Aula 10: Gerenciamento de Processos

Professor(a): Virgínia Fernandes Mota
http://www.dcc.ufmg.br/∼virginiaferm

OCS (TEORIA) - SETOR DE INFORMÁTICA

Conceitos básicos

- Máxima utilização da CPU obtida com a multiprogramação;
- Ciclo do burst de CPU e E/S - A execução de um processo consiste em um ciclo de execução da CPU e espera por E/S;
- Distribuição dos *bursts* de CPU de um ou mais processos ao longo do tempo;

Processos

- Multiprogramação $\rightarrow$ Pseudoparalelismo: coleção de processos sendo executados alternadamente na CPU;
- Um processo é caracterizado por um programa em execução, mas existe uma diferença sutil entre processo e programa:
  - Um processo pode ser composto por vários programas, dados de entrada, dados de saída e um estado (executando, bloqueado, pronto)

Criando processos

- Processos precisam ser criados e finalizados a todo o momento:
  - Na inicialização do sistema;
  - Na execução de uma chamada ao sistema de criação de processo realizada por algum processo em execução;
  - Na requisição de usuário para criar um novo processo;
  - Na inicialização de um processo em *batch* (em *mainframes* com sistemas de *batch*).

Criando processos

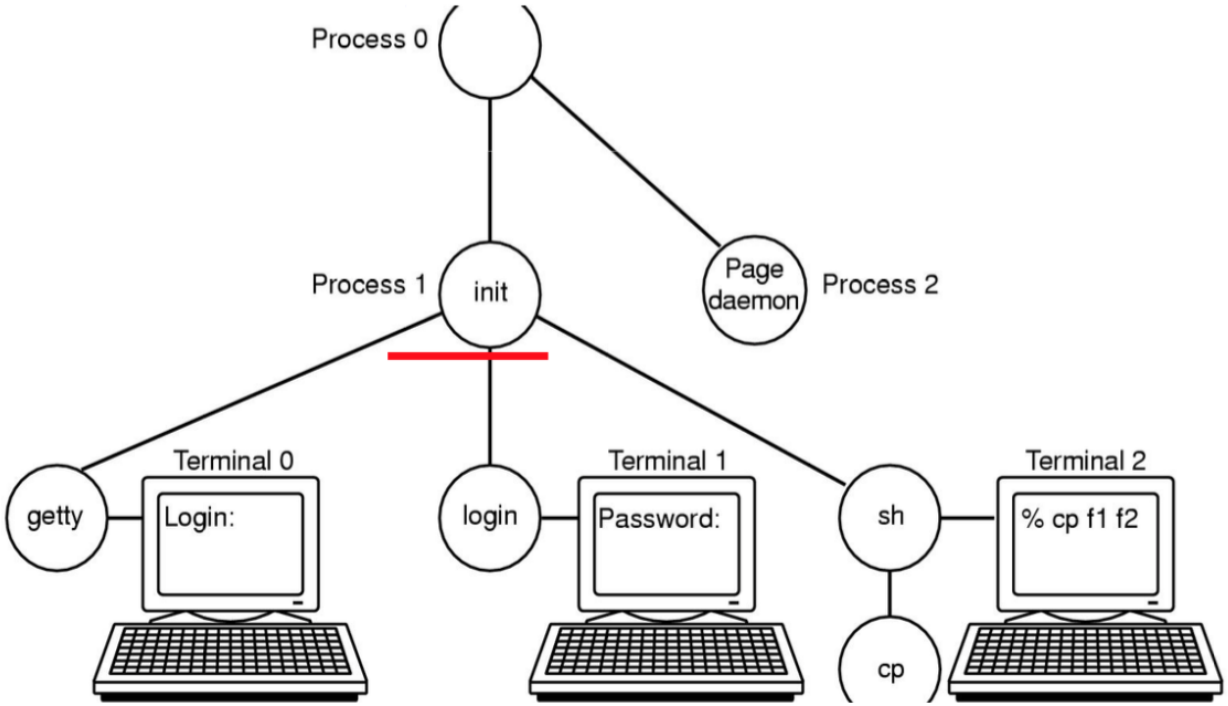
- Processos podem ser de duas formas;
- Específicos para usuários específicos:
  - Leitura de um arquivo;
  - Iniciar um programa (linha de comando ou um duplo clique no mouse);
- Com funções específicas, que independem de usuários, que são criados pelo sistema operacional e que são processados em segundo plano (*daemons*):
  - Recepção e envio de emails;
  - Serviços de Impressão;

Criando processos

- **UNIX**: Fork
  - Cria um processo idêntico (filho) ao processo que a chamou (pai), possuindo a mesma imagem de memória, as mesmas cadeias de caracteres no ambiente e os mesmos arquivos abertos;
  - Depois, o processo filho executa uma chamada para mudar sua imagem de memória e executar um novo programa.
- **Windows**: CreateProcess
  - Uma única função trata tanto do processo de criação quanto da carga do programa correto no novo processo.

Criando processos

- Exemplo UNIX $\rightarrow$ Processo init: gera vários processos filhos para atender os vários terminais que existem no sistema;



