Laboratório de Pesquisa em Redes e Multimídia

Processos

Escalonamento de Processos

Universidade Federal do Espírito Santo
Departamento de Informática

Objetivos do Escalonamento

- Maximizar **a taxa de utilização da UCP**.
- Maximizar a vazão ("***throughput***") do sistema.
- Minimizar o **tempo de execução** ("***turnaround***").
  - *Turnaround*: tempo total para executar um processo.
- Minimizar o **tempo de espera** ("***waiting time***"):
  - *Waiting time*: tempo de espera na fila de prontos.
- Minimizar o **tempo de resposta** ("***response time***").
  - *Response time:* tempo entre requisição e resposta.

Algoritmos de Escalonamento

- Os algoritmos buscam:
  - Obter **bons tempos médios** ao invés de maximizar ou minimizar um determinado critério.
  - Privilegiar a variância em relação a tempos médios.
- As **Políticas de Escalonamento** podem combinar diferentes algoritmos
- Algoritmos/políticas podem ser ser:
  - **Preemptivas**;
  - **Não-preemptivas.**

Algoritmos/Políticas de Escalonamento

- **Preemptivas**:
  - O processo de posse da UCP pode perdê-la a qualquer momento, na ocorrência de certos eventos, como fim de fatia de tempo, processo mais prioritário torna-se pronto para execução, etc.
  - Não permite a monopolização da UCP.
- **Não-Preemptivas**:
  - O processo em execução **só perde a posse da UCP caso termine ou a devolva deliberadamente**, isto é, uma vez no estado *running*, ele só muda de estado caso conclua a sua execução ou bloqueie a si mesmo emitindo, p.ex., uma operação de E/S.

Exemplos de Algoritmos

- FIFO (First-In First-Out) ou FCFS (First-Come First-Served)
- SJF (Shortest Job First) ou SPN (Shortest Process Next)
- SRTF (Shortest Remaining Time First)
- HRRN (Highest Response Rate Next)
- Round-Robin
- Priority
- Multiple queue

First-Come First-Served (1)

- Algoritmo de baixa complexidade.
- Exemplo de abordagem **não-preemptiva**.
- Algoritmo:
  - Processos que se tornam aptos para execução são inseridos no final da fila de prontos.
  - O primeiro processo da fila é selecionado para execução.
  - O processo executa até que:
    - Termina a sua execução;
    - Realiza uma chamada ao sistema.

First-Come First-Served (2)

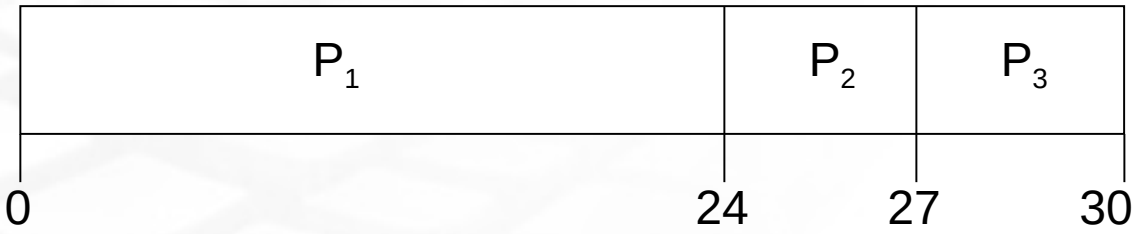
- **Processos pequenos** podem ter que **esperar** por muito tempo, atrás de processos longos, até que possam ser executados ("*convoy effect*").
- **Favorece** processos **CPU-bound**.
  - Processos I/O-bound têm que esperar até que processos CPU-bound terminem a sua execução.
- Algoritmo particularmente **problemático** para sistemas de **tempo compartilhado**, em que os usuários precisam da CPU a intervalos regulares.

