Sistemas Operacionais I

L. F. Friedrich

Capítulo 2 – Parte 3

Escalonamento de Processos

Escalonamento de Processos

- Escalonamento é um importante tópico no estudo e pesquisa de sistemas operacionais.
- Escalonamento é necessário porque o número de recursos computacionais – a UCP – é limitado.

- Dois tipos de processos
  - CPU-bound (or compute-bound) process
    - Gasta a maior parte do seu tempo com UCP.
    - Por exemplo, um programa de renderização.
  - I/O-bound process
    - Gasta a maior parte do tempo esperando E/S.
    - Por exemplo, tocador de filmes.

Comportamento escalonamento-processo

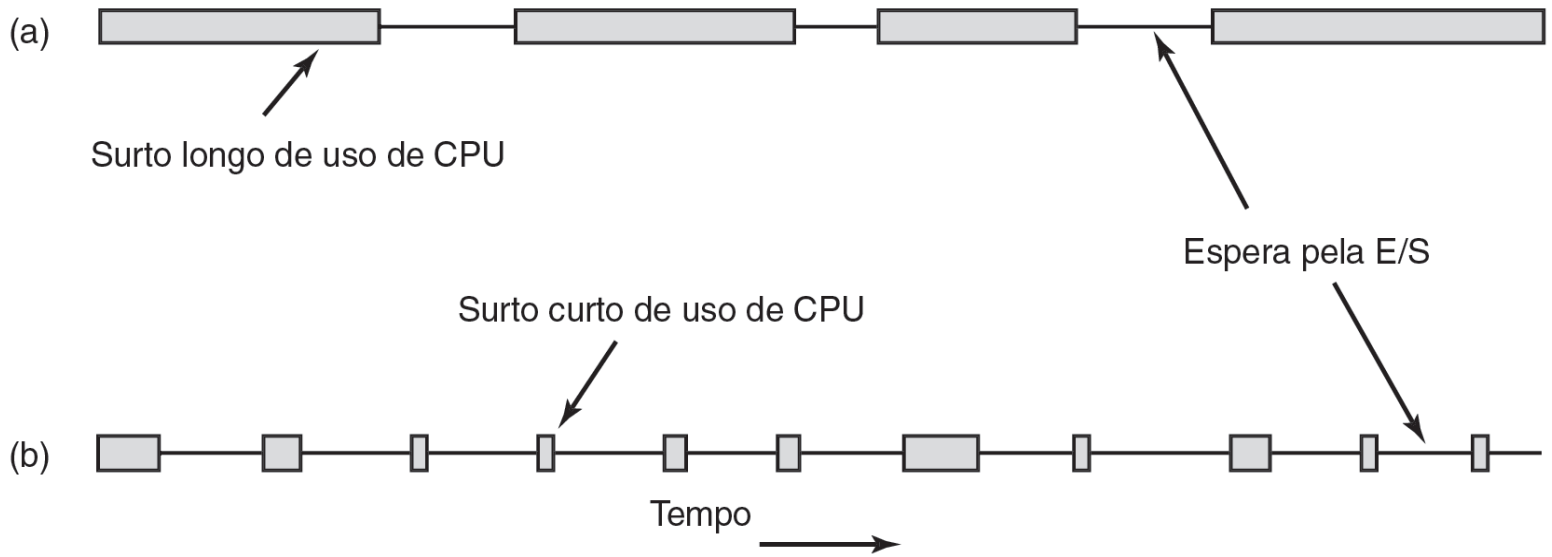
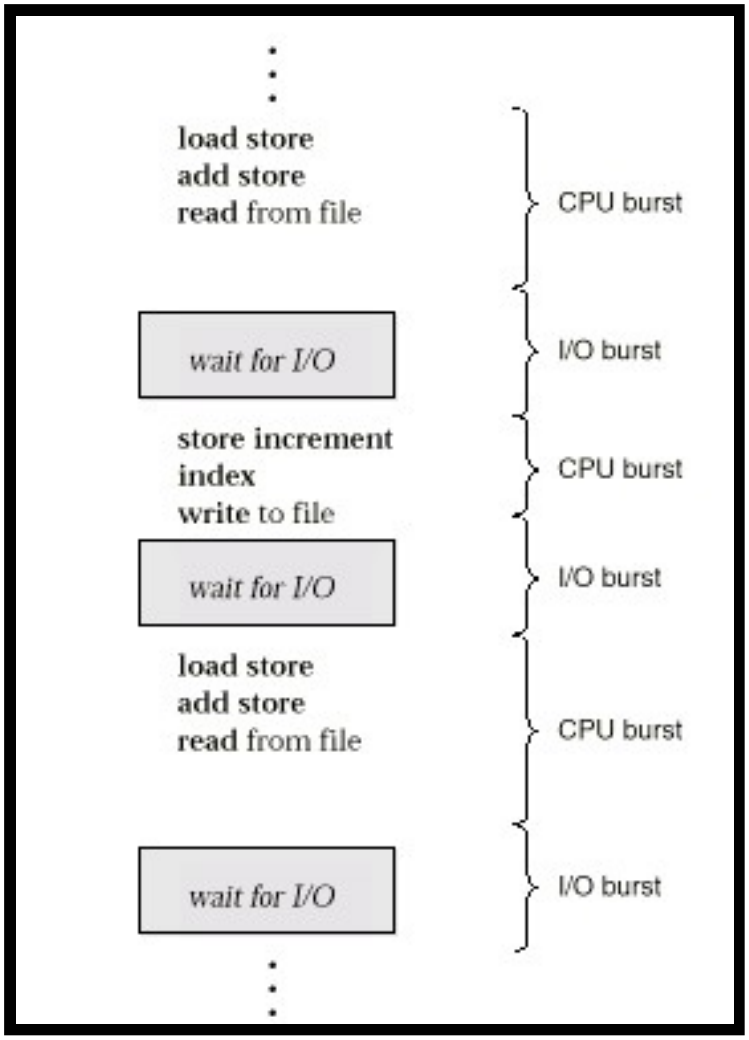
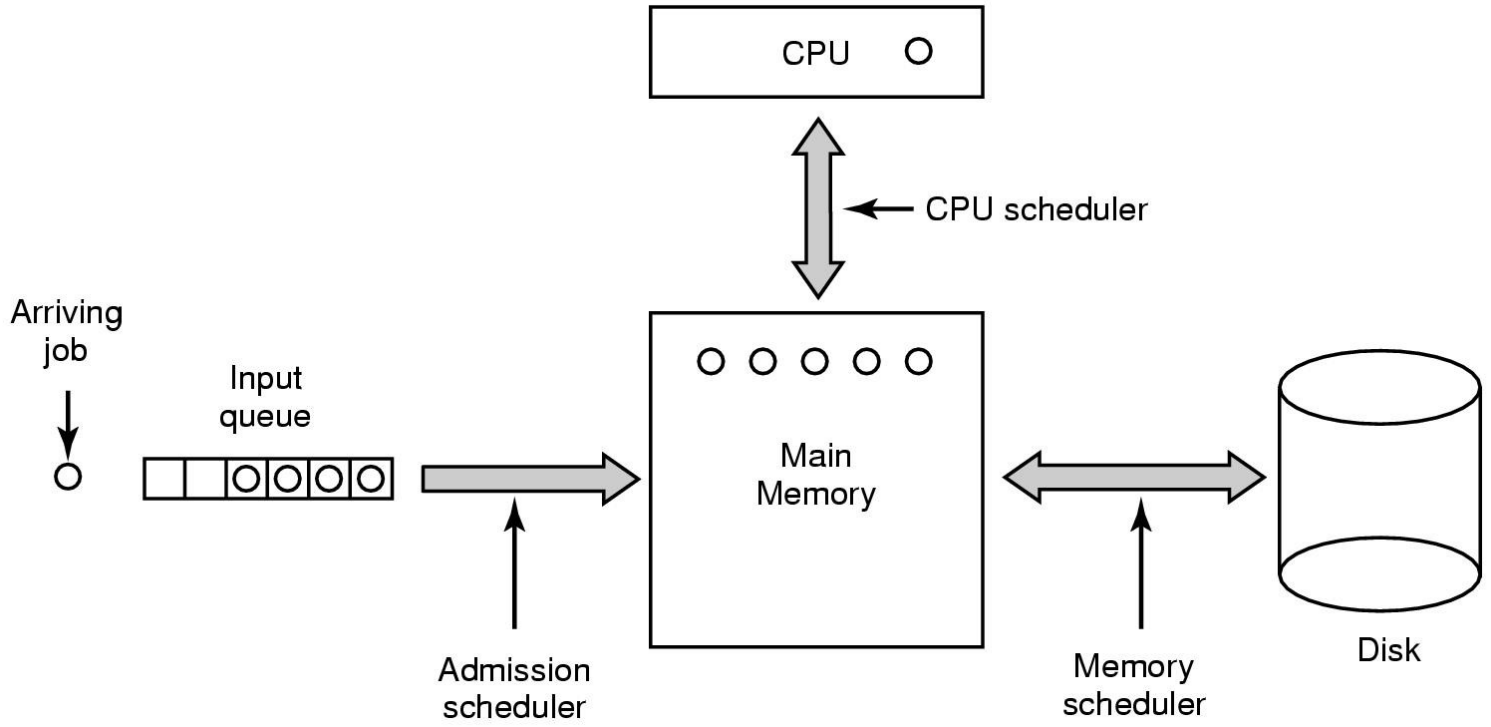


Figura 2.31 Usos de surtos de CPU se alternam com períodos de espera por E/S. (a) Um processo orientado à CPU. (b) Um processo orientado à E/S.

Ciclos do processo

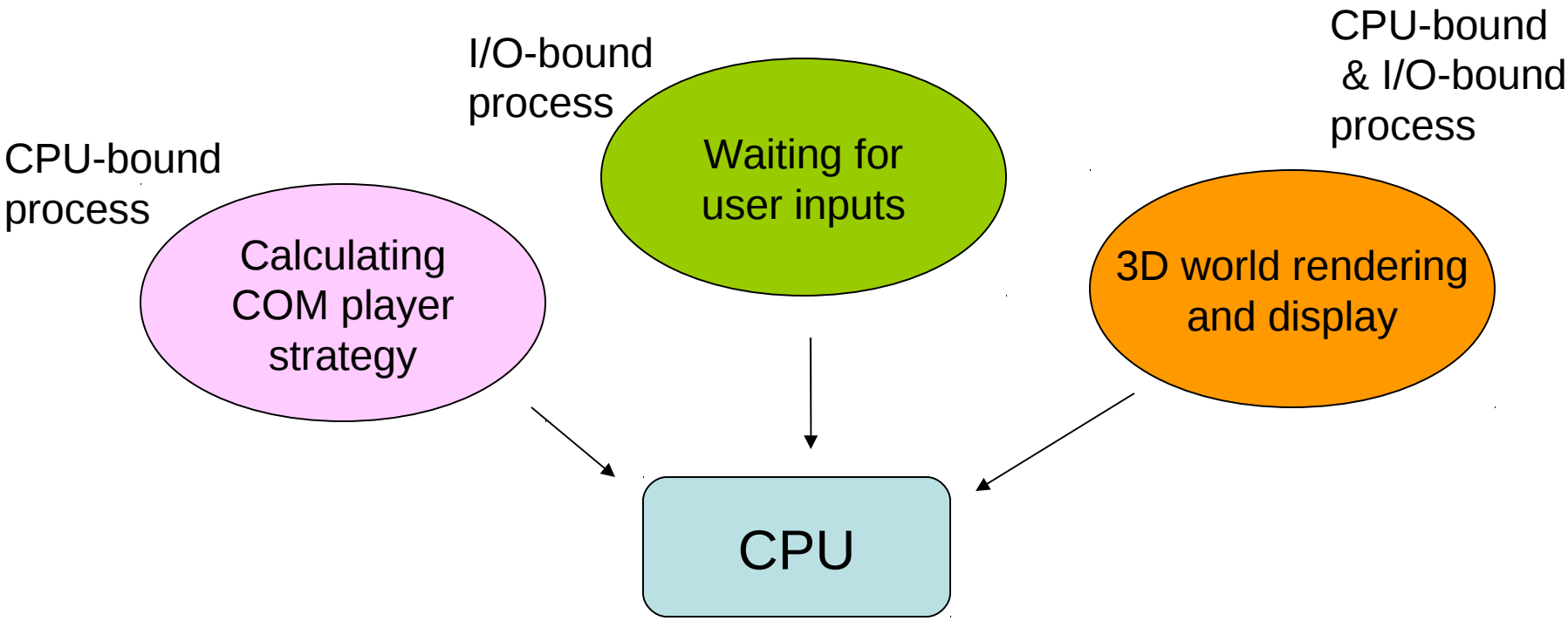


Tipo de Escalonamento



Exemplo: 3D game

- Quando escalonar?
- Como escalonar?



Quando escalonar

- Quando um novo processo é criado.
  - Executar o processo pai ou filho é uma escolha do escalonador.
  - Linux: o filho é sempre escalonado antes do pai depois de um fork().
- Quando um processo termina.
  - Senão, a UCP ficará ociosa sem um desempenho útil.
- Quando um processo inicia espera por E/S.
  - O processo libera a UCP para outro processo executar.
  - De outra forma, a UCP ficará ociosa.
- Quando uma operação de E/S é completada.
  - O processo pode precisar urgente do resultado da operação de E/S.

Como escalonar

- O algoritmo Não-preemptivo
  - O processo, depois de escolhido pelo escalonador, tem permissão para executar até
    - Ser bloqueado (E/S); ou até
    - Voluntariamente liberar a UCP(exit).
  - Ex., Batch system.

Como escalonar

- O algoritmo Preemptivo
  - O processo, depois de escolhido pelo escalonador, executa por um máximo período de tempo.
  - Tal período de tempo é chamado de **quantum**.
  - Quando o quantum de um processo executando expira, outro processo será escolhido pelo escalonador.
  - Quando um processo executando é bloqueado antes de seu quantum expirar, outro processo será escolhido pelo escalonador.
  - Quando os quanta de todos os processos expiram, o escalonador reseta seus quanta e escolhe outro processo para executar.

Categorias dos algoritimos de escalonamento

- Em lote.
- Interativa.
- Tempo real.

Objetivos dos algoritmos de escalonamento

Todos os sistemas	
	Justiça — dar a cada processo uma porção justa da CPU
	Aplicação da política — verificar se a política estabelecida é cumprida
	Equilíbrio — manter ocupadas todas as partes do sistema
Sistemas em lote	
	Vazão (*throughput*) — maximizar o número de tarefas por hora
	Tempo de retorno — minimizar o tempo entre a submissão e o término
	Utilização de CPU — manter a CPU ocupada o tempo todo
Sistemas interativos	
	Tempo de resposta — responder rapidamente às requisições
	Proporcionalidade — satisfazer às expectativas dos usuários
Sistemas de tempo real	
	Cumprimento dos prazos — evitar a perda de dados
	Previsibilidade — evitar a degradação da qualidade em sistemas multimídia

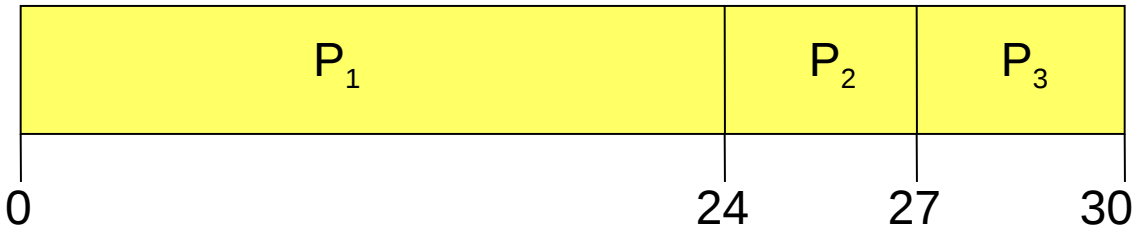
Tabela 2.8 Alguns objetivos do algoritmo de escalonamento sob diferentes circunstâncias.

Escalonamento em sistemas em lotes

- Primeiro a chegar, primeiro a ser servido.
  - FCFS, FIFO
- Tarefa mais curta primeiro.
  - SJF, SJN
- Próximo de menor tempo restante.
  - SRTF, SRTN, SJF preemptivo

Escalonamento FCFS

Diagrama de Gantt



Process	CPU Req
P_1	24
P_2	3
P_3	3

Tempo de espera: $P_1 = 0$, $P_2 = 24$, $P_3 = 27$.

Tempo médio de espera = (0 + 24 + 27) / 3 = 17.

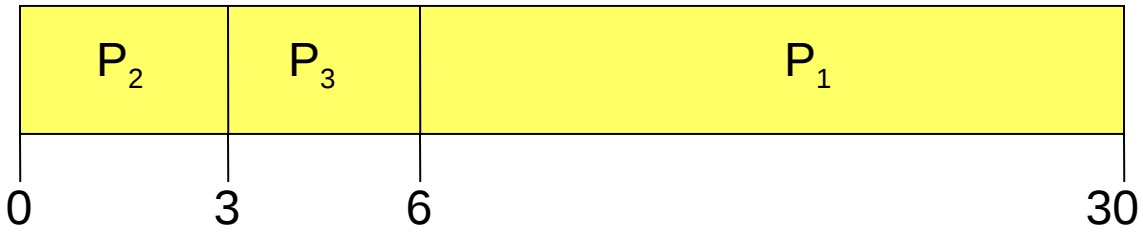
Ordem de chegada

$P_1 \rightarrow P_2 \rightarrow P_3$
(todos no tempo 0)

* Tempo de espera = tempo que o processo espera para usar a CPU.

