> época Gr.III
  - 2007/08: Exame 1<sup>a</sup> época Gr.III: Exame 2<sup>a</sup> época Gr.III
  - 2008/09: Exame 1<sup>a</sup> época Gr.III: Exame 2<sup>a</sup> época Gr.III