



**UNIRIO**

**Bacharelado em Sistemas de Informação**  
**Disciplina: Redes de Computadores I**  
**2019.2 — Lista de exercícios 2**

As questões com código entre colchetes foram retiradas do livro-texto: James F. Kurose, Keith W. Ross, “Redes de Computadores e a Internet: Uma Abordagem Top-Down”, 6ª edição.

**Capítulo 5: Camada de Enlace: Enlaces, Redes de Acesso e Redes Locais**

**Questão 1**.....

[R3] Quais alguns possíveis serviços um protocolo da camada de enlace pode oferecer à camada de rede? Quais dos serviços da camada de enlace têm correspondentes no IP? E no TCP?

**Questão 2**..... 2 pontos

[R4] Suponha que dois nós comecem a transmitir ao mesmo tempo um pacote de comprimento  $L$  por um canal *broadcast* de velocidade  $R$ . Denote o atraso de propagação entre os dois nós como  $d_{prop}$ . Haverá uma colisão se  $d_{prop} < L/R$ ? Por quê?

**Questão 3**.....

[R5] Na Seção 5.3 (ver livro), relacionamos quatro características desejáveis de um canal de difusão. O *slotted ALOHA* tem quais dessas características? E o protocolo de passagem de permissão, tem quais dessas características?

**Questão 4**.....

[R9] Que tamanho tem o espaço de endereços MAC? E o espaço de endereços IPv4? E o espaço de endereços IPv6?

**Questão 5**..... 2 pontos

[R10] Suponha que cada um dos nós A, B e C esteja ligado à mesma LAN de difusão (por meio de seus adaptadores). Se A enviar milhares de datagramas IP a B com quadro de encapsulamento endereçado ao endereço MAC de B, o adaptador de C processará esses quadros? Se processar, ele passará os datagramas IP desses quadros para C? O que mudaria em suas respostas se A enviasse quadros com o endereço MAC de difusão?

**Questão 6**.....

A técnica de bit de paridade é usada para detectar erros em transmissões de sequências de bits, através da inserção de bits extras, redundantes, nos quadros transmitidos.

(a) Considere o mecanismo de paridade par. Calcule o bit de paridade para cada um dos quadros de 10 bits abaixo.

- |                 |                  |                 |                  |
|-----------------|------------------|-----------------|------------------|
| i. 0011000111   | v. 0101101011    | ix. 1000011000  | xiii. 0000110101 |
| ii. 1010110000  | vi. 1111010001   | x. 1011010110   | xiv. 1001000010  |
| iii. 0000010000 | vii. 1010010110  | xi. 1110001101  | xv. 0110111011   |
| iv. 0110111001  | viii. 0111001110 | xii. 1001110001 | xvi. 1100101001  |

- (b) Considere que os quadros acima foram transmitidos juntamente com seus bits de paridade por um canal de comunicação ruidoso. Este canal pode introduzir erros invertendo os bits transmitidos. Considere que a estação do outro lado do canal recebeu os bits indicados nos itens abaixo (sendo o último bit da sequência o bit de paridade). Note que o bit de paridade também está sujeito aos erros introduzidos pelo canal!

Para cada quadro, determine a paridade da sequência recebida, e determine também se o quadro será aceito ou rejeitado em função das paridades. Baseado neste resultado, decida, para cada quadro, se a técnica de detecção de erro funcionou adequadamente, ou seja, se os erros de bit apresentados pelo quadro foram detectados.

- |  |  |
|--|--|
| i. Quadro enviado: 0011000111<br>Quadro recebido: 00010001110    | ix. Quadro enviado: 1000011000<br>Quadro recebido: 10001110011   |
| ii. Quadro enviado: 1010110000<br>Quadro recebido: 10101100000   | x. Quadro enviado: 1011010110<br>Quadro recebido: 10110101100    |
| iii. Quadro enviado: 0000010000<br>Quadro recebido: 00000100001  | xi. Quadro enviado: 1110001101<br>Quadro recebido: 11100010110   |
| iv. Quadro enviado: 0110111001<br>Quadro recebido: 01101110010   | xii. Quadro enviado: 1001110001<br>Quadro recebido: 10011000111  |
| v. Quadro enviado: 0101101011<br>Quadro recebido: 01011010110    | xiii. Quadro enviado: 0000110101<br>Quadro recebido: 01001101010 |
| vi. Quadro enviado: 1111010001<br>Quadro recebido: 11111001010   | xiv. Quadro enviado: 1001000010<br>Quadro recebido: 10010000101  |
| vii. Quadro enviado: 1010010110<br>Quadro recebido: 10000101101  | xv. Quadro enviado: 0110111011<br>Quadro recebido: 11101010111   |
| viii. Quadro enviado: 0111001110<br>Quadro recebido: 01110011110 | xvi. Quadro enviado: 1100101001<br>Quadro recebido: 11101010011  |