Escalonamento FCFS

Diagrama de Gantt



Process	CPU Req
P_1	24
P_2	3
P_3	3

Tempo de espera: $P_1 = 6$, $P_2 = 0$, $P_3 = 3$.

Tempo médio de espera = (6 + 0 + 3) / 3 = 3.

Ordem chegada

$P_2 \rightarrow P_3 \rightarrow P_1$
(todos no tempo 0)

E se mudar a ordem de chegada?

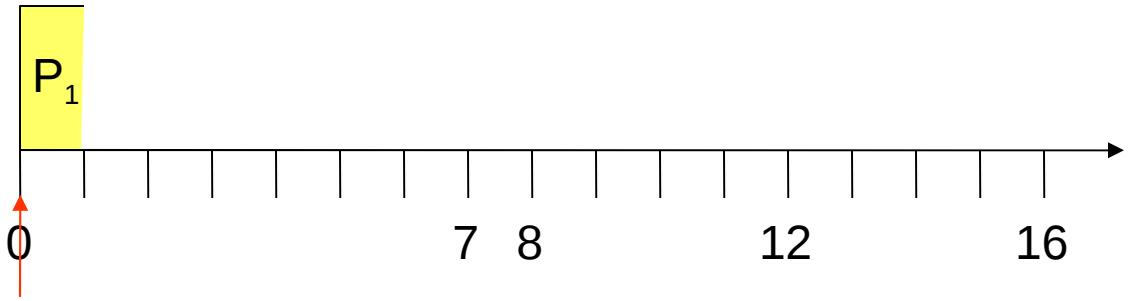
Escalonamento FCFS

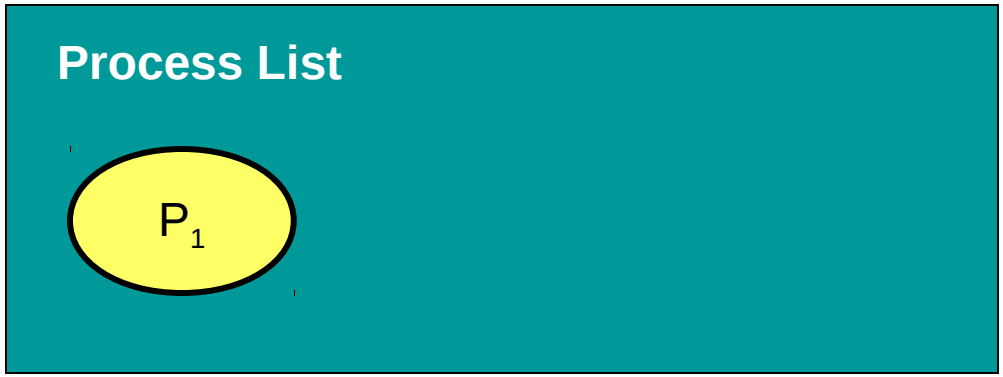
- First-Come, First-Served (FCFS), ou First-In-First-Out (FIFO) scheduling
  - Um algoritmo não-preemptivo; e
  - Um algoritmo de escalonamento de sistemas batch.

- Como otimizar o tempo médio de espera?
  - Offline : fácil.
  - Online : difícil.