First-Come First-Served (3)

Process	Burst Time
P_1	24
P_2	3
P_3	3

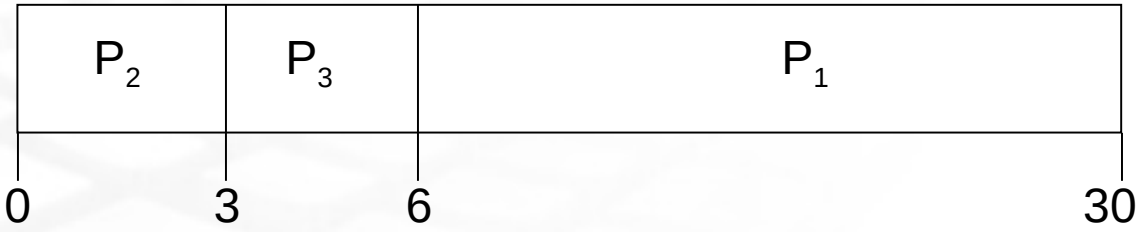
- Suponha que os esses processos cheguem na seguinte ordem (no mesmo instante 0):
  - P_1 , P_2 , P_3

First-Come First-Served (4)



- Tempo de espera para cada processo:
  - ***Waiting time:*** $P_1 = 0$; $P_2 = 24$; $P_3 = 27$
- Tempo médio de espera:
  - ***Average waiting time*****:** (0 + 24 + 27)/3 = 17

First-Come First-Served (5)



- Suponha que os mesmos processos cheguem agora na seguinte ordem:
  - P_2 , P_3 , P_1
- Tempo de espera de cada processo:
  - ***Waiting time:*** $P_1 = 6$; $P_2 = 0$; $P_3 = 3$
- Tempo médio de espera:
  - ***Average waiting time*****:** (6 + 0 + 3)/3 = 3

Shortest Job First (1)

- Baseia-se no fato de que privilegiando processos **pequenos** o **tempo médio de espera decresce**
  - O tempo de espera dos processos pequenos decresce mais do que o aumento do tempo de espera dos processos longos.
- É um algoritmo **ótimo**, de referência.

Shortest Job First (2)

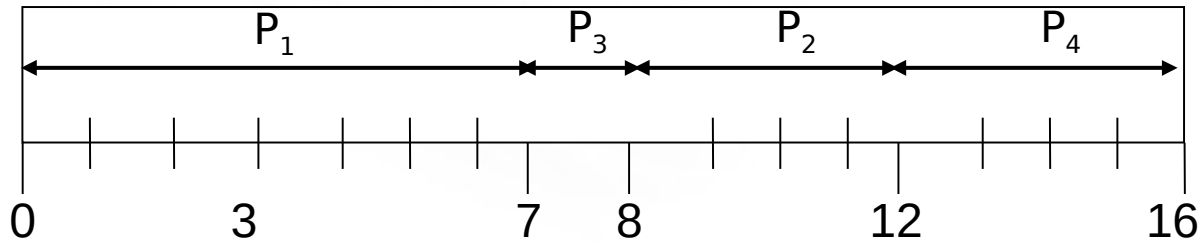
- Abordagem 1:
  - Processo com menor **expectativa** de tempo de processamento é selecionado para execução.
- Abordagem 2:
  - Associado com cada processo está o tamanho do seu próximo ***CPU burst***.
  - Esse tamanho é usado como critério de escalonamento, sendo selecionado o processo de menor próximo *CPU burst*.

Shortest Job First (3)

- Dois esquemas:
  - **Não-preemptivo** – uma vez a CPU alocada a um processo ela não pode ser dada a um outro antes do término do CPU burst corrente.
  - **Preemptivo** – se chega um novo processo com CPU burst menor que o tempo remanescente do processo corrente ocorre a preempção. Esse esquema é conhecido como Shortest-Remaining-Time-First (SRTF).

Exemplo de SJF Não-Preemptivo

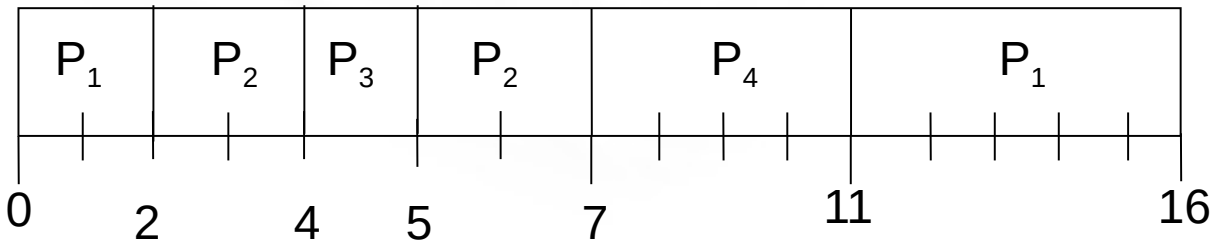
Process	Arrival Time	Burst Time
P_1	0.0	7
P_2	2.0	4
P_3	4.0	1
P_4	5.0	4