**Questão 7**.....

[P1] Suponha que o conteúdo de informação de um pacote seja o padrão de bits 1110 0110 1001 1101 e que um esquema de paridade par esteja sendo usado. Qual seria o valor do campo de verificação para o caso de um esquema de paridade bidimensional? Sua resposta deve ser tal que seja usado um campo de soma de verificação de comprimento mínimo.

**Questão 8**.....

[P7] Neste problema, exploramos algumas propriedades de CRC. Para o gerador  $G (=1001)$  dado na Seção 5.2.3, responda às seguintes questões:

- Por que ele pode detectar qualquer erro de bit único no dado  $D$ ?
- Pode esse  $G$  detectar qualquer número ímpar de erros de bit? Por quê?

**Questão 9**.....

[P13] Considere um canal de difusão com  $N$  nós e uma taxa de transmissão de  $R$  bits/s. Suponha que o canal de difusão use o *polling* (com um nó de *polling* adicional) para acesso múltiplo. Imagine que o intervalo de tempo entre o momento em que o nó conclui a transmissão e o momento em que o nó subsequente é autorizado a transmitir (isto é, o atraso de *polling*) seja  $d_{\text{poll}}$ . Suponha ainda que, em uma rodada de *polling*, determinado nó seja autorizado a transmitir, no máximo,  $Q$  bits. Qual é a vazão máxima do canal de difusão?

**Questão 10** .....

[P18] Suponha que os nós A e B estejam no mesmo canal de difusão de 10 Mbits/s e que o atraso de propagação entre os dois nós seja de 325 tempos de bit. Suponha que pacotes CMA/CD e Ethernet sejam usados para esse canal de difusão. Imagine que o nó A comece a transmitir um quadro e que, antes de terminar, o nó B comece a transmitir um quadro. O nó A pode terminar de transmitir antes de detectar que B transmitiu? Por que? Se a resposta for sim, então A acredita, incorretamente, que seu quadro foi transmitido com sucesso, sem nenhuma colisão.<sup>1</sup>

**Questão 11** ..... 2 pontos

O protocolo TDMA é um protocolo de acesso a um meio de transmissão compartilhado. Ele funciona alocando fatias de tempo (*slots*) às estações de forma sucessiva. Somente a estação a quem o slot pertencer pode transmitir em um dado momento e, se ela não possuir dados, o meio fica ocioso.

Considere um meio compartilhado por 5 estações por TDMA, em slots de 100 ms. Suponha que as estações transmitam dados a uma taxa de 10 Mbps, em quadros de 6250 bytes, ignorando o overhead de protocolo.

- Qual é a quantidade máxima de dados que uma estação pode transmitir em um slot?
- Qual é o maior número de quadros que uma estação pode transmitir em um slot?
- Considere agora que as estações estejam prontas para transmitir seus dados conforme a tabela a seguir. Repare que cada estação irá transmitir uma quantidade diferente de dados, e que estes dados estarão disponíveis em instantes de tempo diferentes.

	Dados	Pronta para transmitir em
Estação 1	0.4 Mbits	0.0 ms
Estação 2	2.7 Mbits	464.0 ms
Estação 3	1.5 Mbits	1137.0 ms
Estação 4	3.0 Mbits	1113.0 ms
Estação 5	1.2 Mbits	1045.0 ms

Suponha que o primeiro slot pertence à estação 1 e segue em ordem crescente. Para cada estação, determine:

- Quantos quadros são necessários para transmitir seus dados;
  - O instante de tempo em que seu primeiro quadro começa a ser transmitido;
  - O instante de tempo em que a estação termina de transmitir seu último quadro;
  - O retardo inicial da transmissão;<sup>2</sup>
  - A vazão média (*throughput*) obtida pela estação.<sup>3</sup>
- (d) No cenário anterior, determine a vazão (*throughput*) média e a utilização média (fração de tempo em uso) do meio de transmissão. Para ambos, considere o tempo desde a primeira disponibilidade dos dados (entre todas as estações) até o final de todas as transmissões.