Shortest Job First

SJF Não-preemptivo

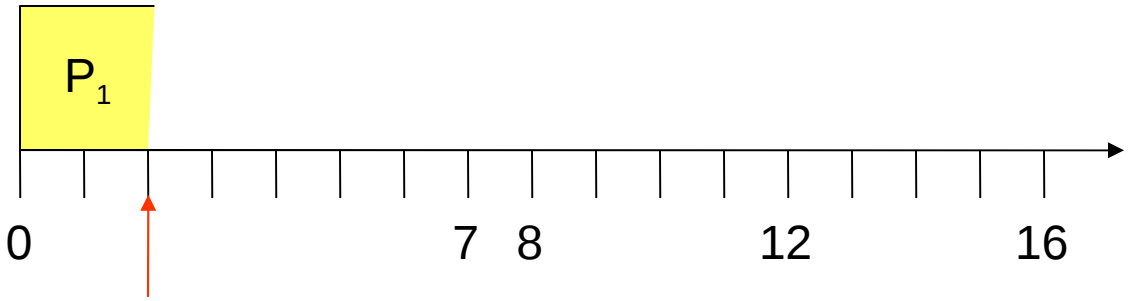


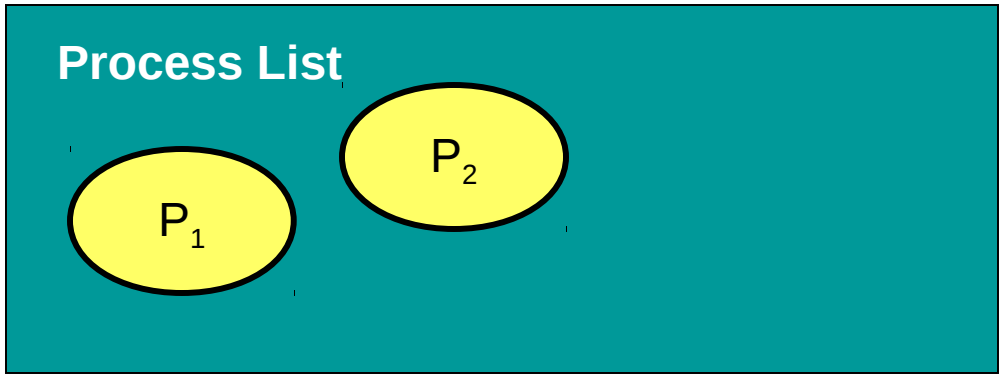


Processo	chegada	CPU
P_1	0	7
P_2	2	4
P_3	4	1
P_4	5	4

Shortest Job First

SJF Não-preemptivo

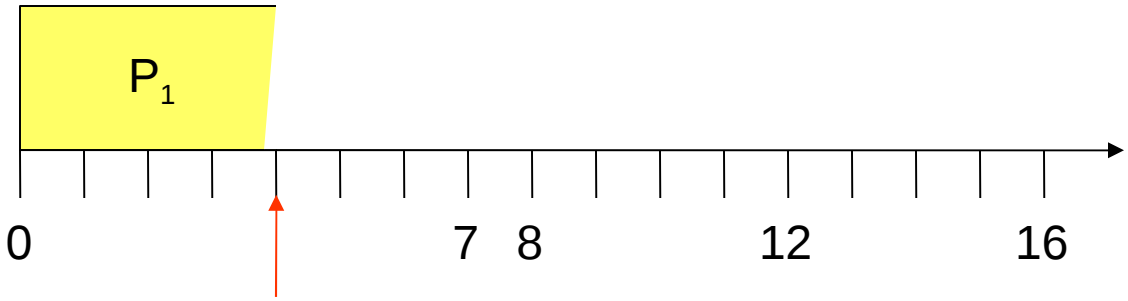


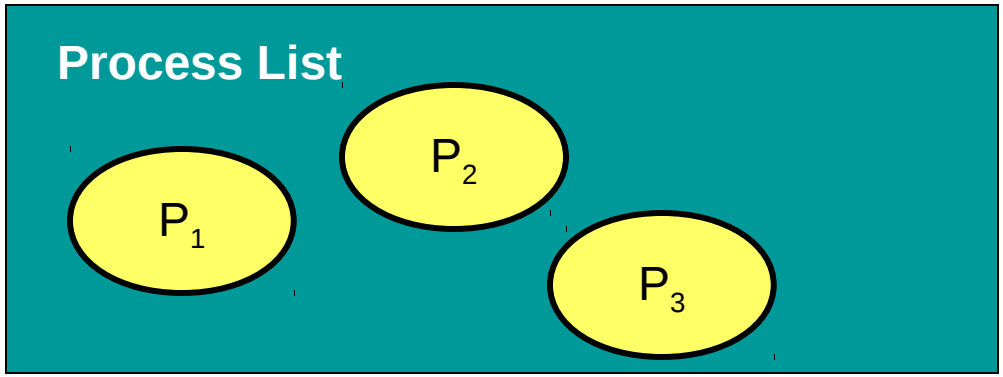


Processo	chegada	CPU
P_1	0	7
P_2	2	4
P_3	4	1
P_4	5	4

Shortest Job First

SJF Não-preemptivo

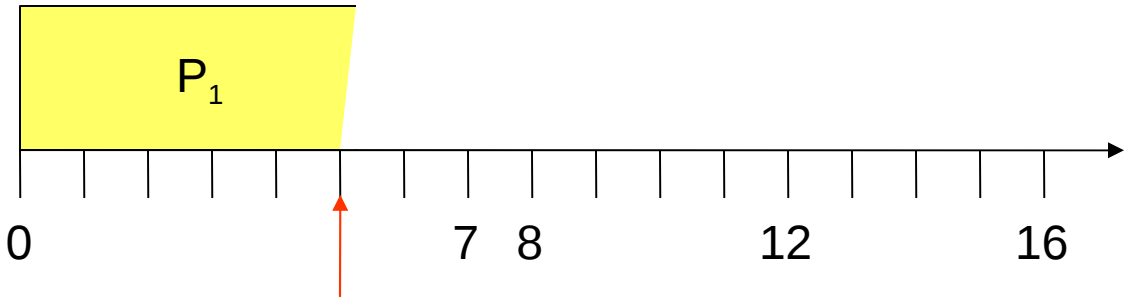


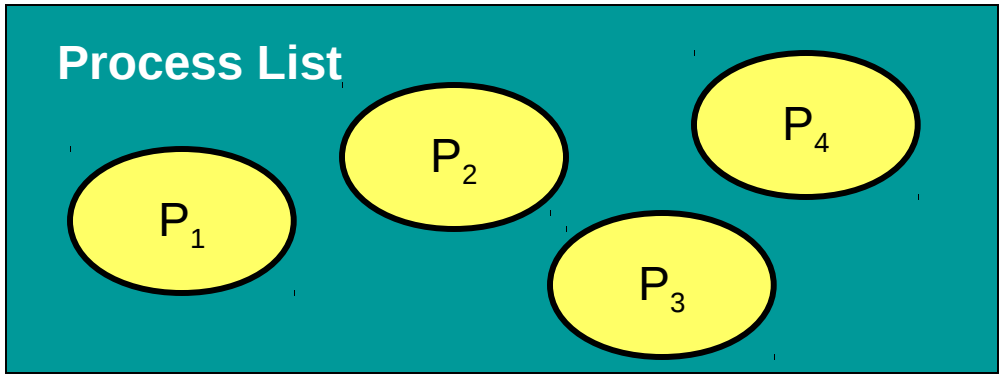


Processo	chegada	CPU
P_1	0	7
P_2	2	4
P_3	4	1
P_4	5	4

Shortest Job First

SJF Não-preemptivo

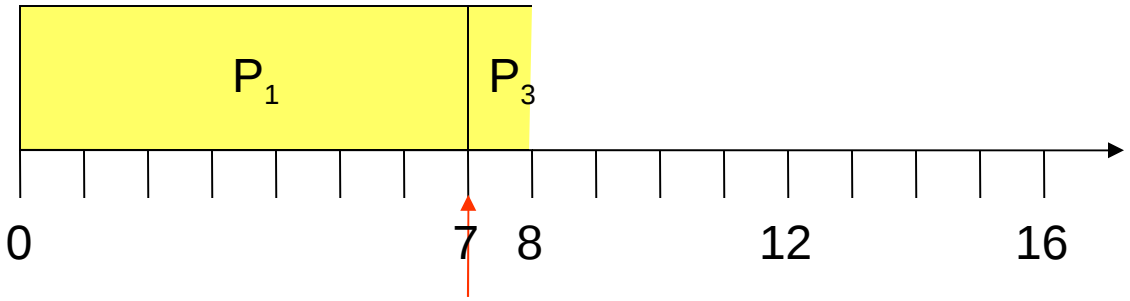


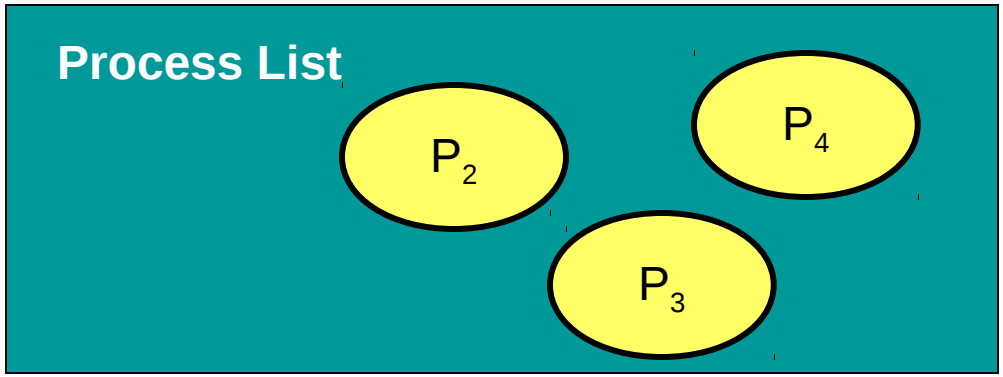


Processo	chegada	CPU
P_1	0	7
P_2	2	4
P_3	4	1
P_4	5	4

Shortest Job First

SJF Não-preemptivo

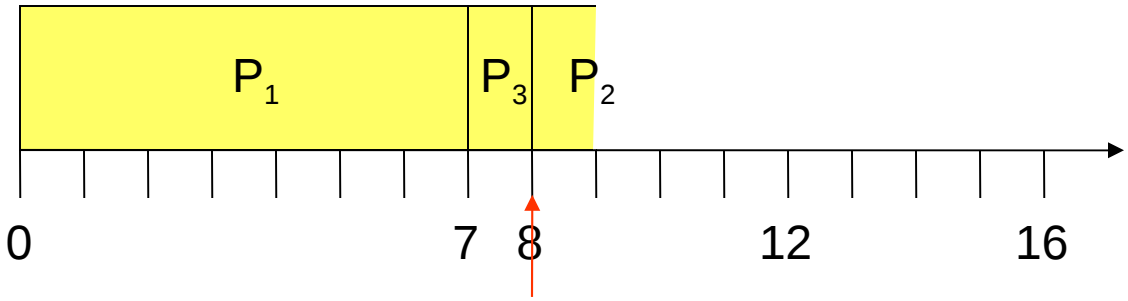


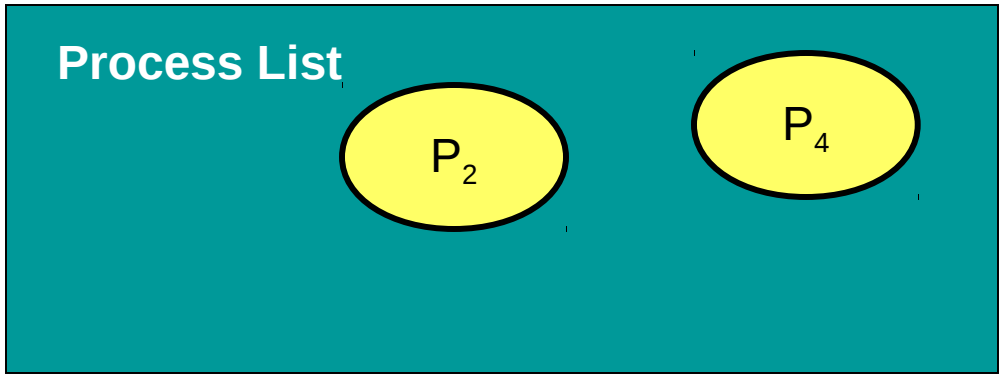


Processo	chegada	CPU
P_1	0	7
P_2	2	4
P_3	4	1
P_4	5	4

Shortest Job First

SJF Não-preemptivo

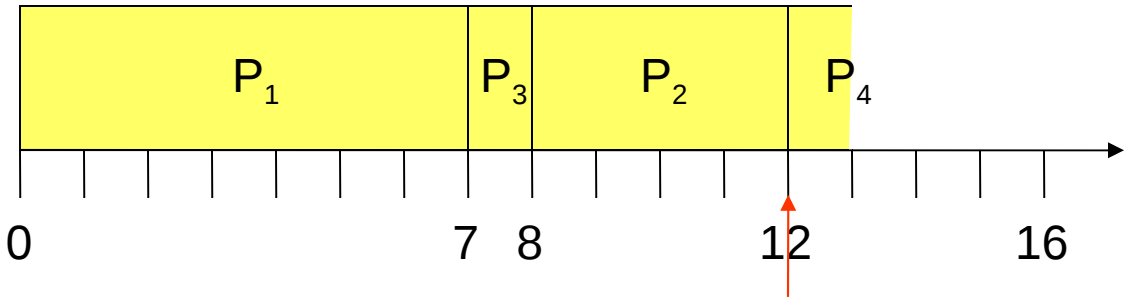


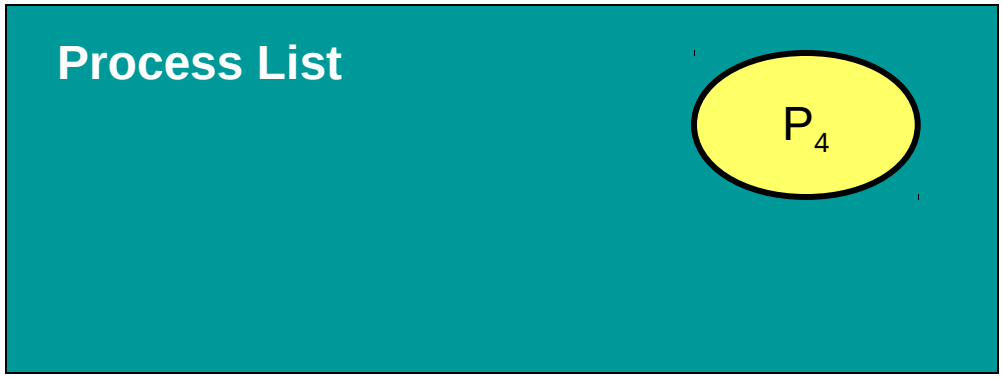


Process	Arrival time	CPU Requirement
P_1	0	7
P_2	2	4
P_3	4	1
P_4	5	4

Shortest Job First

SJF Não-preemptivo

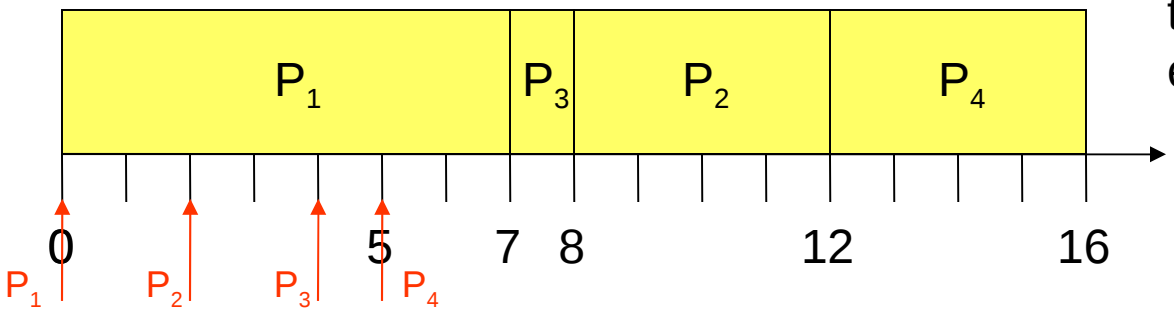




Process	Arrival time	CPU Requirement
P_1	0	7
P_2	2	4
P_3	4	1
P_4	5	4

Shortest Job First

SJF Não-preemptivo



*Tempo de espera = tempo que o processo espera para usar a CPU

Tempo de espera

$P_1 = 0, P_2 = 6, P_3 = 3, P_4 = 7.$

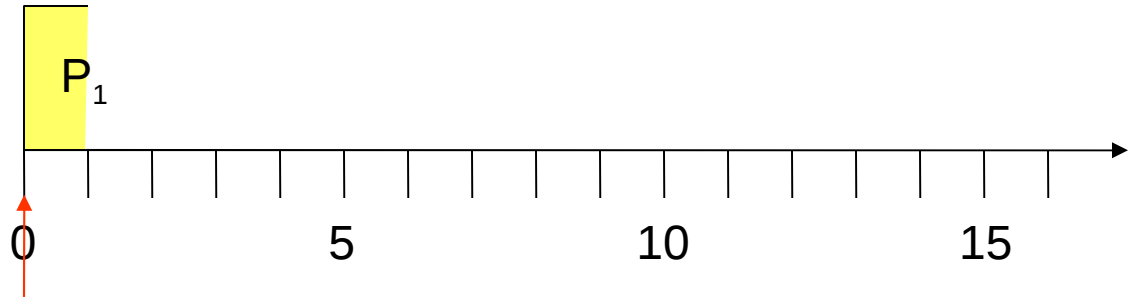
Tempo médio de espera

(0 + 6 + 3 + 7) / 4 = 4.

Process	Arrival time	CPU Requirement
P_1	0	7
P_2	2	4
P_3	4	1
P_4	5	4

Shortest Job First

SJF Preemptivo



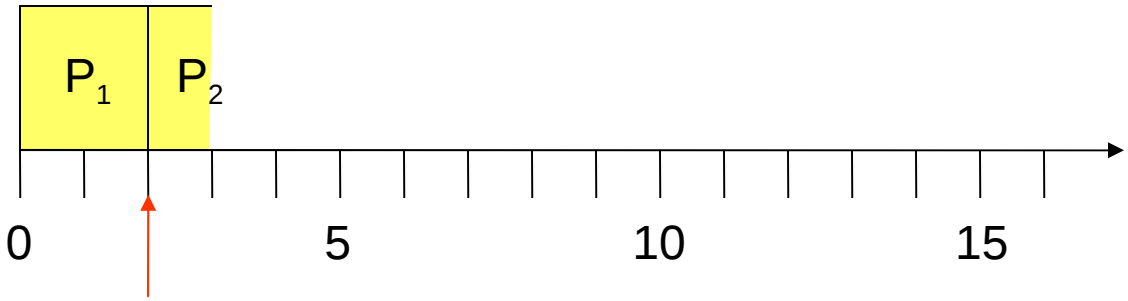
Process List

P_1: 7

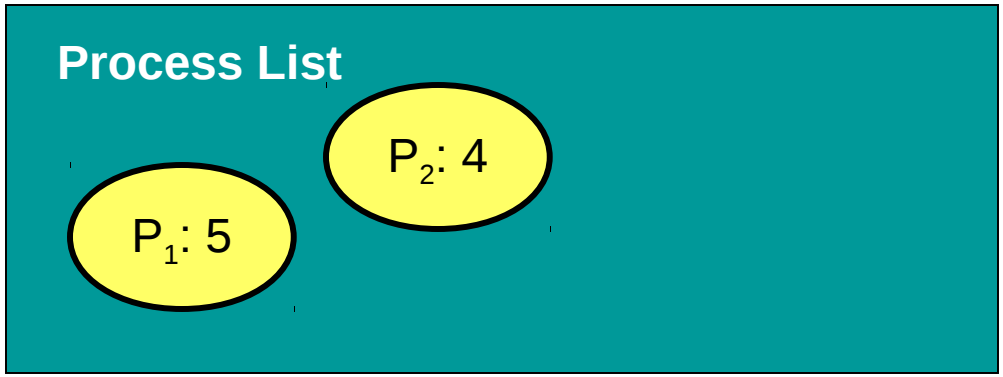
Process	Arrival time	CPU Requirement
P_1	0	7
P_2	2	4
P_3	4	1
P_4	5	4

Shortest Job First

SJF Preemptivo



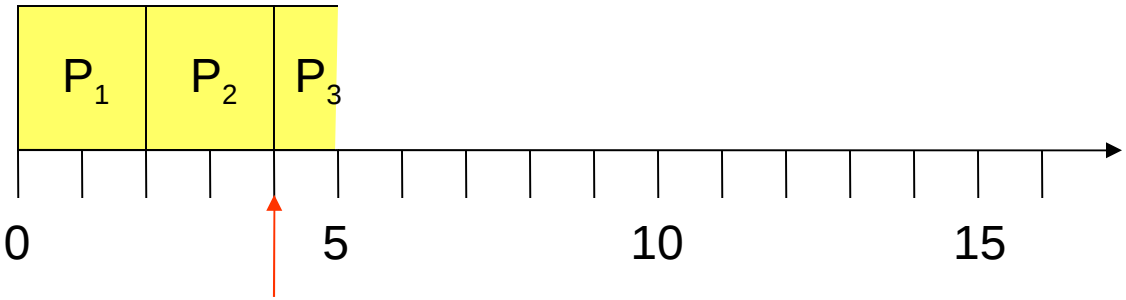
* escalonador é invocado sempre que um novo job chega no sistema ou um job termina sua execução

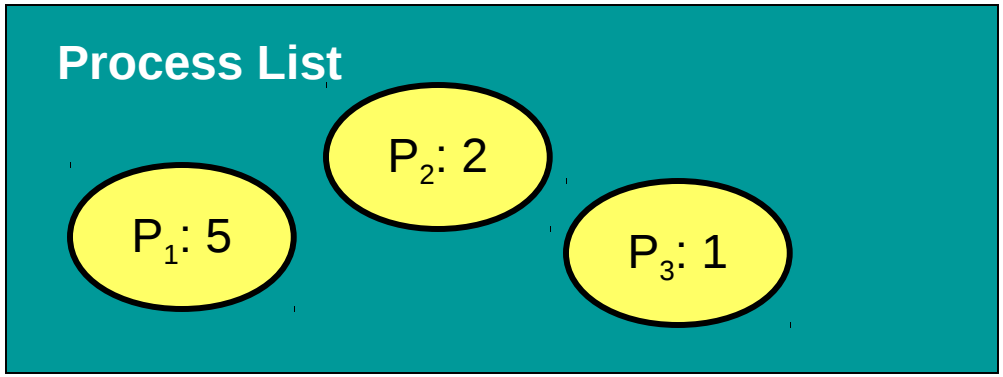


Process	Arrival time	CPU Requirement
P_1	0	7
P_2	2	4
P_3	4	1
P_4	5	4

Shortest Job First (SRTF)

SJF Preemptivo

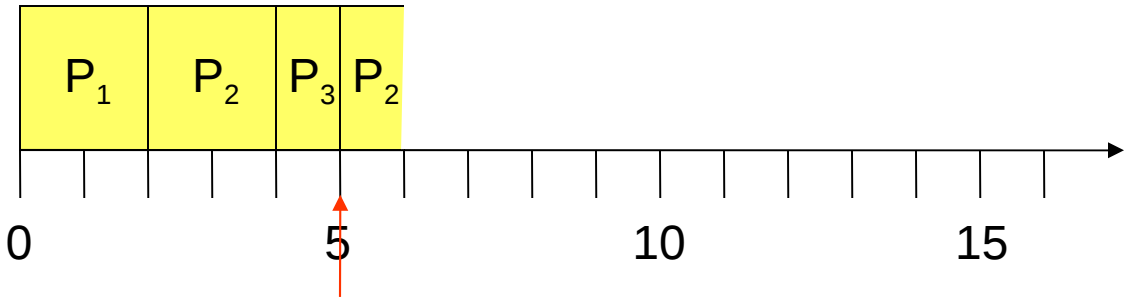


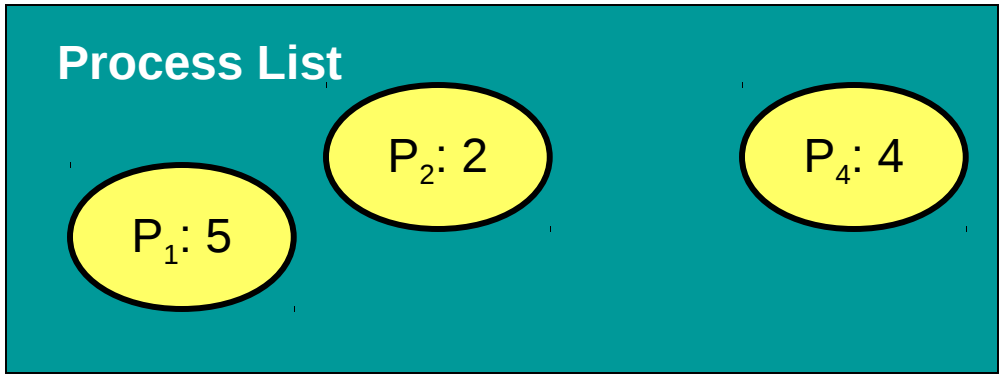


Process	Arrival time	CPU Requirement
P_1	0	7
P_2	2	4
P_3	4	1
P_4	5	4

Shortest Job First

SJF Preemptivo

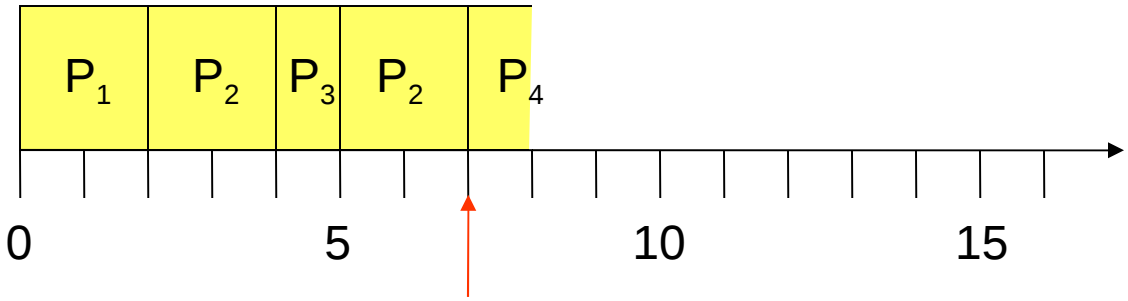


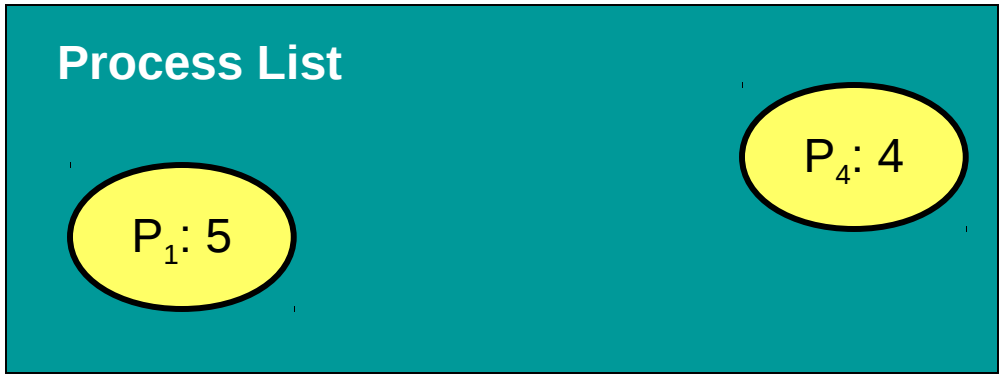


Process	Arrival time	CPU Requirement
P_1	0	7
P_2	2	4
P_3	4	1
P_4	5	4

Shortest Job First

SJF Preemptivo

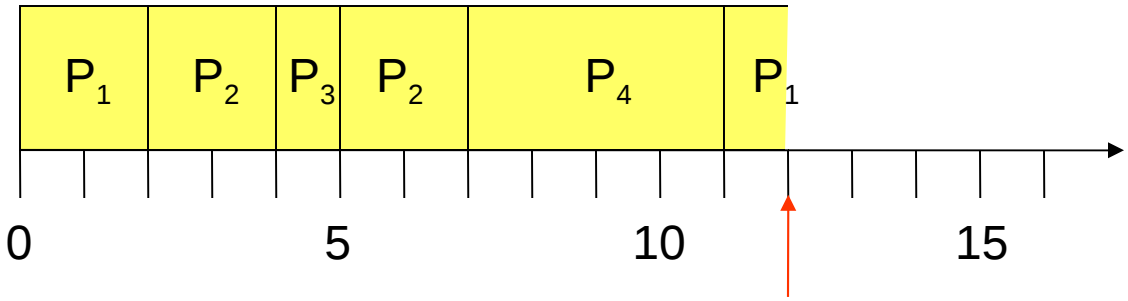




Process	Arrival time	CPU Requirement
P_1	0	7
P_2	2	4
P_3	4	1
P_4	5	4

Shortest Job First

SJF Preemptivo



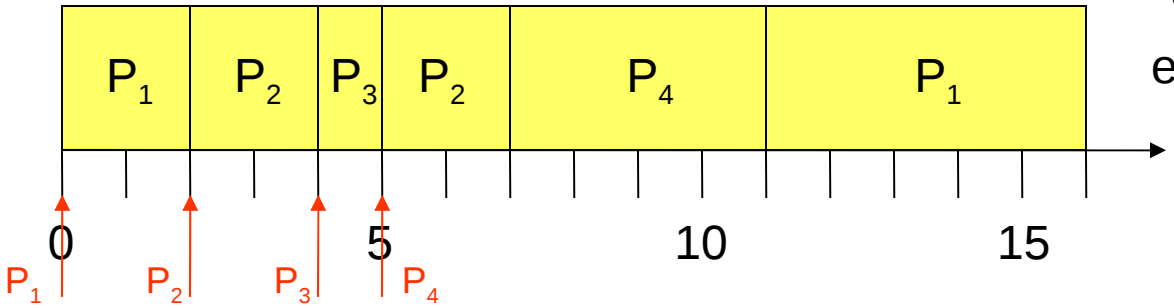
Process List

P_1: 5

Process	Arrival time	CPU Requirement
P_1	0	7
P_2	2	4
P_3	4	1
P_4	5	4

Shortest Job First

SJF Preemptivo



*Tempo de espera = tempo que o processo espera para usar a CPU

Tempo de espera

$P_1 = 9$, $P_2 = 1$, $P_3 = 0$, $P_4 = 2$.

