



UFSC

**Ciências da
Computação**

CAP 8. QUALIDADE DE SERVIÇO (QOS)

AULA 1: Redes IP oferecendo o Melhor Esforço

INE5431 Sistemas Multimídia

Prof. Roberto Willrich (INE/UFSC)

roberto.willrich@ufsc.br

<https://moodle.ufsc.br>

Cap 8. Qualidade de Serviço (QoS)



■ Conteúdo

- Redes IP oferecendo o Melhor Esforço
- Princípios da QoS
- Definição de QoS
- Disciplinas de escalonamento e de descarte de pacotes
- Serviços Integrados/RSVP
- Serviços Diferenciados

Redes IP oferecendo o Melhor Esforço



■ Situação atual

- Internet de hoje fornece um serviço do tipo **melhor esforço**
 - Tráfego é tratado tão rápido quanto possível
 - Não há garantias de taxa, atraso, variação de atraso e taxa de perda de pacotes

VELOCIDADE (TCP)

UPLOAD	média	2.04 Mbit/s	mediana	2.09 Mbit/s	
DOWNLOAD	média	11.90 Mbit/s	mediana	18.47 Mbit/s	BOM!



JITTER

UPLOAD	valor atual:	3.67 ms	BOM!
DOWNLOAD	valor atual:	19.2 ms	BOM!



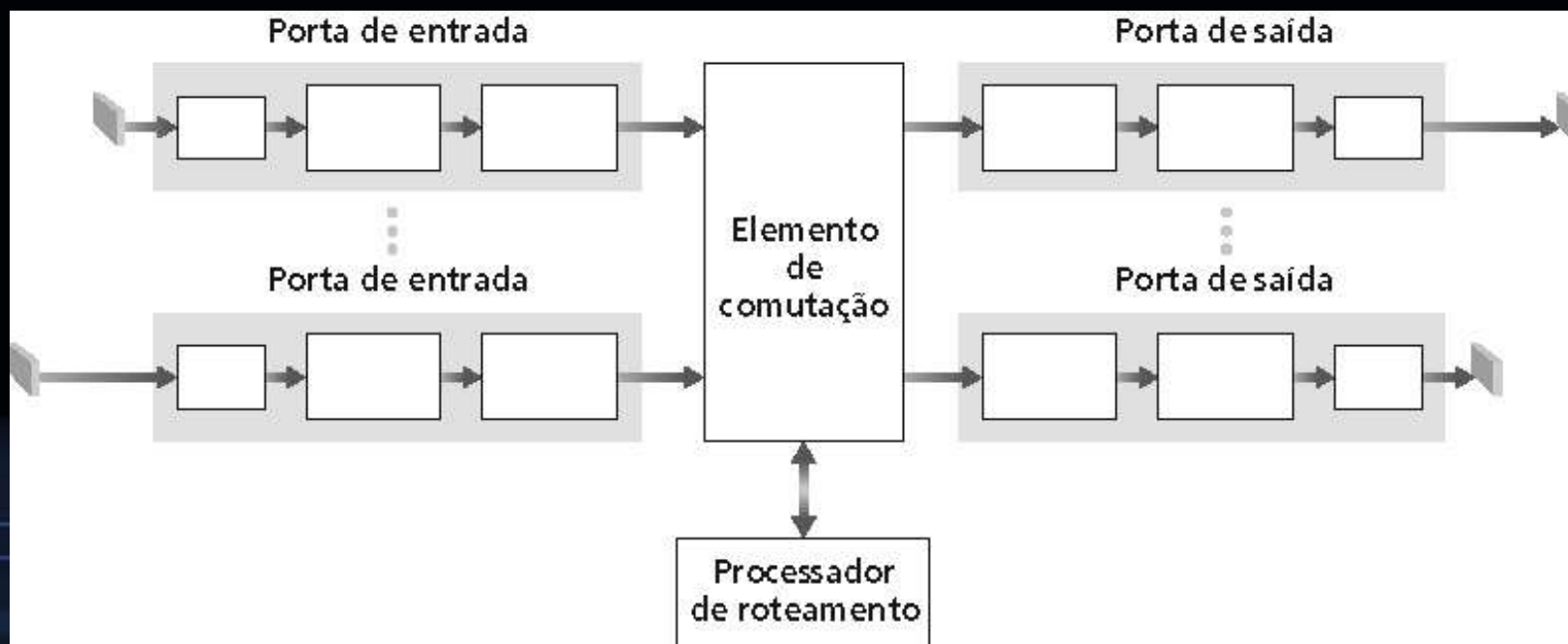
LATÊNCIA (PING)

média	65.98 ms	mediana	49.77 ms	BOM!
-------	----------	---------	----------	------



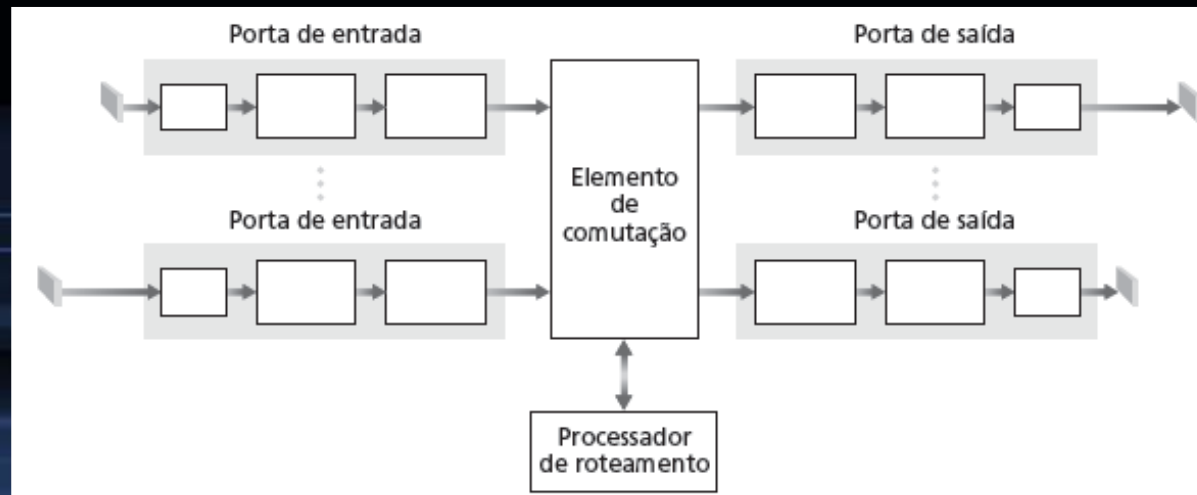
Redes IP oferecendo o Melhor Esforço

- **Duas funções chaves do roteador:**
 - Executar algoritmos/protocolos de roteamento (RIP, OSPF, BGP)
 - Comutar datagramas de enlaces de entrada para enlaces de saída



Redes IP oferecendo o Melhor Esforço

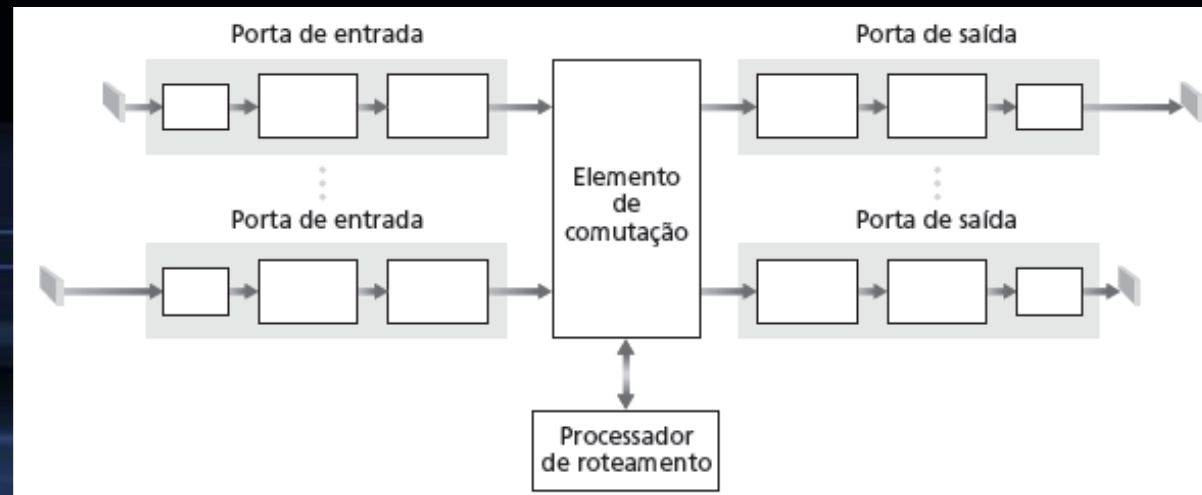
- **Porta de saída do roteador: enfileiramento de pacotes**
 - A fila mais crítica é a da porta de saída
 - Em redes congestionadas o espaço nas filas do roteador pode não ser suficiente
 - Ocorrendo a sobrecarga (buffer overflow) e com isto a perda de pacotes ocorre (descarte de pacotes).
 - Taxa de perda de pacotes dependerá da carga de tráfego, da velocidade do elemento de comutação, da taxa do enlace e da capacidade de processamento do roteador
 - Estes fatores determinam o atraso e a variação de atraso do encaminhamento dos pacotes



Redes oferecendo o Melhor Esforço

- **Porta de saída do roteador**

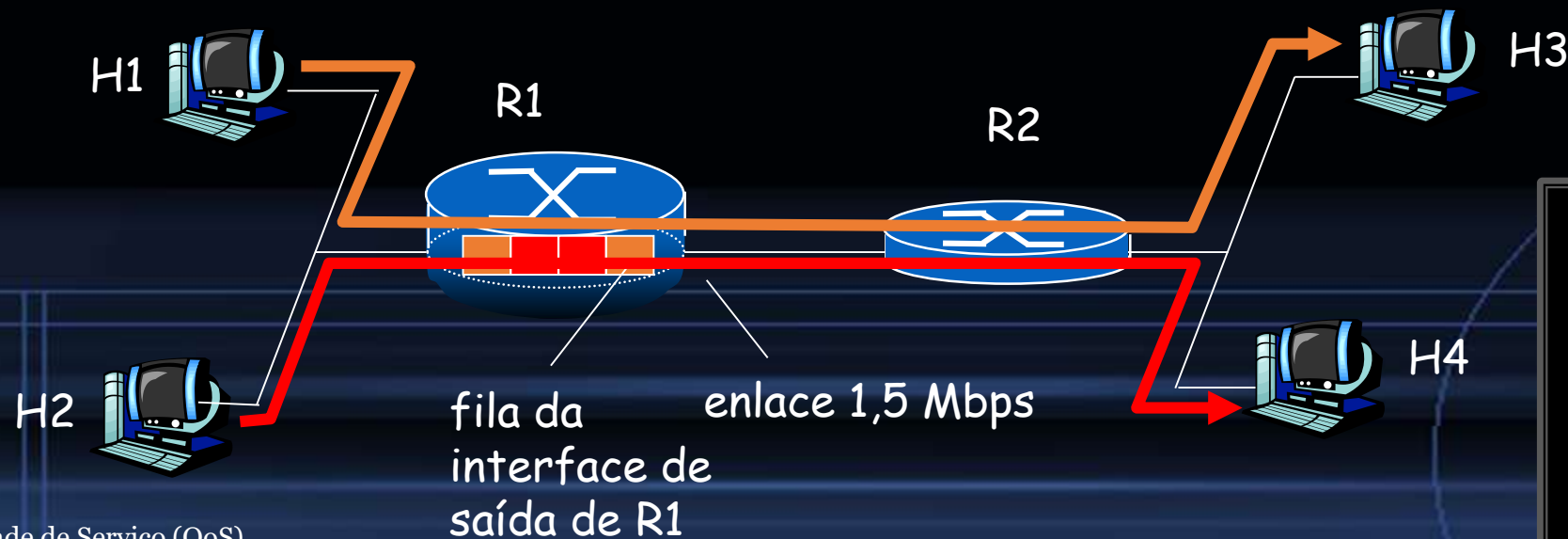
- um escalonamento de pacotes deve ser adotado para determinar o próximo pacote a ser transmitido
- Escalonamento usual é o FIFO (First-In-First-Out), também chamado de FCFS (First-Come-First-Served)
- Quando se quer gerenciar a qualidade de serviço pode-se adotar outras disciplinas de escalonamentos mais sofisticadas nas filas de saída, tais como Weighted Fair Queuing (WFQ)