- *Average waiting time* = (0 + 6 + 3 + 7)/4 = 4

Exemplo de SJF Preemptivo (Algoritmo SRTF)

Process	Arrival Time	Burst Time
P_1	0.0	7
P_2	2.0	4
P_3	4.0	1
P_4	5.0	4



- *Average waiting time* = (9 + 1 + 0 + 2)/4 = 3

Tamanho do Próximo *CPU burst*

- A real dificuldade do algoritmo é conhecer o tamanho da próxima requisição de CPU.
  - Para escalonamento de longo prazo num sistema batch, podemos usar como tamanho o limite de tempo de CPU especificado pelo usuário quando da submissão do job.
  - No nível de escalonamento de curto prazo sua implementação pode ser apenas aproximada, já que não há como saber o tamanho da próxima requisição de CPU.

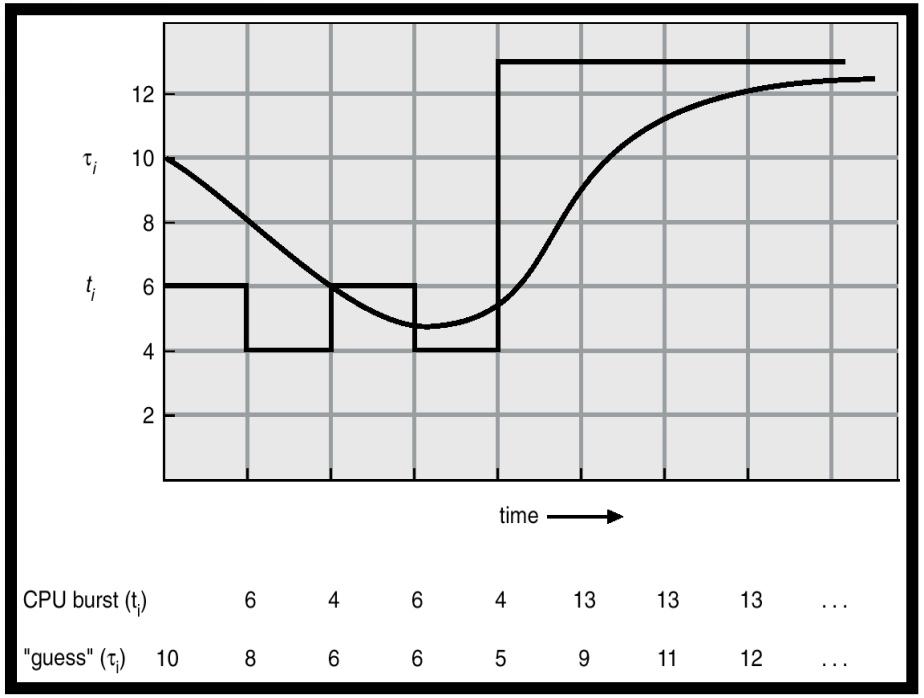
Prevendo o Tamanho do *Burst*

$$\tau_{n+1} = \alpha\, t_n + (1 - \alpha)\tau_n$$

1. t_n = actual lenght of n^{th} CPU burst
2. τ_{n+1} = predicted value for the next CPU burst
3. α, $0 \leq \alpha \leq 1$

$\alpha = 1/2$

$\tau_0 = 10$



Escalonamento por Prioridade (1)