Tempo médio de espera

(9 + 1 + 0 + 2) / 4 = 3.

Process	Arrival time	CPU Requirement
P_1	0	7
P_2	2	4
P_3	4	1
P_4	5	4

Shortest Job First

- Shortest Job First (SJF)
  - Pode ser um algoritmo de escalonamento não-preemptivo ou preemptivo;
  - É um algoritmo de escalonamento para sistema batch.

Highest Response Ratio Next

- Highest Response Ratio Next (HRRN)
  - Tenta eliminar a desvantagem do SJN e SRTN relacionada a tempos longos;
  - O tempo de espera afeta a taxa de resposta que é a base do escalonamento :
    - RR = w + e / e (w=espera e=execução)

    A taxa de resposta é dinâmico, periodicamente modificado
  - Vantagens: turnaround, throughput
  - Desvantagens: overhead

Escalonamento em sistemas interativos

- Escalonamento por chaveamento circular.
- Escalonamento por prioridades.
- Filas mútiplas.
- Próximo processo mais curto.
- Escalonamento garantido.
- Escalonamento por loteria.
- Escalonamento por fração justa.

Round-Robin

- Round-Robin (RR) é um algoritmo de escalonamento preemptivo .
  - Todo processo recebe um quantum.
  - Para uma simples implementação do RR:
    - Todo processo tem o mesmo quantum.
  - Processos estão executando um após outro em uma fila.

Escalonamento por chaveamento circular

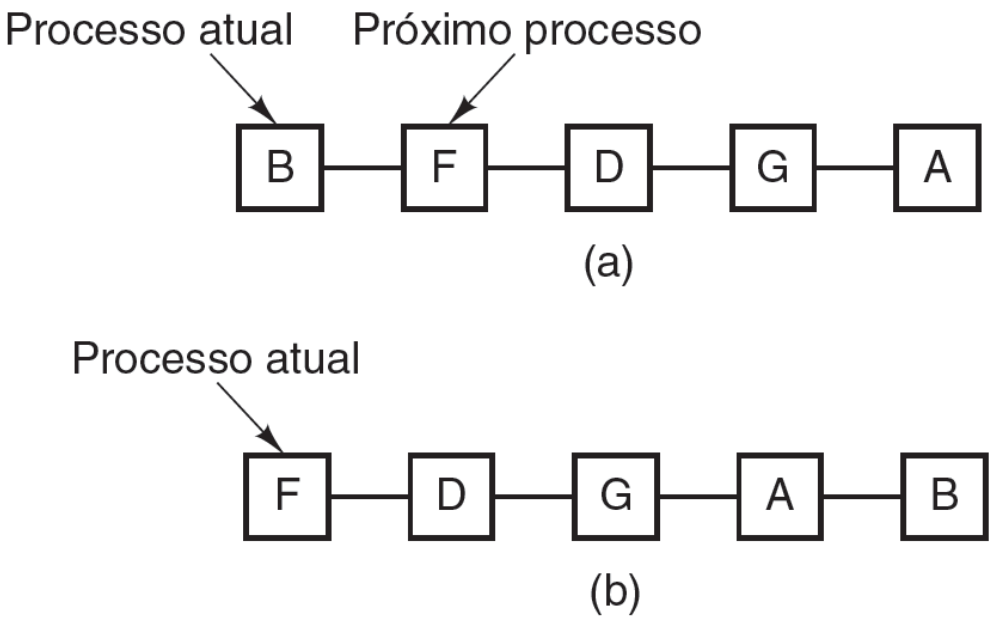
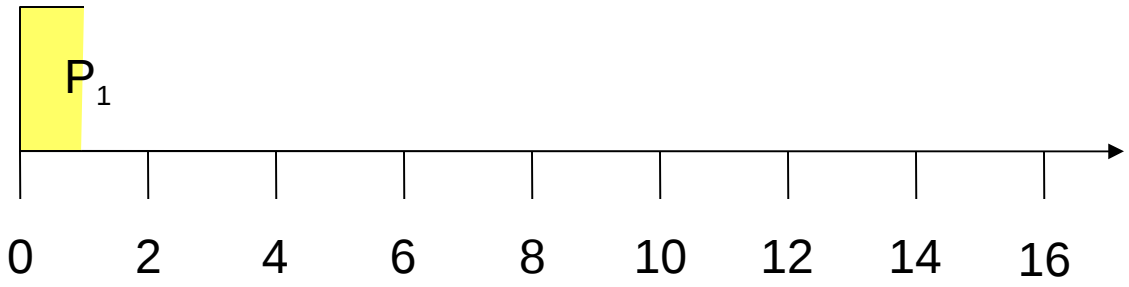
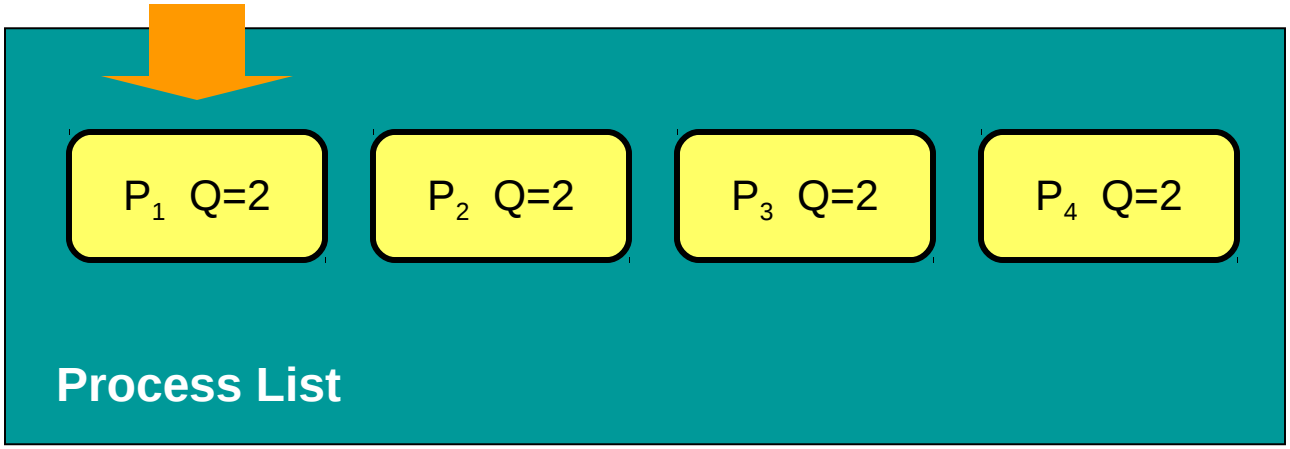


Figura 2.33 Escalonamento circular (*round robin*). (a) Lista de processos executáveis. (b) Lista de processos executáveis depois que *B* usou todo o seu quantum.