<sup>1</sup>Dica: suponha que no tempo  $t = 0$  tempos de bit, A comece a transmitir um quadro. No pior dos casos, A transmite o quadro em  $t = 512 + 64$  tempos de bit. Então, a resposta será não, se o sinal de B chegar a A antes do tempo de bit  $t = 512 + 64$  bits. No pior dos casos, quando o sinal de B chega a A?

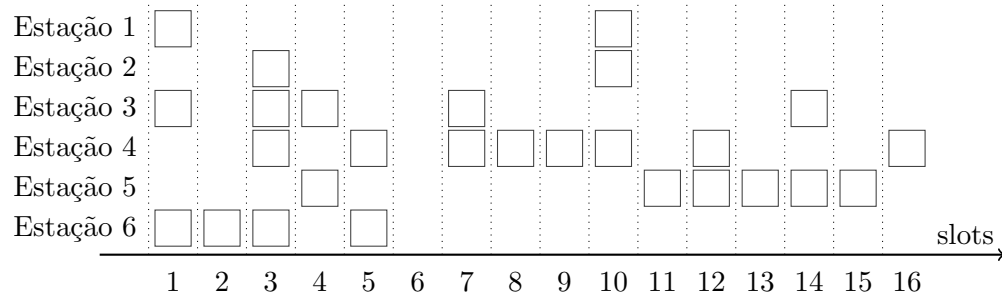
<sup>2</sup>Tempo decorrido entre a estação ter dados para transmitir e a transmissão efetivamente iniciar.

<sup>3</sup>Razão entre a quantidade de dados transmitidos e o tempo necessário para transmitir estes dados, medido entre a disponibilidade dos dados e o final da transmissão.

**Questão 12** .....

Em contraste com o protocolo TDMA, o protocolo Slotted ALOHA (S-ALOHA) é um protocolo de acesso a meio de transmissão compartilhado com uma abordagem distribuída, porém sincronizada e que ainda permite a ocorrência de colisões. Nesta questão você deve compreender como funciona este protocolo.

Considere o seguinte perfil de transmissões realizadas por estações executando o protocolo Slotted ALOHA.



- Para cada slot de tempo mostrado na figura acima, determine se ocorreu uma transmissão com sucesso (S), uma colisão (C), ou se o slot permaneceu ocioso (O).
- Considere que cada estação deseja transmitir o seguinte número de quadros a partir do instante de tempo zero:

Estação	Quadros para transmitir
Estação 1	2 quadros
Estação 2	4 quadros
Estação 3	4 quadros
Estação 4	4 quadros
Estação 5	3 quadros
Estação 6	2 quadros