Outros processos são gerados nos terminais

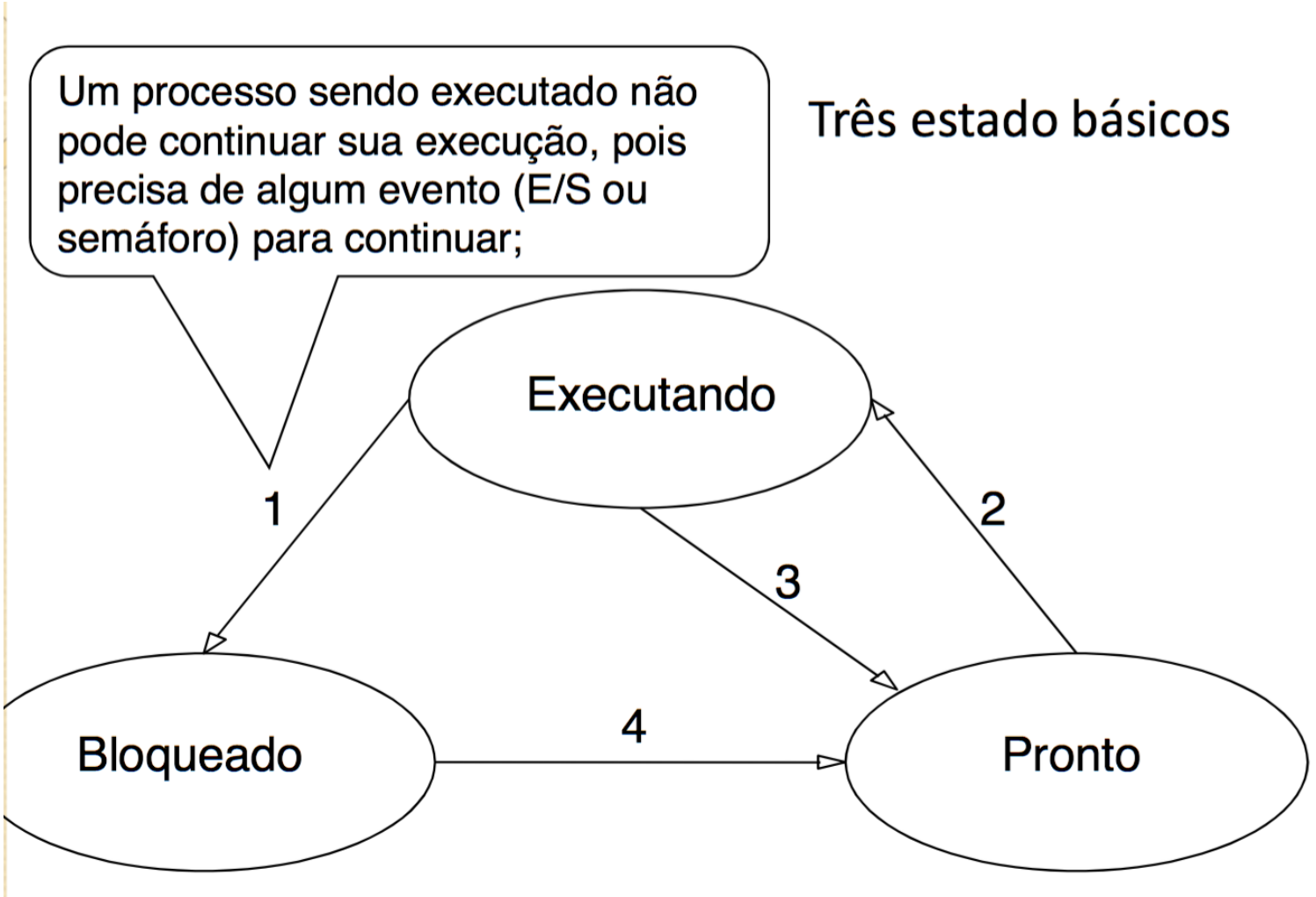
Finalizando processos

- Condições:
  - **Término normal (voluntário)**: A tarefa a ser executada é finalizada; Chamadas: exit (UNIX) e ExitProcess (Windows).
  - **Término com erro (voluntário)**: O processo sendo executado não pode ser finalizado, por exemplo, o comando gcc filename.c resultará em erro, caso o arquivo filename.c não exista;