Round-Robin

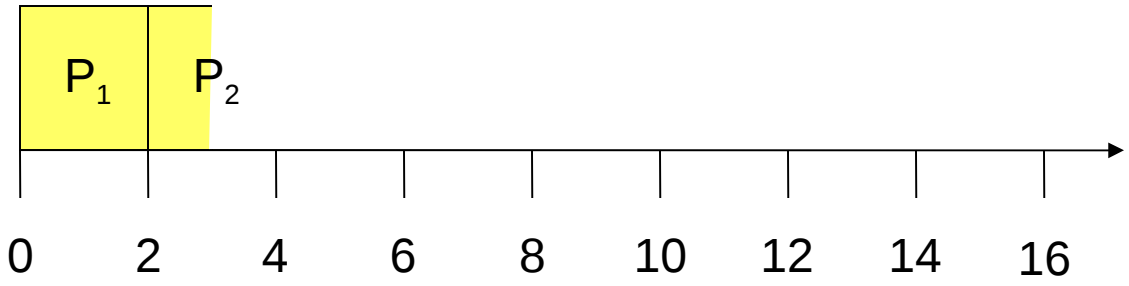


RR Scheduler

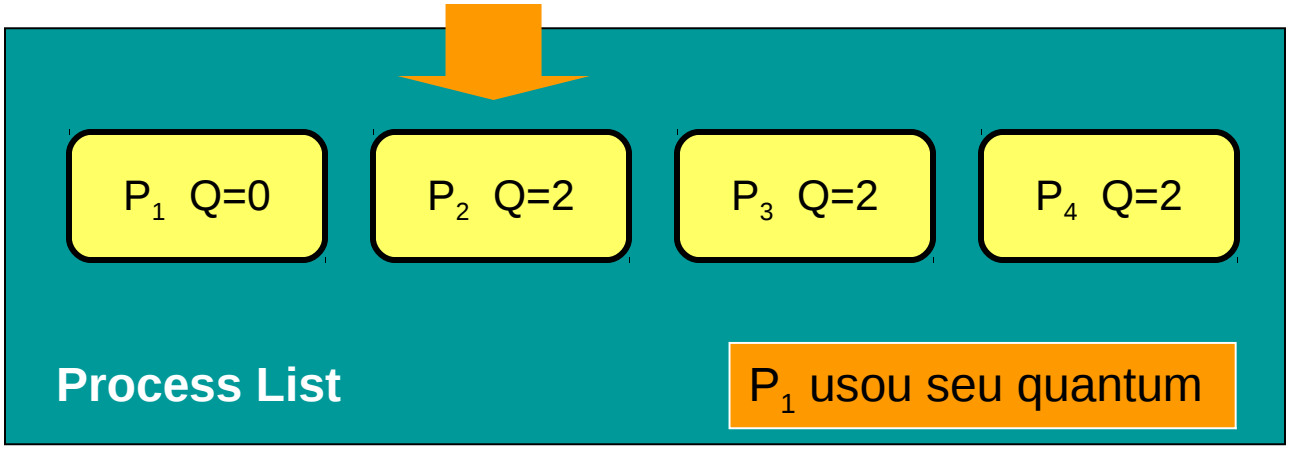


Process	CPU Requirement
P_1	7
P_2	4
P_3	1
P_4	4

Round-Robin

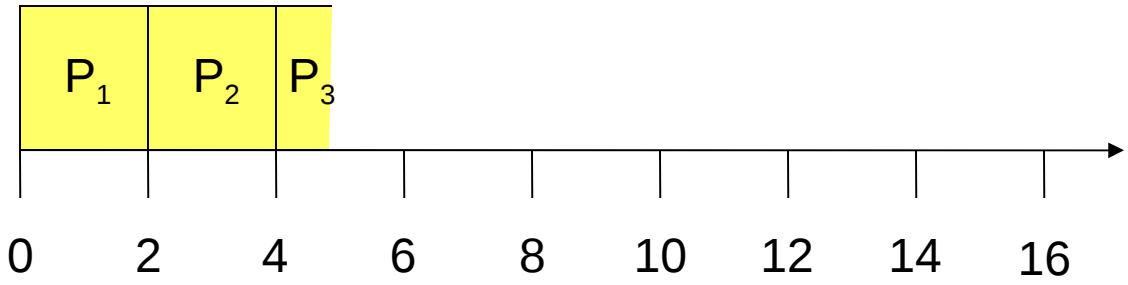


RR Scheduler

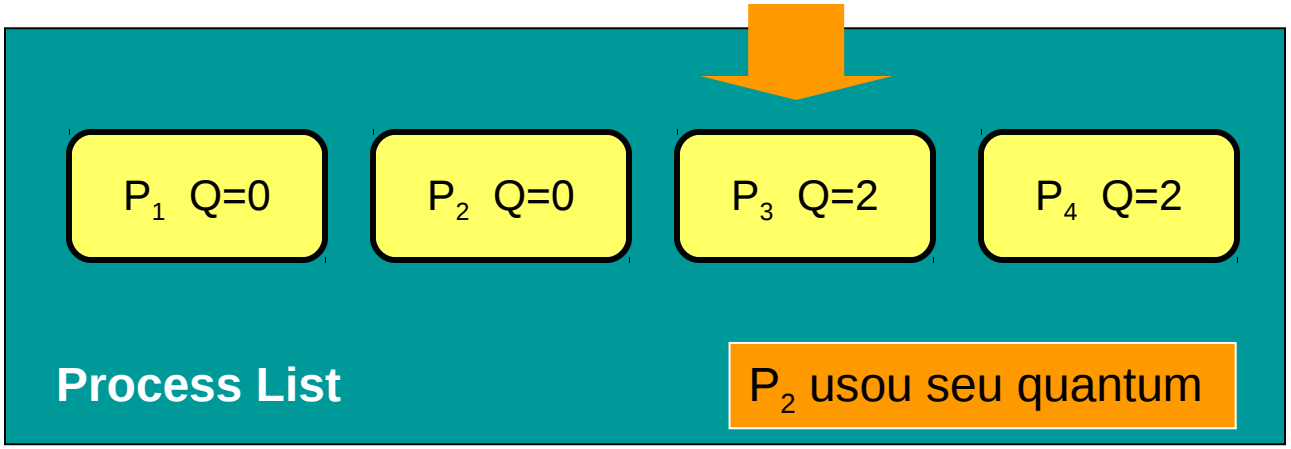


Process	CPU Requirement
P_1	5
P_2	4
P_3	1
P_4	4

Round-Robin

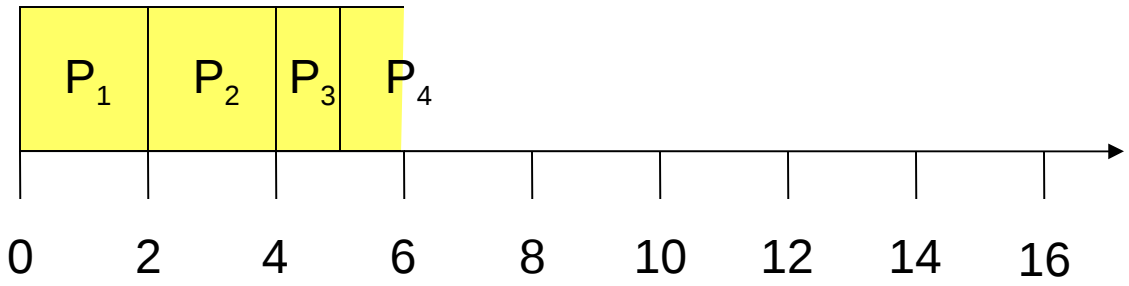


RR Scheduler

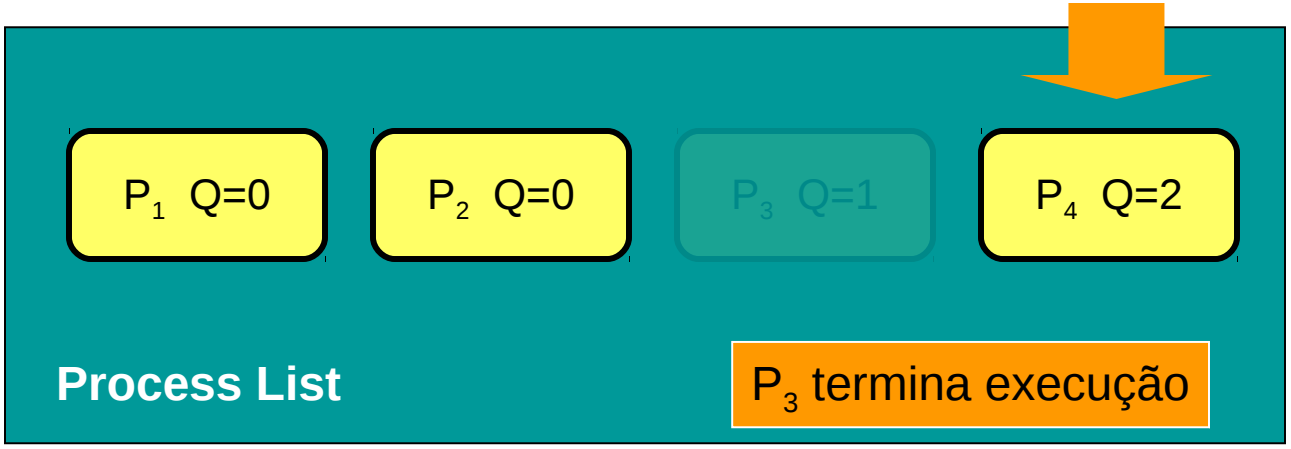


Process	CPU Requirement
P_1	5
P_2	2
P_3	1
P_4	4

Round-Robin

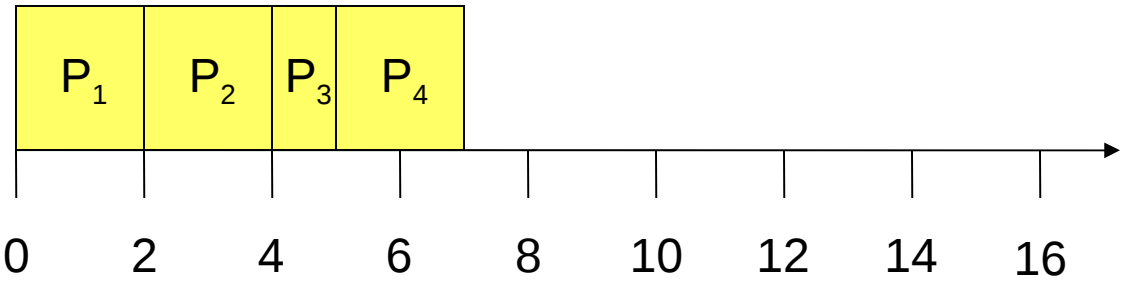


RR Scheduler

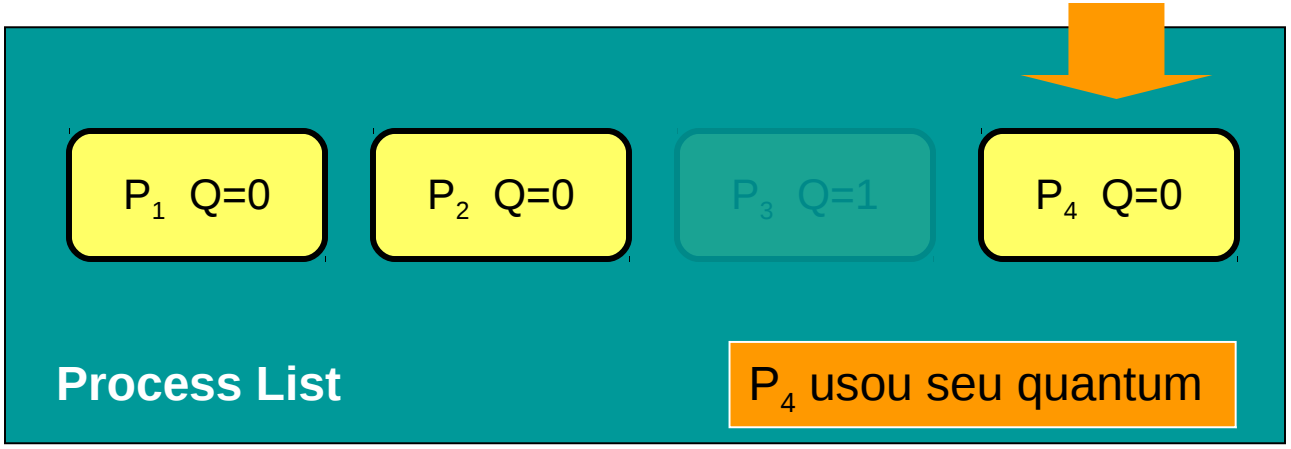


Process	CPU Requirement
P_1	5
P_2	2
P_3	0
P_4	4

Round-Robin

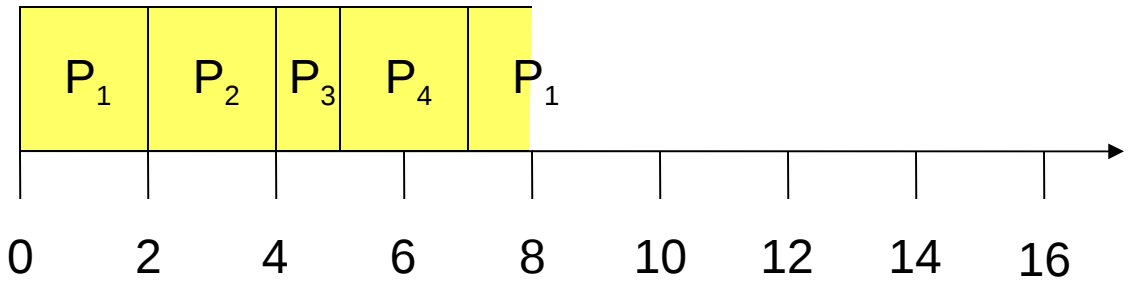


RR Scheduler

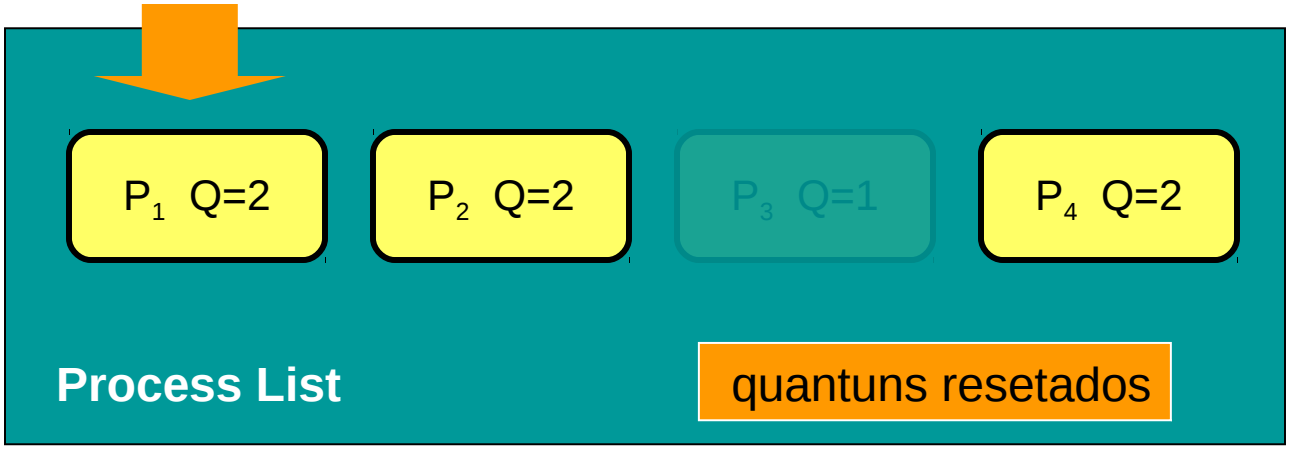


Process	CPU Requirement
P_1	5
P_2	2
P_3	0
P_4	2

Round-Robin

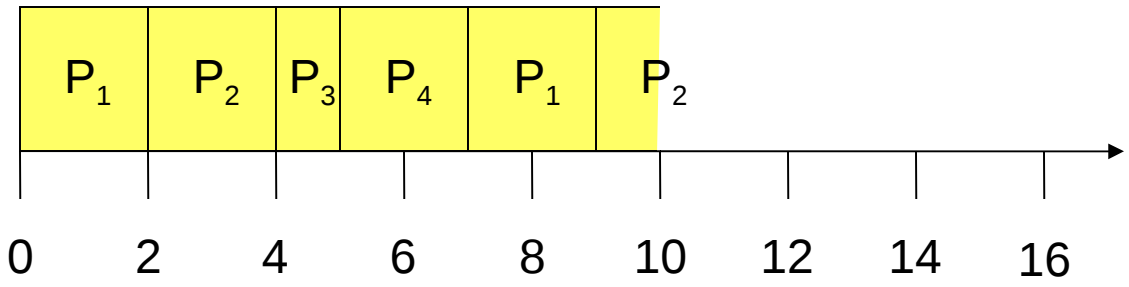


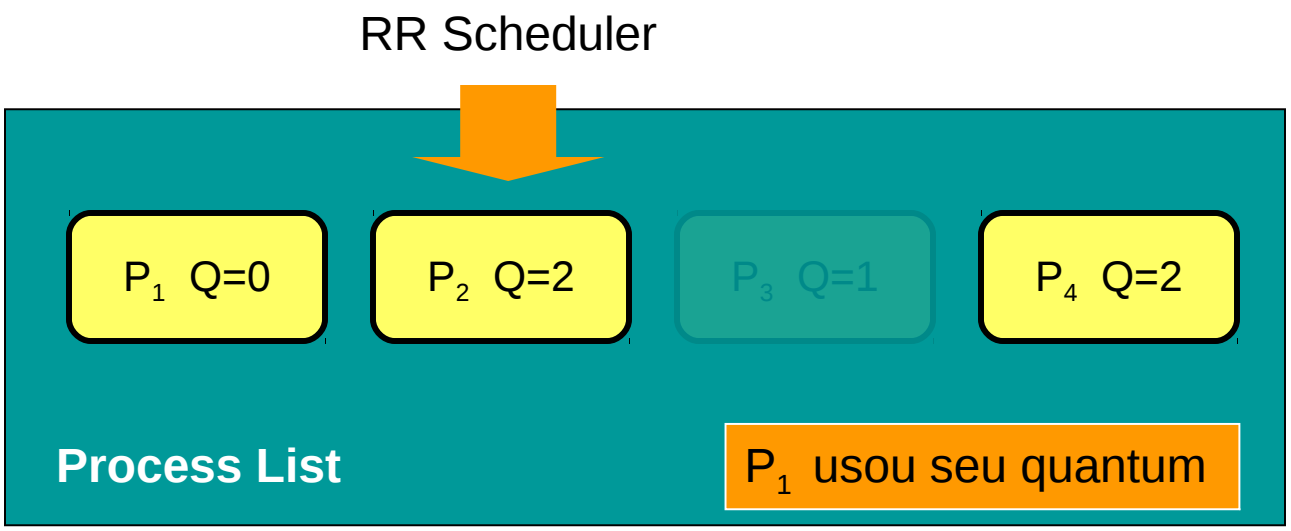
RR Scheduler



Process	CPU Requirement
P_1	5
P_2	2
P_3	0
P_4	2

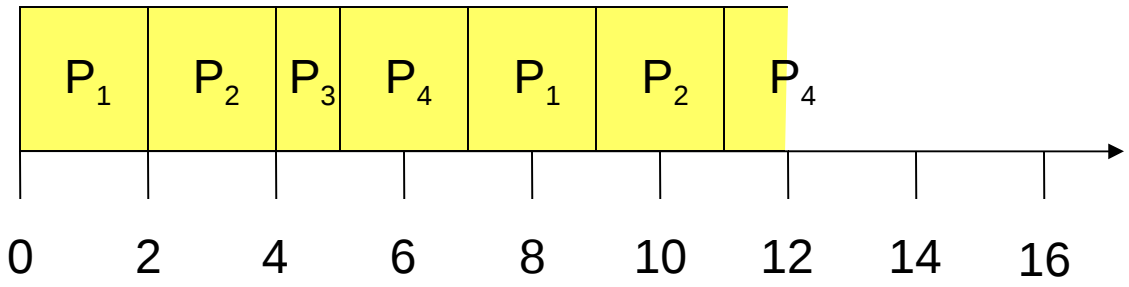
Round-Robin



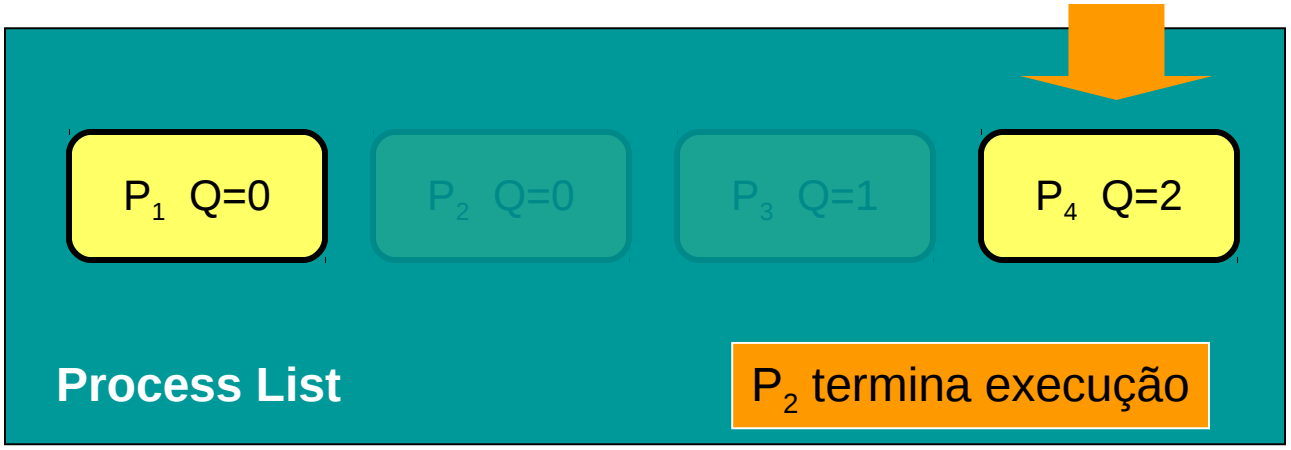


Process	CPU Requirement
P_1	3
P_2	2
P_3	0
P_4	2

Round-Robin

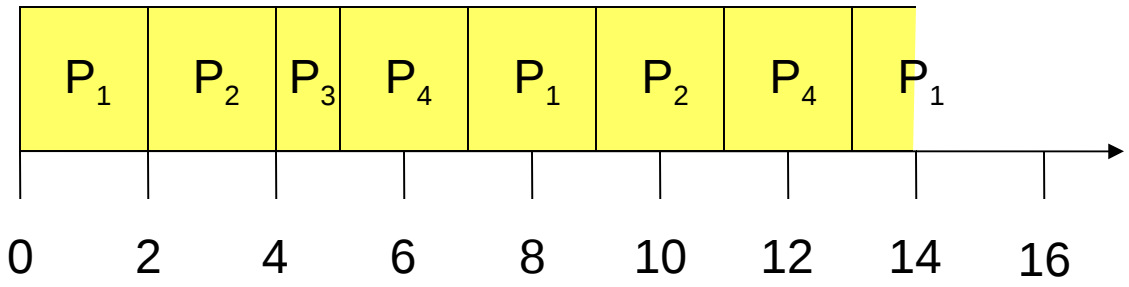


RR Scheduler

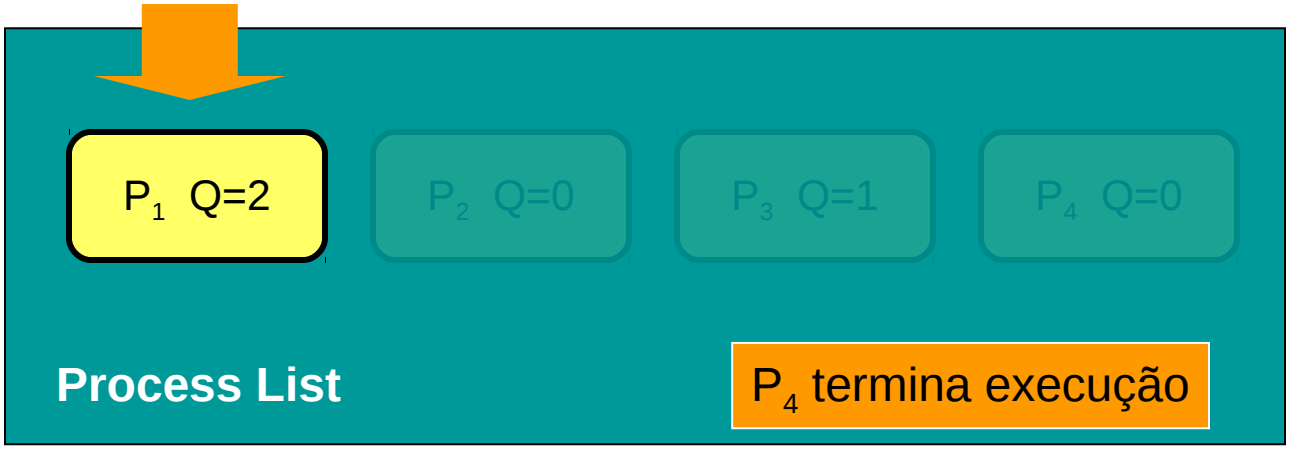


Process	CPU Requirement
P_1	3
P_2	0
P_3	0
P_4	2

Round-Robin

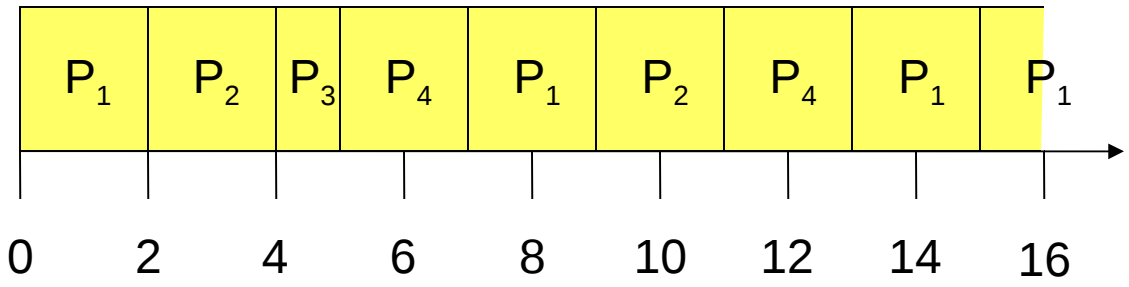


RR Scheduler

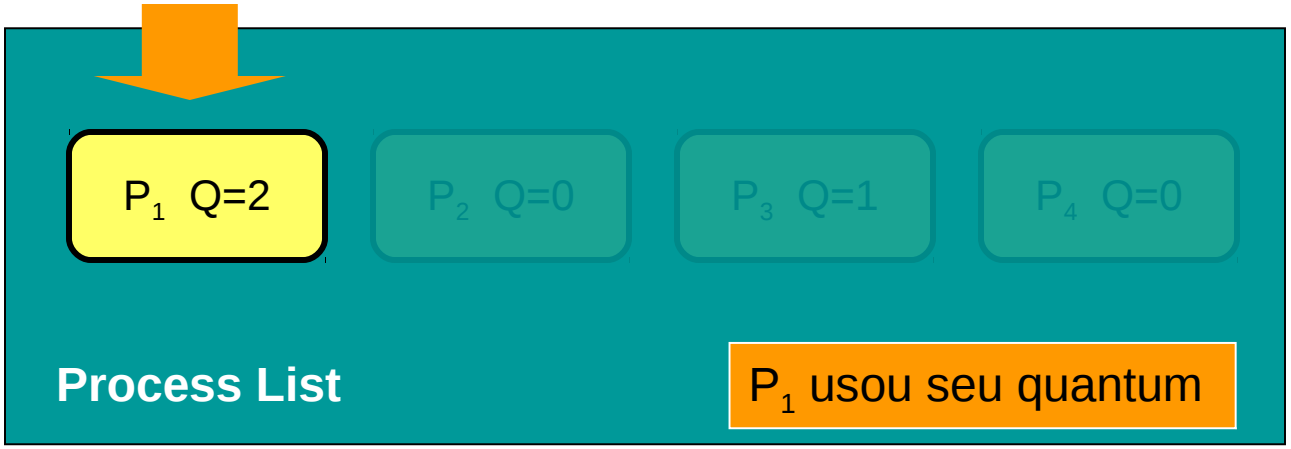


Process	CPU Requirement
P_1	3
P_2	0
P_3	0
P_4	0

Round-Robin

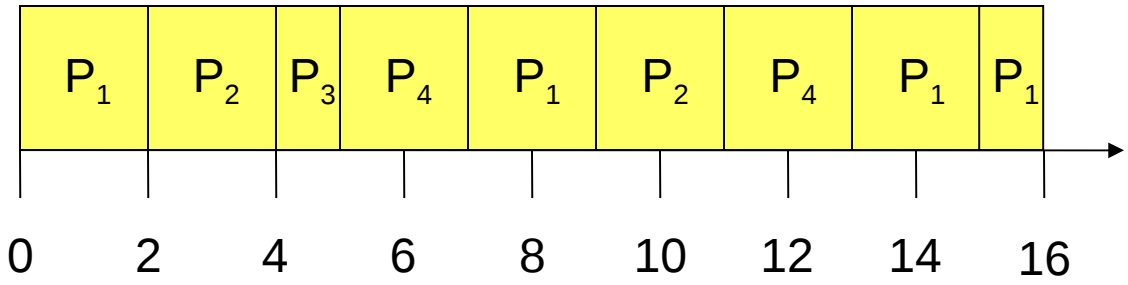


RR Scheduler

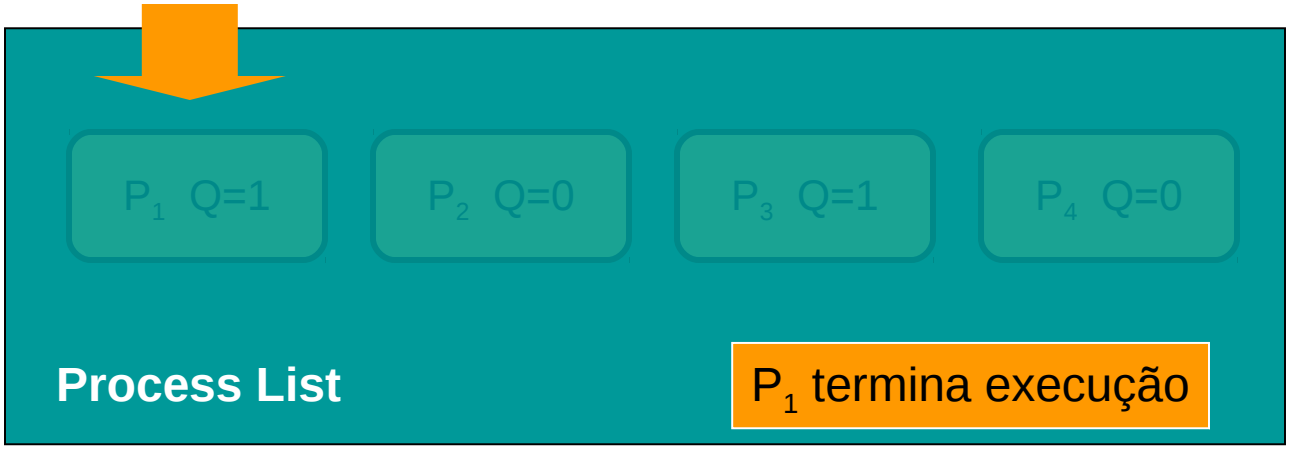


Process	CPU Requirement
P_1	1
P_2	0
P_3	0
P_4	0

Round-Robin

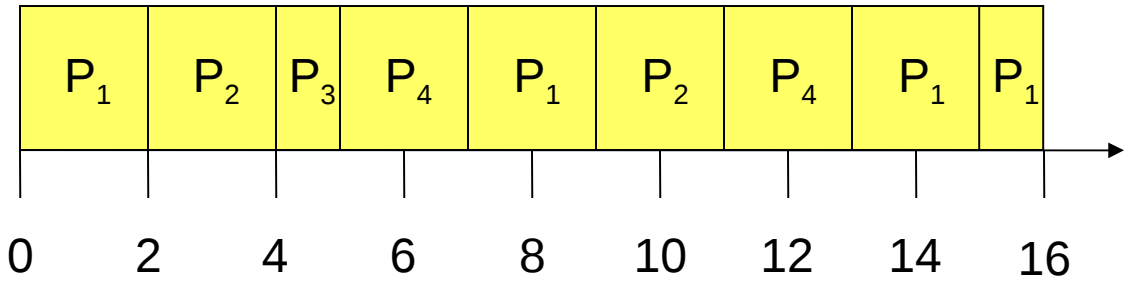


Escalonador RR



Process	CPU Requirement
P_1	0
P_2	0
P_3	0
P_4	0

Round-Robin



Tempo de espera

$P_1 = 9$, $P_2 = 7$, $P_3 = 4$, $P_4 = 9$.

Tempo médio de espera