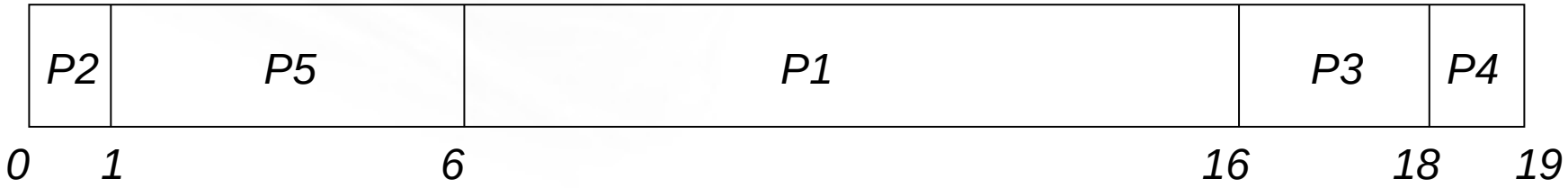
- Um número inteiro é associado a cada processo, refletindo a sua prioridade no sistema.
- A CPU é alocada ao processo de maior valor de prioridade na fila de prontos.
  - OBS: normalmente no UNIX, menor valor = maior prioridade
- Estratégia muito usada em S.O. de tempo real.

Escalonamento por Prioridade (2)

- Prioridades podem ser definidas interna ou externamente.
  - Definição **interna**:
    - Usa **alguma medida** (ou uma combinação delas) para computar o valor da prioridade. Por exemplo, limite de tempo, requisitos de memória, n◦ de arquivos abertos, razão entre *average I/O burst* e *average CPU burst*, etc.
  - Definição **externa**:
    - Definida por algum **critério externo** ao S.O (tipo do processo, departamento responsável, custo, etc.)

Escalonamento por Prioridade (3)

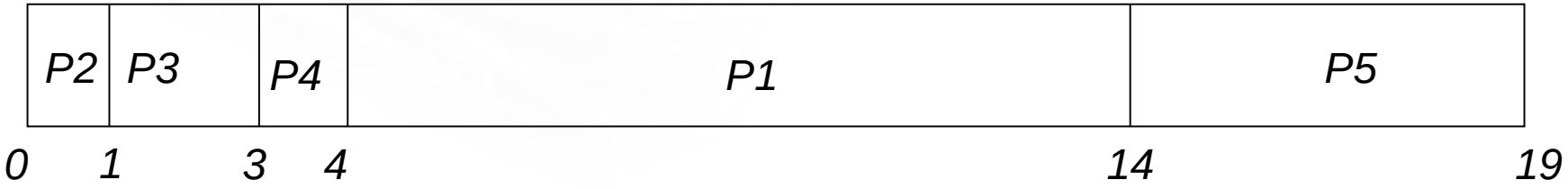
Process	Burst Time	Priority
P_1	10	3
P_2	1	1
P_3	2	4
P_4	1	5
P_5	5	2



Average waiting time = (6+0+16+18+1)/5 = 8,2ms

Escalonamento por Prioridade (3)

Process	Burst Time	Priority
P_1 background	10	1
P_2 Interativo	1	0
P_3 Interativo	2	0
P_4 Interativo	1	0
P_5 background	5	1



Average waiting time = (4+0+1+3+14)/5 = 4,4ms

Escalonamento por Prioridade - Problemas

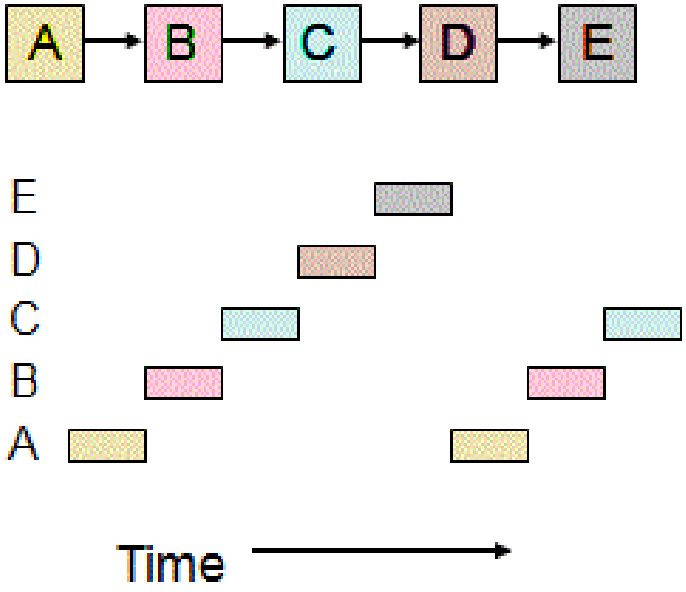
- Problema da “**Inversão de Prioridades**”
  - Um processo B menos prioritário, acessa um recurso compartilhado
  - B é preemptado, para que o processo A (mais prioritário) seja executado.
  - A tenta usar o recurso compartilhado, mas ele está “bloqueado” já que B está “usando”
  - Temos aqui um **deadlock**!
    - Nem A nem B avançam
- Possível solução
  - Protocolo de Herança de Prioridades

Escalonamento por Prioridade - Problemas

- **Problema: *"starvation"***
  - Processos de baixa prioridade podem nunca executar
- **Solução: *"Aging"***
  - Prioridade aumenta com o passar do tempo.