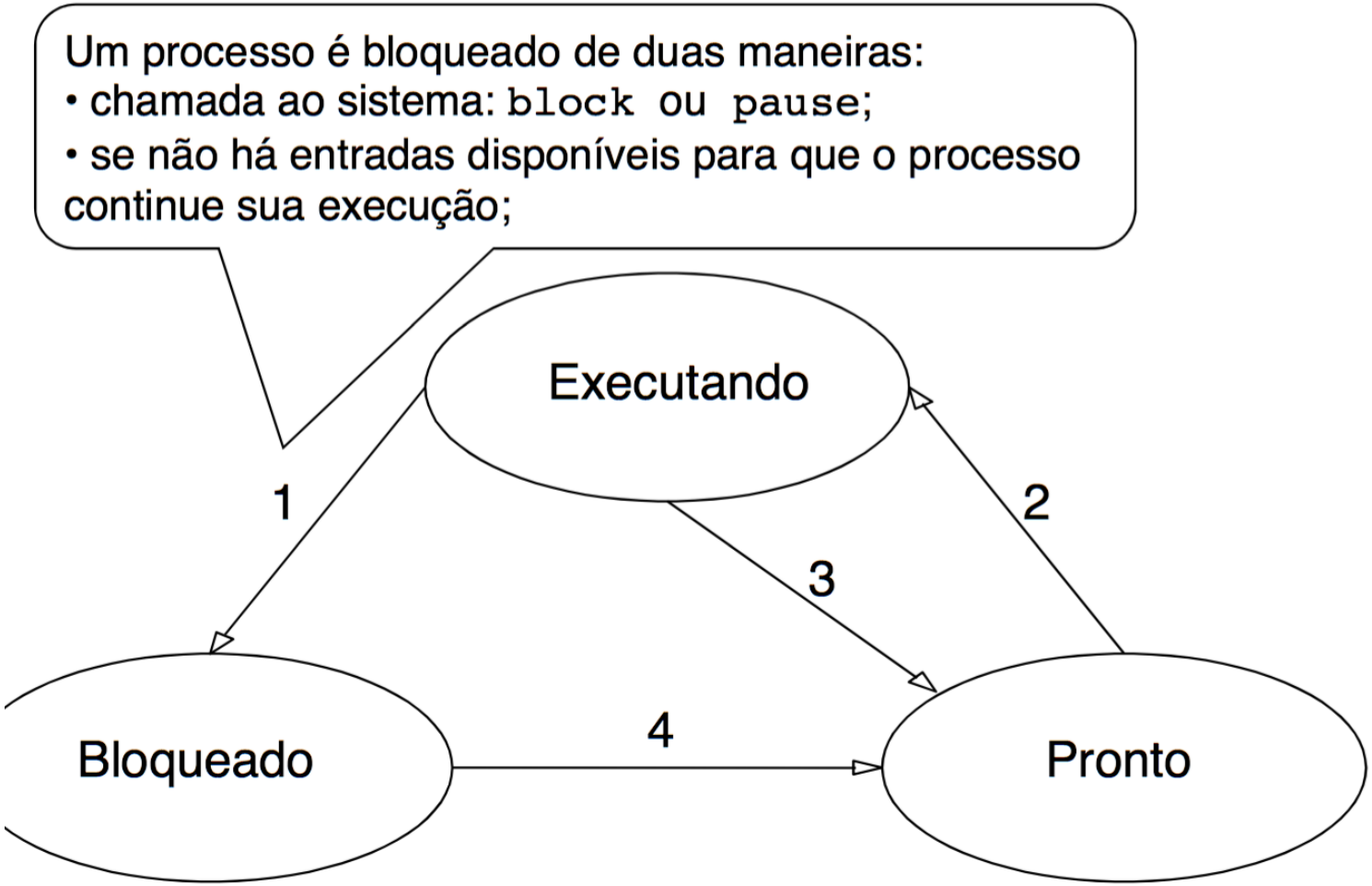
Finalizando processos

- Condições (continuação):
  - **Término com erro fatal (involuntário)**: Erro causado por algum erro no programa (*bug*):
    - Divisão por 0 (zero);
    - Referência à memória inexistente ou não pertencente ao processo;
    - Execução de uma instrução ilegal;
  - **Término causado por algum outro processo (involuntário)**: Kill (UNIX) e TerminateProcess (Windows);