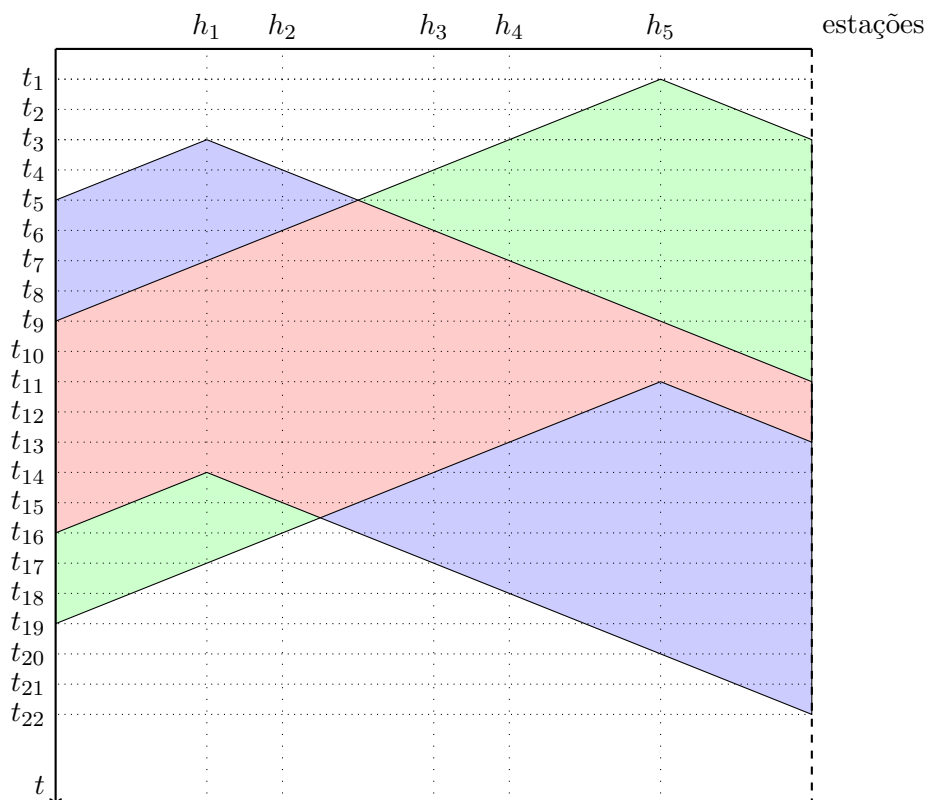
Utilizando o perfil de transmissões ilustrado na figura acima, determine qual quadro está sendo transmitido por cada estação em cada uma das transmissões realizadas. Identifique cada quadro com o seu número de ordem na sequência transmitida por aquela estação.

- Determine o instante de tempo em que cada uma das estações consegue realizar sua primeira transmissão de quadro com sucesso.
- Determine quantos quadros restam a ser transmitidos por cada uma das estações ao final do tempo mostrado acima.
- A utilização deste canal é dada pela fração de tempo que o canal foi utilizado, enquanto a eficiência é dada pela fração de tempo que o canal foi utilizado com sucesso. Calcule estas duas medidas para este exemplo.

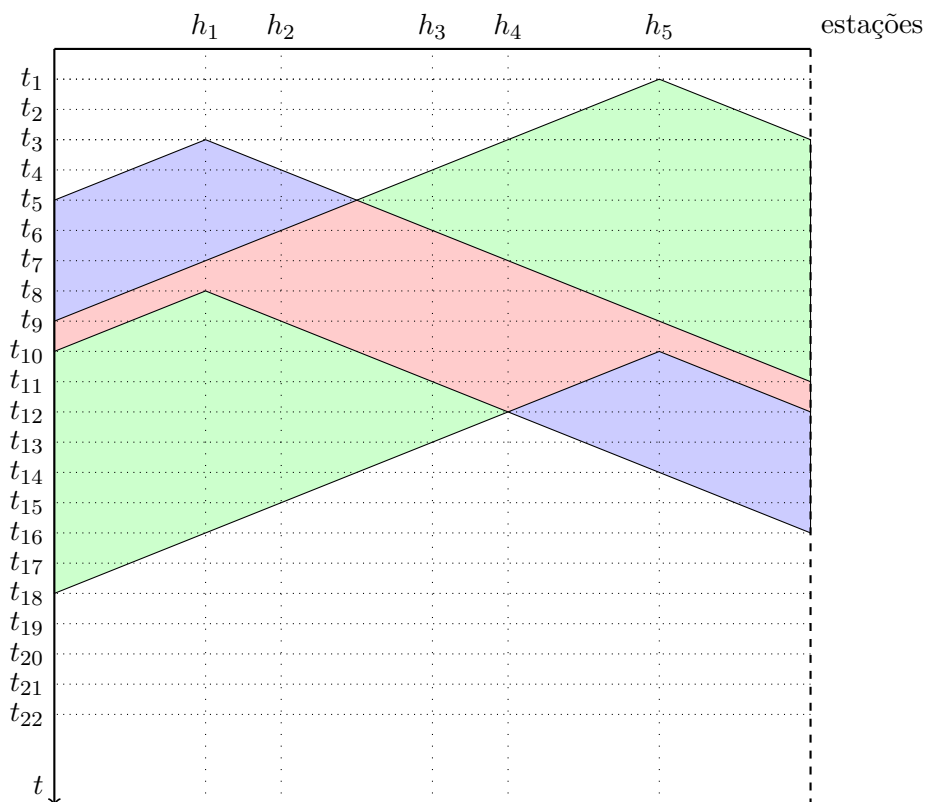
**Questão 13** ..... 2 pontos

O CSMA é um dos mecanismos mais utilizados para acessar o meio compartilhado, fazendo parte do padrão Ethernet, por exemplo. Uma de suas principais características é que, antes de iniciarem suas transmissões, as estações escutam o meio para detectar transmissões que estejam em andamento, minimizando (mas não evitando) as colisões.