(9 + 7 + 4 + 9) / 4 = 7.25.

Tempo de Turnaround

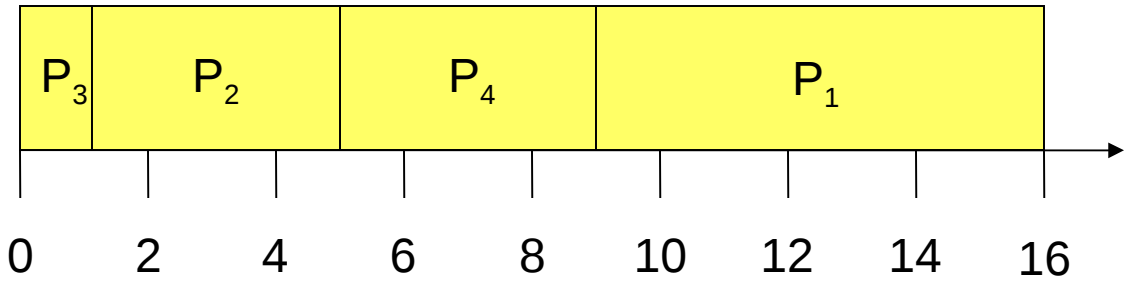
$P_1 = 16$, $P_2 = 11$, $P_3 = 5$, $P_4 = 13$.

Tempo médio de Turnaround

(16 + 11 + 5 + 13) / 4 = 11.25

* Turnaround = o tempo entre submissão e terminação.

RR vs SJF



SJF Não-preemptivo

Tempo de espera

$P_1 = 9, P_2 = 1, P_3 = 0, P_4 = 5.$

Tempo médio de espera

$(9 + 1 + 0 + 5) / 4 = 3.75.$

Tempo de Turnaround

$P_1 = 16, P_2 = 7, P_3 = 1, P_4 = 9.$

Tempo médio de Turnaround

$(16 + 7 + 1 + 9) / 4 = 8.25.$

* Turnaround = o tempo entre submissão e terminação.

RR vs SJF

- Tipicamente, RR tem um tempo de espera maior e um tempo de turnaround maior do que o SJF.
- Entretanto, a resposta dos processos em um escalonador RR é mais rápida.
  - Voce não irá sentir que um job esta “freeze” porque ele está executando de de tempo em tempo.
  - Adequado para jobs interativos.

Escalonamento por Prioridade

- Cada processo recebe uma prioridade atribuída pelo sistema.
- O escalonamento sempre escolhe o processo com a prioridade mais alta para executar.
- Prioridade pode ser estática ou dinâmica.
  - Prioridade estática
    - Ex., um processo de administrador recebe uma prioridade mais alta que um processo de um usuário normal.
    - Ex., podemos alterar a prioridade de um processo usando o comando "**nice**" no Unix/Linux.
  - Prioridade dinâmica
    - Ex., a prioridade de um processo cai enquanto o mesmo esta executando.

Escalonamento por prioridades

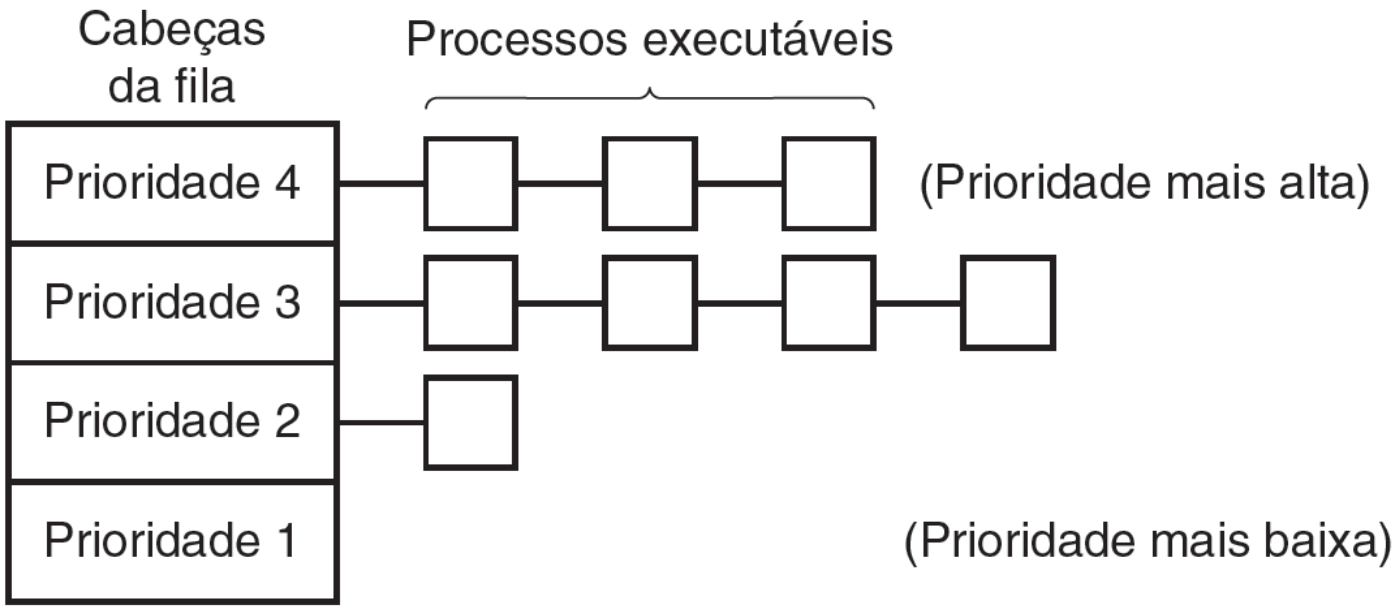
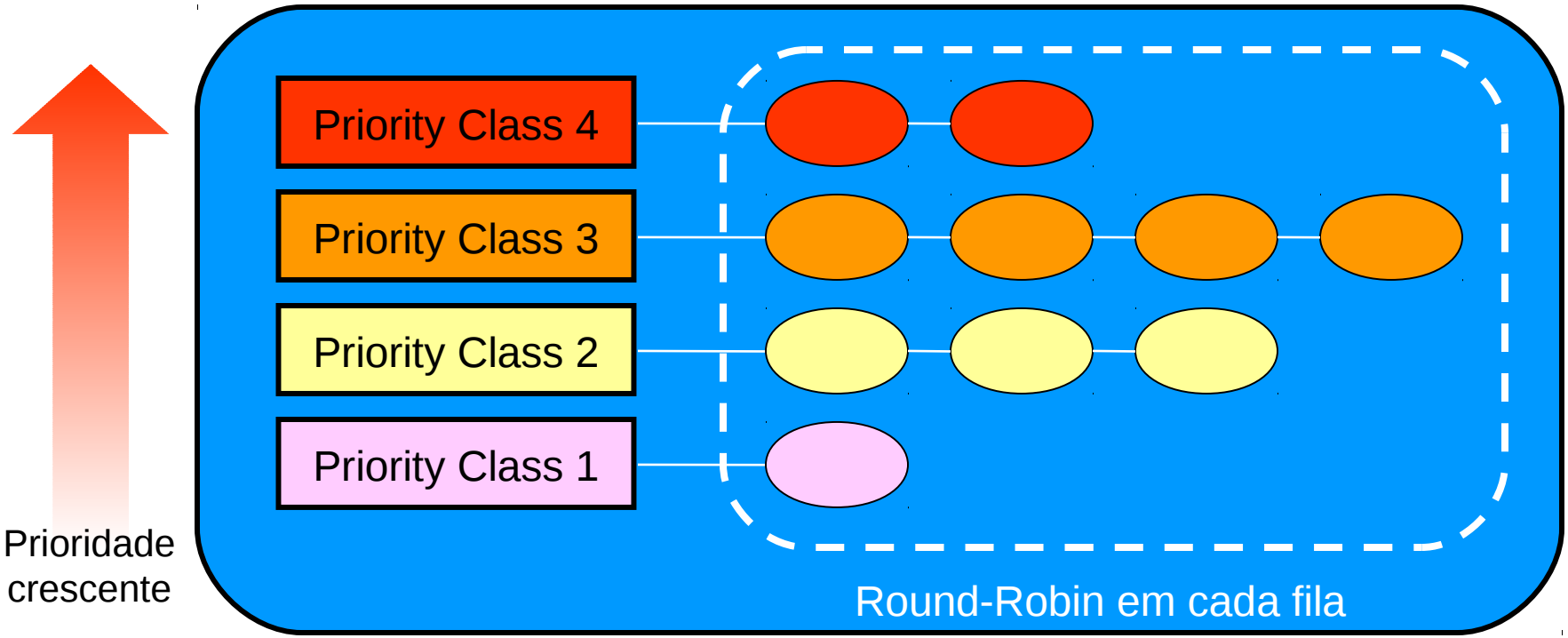


Figura 2.34 Um algoritmo de escalonamento com quatro classes de prioridade.

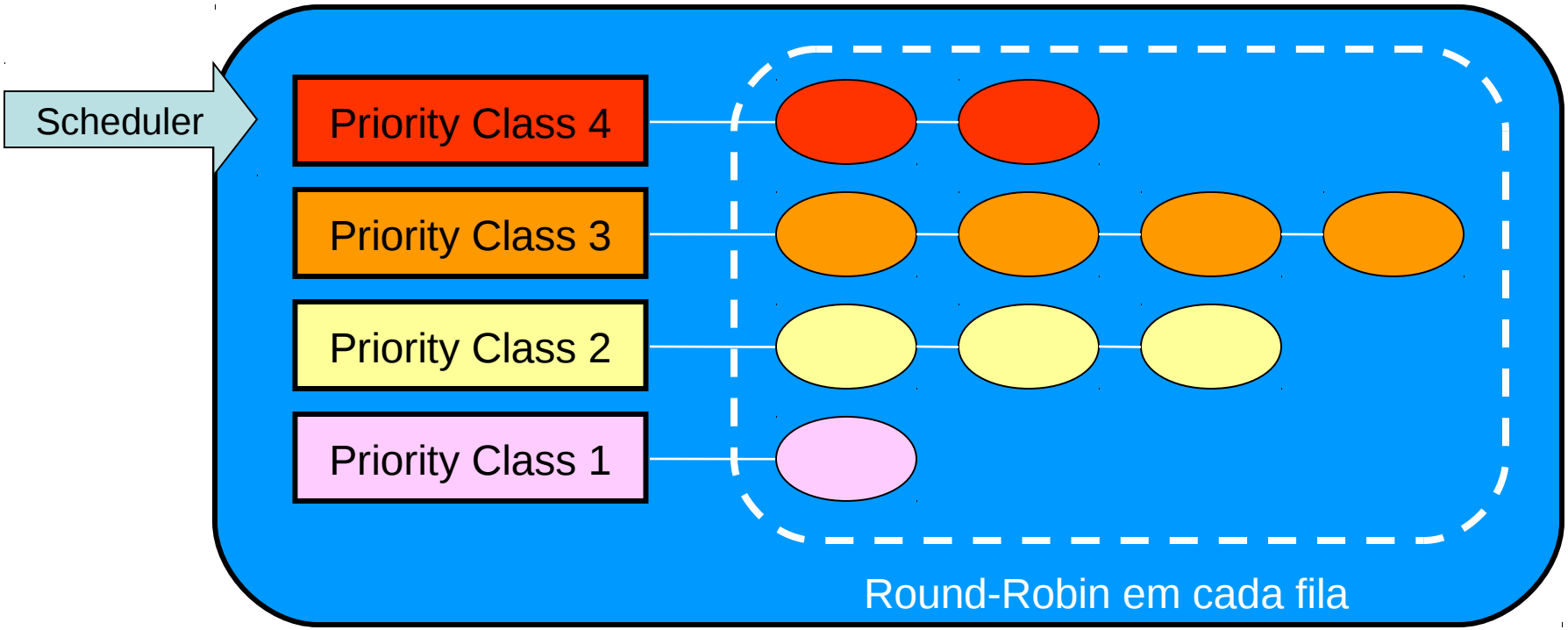
Escalonamento Prioridade Estática

- escalonamento prioridade estática : processos recebem uma prioridade fixa quando são submetidos ao sistema.