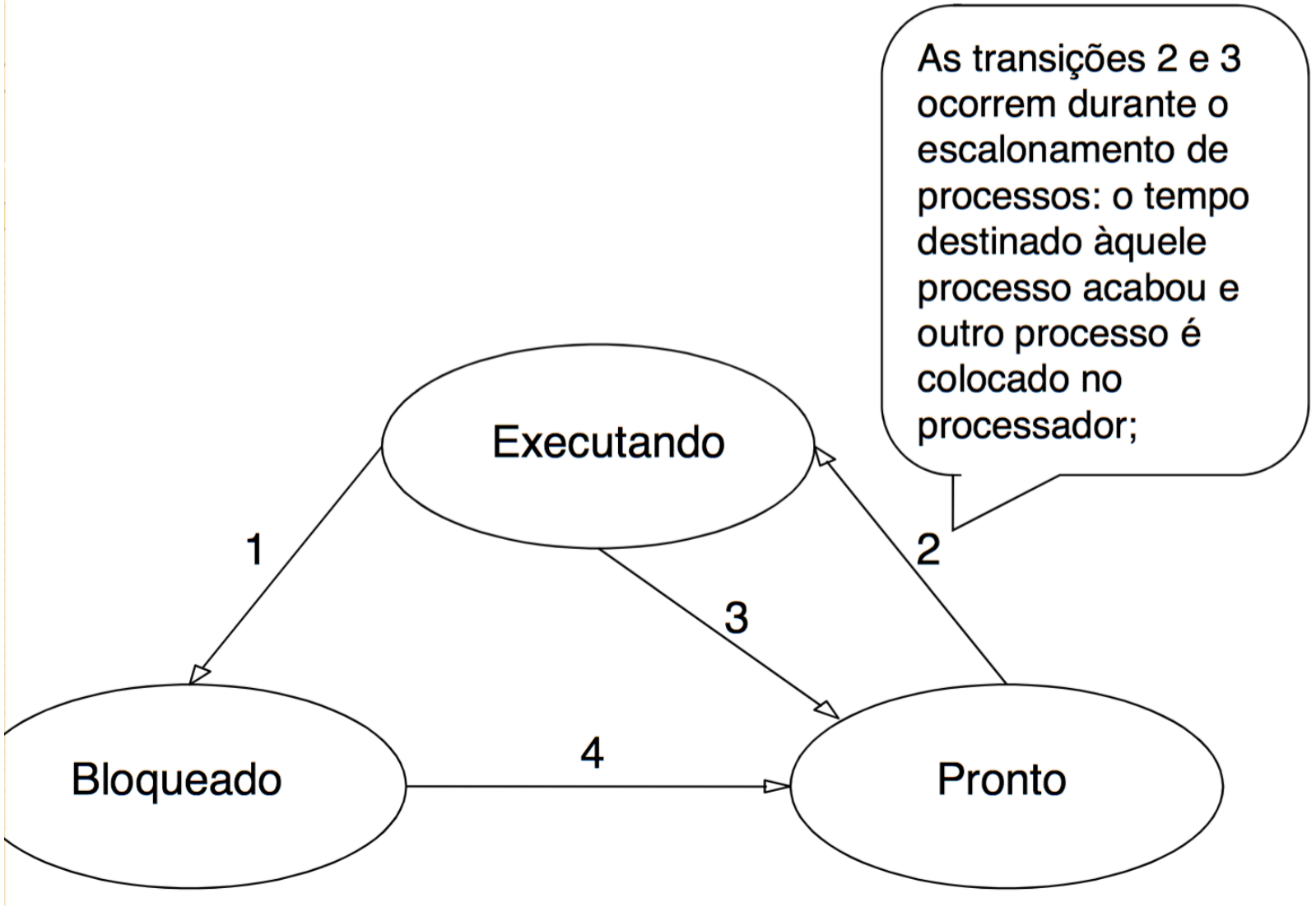
Estados de processos



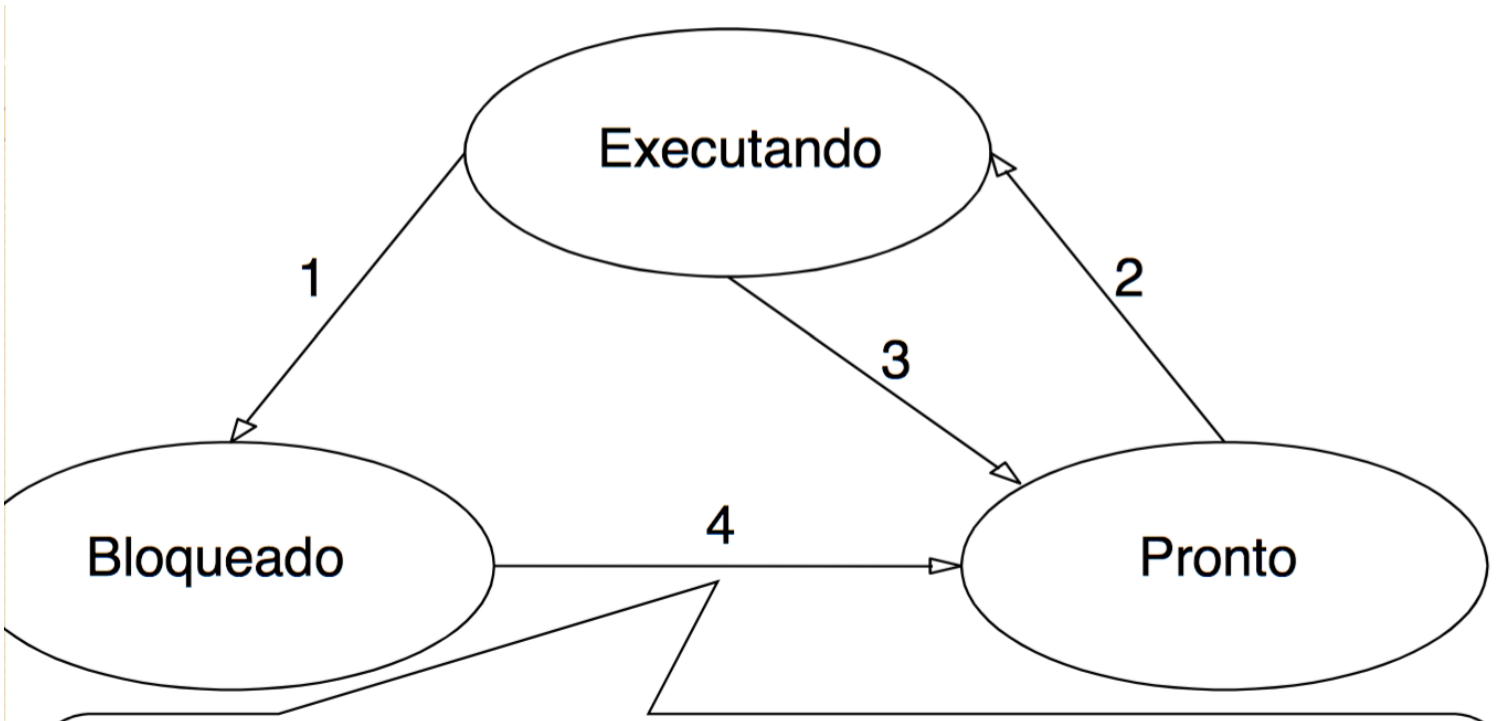
Estados de processos



Estados de processos



Estados de processos

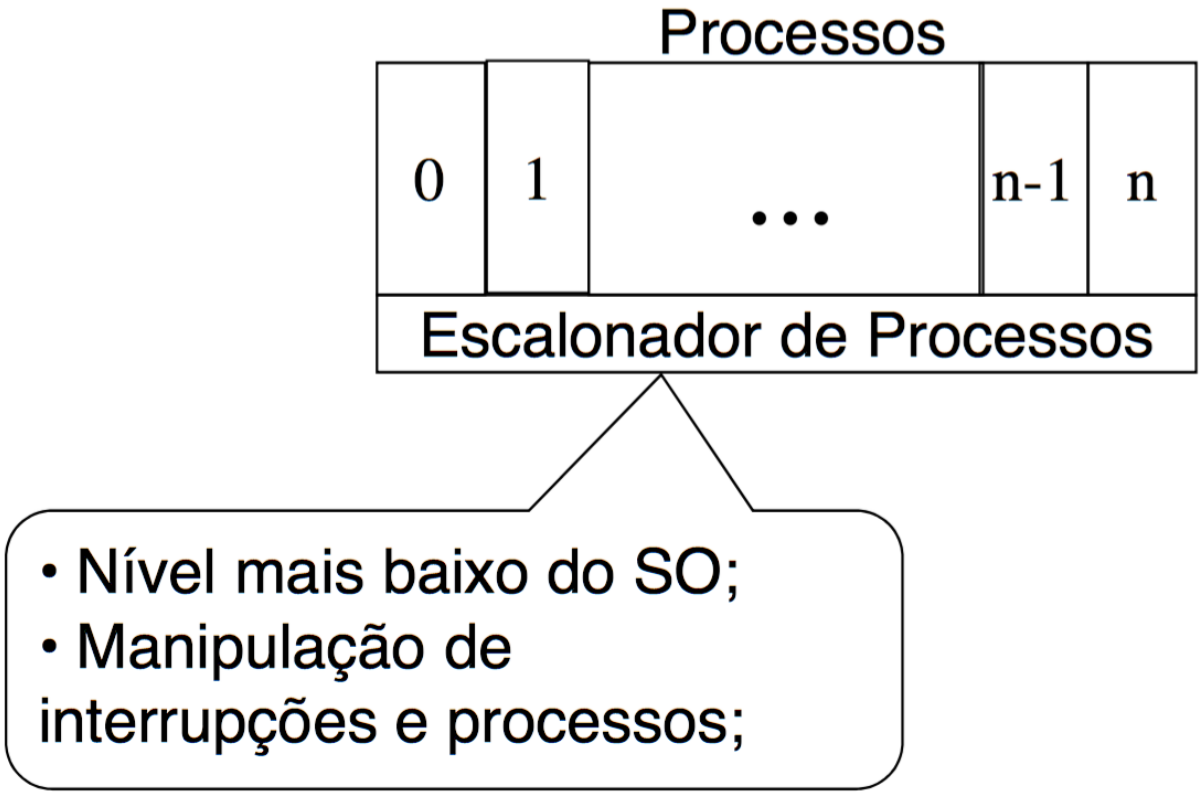


A transição 4 ocorre quando o evento esperado pelo processo bloqueado ocorre:

- se o processador está parado, o processo é executado imediatamente (2);
- se o processador está ocupado, o processo deve esperar sua vez;

- Processos *CPU-bound* (orientados à CPU): processos que utilizam muito o processador;
  - Tempo de execução é definido pelos ciclos de processador;
- Processos *I/O-bound* (orientados à E/S): processos que realizam muito E/S;
  - Tempo de execução é definido pela duração das operações de E/S;
- **IDEAL**: existir um balanceamento entre processos *CPU-bound* e *I/O-bound*;

Escalonador de Processos



Implementação de Processos

- Tabela de Processos:
  - Cada processo possui uma entrada;
  - Cada entrada possui um ponteiro para o bloco de controle de processo (BCP) ou descritor de processo;
  - BCP possui todas as informações do processo $\rightarrow$ contextos de hardware, software, endereço de memória, etc.;