Considere o cenário de transmissão ilustrado na figura a seguir, onde o posicionamento das estações é apresentado no eixo horizontal, e o tempo no eixo vertical. Responda às perguntas utilizando a figura.



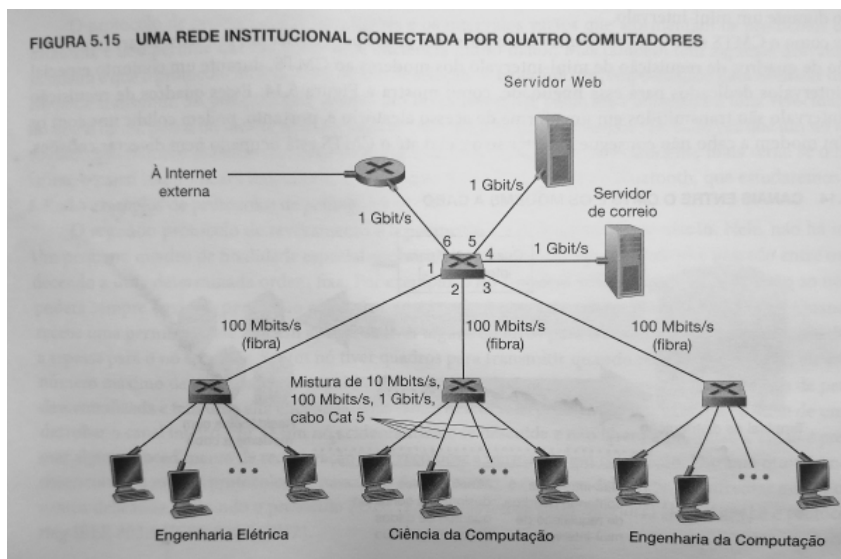
- Quais estações transmitiram? Em que instantes de tempo cada uma destas estações iniciou e terminou sua transmissão?
- Considere todas as estações que não transmitiram. Determine o instante de tempo que cada uma delas começa e termina de receber cada uma das transmissões.
- Para cada estação, determine o instante de tempo em que ela detecta a colisão.
- Para cada estação, determine o período de tempo em que ela percebe o meio como ocupado.
- Considere os instantes de tempo  $t_2$ ,  $t_5$  e  $t_{19}$ . Quais estações podem iniciar uma transmissão nestes instantes de tempo?
- Considere agora o mesmo cenário de transmissão acima, mas com o uso do protocolo CSMA/CD, conforme ilustrado na figura a seguir. Repita os itens (a) a (e) para este cenário.



(g) Compare os períodos de tempo em que as estações percebem o meio como ocupado nos dois casos. Qual foi o ganho de tempo trazido pelo CSMA/CD para cada estação?

**Questão 14** .....

[P23] Considere a Figura 5.15. Suponha que todos os enlaces têm 100 Mbits/s. Qual é a vazão total máxima agregada que pode ser atingida entre os 9 hospedeiros e 2 servidores nessa rede? Você pode supor que qualquer hospedeiro ou servidor pode enviar a qualquer outro servidor ou hospedeiro. Por quê?



**Questão 15** .....

[P24] Suponha que três computadores departamentais na Figura 5.15 são substituídos por hubs. Todos os enlaces têm 100 Mbits/s. Agora responda às perguntas feitas no problema P23.

**Questão 16** .....

Apesar de ambos serem equipamentos que atuam na camada de enlace, uma das principais diferenças entre *hubs* e *switches* está na ocorrência de colisões.

Considere a seguinte rede local Ethernet, composta por equipamentos de quatro tipos: estações (*h*), servidores (*s*), hubs (*H*) e switches (*S*). A única saída desta rede local para a Internet é através do gateway apresentado na ilustração.