Princípios da QoS

■ Cenário simples de rede

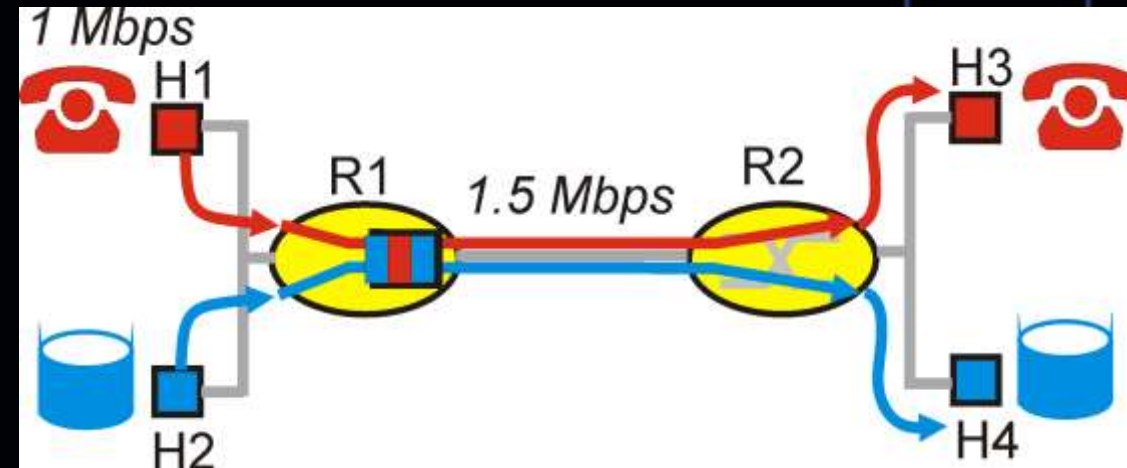
- H1 transmite um fluxo de pacotes para H3 e ao mesmo tempo H2 transmite outro fluxo de pacotes para H4
- Roteadores nas duas LANs são conectados por um enlace a 1,5 Mbps
- Duas LANs são de 10 ou 100 Mbps
- Podem ocorrer perdas de pacotes e atrasos grandes se a taxa agregada de H1 e H2 exceder a 1,5 Mbps



Princípios da QoS: Cenário 1

- **Considere uma aplicação de telefonia a 1Mbps e uma aplicação FTP compartilhando um enlace de 1.5 Mbps**

- rajadas de tráfego FTP podem congestionar o roteador e fazer com que pacotes de áudio sejam perdidos
- deseja-se dar prioridade ao áudio sobre o FTP
- Campo DS do cabeçalho IP pode servir para marcar os pacotes



- **PRINCÍPIO 1:**

- **Marcação de pacotes permite a um roteador diferenciar entre pacotes pertencentes a diferentes classes de tráfego**

Princípios da QoS: Cenário 1

- **Campo DS do cabeçalho do protocolo IP**
 - Contém o Differentiated Services Code Point (DSCP) que permite marcar a classe (qualidade) que define o tratamento que o roteador deve dar ao pacote

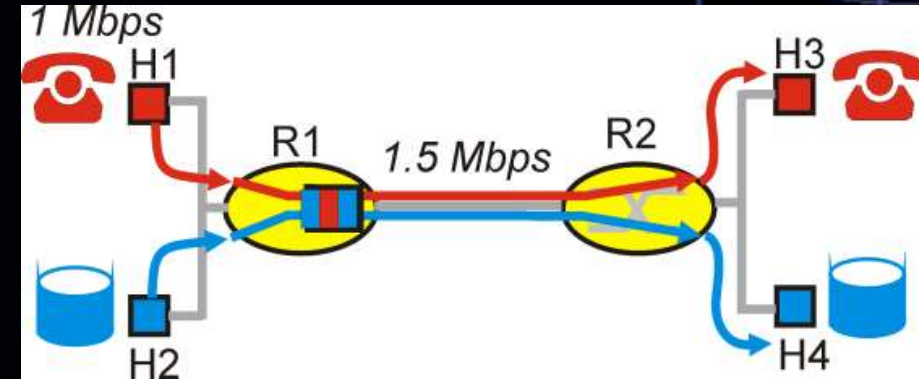
DS Field							
6 DSCP Bits							
					0	ECN	ECN
—	—	—	0	0	0	Class Selector PHB	
0	0	0	—	—	0	Default PHB	
0	0	1	—	—	0	Assured Forwarding (AF) PHB	
0	1	0	—	—	0		
0	1	1	—	—	0		
1	0	0	—	—	0	Expedited Forwarding (EF) PHB	
1	0	1	1	1	0		

- Pode ser marcado pela fonte
 - Ex. Windows 10
 - Editor de Política de Grupo Local: para definir regras para atribuir valores use gpedit.msc, expandindo Configuração do Computador> Configurações do Windows

Princípios da QoS: Cenário 2

- **Considere agora que o fluxo FTP é mais prioritário**

- Usuário FTP contratou um serviço de melhor qualidade da sua ISP
- Seria mais razoável que o roteador R1 distinga os pacotes baseados no endereço IP da fonte
- Generalizando: é necessário que o roteador classifique os pacotes de acordo com algum critério



- **Princípio 1 (modificado):**

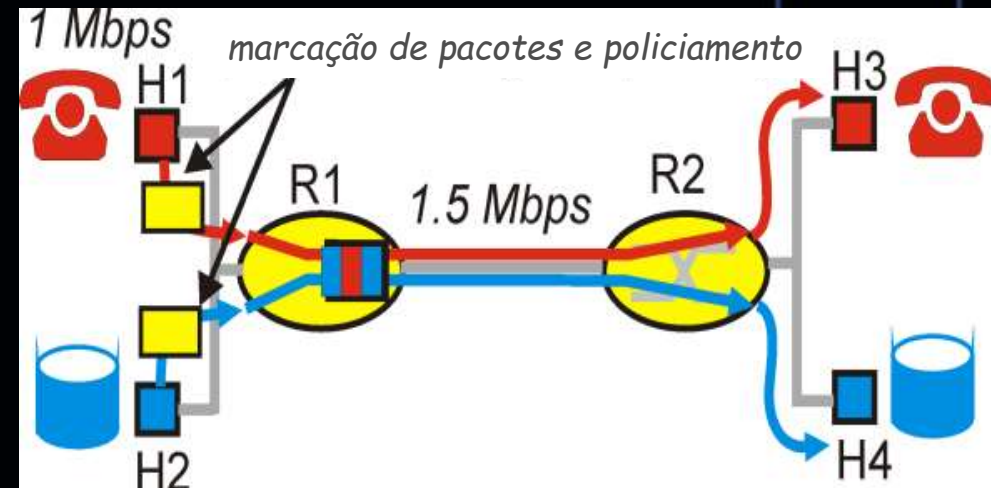
- **A classificação de pacotes permite que o roteador faça a distinção de pacotes pertencentes a diferentes classes de tráfego**
- A marcação é apenas um dos critérios para classificar pacotes
 - Uma das maneiras de classificar os pacotes
 - Os critérios para classificar os pacotes é uma decisão de política

Princípios da QoS: Cenário 3

- **Aplicações mal-comportadas (áudio envia pacotes numa taxa superior a 1Mbps anteriormente assumida)**

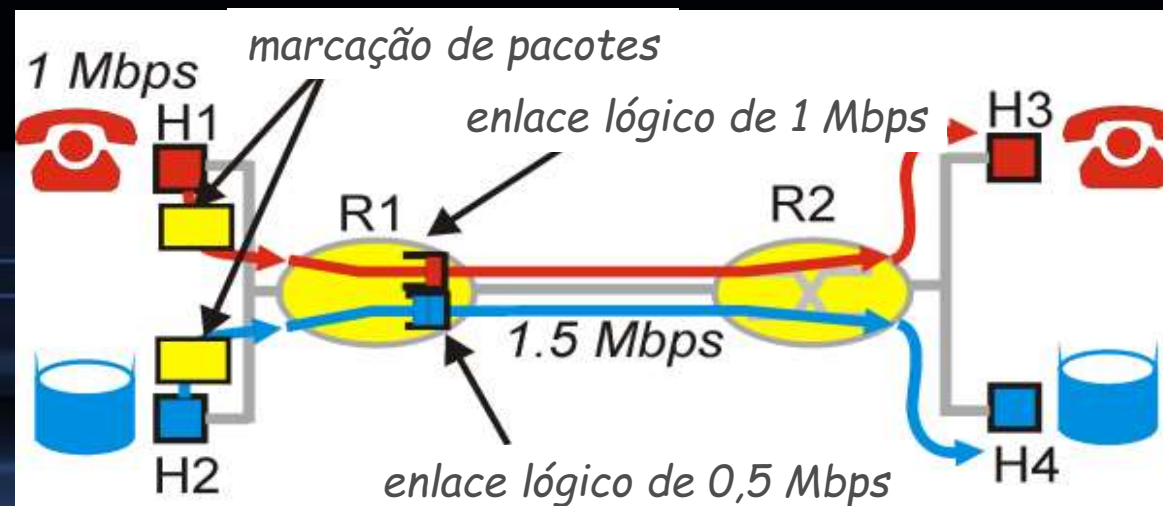
- **PRINCÍPIO 2:**

- **Fornecer proteção (isolamento) para uma classe em relação às demais**
- Exige mecanismos de policiamento para assegurar que as fontes aderem aos seus requisitos de banda passante.
- Classificação e policiamento precisam ser feitos nas bordas da rede



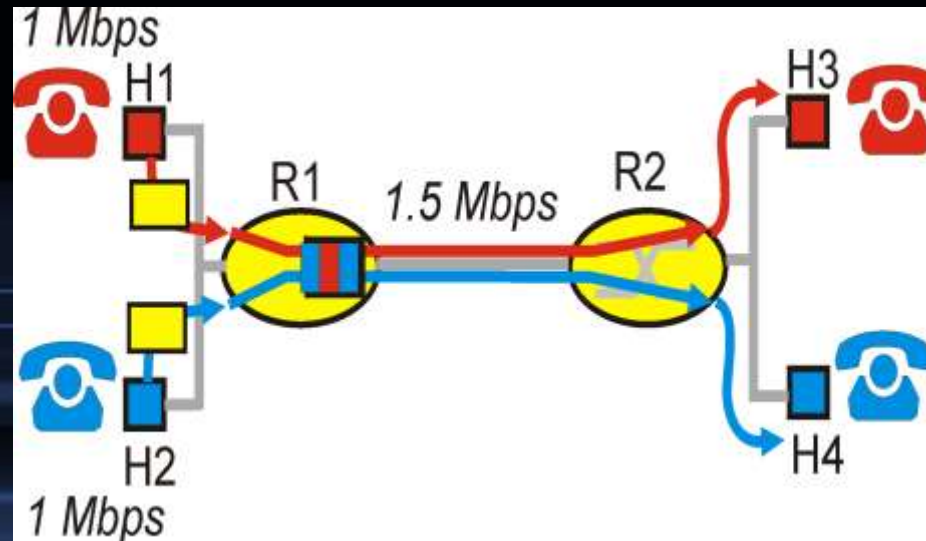
Princípios para Garantia de QOS (mais)

- **Alocar largura de banda fixa (não compartilhável) ao fluxo**
 - uso ineficaz da largura de banda se os fluxos não usarem sua alocação
- **PRINCÍPIO 3:**
 - **Deve-se fornecer isolamento e ao mesmo tempo usar os recursos da forma mais eficiente possível**

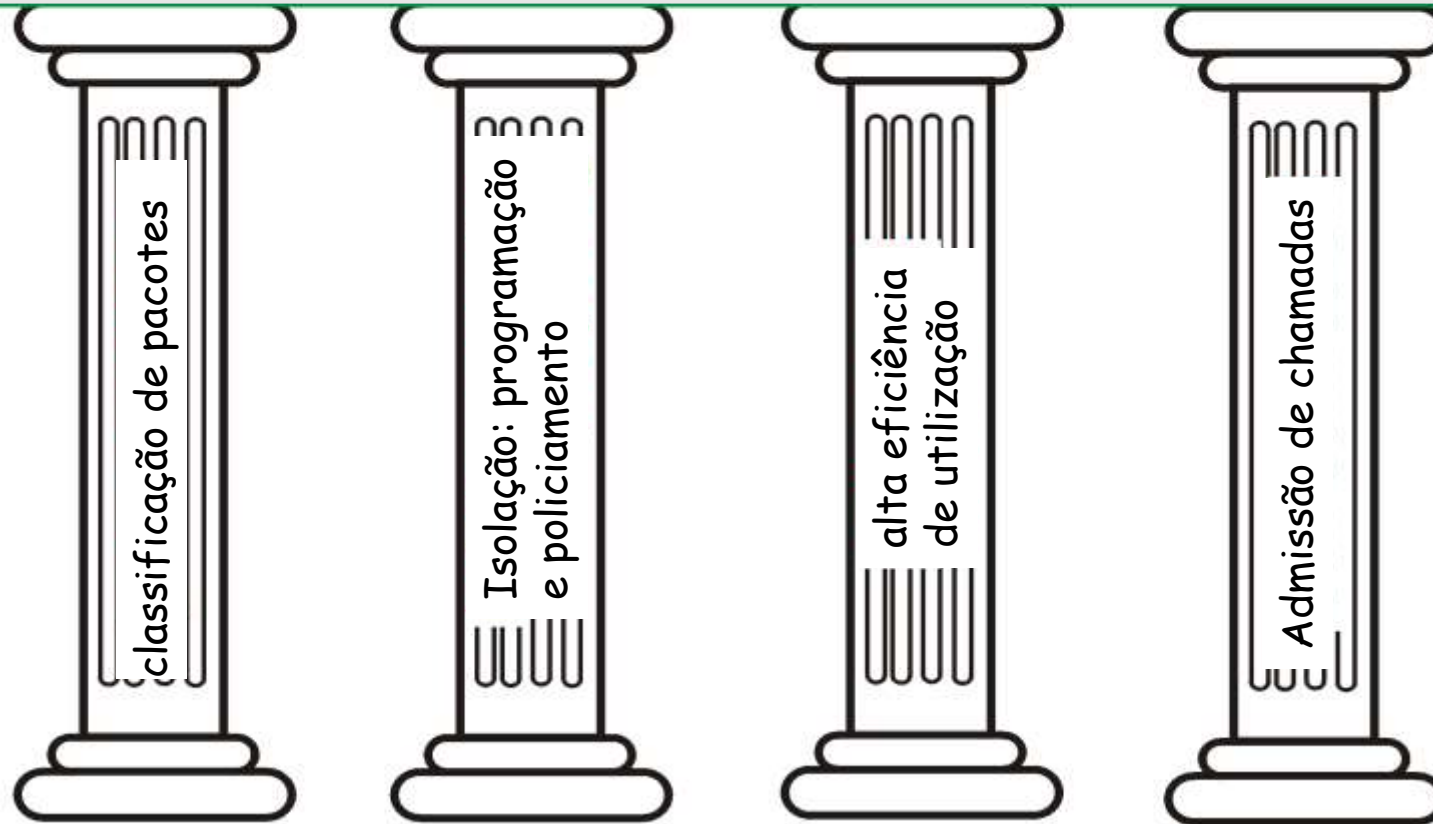


Princípios para Garantia de QOS (mais)