Implementação de Processos

Process management	**Memory management**	**File management**
Registers	Pointer to text segment	Root directory
Program counter	Pointer to data segment	Working directory
Program status word	Pointer to stack segment	File descriptors
Stack pointer		User ID
Process state		Group ID
Priority		
Scheduling parameters		
Process ID		
Parent process		
Process group		
Signals		
Time when process started		
CPU time used		
Children's CPU time		
Time of next alarm		

Algumas informações do BCP

Escalonamento de Processos

- O **escalonador de processos** é responsável por escolher o processo que será executado pela CPU;
- O escalonamento é realizado com o auxílio do hardware;
- O escalonador deve se preocupar com a eficiência da CPU, pois o chaveamento de processos é complexo e custoso (afeta desempenho do sistema e satisfação do usuário);
- O escalonador de processo é um processo que deve ser executado quando da **mudança de contexto (troca de processo - troca de contexto)**;

Escalonamento de Processos

- Situações nas quais escalonamento é necessário:
  - Um novo processo é criado;
  - Um processo terminou sua execução e um processo pronto deve ser executado;
  - Quando um processo é bloqueado (semáforo, dependência de E/S), outro deve ser executado;
  - Quando uma interrupção de E/S ocorre o escalonador deve decidir por: executar o processo que estava esperando esse evento; continuar executando o processo que já estava sendo executado ou executar um terceiro processo que esteja pronto para ser executado;

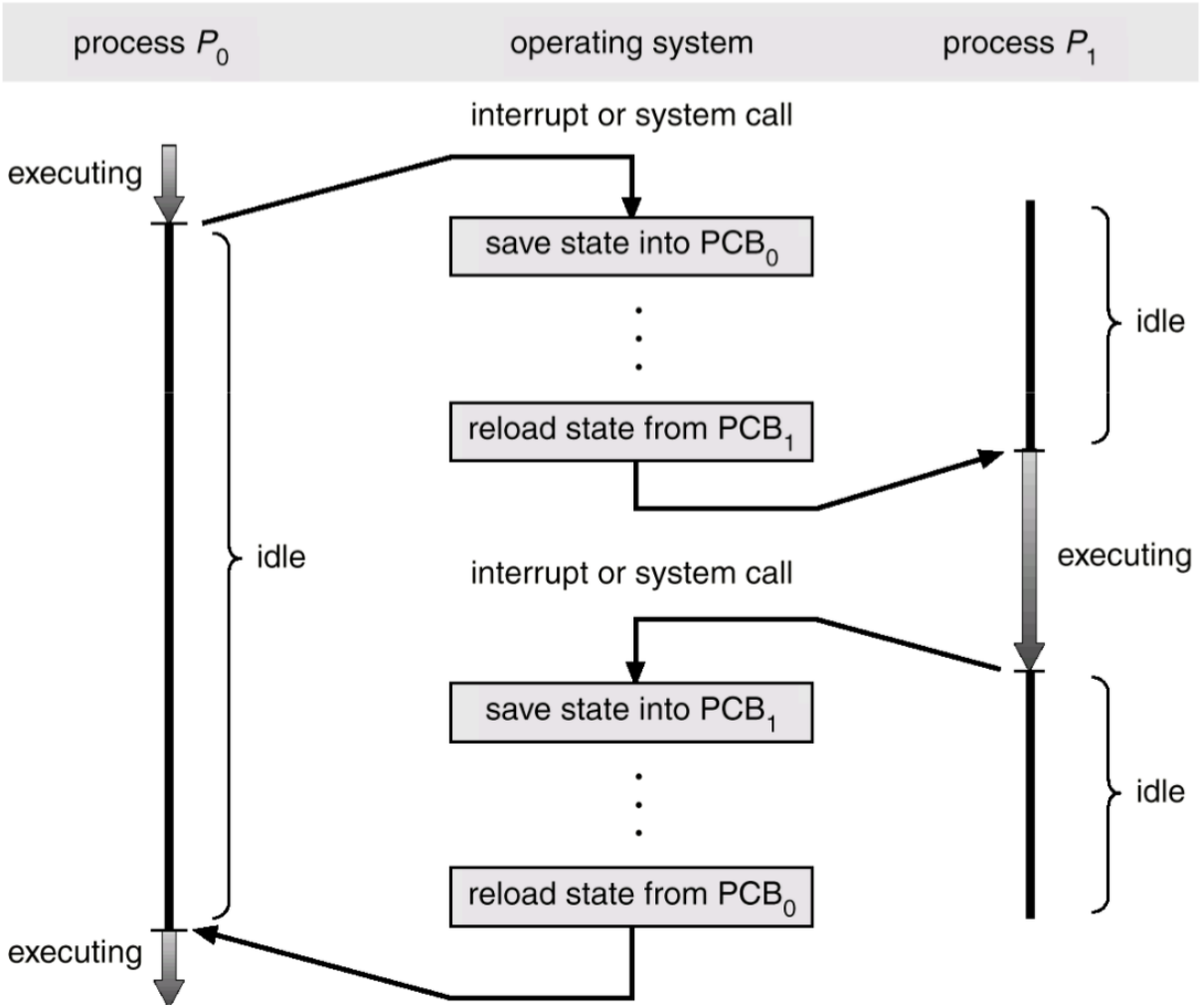
Escalonamento de Processos

- Hardware de relógio fornece interrupções de relógio e a decisão do escalonamento pode ser tomada a cada interrupção ou a cada k interrupções;
- Algoritmos de escalonamento podem ser divididos em duas categorias dependendo de como essas interrupções são tratadas:
  - **Preemptivo**: escolhe um processo e o deixa executando por um tempo máximo;
  - **Não-preemptivo**: estratégia de permitir que o processo que está sendo executado continue sendo executado até ser bloqueado por alguma razão (semáforos, operações de E/S, interrupção) ou que libere a CPU voluntariamente;