Escalonamento *Round-Robin* (1)

- Algoritmo **típico** de sistemas operacionais de **tempo compartilhado**.
- Cada processo recebe uma pequena **fatia de tempo** de CPU (**quantum**)
  - Usualmente entre 10 e 100 ms.
- Após o término da sua fatia de tempo o processo é "**interrompido**" (**preemptado!**) e colocado no final da fila de prontos



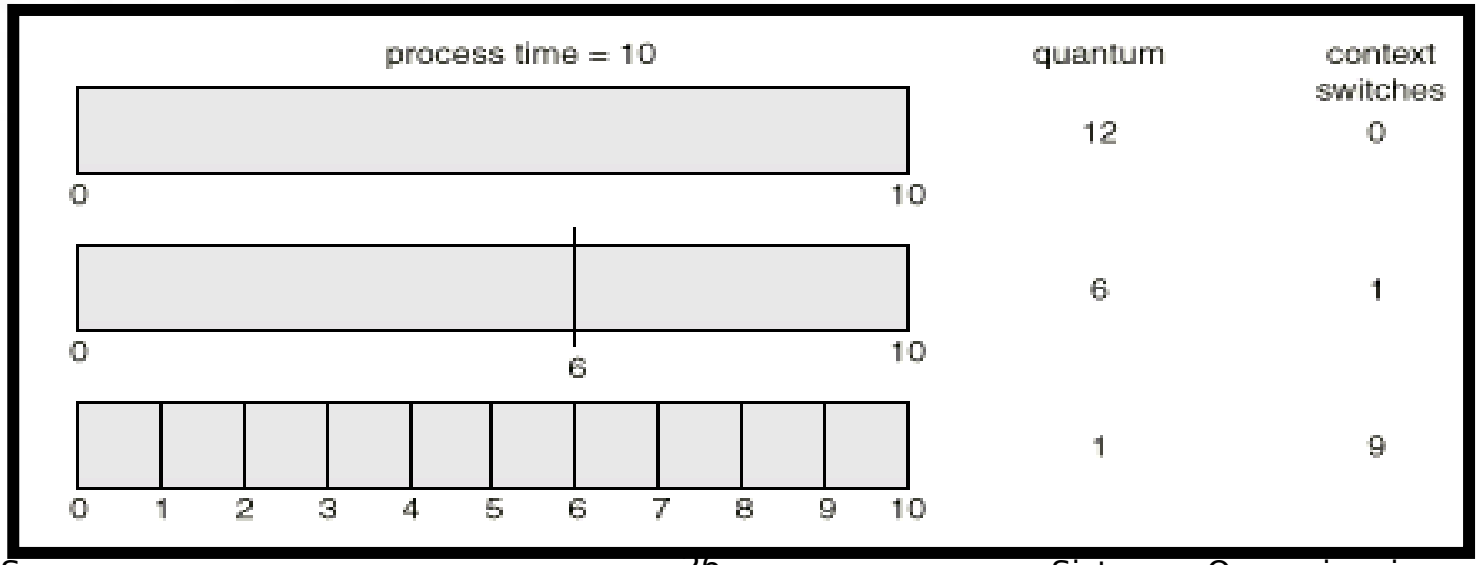
Escalonamento *Round-Robin* (2)

- Se ***n* processos** existem na fila de prontos e a **fatia de tempo é *q***, então cada processo recebe **1/*n* do tempo de CPU**, em fatias de *q* unidades de tempo de cada vez.
- **Nenhum processo** espera mais do que **(*n*-1).q** unidades de tempo.
  - Qual a relação c/ o **tempo de resposta**?
- Tipicamente, apresenta um tempo de ***turnaround* médio maior** que o SJF, por que?

É um algoritmo justo???