- **Não deve ser aceito tráfego além da capacidade do enlace**
- **PRINCÍPIO 4:**
 - **Necessita de um Processo de Admissão de Chamada; a aplicação declara a necessidade do seu fluxo, a rede pode bloquear a chamada se a necessidade não pode ser satisfeita**



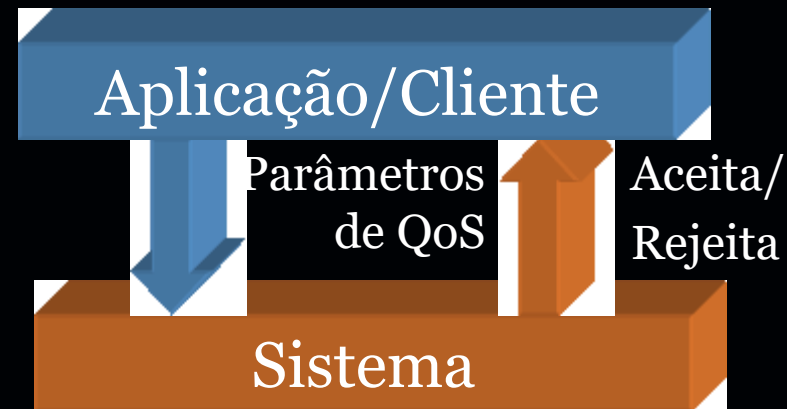
QoS para aplicações em redes



Definição de QoS

QoS é uma especificação qualitativa ou quantitativa dos requisitos de uma aplicação ou de um Cliente, que um sistema deveria satisfazer afim de obter uma qualidade desejada

- **Dois aspectos:**
 - Aplicações ou Clientes especificam os requisitos de QoS e o sistema fornece as garantias de QoS



Definição de QoS: Classe de Serviço



- **Seleção da Classe de Serviço (CoS)**
 - Provedor de Serviços Internet (ISP)
 - Podem oferecer aos clientes diversas possibilidades em termos de QoS para encaminhar seu tráfego
 - Serviço melhor esforço permanece para clientes que requerem apenas conectividade
 - Cliente de um ISP
 - Opta por uma das várias CoS para cada um de seus tráfegos
 - Se Voz sobre IP e videoconferência é importante, ele pode escolher uma classe de serviço que garanta pequeno atraso e baixa variação de atraso
 - Se tráfego Web é importante, ele pode escolher uma classe de serviço fornecendo serviços Internet “previsíveis”
 - Optando por um serviço de qualidade pagaria um custo maior do que aquele pago por um tipo de serviço melhor esforço

Pontos Importantes

Qualidade de Serviço (QoS)

- Internet não garante QoS
- Conhecer os princípios da QoS e definição de QoS



UFSC

**Ciências da
Computação**

CAP 8. QUALIDADE DE SERVIÇO (QOS)

AULA 2: Disciplinas de Escalonamento

INE5431 Sistemas Multimídia

Prof. Roberto Willrich (INE/UFSC)

roberto.willrich@ufsc.br

<https://moodle.ufsc.br>

Disciplinas de escalonamento e regulação

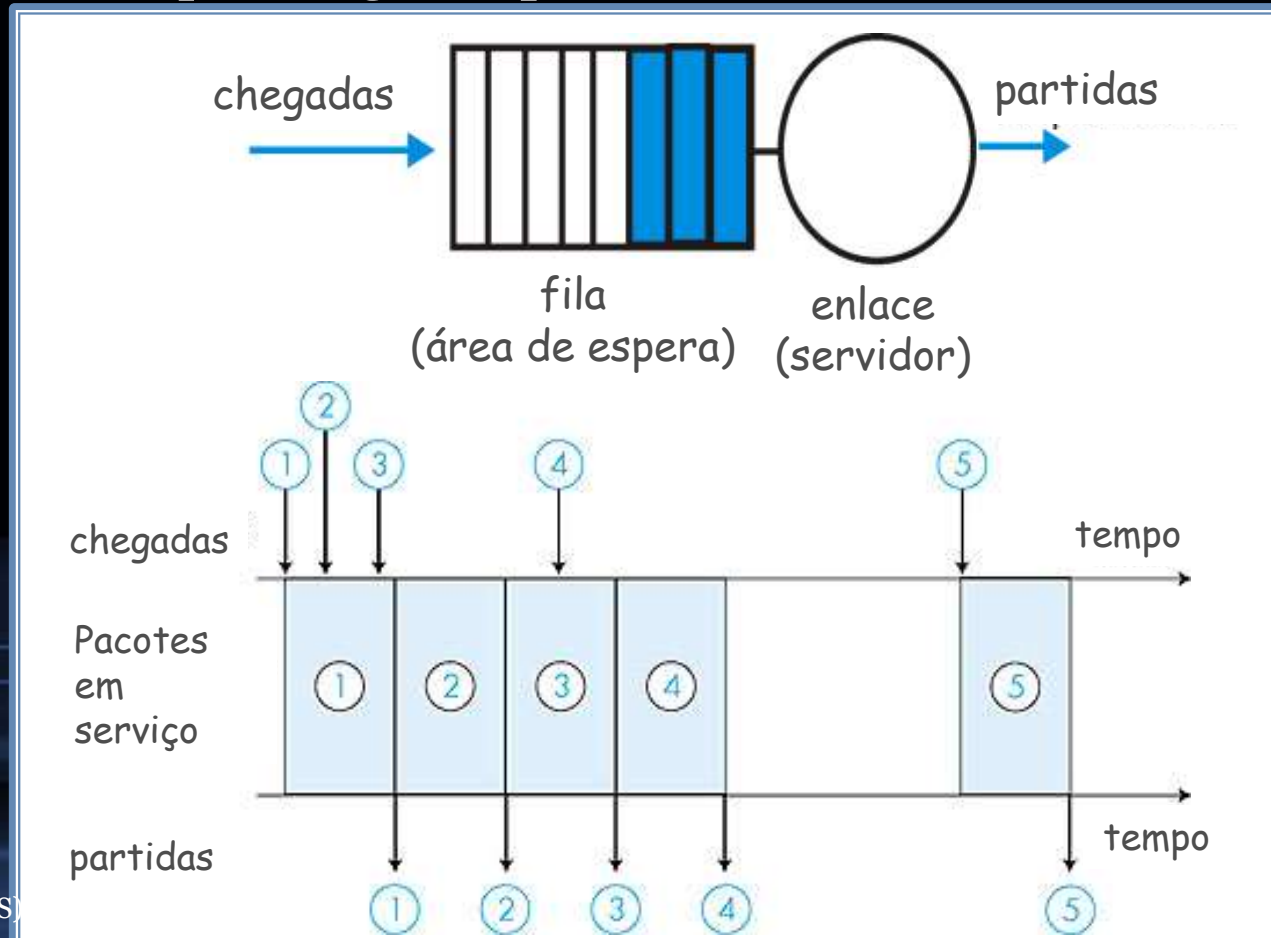


- **Escalonamento: finalidade**
 - Uso compartilhado de recursos. Recursos escalonados:
 - Banda passante do enlace de saída, buffers
 - Disciplina de escalonamento oferece a diferentes tráfegos diferentes qualidades
 - Roteador deve implementar diferentes políticas
 - Políticas de escalonamento
 - Decidem qual pacote deve ser enviado primeiro
 - Políticas de gerenciamento de buffers
 - Decidem quando um pacote deve ser descartado
 - Políticas de descarte
 - Decidem qual pacote deve ser descartado

Disciplinas de Escalonamento

■ **FIFO**

- Pacotes são enfileirados em uma fila comum
- Primeiro pacote que chega é o primeiro a sair

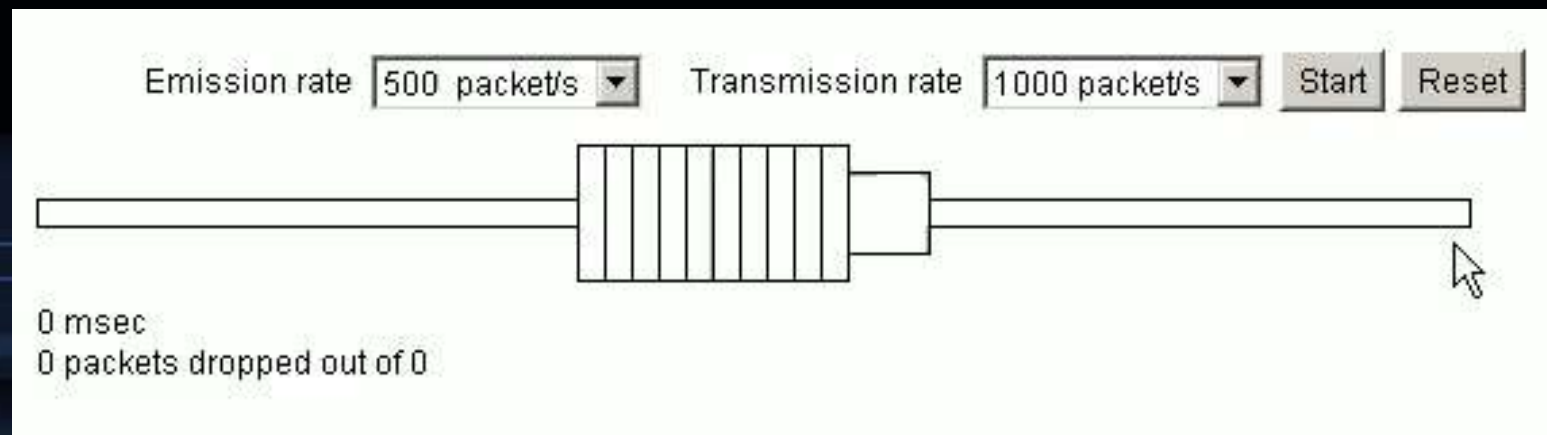


Disciplinas de Escalonamento



■ **FiFO**

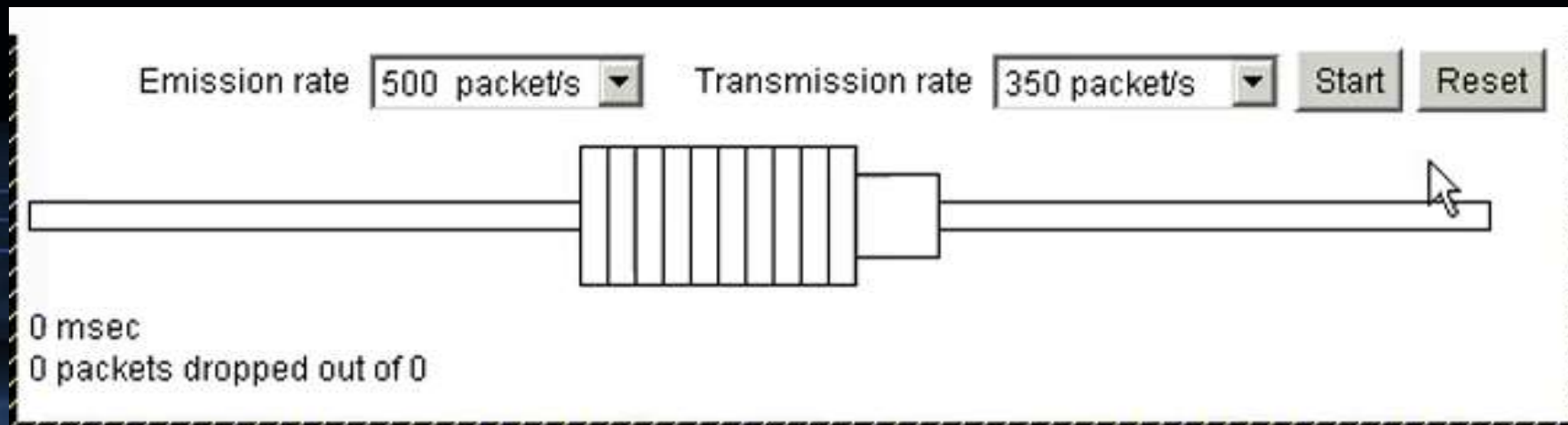
- Quando a rede opera com suficiente nível de capacidade de transmissão e comutação
 - As filas são necessárias somente para assegurar que tráfegos em rajada de curta duração não causem descarte de pacotes
 - Enfileiramento FIFO é altamente eficiente caso o tamanho da fila permanece pequeno
 - Atraso médio de pacotes na fila é uma fração insignificante do tempo de transmissão fim-a-fim