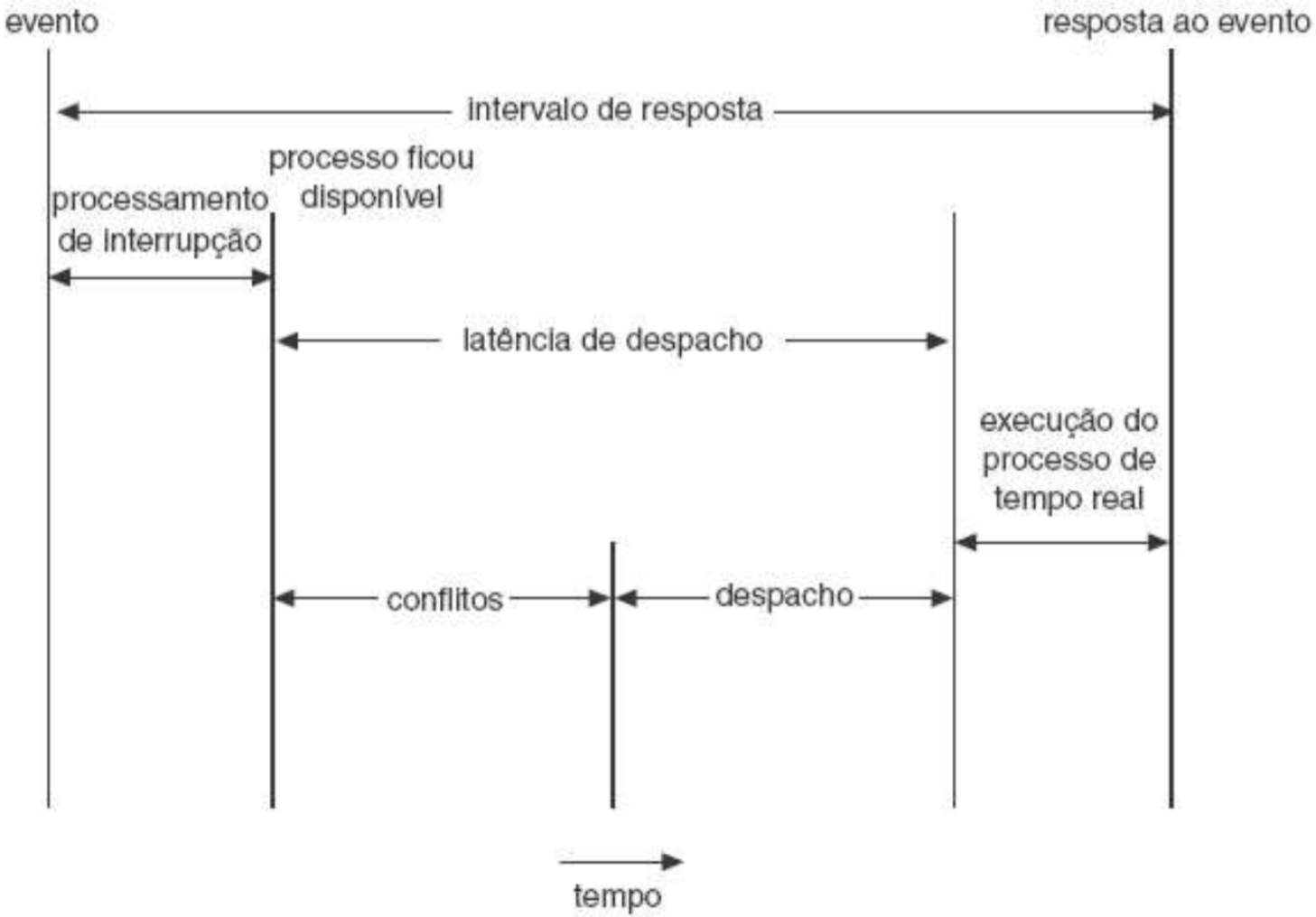
Escalonamento de Processos

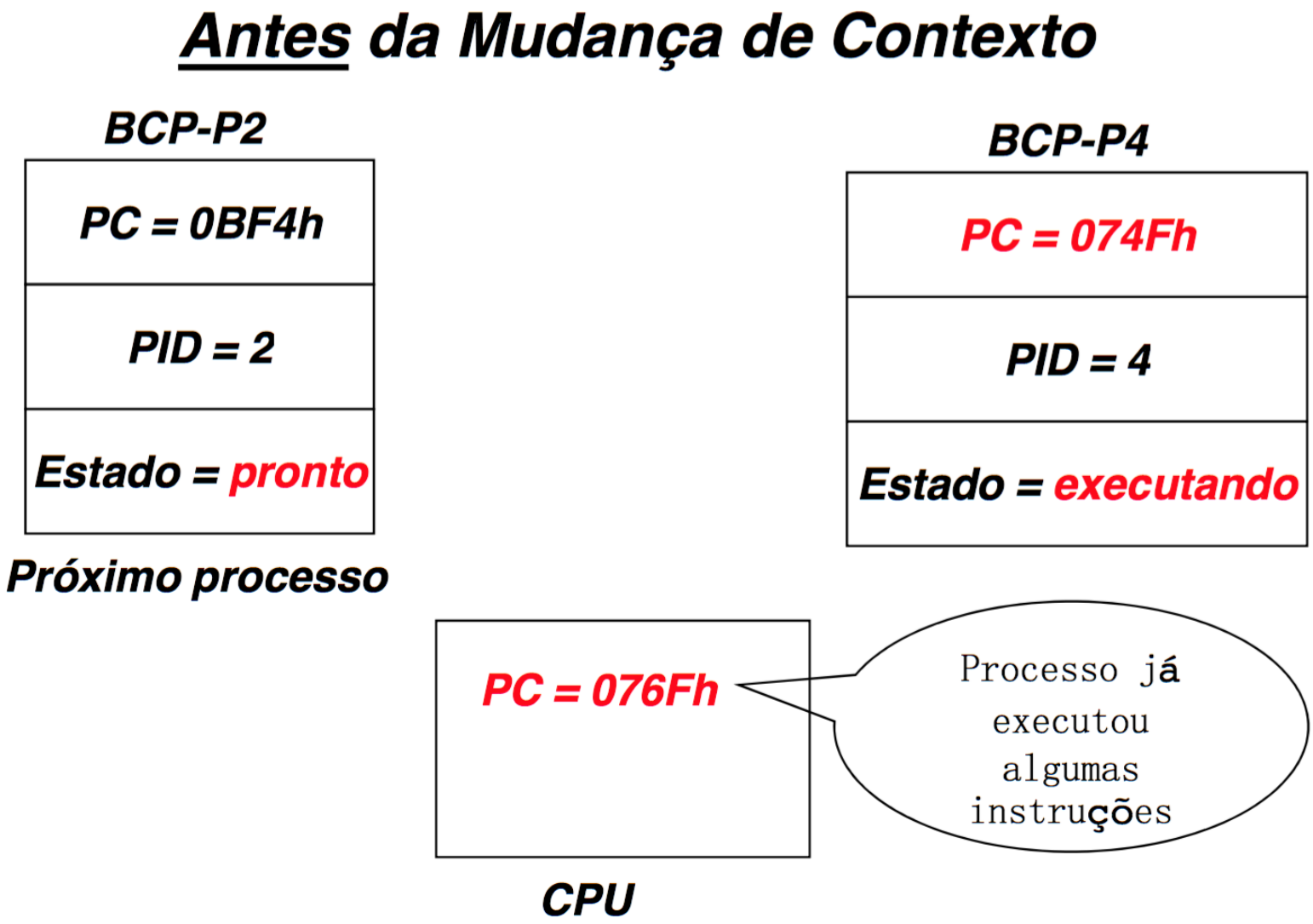
- Mudança de contexto:
  - Overhead de tempo;
  - Tarefa cara:
    - Salvar as informações do processo que está deixando a CPU em seu BCP $\rightarrow$ conteúdo dos registradores;
    - Carregar as informações do processo que será colocado na CPU $\rightarrow$ copiar do BCP o conteúdo dos registradores;