Desempenho do Algoritmo RR

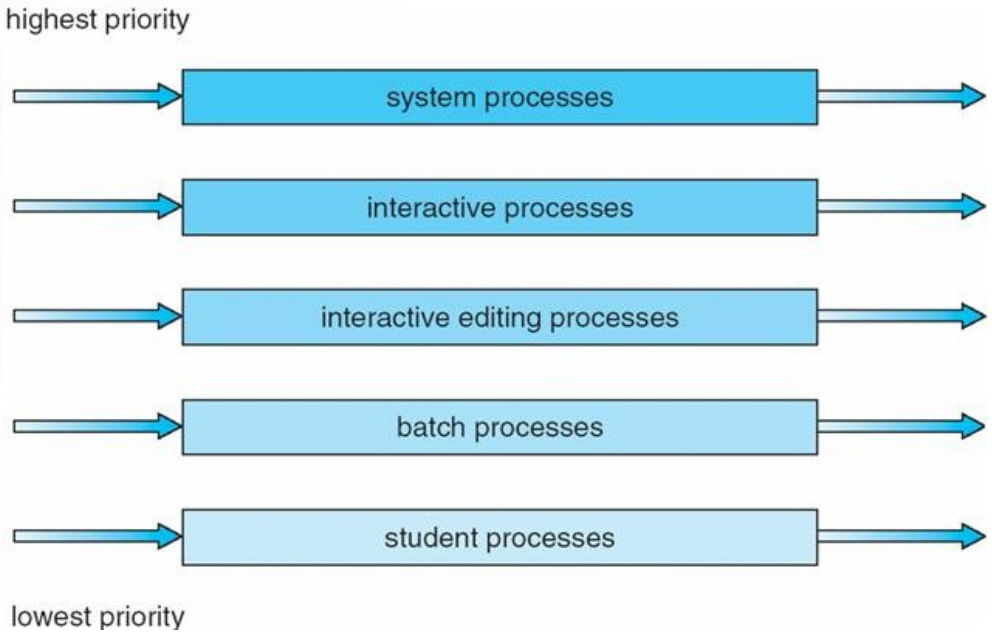
- Dependente do tamanho do quantum:
  - ***q* grande** ⇒ tende a FIFO.
  - ***q* pequeno** ⇒ gera muito *overhead* devido às trocas de contexto
  - **Regra geral: 80% CPU burst < *q***



Escalonamento Multinível (1)

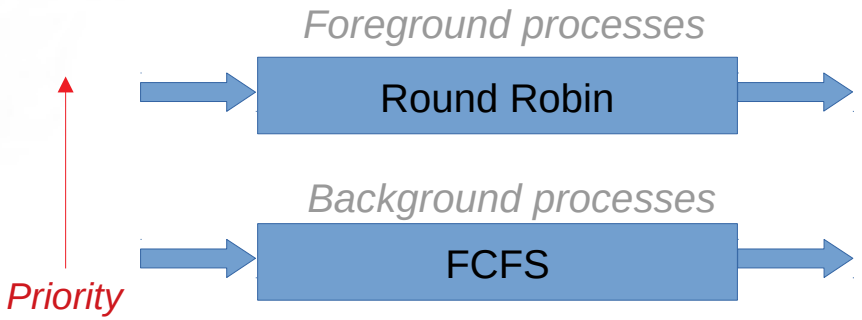
- A idéia base é dividir os processos em **diferentes grupos**, com diferentes requisitos de tempos de resposta.
- A cada grupo é associada uma fila, e **dentro dessa fila** é aplicado um **algoritmo de escalonamento**
- Também deve-se definir um **algoritmo de escalonamento entre as filas**
- Acaba representando uma **POLÍTICA DE ESCALONAMENTO**

EXEMPLO 1



Escalonamento Multinível (2)

- EXEMPLO 2
  - A fila de prontos pode ser dividida em duas filas separadas:
    - *foreground* (p/ processos interativos)
    - *background* (p/ processamento *batch*)
  - Cada fila apresenta o seu próprio algoritmo de escalonamento:
    - *foreground* – RR
    - *background* – FCFS



Escalonamento Multinível (3)

- Normalmente, o escalonamento **entre as filas** é implementado usando**:**
  - **Prioridades fixas** – atende primeiro aos processos da fila *foreground* e somente depois aos da fila *background*.
  - **OU**
  - **Time slice** – cada fila recebe uma quantidade de tempo de CPU para escalonamento entre os seus processos. Ex: 80% para *foreground* em RR e 20% para background em FCFS.