Disciplinas de Escalonamento

■ **FIFO: Deficiências**

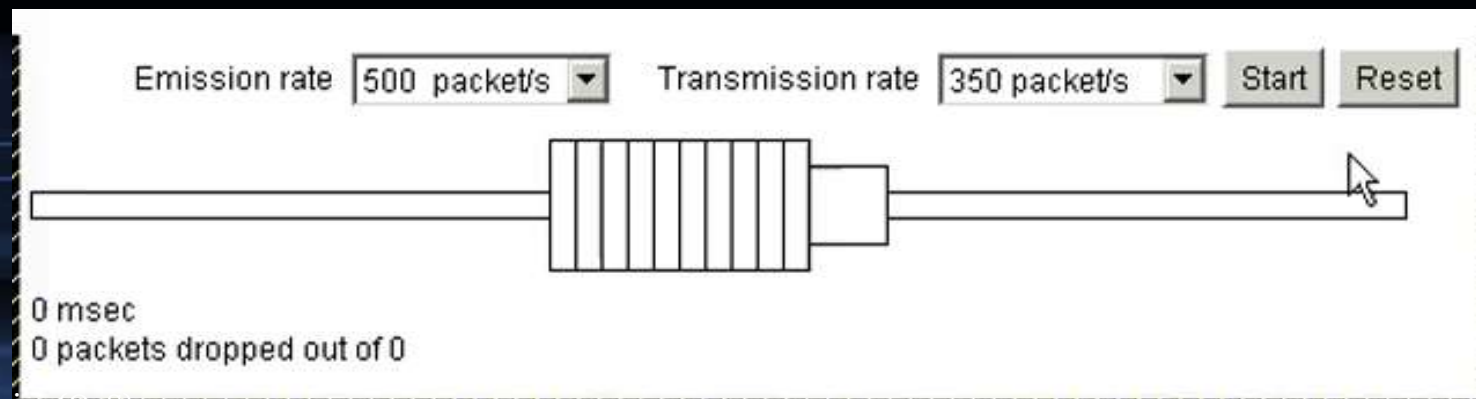
- Quando a carga da rede aumenta
 - tráfego em rajada causa significativo atraso de enfileiramento em relação ao tempo de transmissão total
 - quando a fila está totalmente cheia
 - todos os pacotes subsequentes são descartados
 - Quando a fila opera deste modo por longos períodos o serviço degenera



Disciplinas de Escalonamento

■ **FIFO: Deficiências**

- Não compartilha a banda de maneira justa
 - ordem de chegada determina a largura de banda que será obtida, a prioridade e a alocação de buffers
- Sem prioridade e garantias de QoS
 - não toma nenhuma decisão sobre prioridade do pacote
- Não provê proteção contra fontes de tráfego com comportamento prejudicial



Disciplinas de Escalonamento

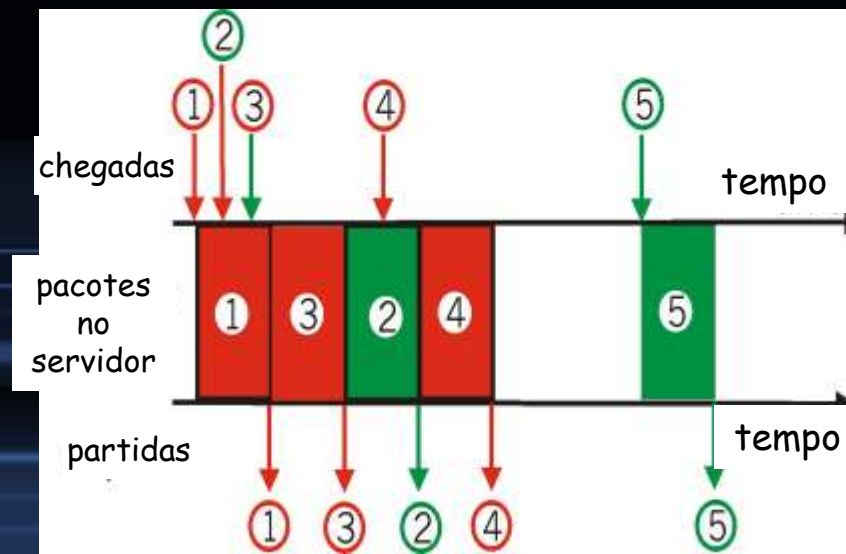
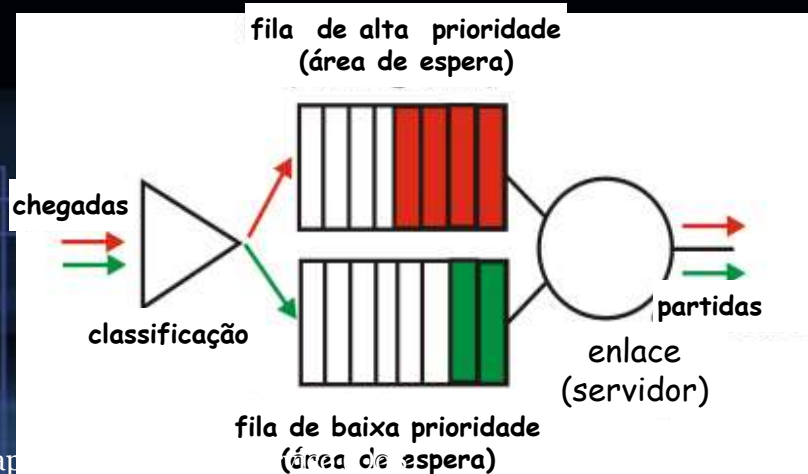


- **Outras disciplinas de escalonamento**
 - Permitem criar classes de tráfego com diferentes prioridades
 - Importante para a QoS

Disciplinas de Escalonamento

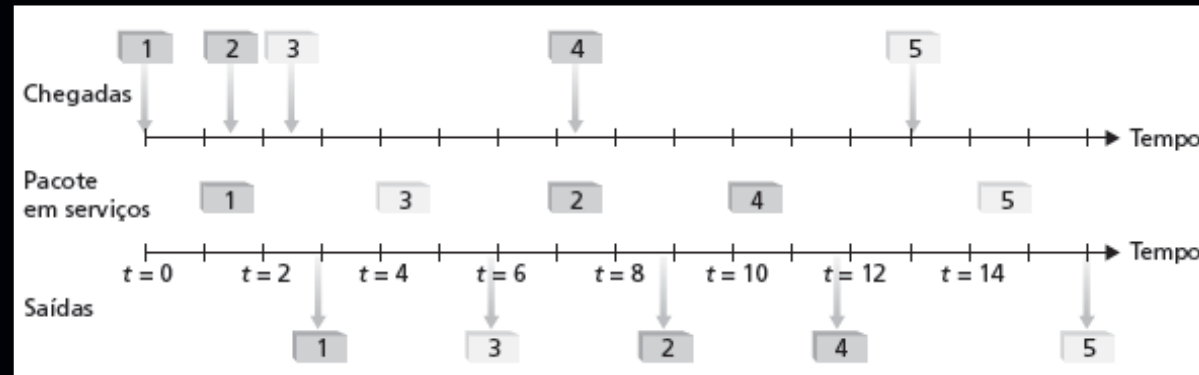
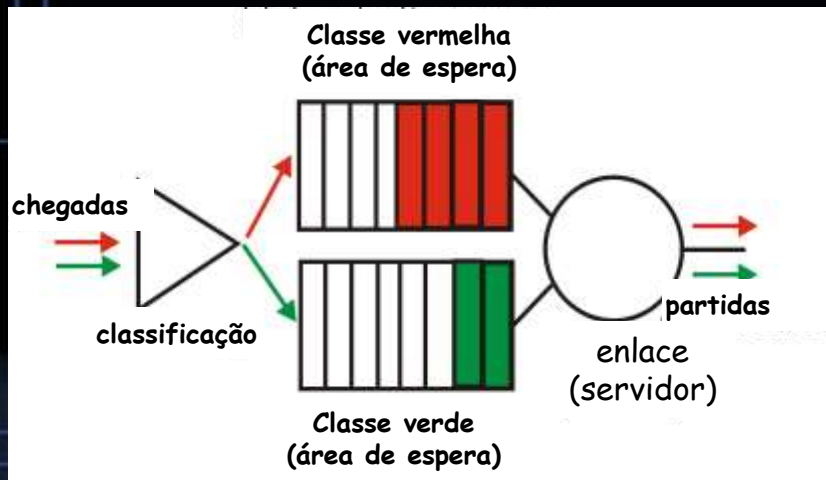
■ Filas com Prioridade (PQ)

- Classes tem diferentes prioridades: classificação depende de marcação explícita ou de outras informações no cabeçalho (endereço de origem ou de destino, número de portas, etc.)
- Múltiplas filas com diferentes prioridades (0 a n-1)
 - Prioridade 0 é servida primeiro, prioridade i é servida apenas se as filas 0 a i-1 estão vazias
 - Escolha entre pacotes da mesma classe de prioridade é feita, tipicamente, pelo método FIFO
- Deficiência: Se o volume de tráfego de alta prioridade for alto
 - Tráfego normal esperando na fila pode ser descartado por causa de insuficiência de espaço no buffer
 - Pode produzir uma latência alta no tráfego normal



Disciplinas de Escalonamento

- **Round Robin (Varredura cíclica)**
 - Percorre as classes presentes na fila, servindo um pacote de cada classe que tem pelo menos um representante na fila
 - Usada para servir todas as filas de maneira justa (Fair Queue)



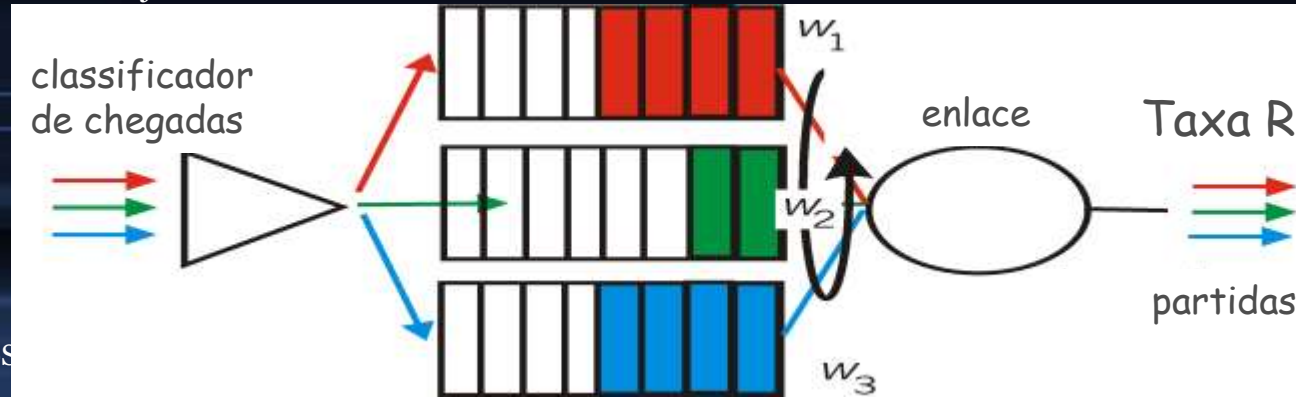
Disciplinas de Escalonamento



- **Round Robin (Varredura cíclica)**
 - **Prós:**
 - Previne que qualquer fonte sobrecarregue a rede
 - **Contras:**
 - Pacotes são de tamanhos variados e um pacote por vez é liberado em cada fila
 - Algumas filas podem ser mais cheias que outras
 - Não define realmente um esquema de prioridade

Disciplinas de Escalonamento

- **WFQ - Weighted Fair Queuing (Fila justa e ponderada)**
 - Uma forma generalizada de Round Robin onde se tenta prover à cada classe um volume diferenciado de serviço num dado período de tempo
 - A cada classe i é atribuído um peso w_i será garantido que a classe i receberá uma fração do serviço igual a $w_i/(\sum w_j)$
 - Soma no denominador é feita sobre todas as classes que também tem pacotes enfileirado para transmissão
 - Para um enlace com uma taxa de transmissão R , a classe i sempre obterá uma taxa de pelo menos $R w_i/(\sum w_j)$
 - No pior caso (se todas as classes tenham pacotes enfileirados) será garantido que a classe i a fração $w_i/(\sum w_j)$ da largura de banda