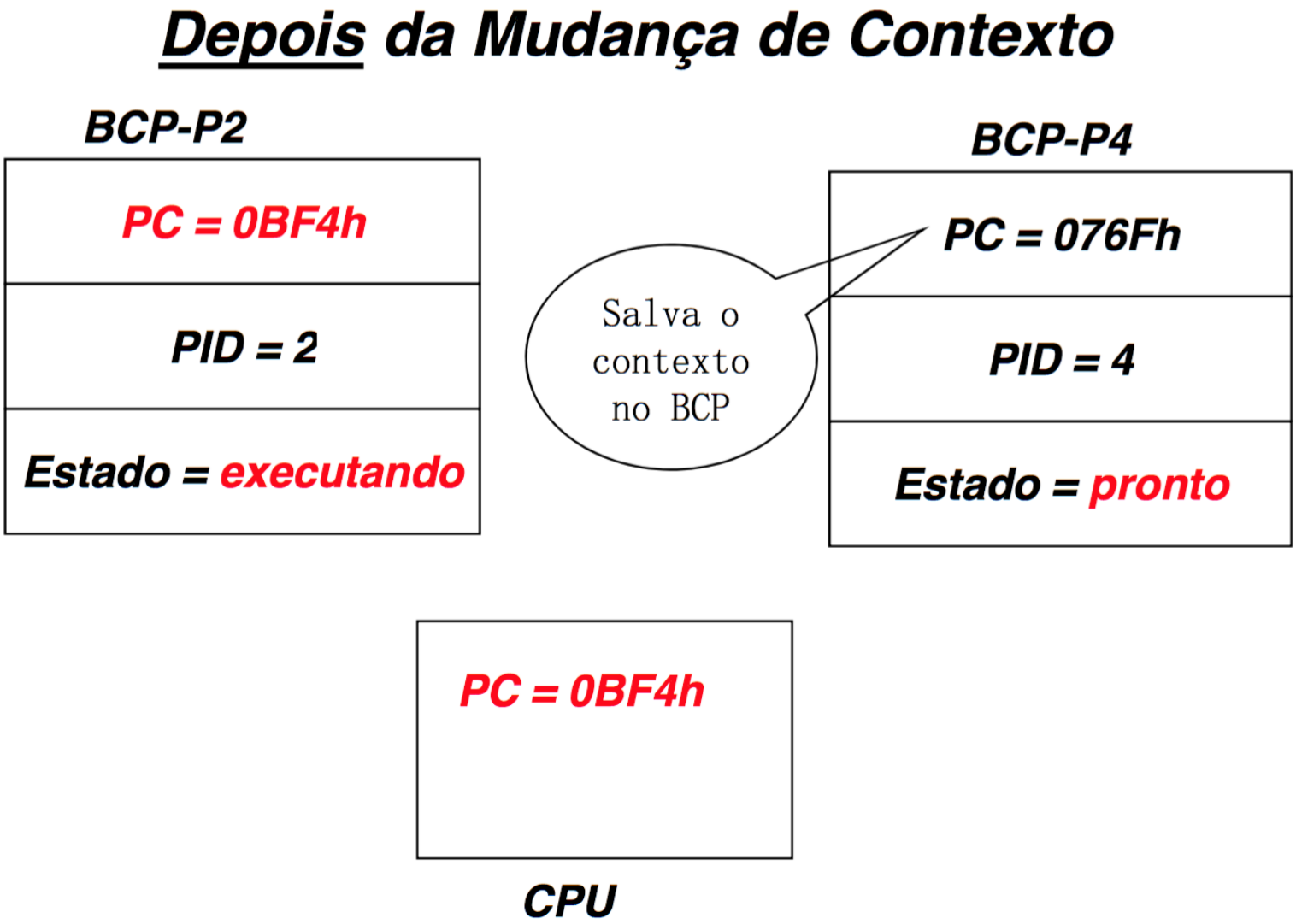
Troca de contexto entre processos



Latência do despacho




Antes da Mudança de Contexto
BCP-P2
PC = 0BF4h
PID = 2
Estado = pronto
Próximo processo
BCP-P4
PC = 074Fh
PID = 4
Estado = executando
PC = 076Fh
Processo já executou algumas instruções
CPU


Depois da Mudança de Contexto
BCP-P2
PC = 0BF4h
PID = 2
Estado = executando
Salva o contexto no BCP
BCP-P4
PC = 076Fh
PID = 4
Estado = pronto
PC = 0BF4h
CPU

Escalonamento de processos

- Categorias de Ambientes:
  - **Sistemas em Batch**: usuários não esperam por respostas rápidas; algoritmos não-preemptivos ou preemptivos com longo intervalo de tempo;
  - **Sistemas Interativos**: interação constante do usuário; algoritmos preemptivos; Processo interativa $\rightarrow$ espera comando e executa comando;
  - **Sistemas em Tempo Real**: processos são executados mais rapidamente, pois o tempo é crucial $\rightarrow$ sistemas críticos;