Escalonamento Multinível **com Feedback**

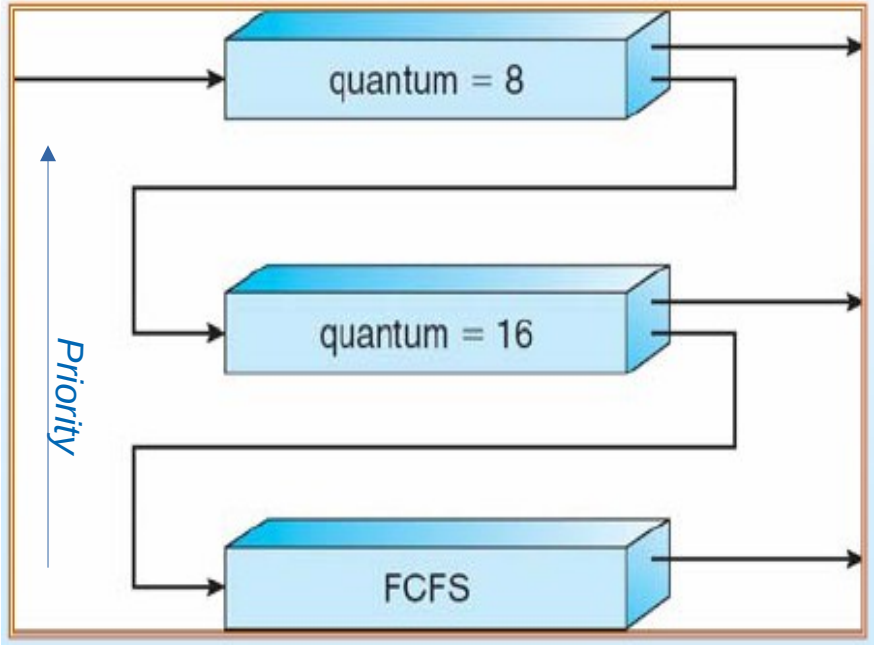
- O processo pode se mover entre as várias filas.
- O escalonador trabalha com base nos seguintes parâmetros:
  - Número de filas;
  - Algoritmo de escalonamento de cada fila;
  - Método usado para determinar quando aumentar e quando reduzir a prioridade do processo;
    - Escalonamento entre filas feito com base em **Prioridades**
  - Método usado para se determinar em que fila o processo será inserido.

Escalonamento Multinível **com Feedback**

- **EXEMPLO 3:**
  - Suponha a existência de 3 filas:
    - Q_0 – time quantum 8 milliseconds
    - Q_1 – time quantum 16 milliseconds
    - Q_2 – FCFS
  - Escalonamento:
    - Um job novo entra na fila Q_0, que é servida segundo a estratégia RR. Quando ele ganha a CPU ele recebe 8 ms. Se não terminar em 8 ms, o job é movido para a fila Q_1.
    - Em Q_1 o job é novamente servido RR e recebe 16 ms adicionais. Se ainda não completar, ele é interrompido e movido para a fila Q_2.
    - Em Q2, FCFS
    - Entre as filas, aplica-se Prioridade