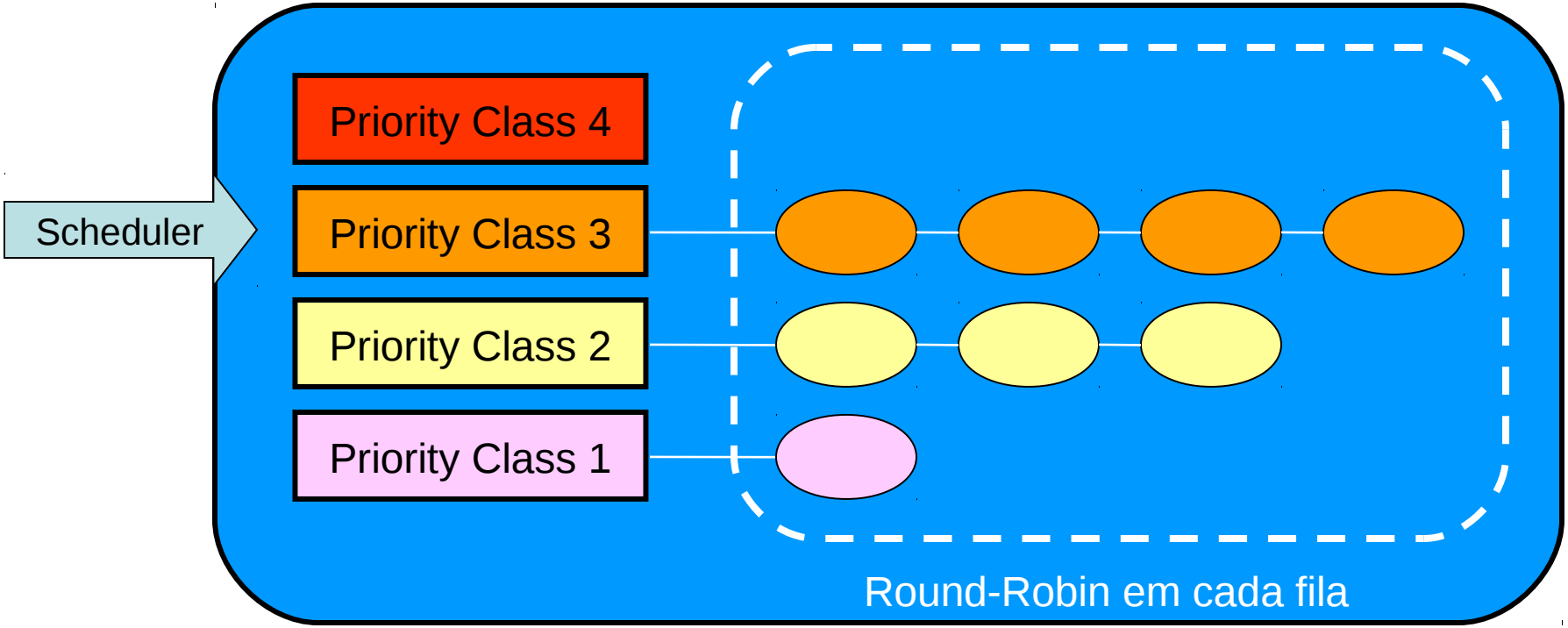
Escalonamento Prioridade Estática

- Processos na Classe 4 serão escalonados primeiro.
  - Eles devem ter vida curta.
  - Para prevenir processos de alta-prioridade de executar indefinidamente.



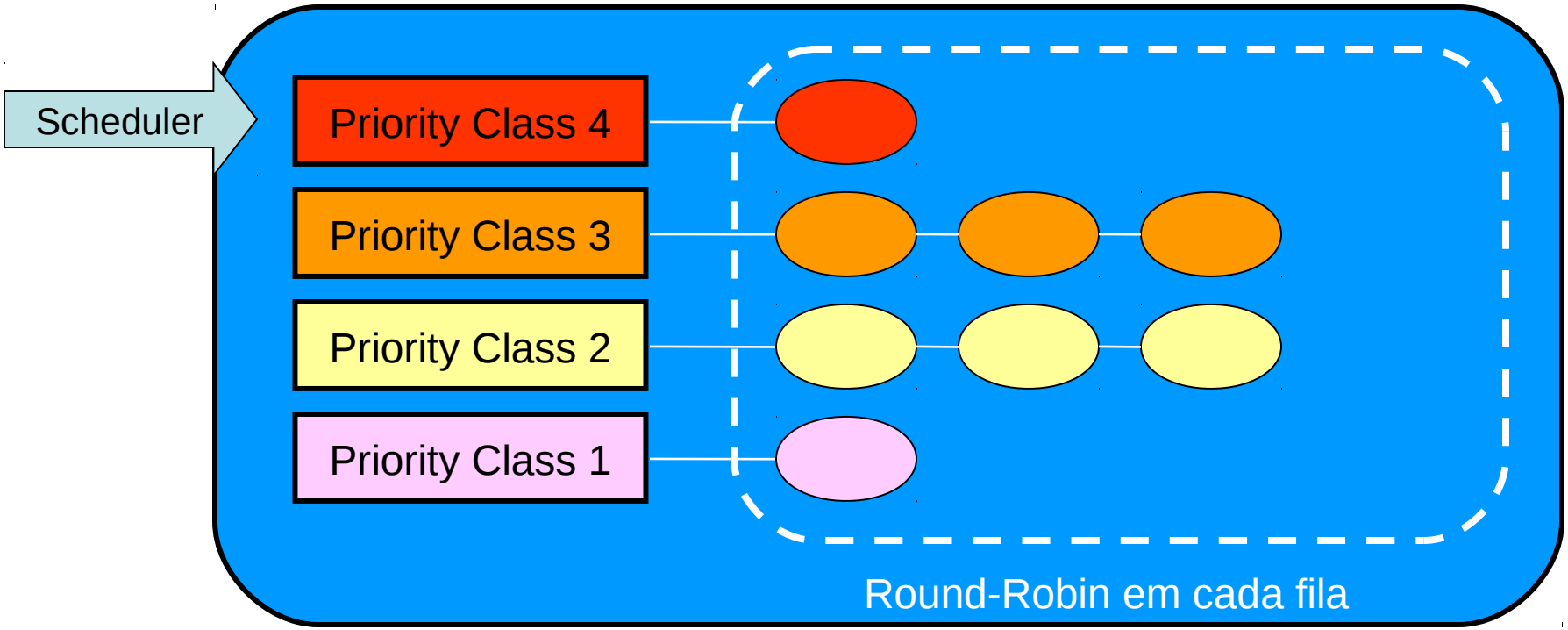
Escalonamento Prioridade Estática

- Quando não existe mais processos na Classe 4, os processos da Classe 3 serão escalonados.



Escalonamento Prioridade Estática

- Quando um processo de mais alta prioridade aparece,
  - O processo executando pode ser preemptado ou não.
  - Mas, eventualmente, o processo de mais alta prioridade deve ser escalonado.



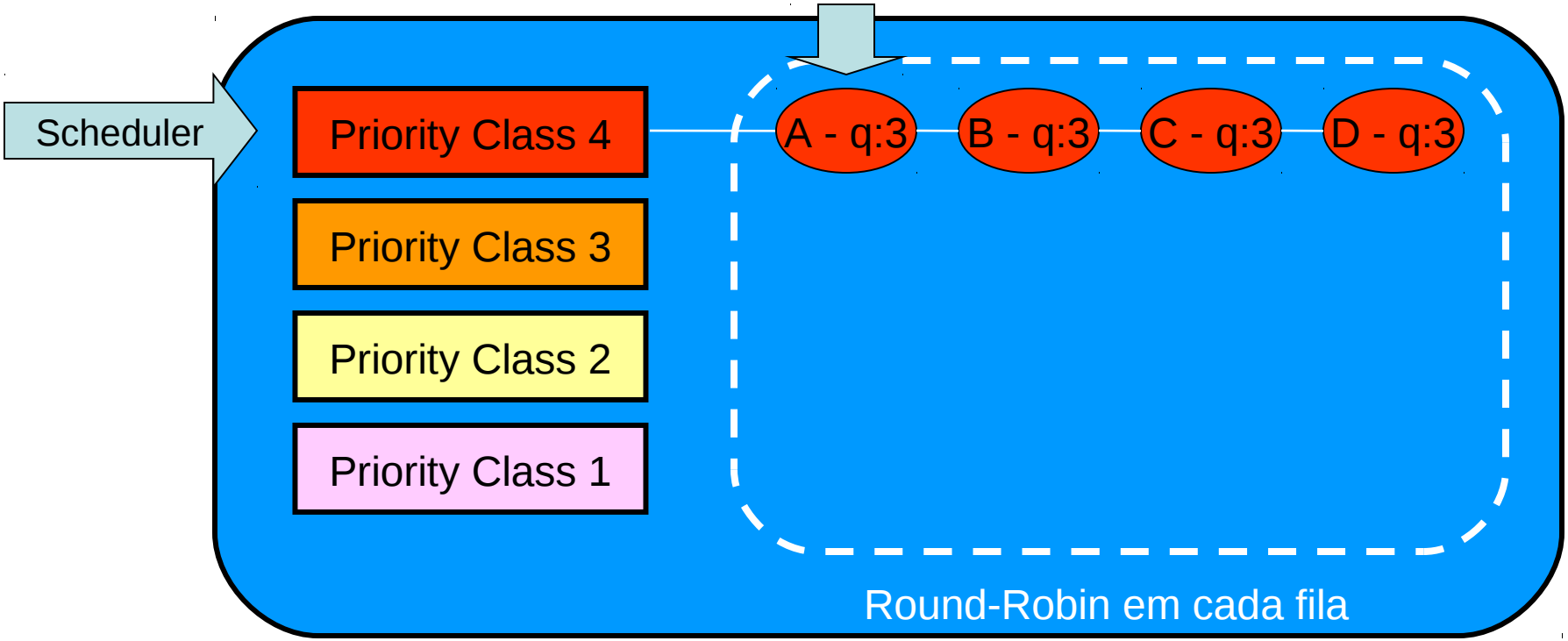
Escalonamento Prioridade Dinâmica

- Estudo de caso –
- Inicialização:
  - Todos processos iniciam na fila de mais alta prioridade;
  - Todos processos recebem o mesmo quantum, e quando os quanta são resetados, o valor é setado para ser o mesmo do valor inicial.
- Regras:
  - Um processo é preemptado somente quando seu quantum é usado ou quando o processo espera por E/S.
  - Quando um processo não esta usando a UCP, sua prioridade é mudada com base no seu quantum restante:

Nova prioridade = Num de prioridades – quantum usado.

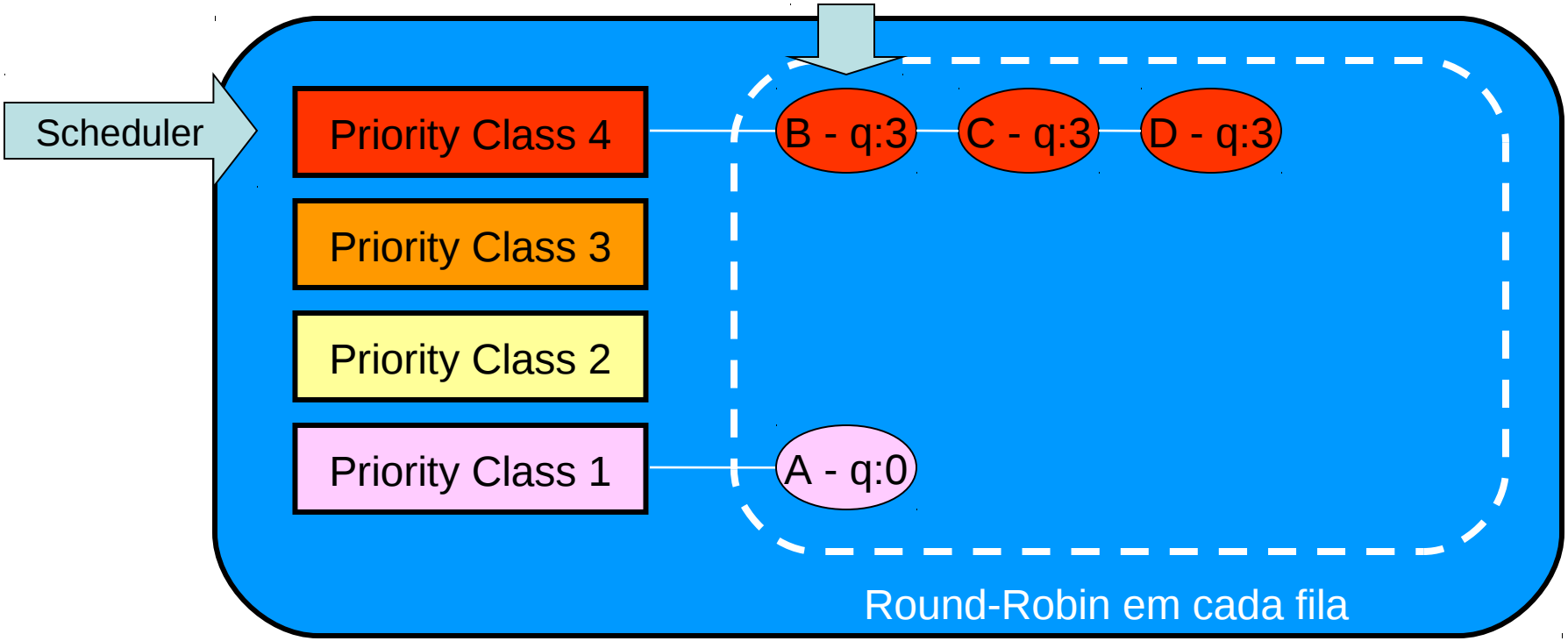
Escalonamento Prioridade Dinâmica

- Processo A é escalonado primeiro.
  - Processo A é um processo CPU-bound e irá usar todo seu quantum.



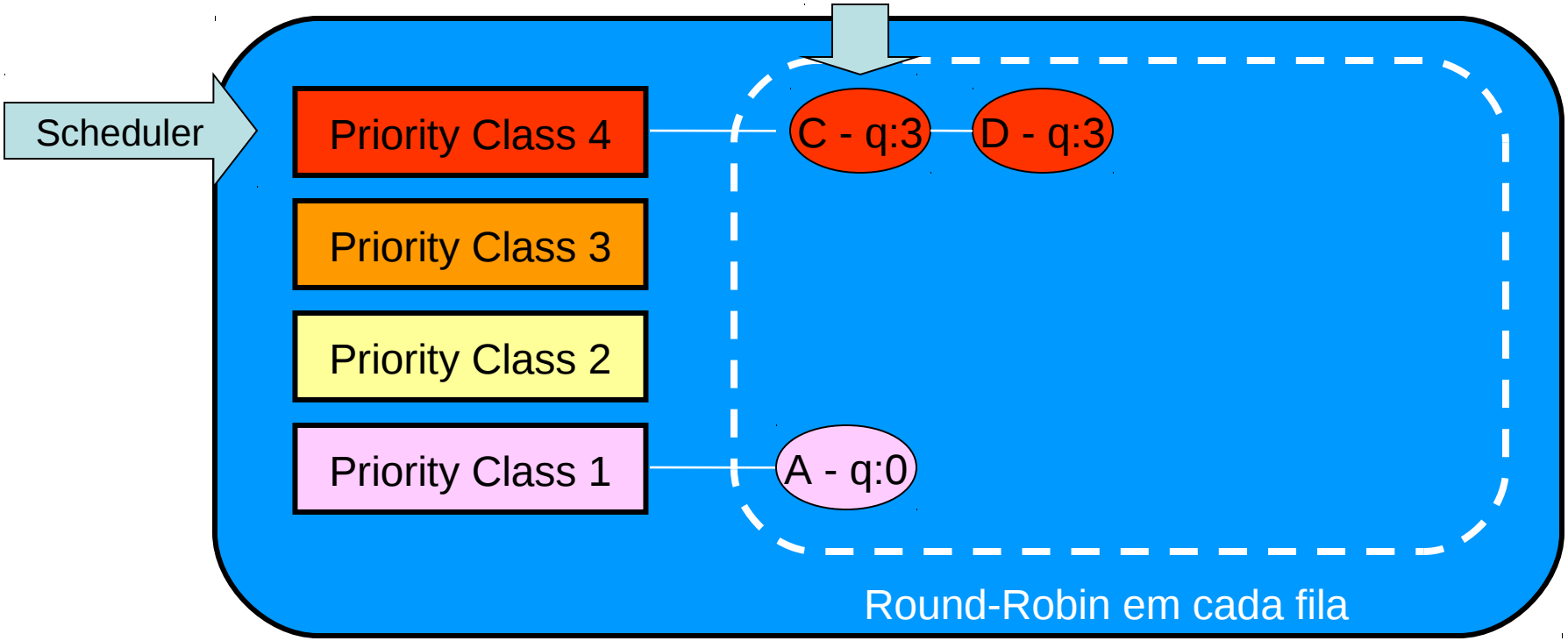
Escalonamento Prioridade Dinâmica

- Quando o Processo A esta fora da CPU, ele se torna um processo de Classe 1.
- Como existem processos na Classe 4, Processo B é escalonado.