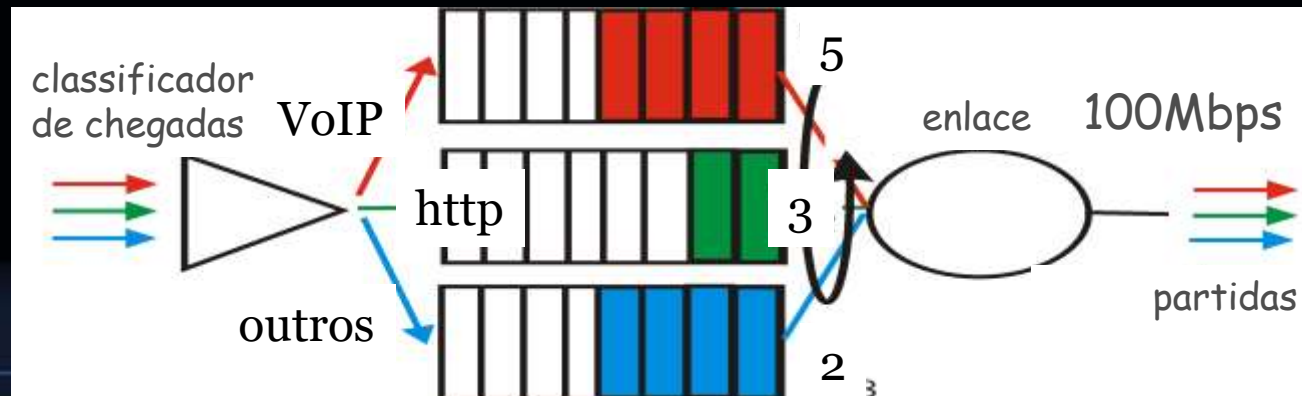


Disciplinas de Escalonamento

- **WFQ - Weighted Fair Queuing (Fila justa e ponderada)**

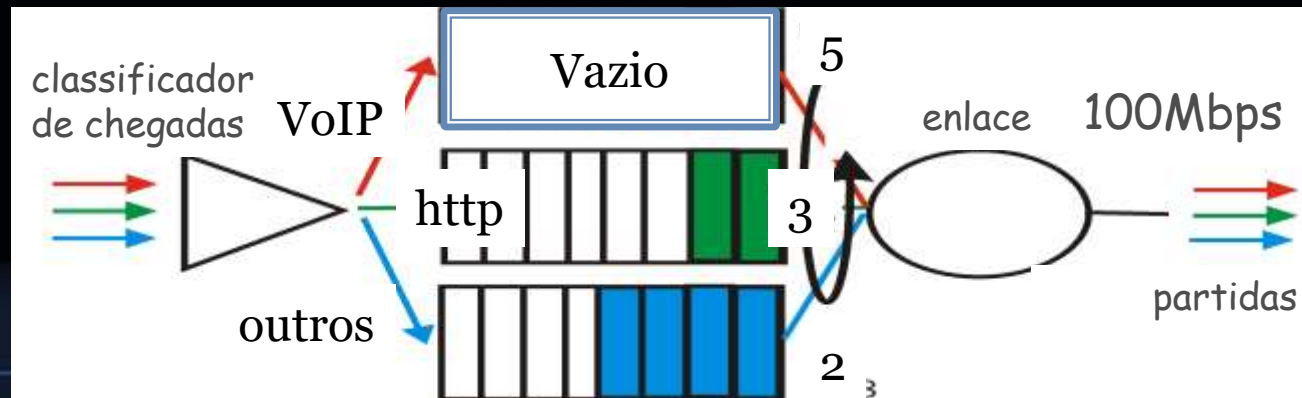
- Exemplo 1

- Voip receberá $5 \cdot 100\text{Mbps} / 10 = 50\text{Mbps}$
- Voip receberá $3 \cdot 100\text{Mbps} / 10 = 30\text{Mbps}$
- Outros tráfegos receberão $2 \cdot 100\text{Mbps} / 10 = 20\text{Mbps}$



Disciplinas de Escalonamento

- **WFQ - Weighted Fair Queuing (Fila justa e ponderada)**
 - Exemplo 2
 - Voip receberá $3 \cdot 100\text{Mbps} / 5 = 60\text{Mbps}$
 - Outros tráfegos receberão $2 \cdot 100\text{Mbps} / 5 = 40\text{Mbps}$



Disciplinas de Escalonamento

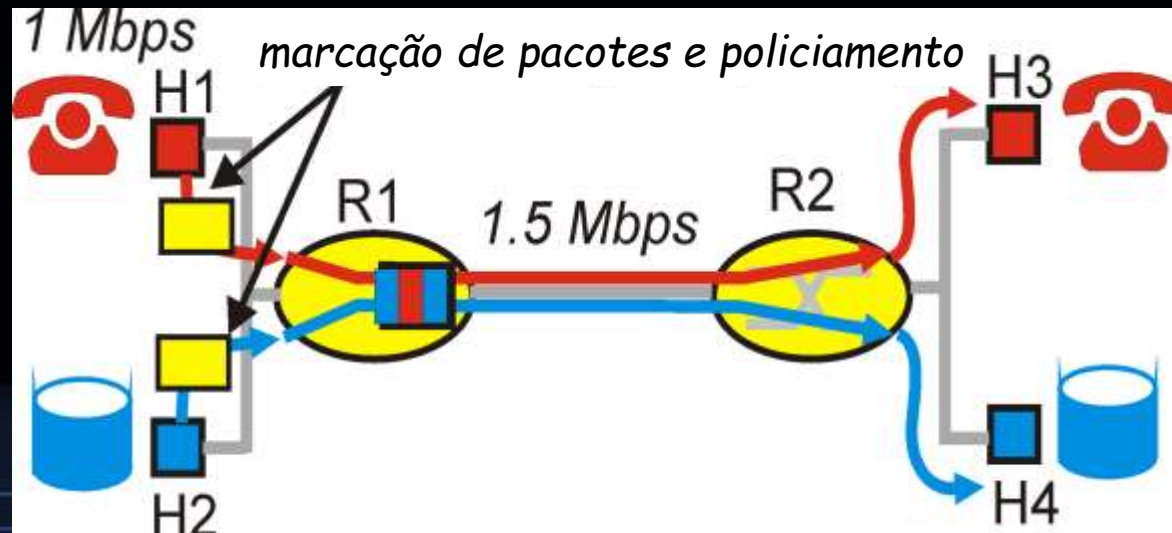


■ **WFQ**

- Descrição apresentada é teórica
 - Não foi considerado o fato que os pacotes são unidades discretas de dados e a transmissão de um pacote não será interrompida para se começar a transmissão de outro pacote
- Vantagens
 - Provê proteção
 - Fornece limites quanto ao atraso fim-a-fim
- Deficiências
 - Tem falta de granularidade no mecanismo usado para favorecer alguns fluxos sobre outros (pacotes e não bits)

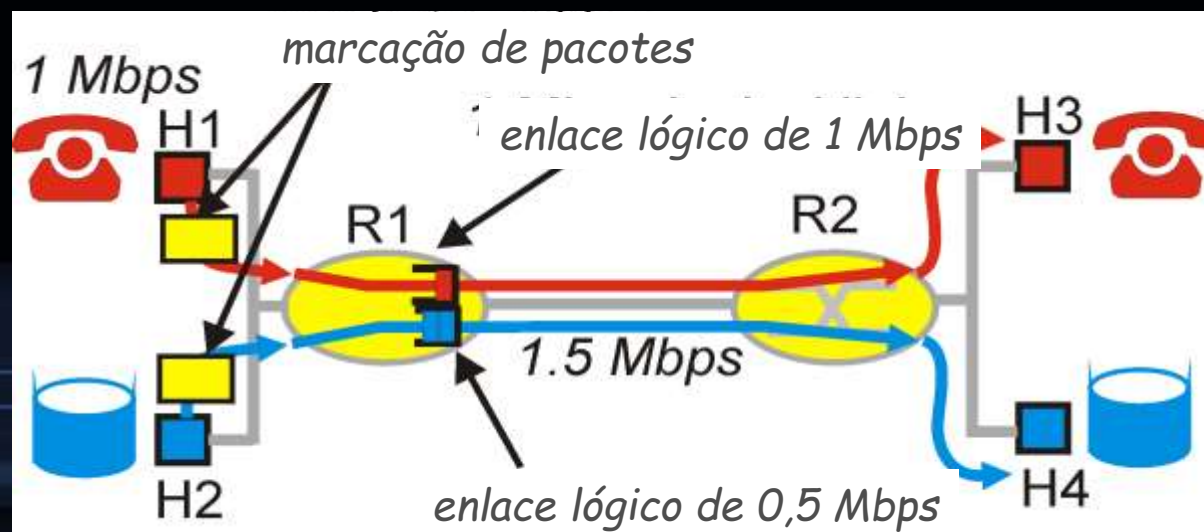
Isolamento de Classes de Tráfego

- **Duas abordagens gerais para isolamento entre fluxos:**
 - Regulação dos fluxos de tráfego;
 - Alocação de banda via mecanismos de escalonamento



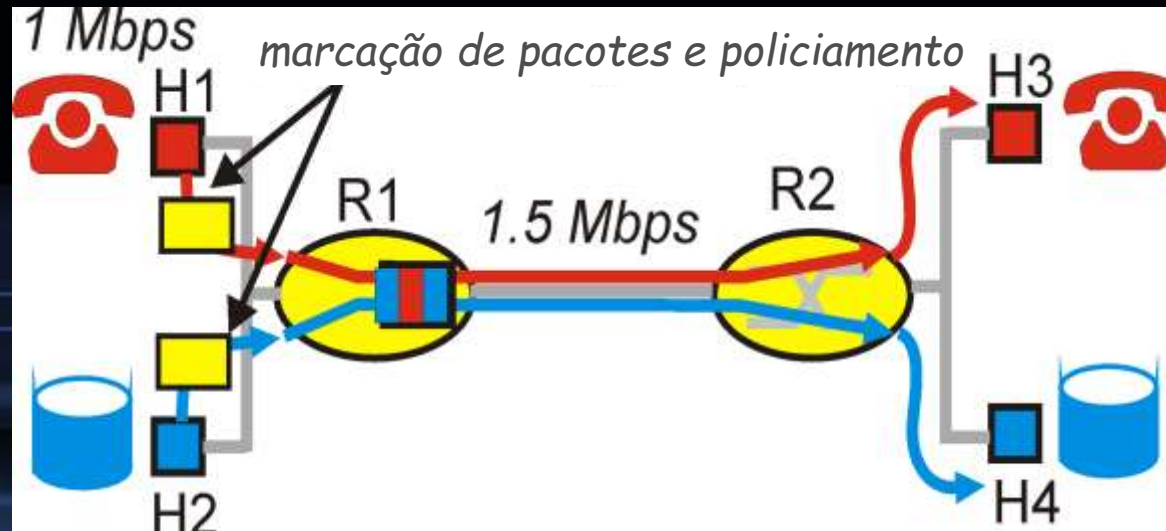
Isolamento de Classes de Tráfego

- **Alocação de banda via mecanismo de escalonamento de pacotes**
 - Mecanismo de escalonamento de pacotes no nível de enlace aloca explicitamente uma porção fixa da largura de banda do enlace para cada fluxo de aplicação
 - Exemplo:
 - poderia ser alocado em R1 1 Mbps ao fluxo de áudio e 0,5 Mbps ao fluxo FTP
 - os fluxos de áudio e FTP perceberiam um enlace lógico com capacidade de 1 Mbps e 0,5 Mbps



Isolamento de Classes de Tráfego

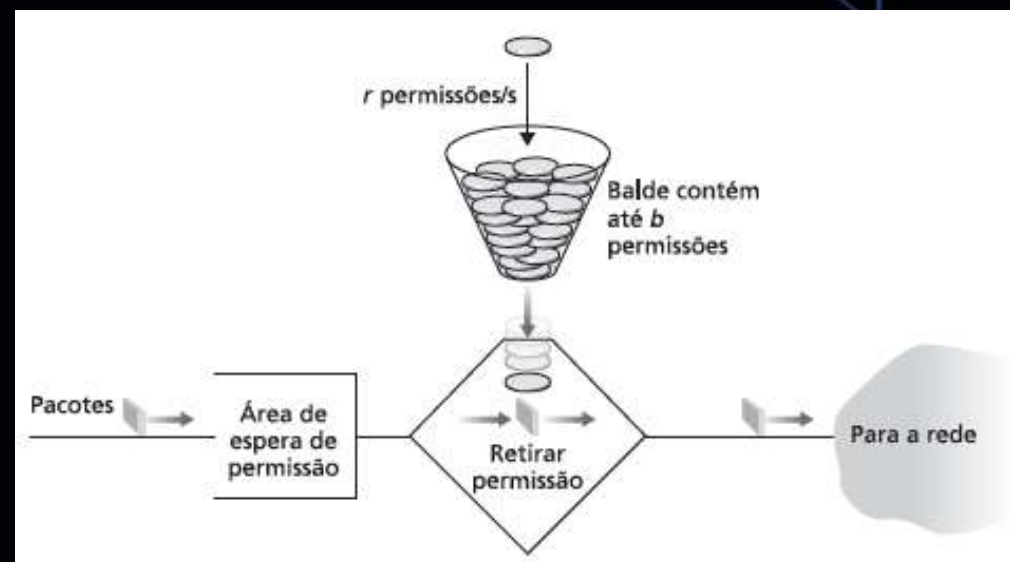
- **Regulação dos fluxos de tráfego**
 - Um mecanismo de regulação pode ser usado para regular o tráfego de maneira que ele atenda a certos critérios (por exemplo, taxa de pico de 1 Mbps)
 - Token Bucket (Balde de Fichas) é um mecanismo de regulação mais usados
 - Se a aplicação regulada se comportar mal
 - mecanismo de regulação tomará alguma ação (por exemplo, descartará ou atrasará pacotes que estão violando o critério).