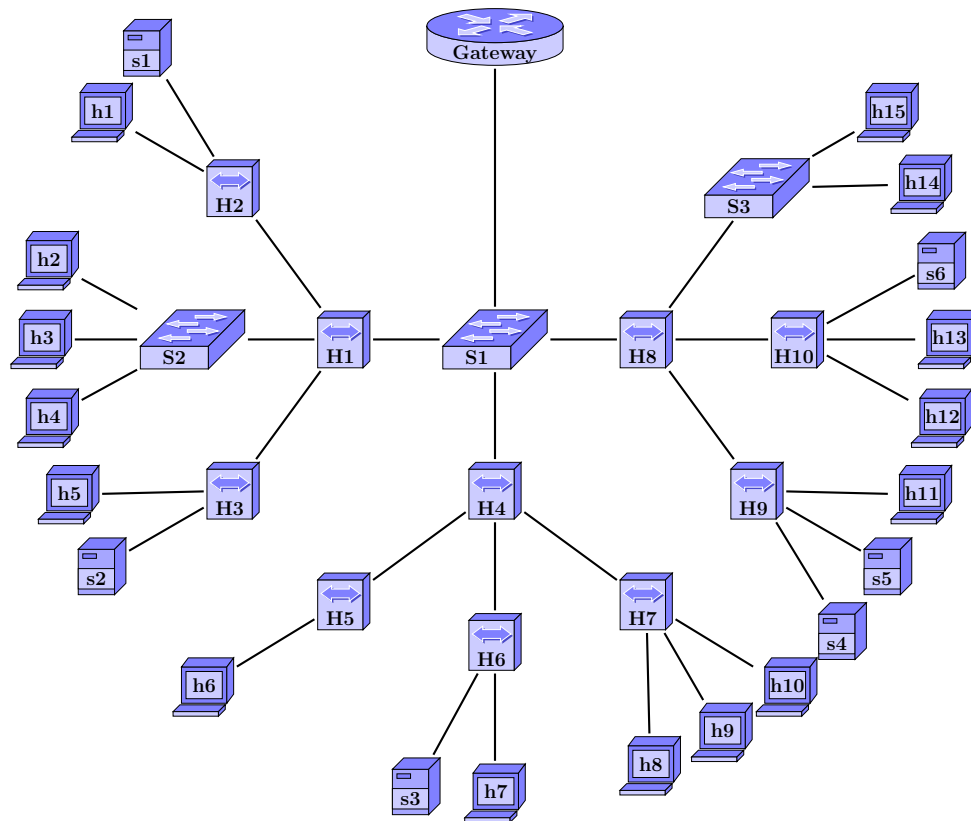


Figura 1: Rede local para a questão 16.

(a) Para cada par de estações a seguir, determine se irá ocorrer ou não uma colisão caso elas transmitam quadros para a Internet simultaneamente.

- |                        |                       |                          |
|------------------------|-----------------------|--------------------------|
| i. h9 colide com h11?  | iv. h6 colide com h2? | vii. h13 colide com h15? |
| ii. h6 colide com h10? | v. h1 colide com h13? | viii. h1 colide com h3?  |
| iii. h2 colide com h6? | vi. h7 colide com h9? | ix. h1 colide com h8?    |

(b) Um domínio de colisão é definido como um segmento de rede em que duas transmissões simultâneas sempre causam colisão, mas que não sofre interferência de transmissões de fora. Equipamentos com apenas uma conexão, como estações e servidores, fazem parte de apenas um domínio de colisão, enquanto equipamentos com mais de uma conexão, como hubs e switches, podem fazer parte de mais de um domínio de colisão.

Identifique os domínios de colisão desta rede.

(c) A ocorrência de colisões também afeta a vazão da rede, isto é, a taxa com que a rede consegue transmitir dados. Isto porque, quando duas estações em um mesmo domínio de colisão desejam transmitir, elas devem realizar suas transmissões uma de cada vez, efetivamente dividindo a capacidade de transmissão do meio a médio e longo prazo.

Suponha que todas as conexões da rede, exceto aquela entre o switch S1 e o gateway, possuem a capacidade de 100 Mbps. Em cada item a seguir, são apresentadas transmissões simultâneas de servidores para estações. Considere que, em caso de meio compartilhado entre transmissões, a banda disponível é, no longo prazo, dividida igualmente entre elas. Determine a vazão de cada transmissão. Note que duas transmissões simultâneas podem apresentar vazões diferentes.