Escalonamento Prioridade Dinâmica

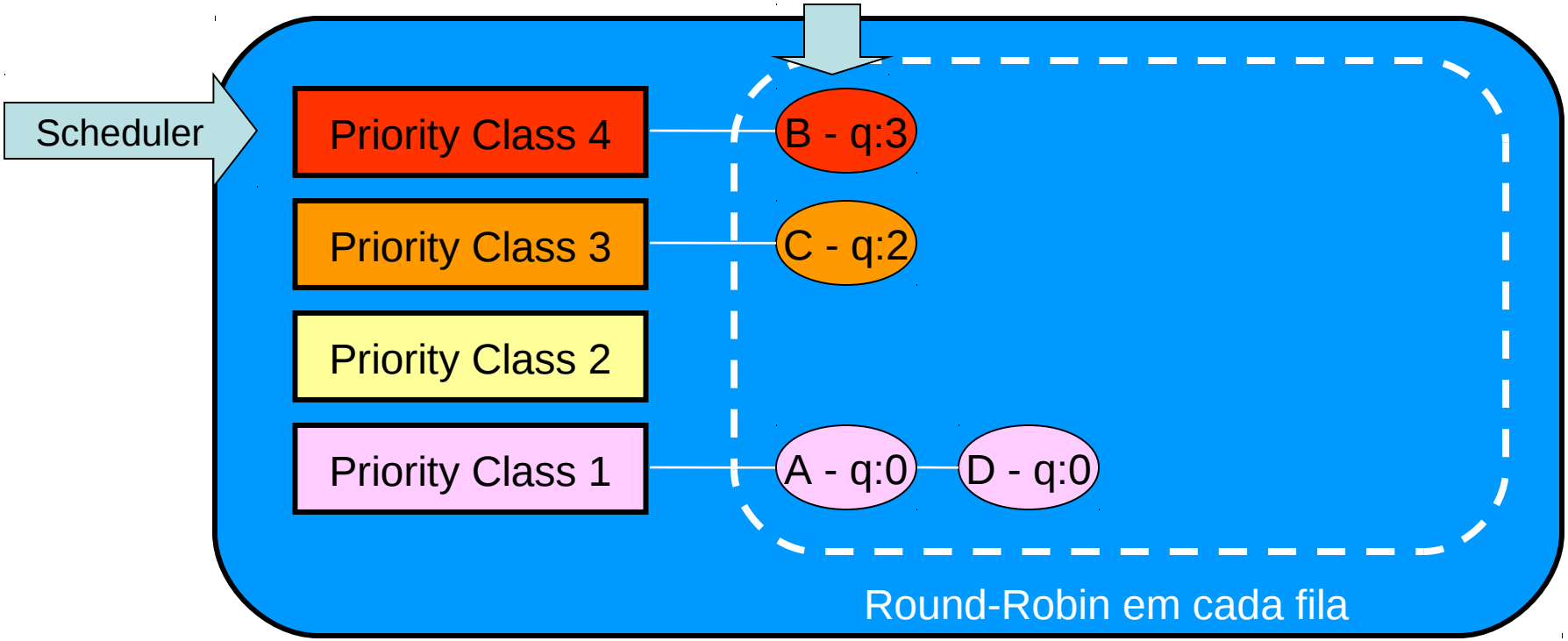
- Processo B é um processo I/O bound, e é bloqueado logo após iniciar sua execução.
  - Assim, ele é removido até que a E/S complete.



Escalonamento Prioridade Dinâmica

Processo B volta depois que o processo D termina.

Como B não usou o seu quantum antes, B é colocado na fila Classe 4.



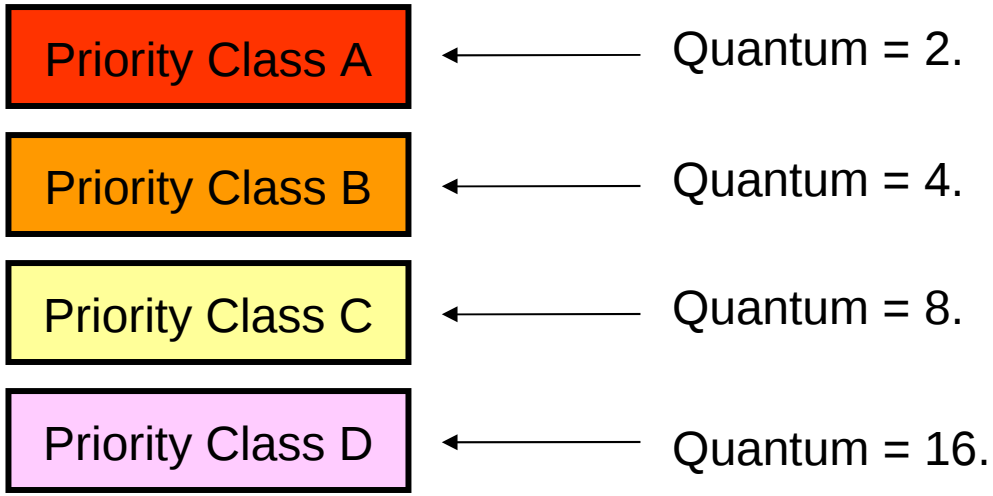
Escalonamento Prioridade Dinâmica

- Vantagem
  - Nenhum processo de alta prioridade pode executar por um período prolongado.
  - Processo de baixa prioridade não é postergado indefinidamente.
  - Processos I/O-bound tem prioridade mais alta para acessar a CPU.

Starve – "a process is starving"
Significa que o processo não tem uma chance de usar a CPU por um longo tempo.

Escalonamento com Multiplas Filas

- Similar ao algoritmo de escalonamento por prioridade, exceto:
  - Cada fila tem sua própria política. Ex.,
    - Cada fila tem um quantum.
    - A classe de mais alta prioridade tem o menor quantum.



Escalonamento com Multiplas Filas

- Vantagens
  - “punir” os processos CPU-bound, e dar aos processos I/O-bound a chance de executar.
  - Minimizar o numero de chaveamento de contexto para processos CPU-bound.
- Desvantagens
  - Quando um processo CPU-bound torna-se um processo interativo, não tem como aumentar sua prioridade.

Escalonamento UNIX Traditional

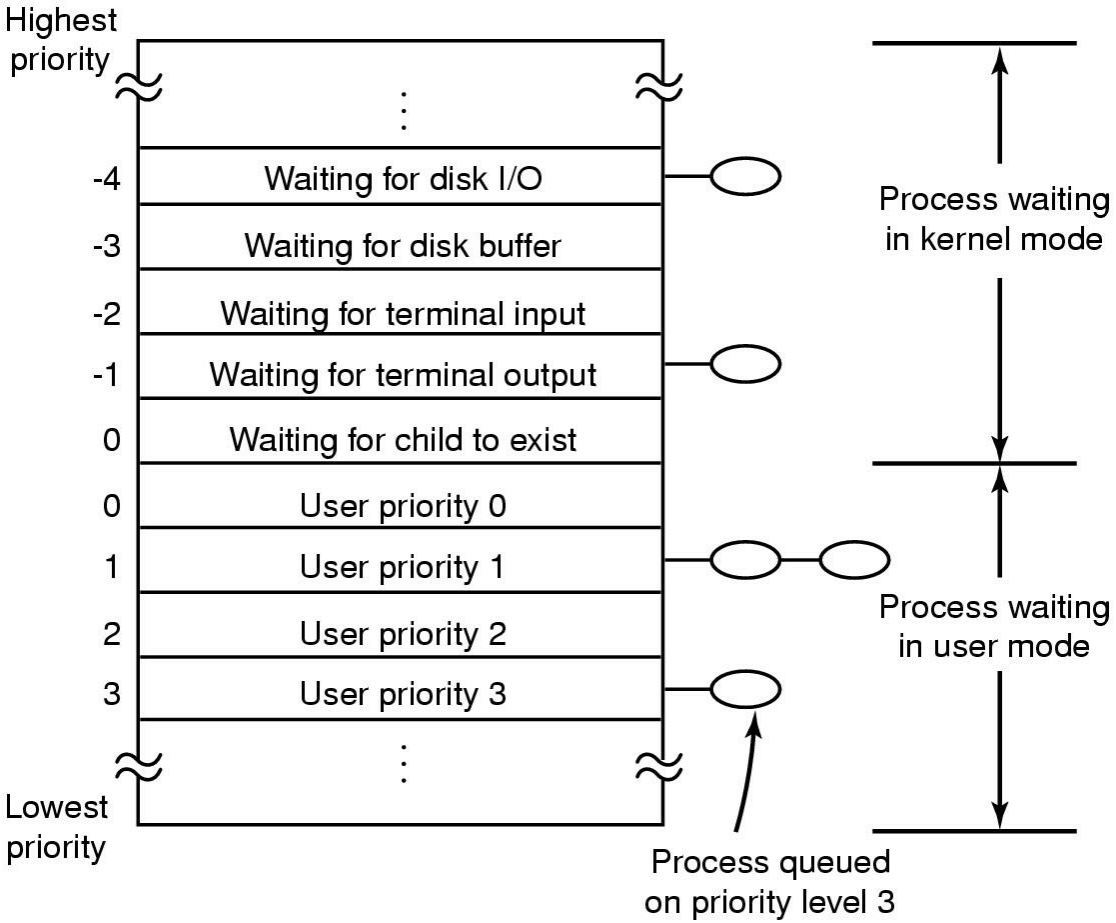
- Filas Multinível com feedback usando RR em cada uma das filas
- Prioridades são recalculadas uma vez por segundo
- Prioridade é baseada no tipo de processo e sua história de execução

$$P_j(i) = Base_j + (CPU_j / 2) + nice_j$$

$$CPU_j(i) = (U_j(i) / 2) + (CPU_j(i-1) / 2)$$

- Prioridade Base divide todos processos em faixas
- Fator de ajuste (CPU, nice) é usado para manter o processo na sua faixa (Base)

Escalonamento UNIX



O escalonador UNIX é baseado em uma estrutura de fila multinível

Escalonamento MINIX 3

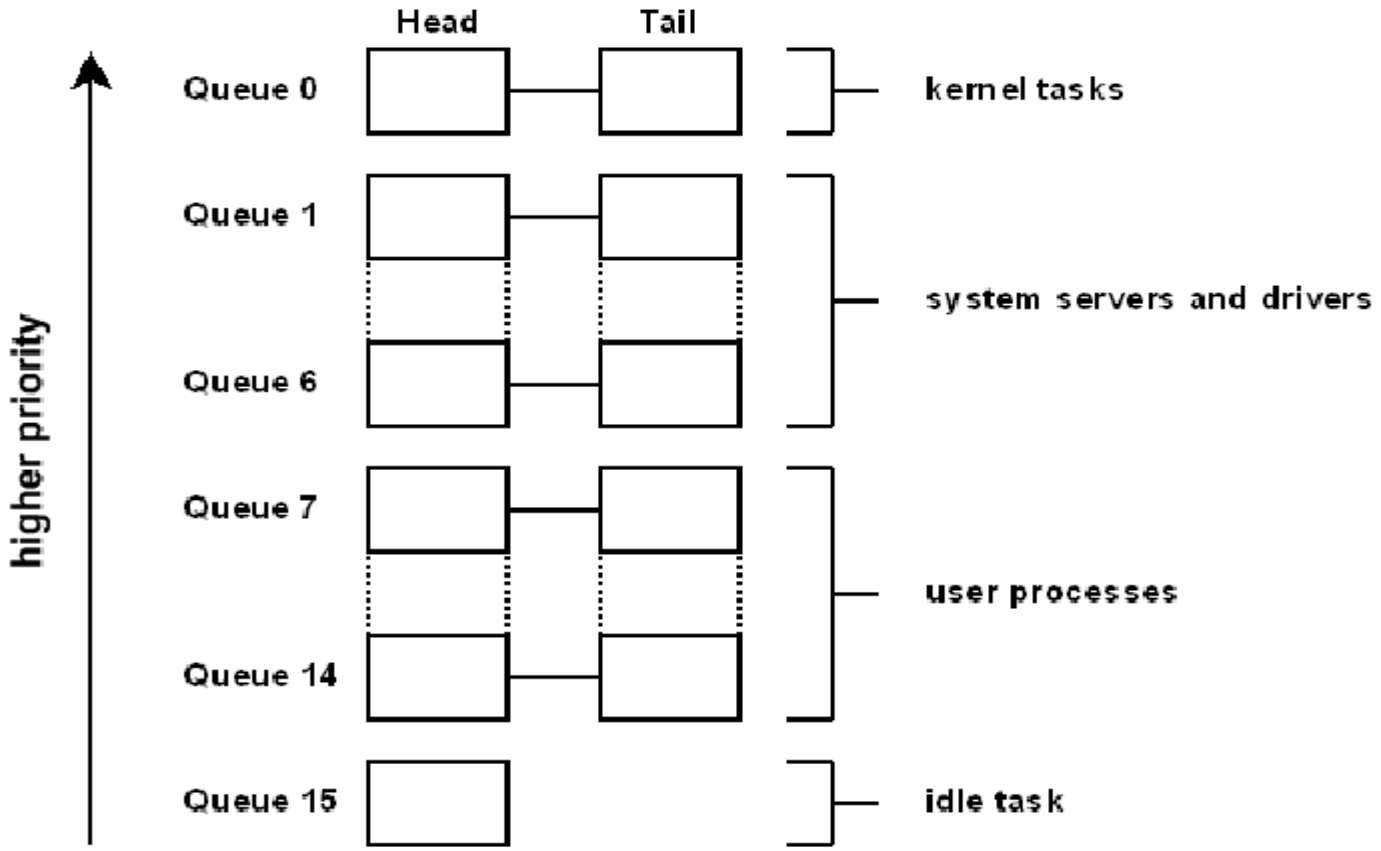


Figure 1: Scheduling queues in Minix 3.

O escalonador MINIX 3 é baseado em uma estrutura de fila multinível, com round-robin.

Outras políticas

- *Escalonamento por loteria*
  - Ideia básica é dar bilhetes de loteria aos processos cujo prêmio é tempo de UCP. Na decisão de escalonamento um bilhete é escolhido aleatóriamente. Aos processos mais importantes pode ser atribuído bilhetes extras, aumentando sua probabilidade de ser escolhido.
- *Escalonamento por fração justa (fair-share)*
  - Considera a propriedade do processo antes de escalonar. Cada usuário obtém um percentual de utilização independente do numero de processos que pertencem a ele.

MultiProcessador

- Quando se tem múltiplas UCPs o problema de escalonamento torna-se mais complexo.
- Processadores de um multiprocessador são idênticos (homogêneo)
  - qualquer processador que esteja disponível, pode ser usado para executar qualquer processo da fila. A questão que se deve resolver é se a atribuição deve ser estática ou dinâmica
- *Load sharing*
  - Cada processador é auto escalonado, ou seja, cada processador examina a fila de prontos comum e seleciona um processo para executar, sendo que desta forma devemos assegurar que dois processadores não irão escolher o mesmo processo.
- *Multiprocessamento assimétrico*
  - Apontar um processador como escalonador dos outros criando uma estrutura mestre - escravo. Somente um processador acessa as estruturas de dados do sistema, sem necessidade de compartilhar dados.
- Gang Scheduling
  - Algoritmo de escalonamento para multiprocessadores onde são escalonados threads/processos relacionados para executar em diferentes processadores

Tempo-Real

- *Hard real-time – task* é tarefa crítica que deve ser completada dentro de um tempo determinado e isto tem que ser garantido.
- *Soft real-time – tasks* são menos restritivos, requerem que os processos críticos recebam as prioridades maiores.
- Eventos podem ser *periódicos* ou *aperiódicos.*
  - *Periódicos é possível calcular se o sistema é escalonável a partir do somatório das frações C/P dos m eventos*
- O importante é que todas as tarefas hard sejam completadas em seus deadlines e que tanto quanto possível as tarefas soft também sejam completadas.
  - *Abordagens estáticas dirigidas por tabelas*
  - *Abordagens estáticas com preempção dirigidas por prioridade*
  - *Abordagens dinâmicas baseadas em planejamento*
  - *Abordagens dinâmicas baseadas no melhor esforço*