Mecanismos de Policiamento

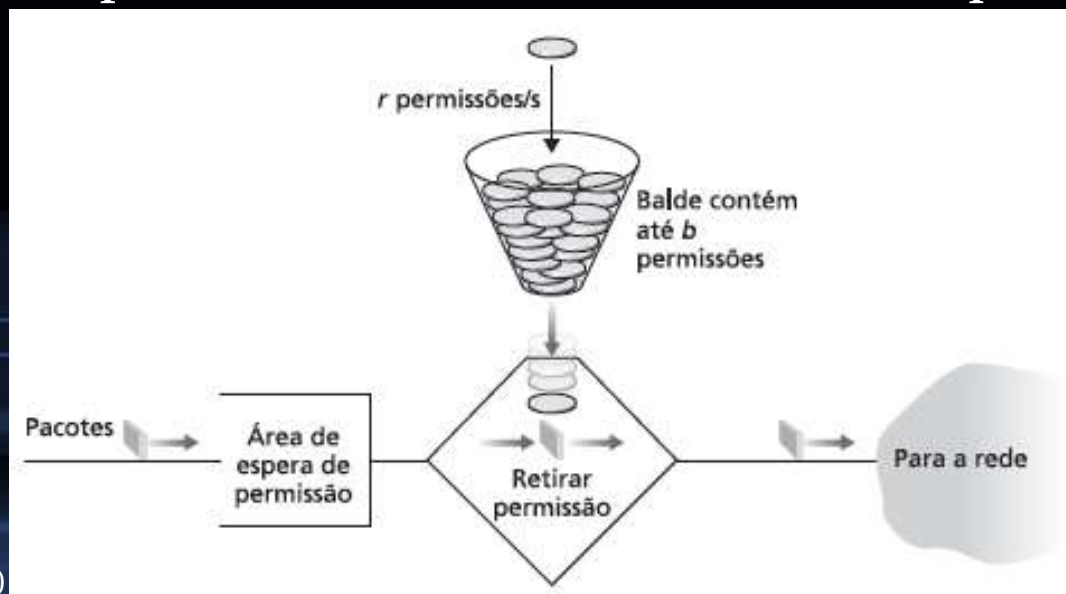
■ Mecanismo Token Bucket (balde de permissões)

- Oferece um meio de limitar a entrada de tráfego:
 - Taxa média e Tamanho da rajada (número de pacotes enviado consecutivamente)
- Balde pode armazenar b tokens
- Tokens são gerados numa taxa de r token/seg até o balde estiver cheio
- Quando um pacote de n bytes chega, n tokens são removidos do balde, e o pacote é enviado para a rede
 - Configuração determina quantos bytes representa um token, ou um pacote de certo tamanho
 - Quando não houver n tokens, o pacote é considerado não-conformante.



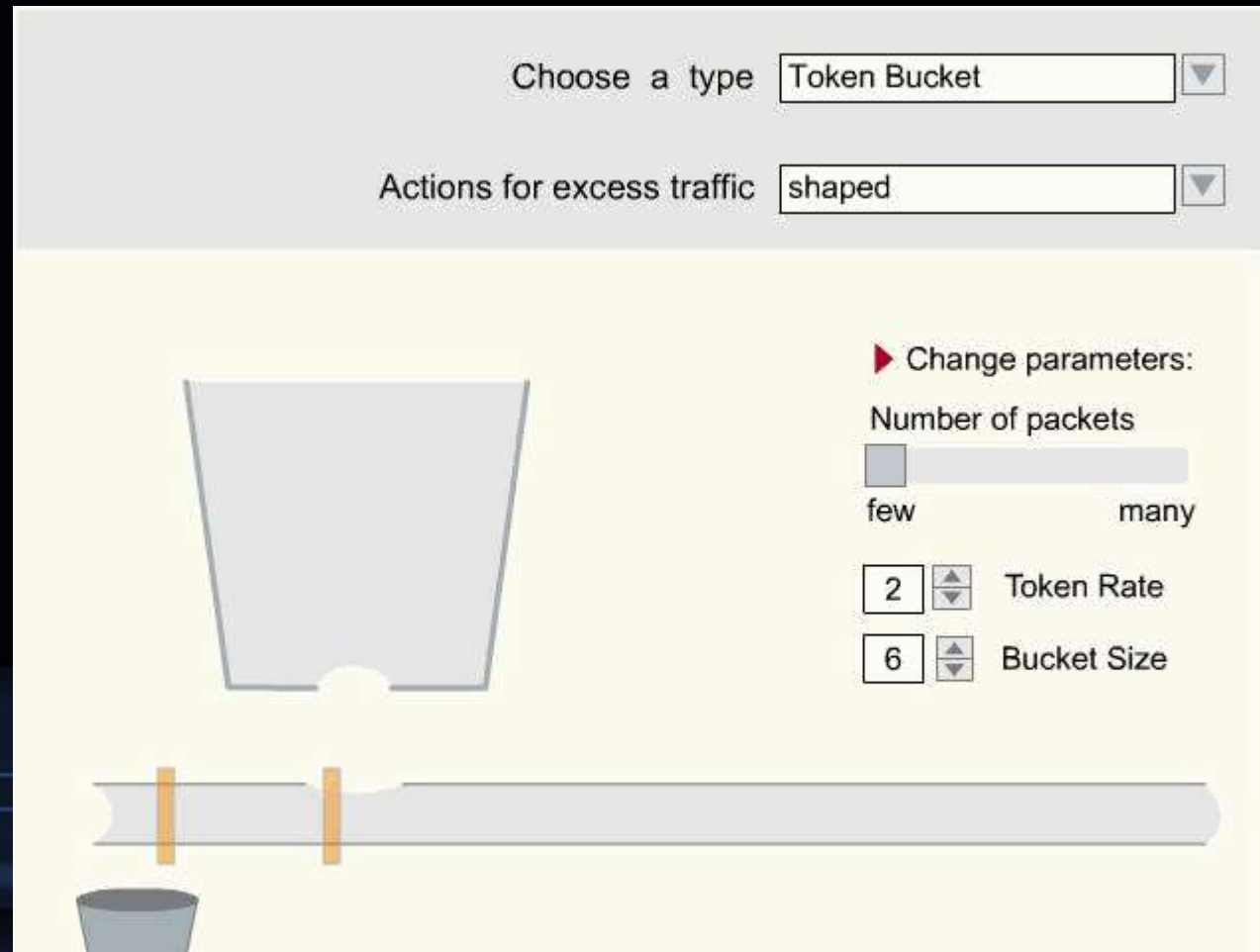
Mecanismos de Policiamento

- **Mecanismo Token Bucket (balde de permissões)**
 - Pacotes não-conformante
 - Podem ser descartados (dropped)
 - Podem ser enfileirados para transmissão posterior quando chegarem tokens suficientes
 - Podem ser transmitidos, mas marcados como sendo não-conformante - marcados com uma alta prioridade de descarte (descartados quando a rede está congestionada)



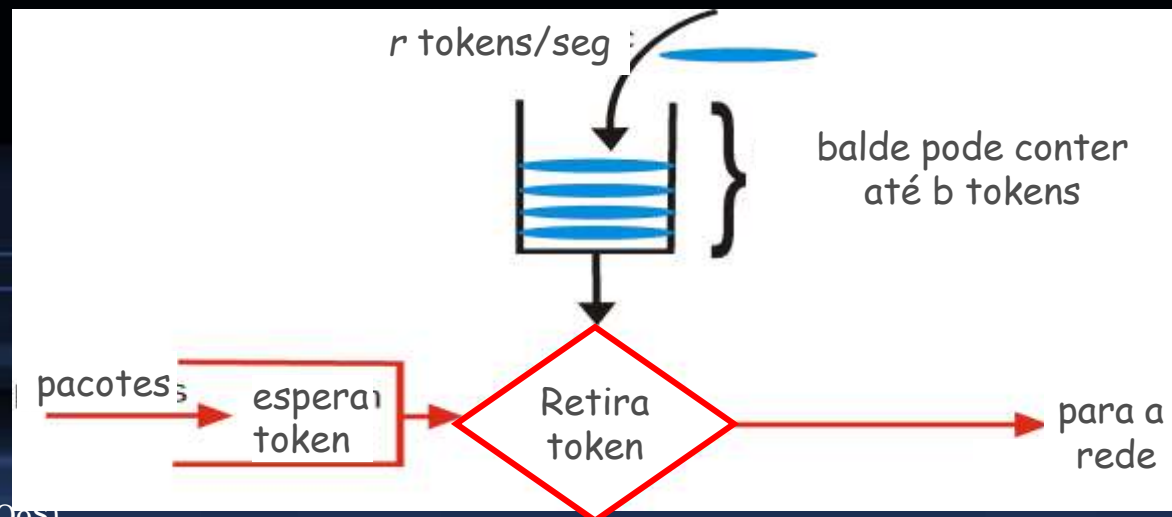
Mecanismos de Policiamento

- **Mecanismo Token Bucket**



Mecanismos de Policiamento

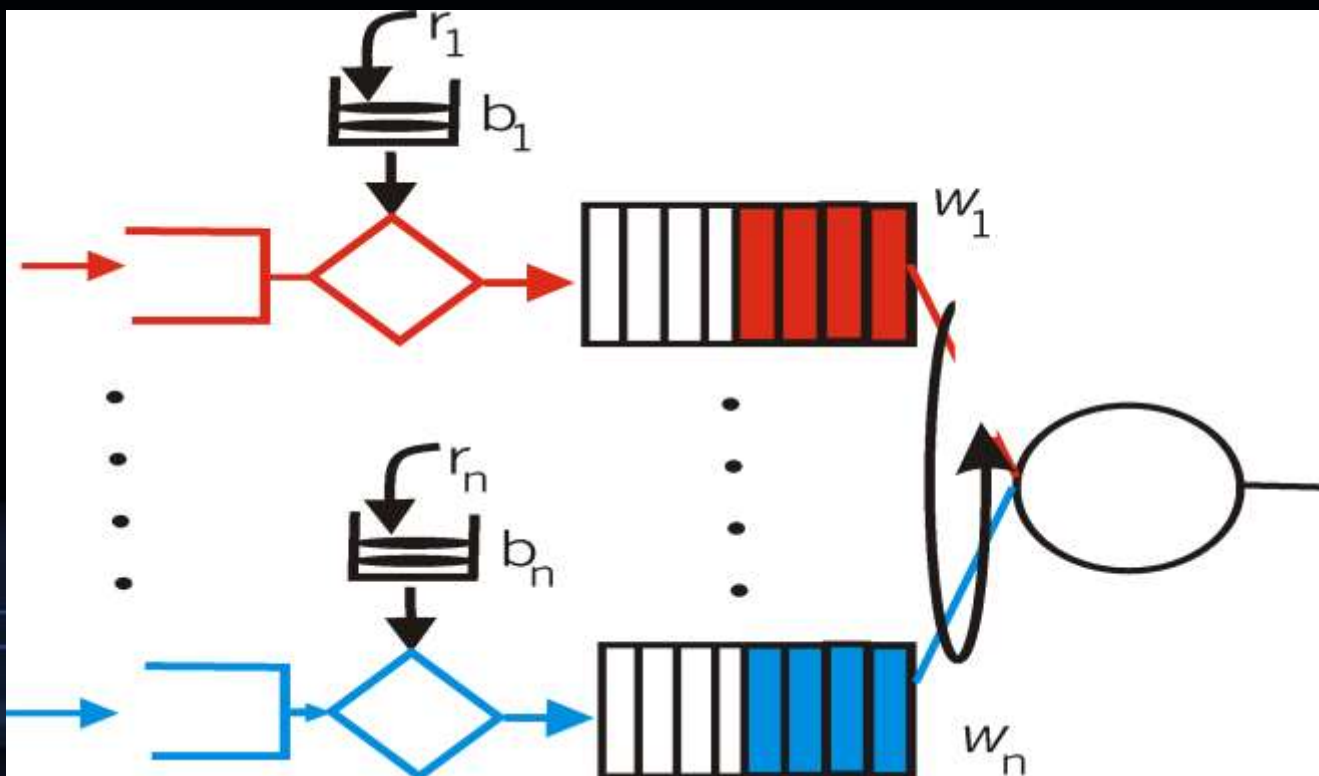
- **Mecanismo Token Bucket (balde de permissões)**
 - Tamanho máximo da rajada
 - Como pode haver até b fichas no balde, é b pacotes (ou $b \times$ número de bytes representado por token).
 - Taxa média a longo prazo
 - Como a taxa de geração de fichas é r , o número máximo de pacotes que podem entrar na rede em qualquer intervalo de tempo de tamanho t é $rt+b$
 - r serve para limitar a taxa média a longo prazo



Mecanismos de Policiamento

- **Token Bucket e WFQ**

- Porta de saída do roteador multiplexa n fluxos (n classes de tráfego), cada um policiado por um token bucket com parâmetros b_i e r_i , $i = 1, \dots, n$



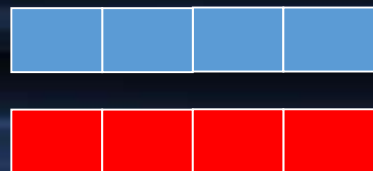
Descarte de Pacotes



- **Políticas de descarte de pacotes**
 - Ocorre quando são violadas as regras previstas para o perfil de uma classe
 - Podem determinar o descarte sumário de pacotes,
 - E/ou o rebaixamento de um determinado pacote para uma classe de serviço inferior
 - A seguir serão analisadas algumas políticas de descarte

Descarte de Pacotes

- **Política de Descarte pela Cauda**
 - Mecanismo default para descarte de pacotes
 - utilizado por disciplinas de fila do tipo FIFO
 - Modo de operação
 - Primeiro pacote a ser servido é o primeiro a chegar no sistema
 - Quando não houver mais espaço na fila
 - pacotes que chegarem a partir de então assumem a última posição da fila
 - provocando o descarte do pacote que nesta posição se encontrava
 - Este mecanismo não exhibe uma ação de descarte imparcial (não é justa)
 - fontes de tráfego em rajada penalizam fontes de tráfego que apresentam comportamentos adequados



Descarte de Pacotes



- **Descarte Randômico**

- Decisão de descarte pode recair sobre qualquer pacote presente no buffer até o momento
 - de maneira a liberar espaço para o pacote que chega.
- Método justo e imparcial
 - parte do princípio de que uma fonte de tráfego que esteja contribuindo para a exaustão de recursos também possui uma alta probabilidade em sofrer a ação de descarte.