- i.  $s1 \rightarrow h5, s2 \rightarrow h1, s3 \rightarrow h14$
- ii.  $s5 \rightarrow h2, s4 \rightarrow h10, s6 \rightarrow h9$
- iii.  $s1 \rightarrow h4, s2 \rightarrow h14, s1 \rightarrow h14$
- iv.  $s3 \rightarrow h1, s1 \rightarrow h9, s6 \rightarrow h14$

(d) Considere um cenário em que todas as estações e todos o servidores desejam trocar dados com a Internet simultaneamente. Suponha que a taxa máxima de cada uma destas comunicações seja de 20 Mbps. A capacidade máxima das conexões permanecem iguais a 100 Mbps.

Determine qual deve ser a capacidade mínima do enlace entre o switch S1 e o gateway para que ele não seja o gargalo desta rede.

**Questão 17** .....

[P26] Vamos considerar a operação de aprendizagem do comutador no contexto de uma rede em que 6 nós, rotulados de A até F, sejam conectados em estrela a um comutador Ethernet. Suponha que (i) B envia um quadro a E, (ii) E responde com um quadro a B, (iii) A envia um quadro a B, (iv) B responde com um quadro a A. A tabela do comutador está inicialmente vazia. Mostre o estado da tabela do comutador antes e depois de cada evento. Para cada um dos eventos, identifique os enlaces em que o quadro transmitido será encaminhado e justifique suas respostas em poucas palavras.

**Questão 18** ..... 2 pontos

Considere a seguinte rede local, onde cada conexão é identificada por um número. Abaixo também são apresentadas as tabelas de encaminhamento de cada switch nesta rede.

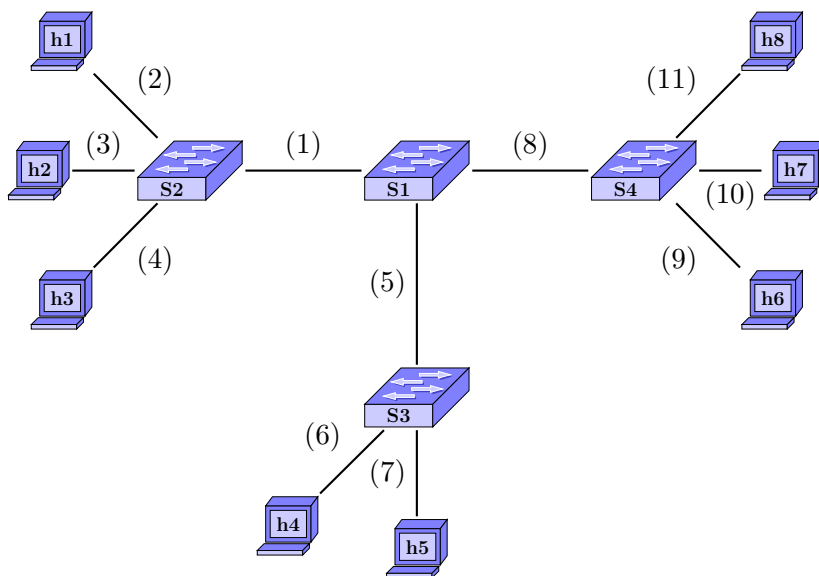




Tabela de S1		Tabela de S2		Tabela de S3		Tabela de S4	
Destino	Interface	Destino	Interface	Destino	Interface	Destino	Interface
h2	1	h2	3	h2	5	h2	8
h7	8	h7	1	h5	7	h7	10
h5	5	h5	1	h6	5	h5	8
h6	8	h8	1	h8	5	h6	9
h8	8					h8	11

Em cada um dos itens a seguir, apresentamos as estações origem e destino de um quadro enviado nesta rede. Para cada um destes quadros, determine:

- por quais enlaces o quadro será transmitido;
- quais entradas serão criadas na tabela de encaminhamento dos switches.

Considere que os quadros são enviados em sequência e, portanto, toda entrada criada em alguma tabela de encaminhamento na transmissão de um quadro será utilizada pelos switches na transmissão dos quadros seguintes.

- i.  $h2 \rightarrow h6$       ii.  $h4 \rightarrow h1$       iii.  $h8 \rightarrow h2$       iv.  $h1 \rightarrow h5$       v.  $h3 \rightarrow h1$