Escalonamento Multinível **com Feedback**

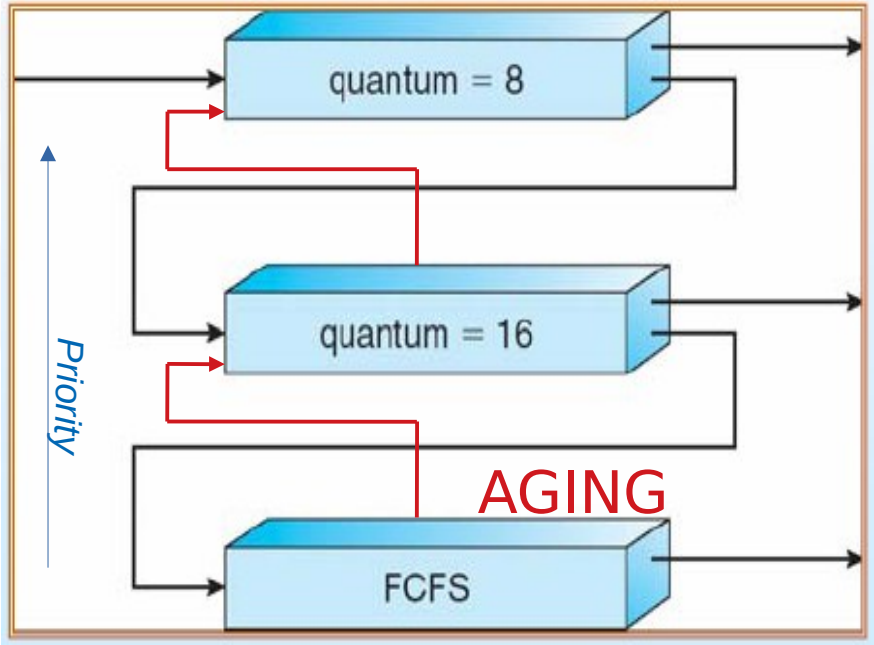
- **EXEMPLO 3 (CONT.)**



- E se as filas de cima nunca ficarem vazias???

Escalonamento Multinível **com Feedback**

- **EXEMPLO 3 (CONT.)**

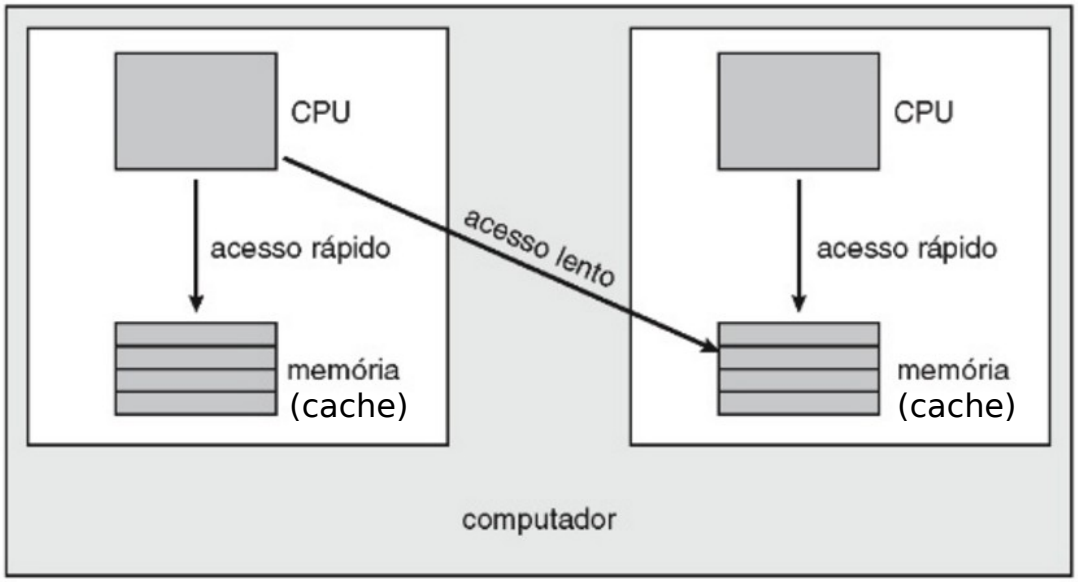


- E se as filas de cima nunca ficarem vazias???
  - Starvation!!
  - Solução: Usar o feedback pra implementar AGING!

Escalonamento com Multiprocessamento

- No caso de **Asymetric Multi-Processing** (Master-Slave)
  - Todas as decisões de escalonamento são tomadas usando-se uma das CPUs (master)
  - As demais executam apenas programas de usuário.
- No caso de **Symetric Multi-Processing (SMP)**
  - Cada CPU roda código de kernel (escalonador)
  - Pode haver:
    - Uma **fila única** para todos os processadores
    - **Filas diferentes** para processadores diferentes
  - É importante realizar **load balancing**

Escalonamento com Multiprocessamento



- **Processor affinity**
  - Atualização da Cache é custosa
  - Pode ser interessante o processo “ter afinidade” com o processador no qual ele está rodando
  - *Soft affinity x hard affinity*