Descarte de Pacotes



- **Detecção RED (Random Early Detection)**
 - A detecção RED - Detecção Aleatória Antecipada é um mecanismo para prevenção e inibição de congestionamento
 - Descarta pacotes antes do overflow do buffer
 - Algoritmo monitora o tráfego utilizando as funções de controle de congestionamento TCP
 - descartando pacotes aleatoriamente e indicando para a fonte reduzir a taxa de transmissão
 - evitando assim situações de congestionamento antes que ocorra picos de tráfego
 - Quando habilitado numa interface, o RED começa a descartar pacotes a uma taxa que pode ser previamente configurada

Descarte de Pacotes



- **WRED (Weighted RED)**

- Uma implementação da Cisco que combina as funcionalidades do RED com a classificação de pacotes por precedência IP
- Descarta pacotes seletivamente
 - descartando inicialmente os pacotes de menor prioridade
 - com diferentes pesos para cada classe
- Útil em qualquer interface na qual a possibilidade de congestionamento seja eminente
 - Mas geralmente utilizado em roteadores centrais de backbone (core routers) com a precedência IP habilitada

Pontos Importantes

Qualidade de Serviço (QoS)

- Entender as políticas de escalonamento e descarte de pacotes



UFSC

**Ciências da
Computação**

CAP 8. QUALIDADE DE SERVIÇO (QOS)

AULA 3: Arquiteturas de QoS para redes IP

INE5431 Sistemas Multimídia

Prof. Roberto Willrich (INE/UFSC)

roberto.willrich@ufsc.br

<https://moodle.ufsc.br>

Cap7. Qualidade de Serviço na Internet



- **Trabalhos da IETF relacionados com garantias de QoS**
 - IETF tem proposto alguns modelos de serviço e mecanismos de QoS na Internet
 - proporcionando um melhor controle sobre o tráfego na Internet
 - Entre estes trabalhos estão:
 - modelo Serviços Integrados/RSVP
 - modelo Serviços Diferenciados

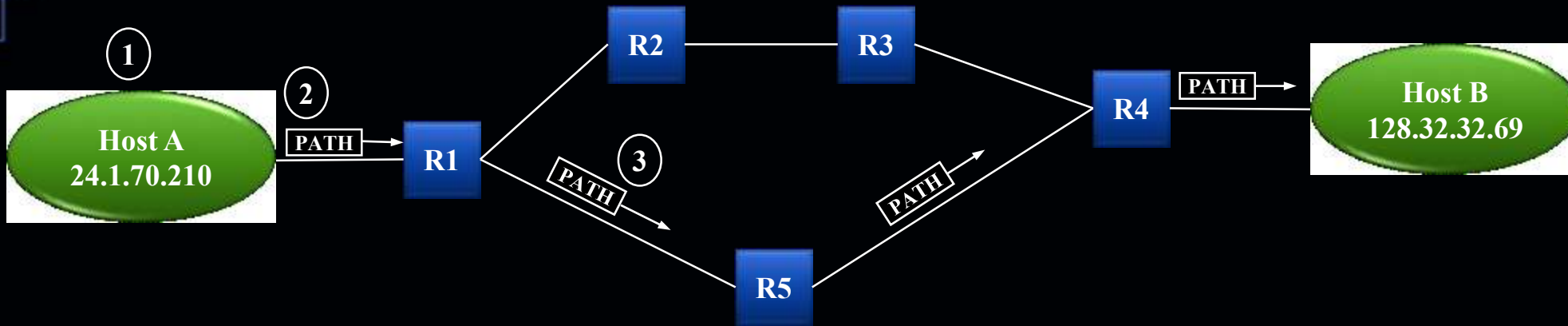
Qualidade de Serviço na Internet



- **Serviços Integrados/RSVP (IntServ)**
 - IntServ é baseada na reserva de recursos
 - Aplicações/roteadores devem primeiro configurar caminhos com reserva de recursos antes dos dados serem transmitidos
 - RSVP (Resource Reservation Protocol) é um protocolo de sinalização para configurar os caminhos e reservar recursos
 - Roteadores devem ser capazes de reservar recursos a fim de fornecerem QoS para fluxos de pacotes específicos do usuário
 - estado específico dos fluxos devem ser mantidos pelos roteadores

ReSource ReserVation Protocol(RSVP)

■ Conexão entre um emissor e um receptor



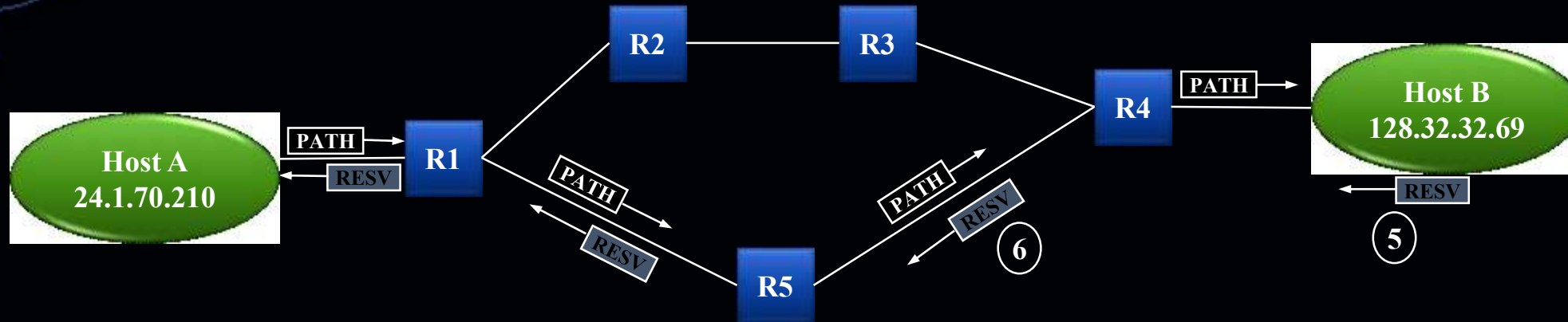
1. Uma aplicação em Host A cria uma sessão pela comunicação com o daemon RSVP no Host A.

2. O RSVP daemon do Host A gera uma mensagem PATH que é enviada para o roteador RSVP próximo (R1) na direção do endereço do destino 128.32.32.69. Mensagem PATH contém a especificação do fluxo

3. A mensagem PATH segue adiante através de R5 e R4 até chegar ao Host B. Cada roteador no caminho cria um estado com os parâmetros de reserva

ReSource ReserVation Protocol(RSVP)

■ Conexão entre um emissor e um receptor



4. Host B usa informações da msg *Path* e informações locais (recursos computacionais, requisitos da aplicação, etc.) para determinar QoS

6. A mensagem RESV continua seu caminho por R5 e R1 até chegar em Host A. Cada roteador no caminho realiza a reserva de recursos.

5. O daemon RSVP em Host B gera uma mensagem RESV que é enviada para o próximo roteador RSVP na direção do endereço fonte. RESV especificando a QoS requerida

ReSource ReserVation Protocol(RSVP)



■ Características

- É definido um caminho com recursos reservados
- Qualidade de serviço é especificada para a rede pelo receptor
 - Considera que receptor está melhor colocado que o emissor para saber que qualidade de serviço é necessária
- Não é responsável pela transmissão de dados
 - IP pode ser usado para transferência de dados

Serviços Integrados/RSVP (IntServ)



- **Problemas da Arquitetura Serviços Integrados**
 - Montante de informações de estado aumenta proporcionalmente ao número de fluxos
 - causa uma sobrecarga de armazenamento e processamento nos roteadores (arquitetura não é escalável)
 - Requisitos nos roteadores são altos
 - todos os roteadores devem implementar RSVP, controle de admissão, classificação e escalonamento de pacotes
 - Não são muito aplicáveis a aplicações do tipo navegadores WWW
 - duração de um fluxo típico é apenas de poucos pacotes
 - sobrecarga causada pela sinalização RSVP poderia facilmente deteriorar o desempenho da rede percebida pela aplicação

Serviços Diferenciados (DiffServ)



- **Origem**

- Surgiu devido as dificuldades de implementar Serviços Integrados/RSVP

- **Princípio**

- Provedora suporta diferenciação de tráfego na forma de classe de serviços
 - Cada classe oferece um nível de qualidade diferenciada para os pacotes
- Pacotes são marcados no roteador de borda (próximo ao cliente) para indicar a classe de serviço a que pertence o pacote
 - pacotes de diferentes classes recebem diferentes serviços
- Marcação dos pacotes
 - campo TOS (Type Of Service) do cabeçalho do pacote IPv4 ou campo Class do cabeçalho do pacote IPv6
 - setado pelas aplicações para indicar a classe
 - agora TOS é chamado de DS (Differentiated Services)

Serviços Diferenciados (DiffServ)



- **DS é um esquema de prioridades**
 - Meta do DiffServ é definir métodos relativamente simples para prover classes de serviço diferenciadas para o tráfego na Internet
 - campo DS é usado para marcar um pacote para que ele receba um tratamento de encaminhamento particular, ou PHBs (Per-Hop Behaviors), em cada nó da rede
 - PHB é o comportamento observável externamente de um pacote em um roteador suportando DS

DiffServ: Marcação



- **Pacotes são marcados usando o campo DS no cabeçalho do IPv4 ou campo Traffic Class do IPv6**
 - Seis bits são usado como codepoint DSCP (Differentiated Service CodePoint)
 - para selecionar o PHB que o pacote terá em cada nó
 - é tratado como um índice de uma tabela que é usada para selecionar um mecanismo de manipulação de pacotes implementado em cada dispositivo
 - é definido como um campo não estruturado para facilitar a definição de futuros PHBs
 - Dois bits são reservados



Serviços Diferenciados (DiffServ)



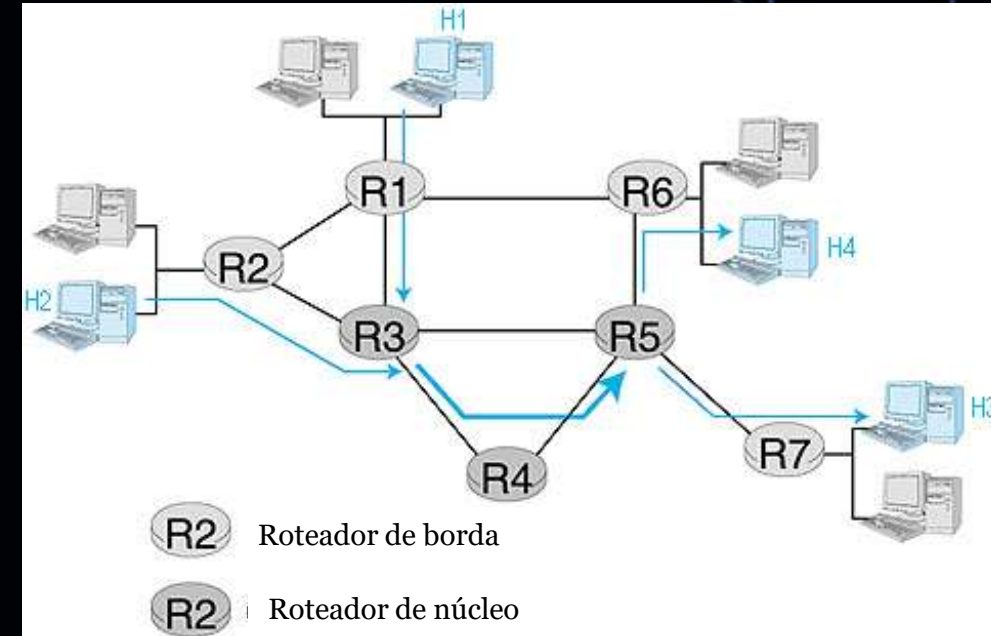
- **Acordo de Nível de Serviço (SLA)**
 - Parte do contrato entre o cliente e o Provedores de Serviço Internet (ISP)
 - Define os termos e condições do serviço
 - SLA define:
 - Define o nível de desempenho e confiabilidade do serviço de rede
 - Custos e penalidades do serviço
 - Um SLA contém uma lista de Especificação do Nível de Serviço (SLS)
 - Define o nível determinado para um determinado tráfego

SLS

Escopo: ...
Identificador do fluxo: ...
Atributos de desempenho
Atraso : ...
Variação de atraso: ...
Taxa de perdas de pacote: ...
Vazão: ...
Conformidade do tráfego: ...
Tratamento do excesso: ...
Periodo de validade: ...
Confiabilidade: ...

Serviços Diferenciados (DiffServ)

- **Roteadores de Borda**
 - Roteadores ligados aos clientes
 - Realizam ações de classificação, policiamento e marcação
 - Oferecem a qualidade (PHB) conforme marcação
- **Roteadores de Núcleo**
 - Oferecem a qualidade (PHB) conforme marcação

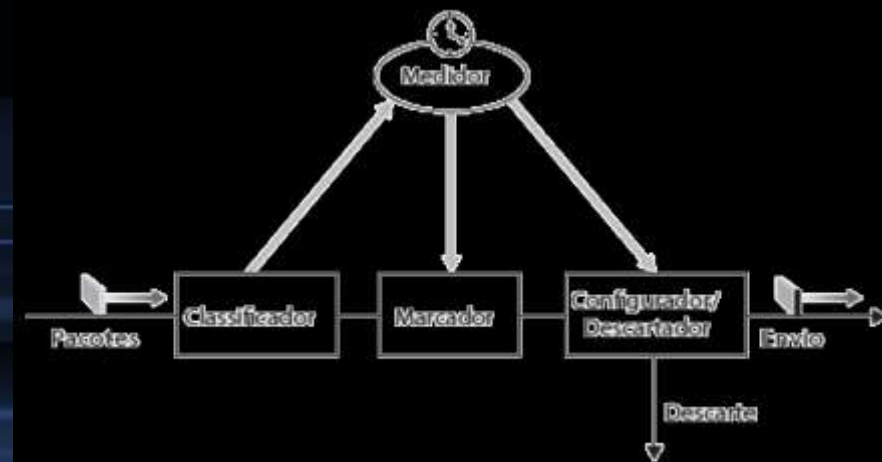


DiffServ: Classificação e Marcação

■ Funções de Borda (Edge)

▣ Classificação e marcação de pacotes

- Pacotes chegam no roteador de borda são primeiro classificados
 - Levam em conta o SLA/SLS
 - Classificação feita com base nos valores de um ou mais campos do cabeçalho do pacote
 - por exemplo, endereço fonte, endereço destino, porta fonte, porta destino, ID do protocolo
- Em seguida o pacote é levado à função de marcação apropriada
 - O valor do campo DS é setado com um valor apropriado no marcador

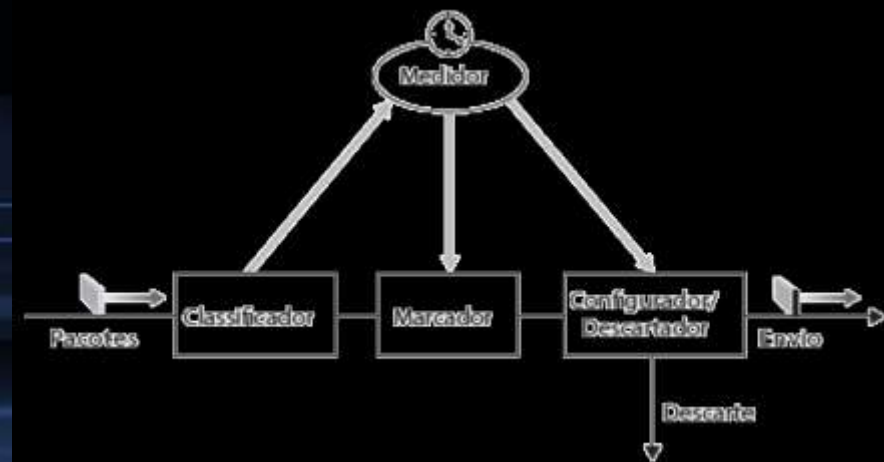


DiffServ: Condicionamento do Tráfego

■ Funções de Borda (Edge)

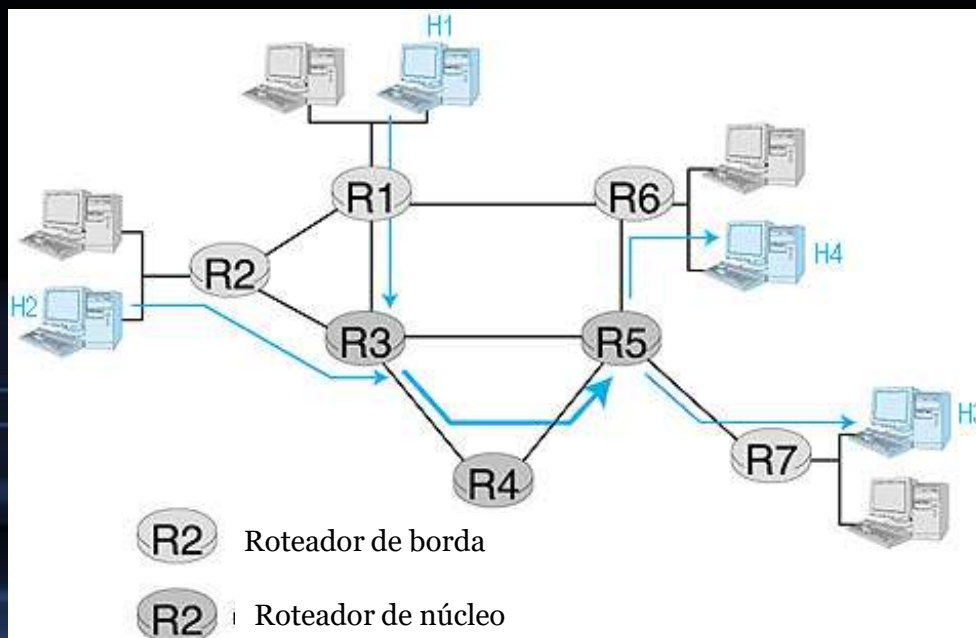
▣ Policiamento do tráfego

- Na medida que o usuário envia pacotes na rede em conformidade com o perfil de tráfego negociado
 - pacotes recebem suas prioridades marcadas
- Se o perfil de tráfego é violado
 - pacotes fora do perfil podem ser marcados diferentemente
 - podem ser condicionados (atrasados de modo que o perfil seja observado) ou até mesmo descartados.



DiffServ: Condicionamento do tráfego

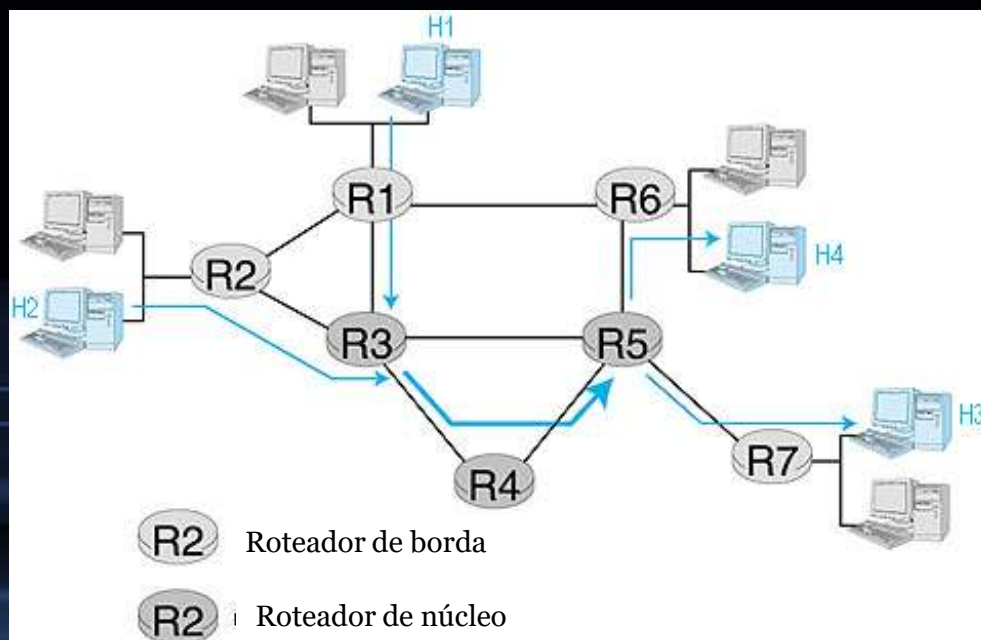
- **Funções de Núcleo (Core): Encaminhamento**
 - Arquitetura Diffserv não requer que os roteadores mantenham estados para cada par fonte-destino de tráfego
 - Mantem estado para cada Classe de Tráfego (número fixo)
 - uma consideração importante para satisfazer o requisito de escalabilidade



DiffServ: Condicionamento do tráfego

- **Funções de Núcleo (Core): Encaminhamento**

- Quando um pacote com DS marcado chega em um roteador com DiffServ
 - pacote é tratado de acordo com o valor do campo DS e dado o PHB - per-hop behavior (comportamento por hop) associado com a classe a que pertence o pacote.
 - Não há classificação e policiamento



Serviços Diferenciados (DiffServ)



■ PHBs padronizados

- Serviço Premium, Serviço Agregado e Serviço Olympic

DS Field							
6 DSCP Bits							
						0	ECN
—	—	—	0	0	0	0	Class Selector PHB
0	0	0	—	—	0	0	Default PHB
0	0	1	—	—	0	0	Assured Forwarding (AF) PHB
0	1	0	—	—	0	0	
0	1	1	—	—	0	0	
1	0	0	—	—	0	0	Expedited Forwarding (EF) PHB
1	0	1	1	1	0	0	

■ Serviço Premium (PHB EF)

- Especifica que a taxa de saída do roteador de uma classe de tráfego deve ser igual ou exceder a uma taxa configurada
- Implica no uso de alguma forma de isolamento entre classes de tráfego
 - mesmo se as outras classes de tráfego estejam saturando os recursos do roteador e do enlace, uma quantidade destes recursos deverá estar disponível para a classe para assegurar que ela receba a taxa mínima garantida.
- EF oferece uma classe com uma abstração simples de um enlace com uma largura de banda de enlace garantida.

Serviços Diferenciados (DiffServ)



- **Serviço Premium (PHB EF)**
 - Para aplicações requerendo serviço de pequeno atraso e pequena variação de atraso
 - Usuário negocia com seu ISP a máxima largura de banda para enviar pacotes através da rede
 - alocações são feitas em termos de taxa de pico
 - Desvantagem:
 - fraco suporte a tráfegos em rajada
 - usuário paga mesmo quando não usa completamente a largura de banda

Serviços Diferenciados (DiffServ)



■ Serviço Assegurado (PHB AF)

- PHB AF é mais complexo
- Classes AF são referenciadas como AFnm:
 - “n” é o número da classe (1 a 4)
 - “m” é o valor de precedência de descarte (1 a 3)
- Divide o tráfego em quatro classes
 - Cada classe AF tem garantias em termos de um montante mínimo de largura de banda e bufferização
 - Variando o montante de recursos alocados para cada classe, uma ISP pode prover diferentes níveis de desempenho para diferentes classes de tráfego AF.
- Pacotes são classificados em uma de três categorias de precedência de descarte
 - quando da ocorrência de congestionamento dentro de uma classe AF
 - roteador pode descartar pacotes baseado nos valores de precedência de descarte

Serviços Diferenciados (DiffServ)



- **Serviço Assegurado (PHB AF)**

- Para aplicações requerendo melhor confiabilidade que Serviço Melhor Esforço
- Não garante a largura de banda como o Serviço Premium
 - fornece uma alta probabilidade de que o ISP transfere os pacotes marcados com alta prioridade confiavelmente

- **Serviço Default (PHB BE)**

- Não garante efetivamente uma qualidade
- Muitas vezes é garantido apenas uma taxa mínima

DiffServ x IntServ



- **Serviços Diferenciados é mais escalável do que Serviços Integrados**
 - No DiffServ há apenas um número limitado de classes de serviço indicados no campo DS
 - Conjunto de informações de estado é proporcional apenas ao número de classes e não proporcional ao número de fluxos
- **Serviços Diferenciados é mais fácil de implementar e usar**
 - Operações de classificação, marcação, policiamento e retardo são apenas necessárias nas fronteiras das redes
 - Roteadores ISP internos (core) necessitam apenas implementar o Comportamento Agregado e classificação baseado no campo DS

Pontos Importantes

IntServ vs DiffServ

- Entender o funcionamento geral das arquiteturas
- Saber comparar as arquiteturas