Escalonamento de processos

- Características de algoritmos de escalonamento:
  - **Justiça (Fairness)**: cada processo deve receber uma parcela justa de tempo da CPU;
  - **Balanceamento**: diminuir a ociosidade do sistema;
  - **Políticas do sistema**: prioridade de processos;

Escalonamento de processos

- Sistemas em Batch:
  - **Vazão (*throughput*)**: maximizar o número de jobs executados por hora;
  - **Tempo de retorno (*turnaround time*)**: tempo no qual o processo espera para ser finalizado;
  - **Eficiência**: CPU deve estar 100% do tempo ocupada;
- Sistemas Interativos:
  - **Tempo de resposta**: tempo esperando para iniciar execução;
  - **Proporcionalidade**: satisfação do usuários;
- Sistemas em Tempo Real:
  - **Cumprimento dos prazos**: prevenir perda de dados;
  - **Previsibilidade**: prevenir perda da qualidade dos serviços oferecidos;

Escalonamento de processos

- Seleciona um processo, entre os presentes na memória que estão prontos para execução, e o aloca à CPU;
- As decisões de escalonamento de CPU podem ocorrer quando um processo:
  1. Passa do estado executando para o estado esperando;
  2. Passa do estado executando para o estado pronto;
  3. Passa do estado esperando para o estado pronto;
  4. Termina.
- O escalonamento nos casos 1 e 4 é não-preemptivo;
- Todos os outros escalonamentos podem ser preemptivos;

Despachador (*dispatcher*)

- O despachador passa o controle da CPU ao processo selecionado pelo escalonador de curto prazo; isso envolve:
  - Troca do contexto;
  - Troca do modo do usuário;
  - Desvio para o local apropriado no programa do usuário a fim de reiniciar esse programa.
- Latência de despacho - tempo gasto para o despachante interromper um processo e iniciar a execução de outro

Critérios de Escalonamento

- Utilização de CPU - mantém a CPU ocupada pelo máximo de tempo possível;
- Vazão - número de processos que são completados por unidade de tempo;
- Turnaround - o tempo necessário para executar um determinado processo;
- Tempo de espera - tempo que um processo gasta esperando na fila de prontos;
- Tempo de resposta - tempo percorrido desde que uma requisição é submetida até a primeira resposta produzida, não até a saída (para ambiente de tempo compartilhado);

Critérios de Otimização

- Utilização de CPU máxima;
- Throughput máxima;
- Turnaround mínimo;
- Tempo de espera mínimo;
- Tempo de resposta mínimo.

Escalonamento "First-come, first-served"(FCFS)

- Suponha que o processo chegue na ordem P1, P2, P3, com burst 24, 3, 3, respectivamente. O diagrama de Gantt para o escalonamento será:

Tempo de espera para P1 = 0; P2 = 24; P3 = 27
Tempo de espera médio: (0 + 24 + 27)/3 = 17

Escalonamento "First-come, first-served"(FCFS)

- Suponha que o processo chegue na ordem P2 , P3 , P1. O diagrama de Gantt para o escalonamento será:

Tempo de espera para P1 = 6; P2 = 0; P3 = 3
Tempo de espera médio: (6 + 0 + 3)/3 = 3

- Muito melhor do que no caso anterior
- Efeito comboio - processo curto atrás de processo longo

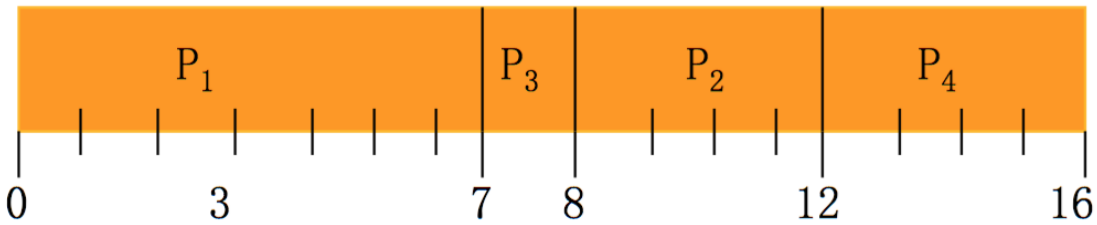
Escalonamento "Shortest Job First"(SJF)

- Associa a cada processo a duração do seu próximo burst de CPU. Usa esses tempos para escalonar o processo com o tempo mais curto
- Dois esquemas:
  - Não-preemptivo - uma vez dada ao processo, a CPU não pode ser preemptada até que complete seu burst de CPU
  - Preemptivo - se um novo processo chegar com tamanho de burst de CPU menor do que o tempo restante do processo atualmente em execução, ele é retirado. Esse esquema é conhecido como "Shortest Remaining Time First"(SRTF)
- O SJF é o ótimo - provê o menor tempo de espera médio para um determinado conjunto de processos

Escalonamento "Shortest Job First"(SJF) - Não-preemptivo

Processo	Chegada	Burst
P_1	0.0	7
P_2	2.0	4
P_3	4.0	1
P_4	5.0	4

SJF (não-preemptivo)

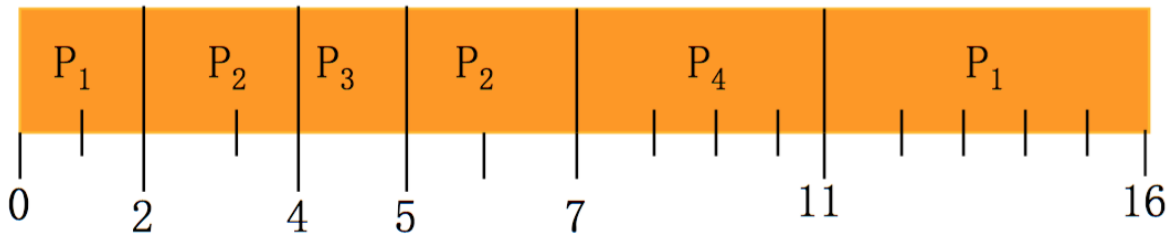


- Tempo de espera médio = (0 + 6 + 3 + 7)/4 = 4

Escalonamento "Shortest Job First"(SJF) - Preemptivo

Processo	Chegada	Burst
P_1	0.0	7
P_2	2.0	4
P_3	4.0	1
P_4	5.0	4

SJF (preemptivo)

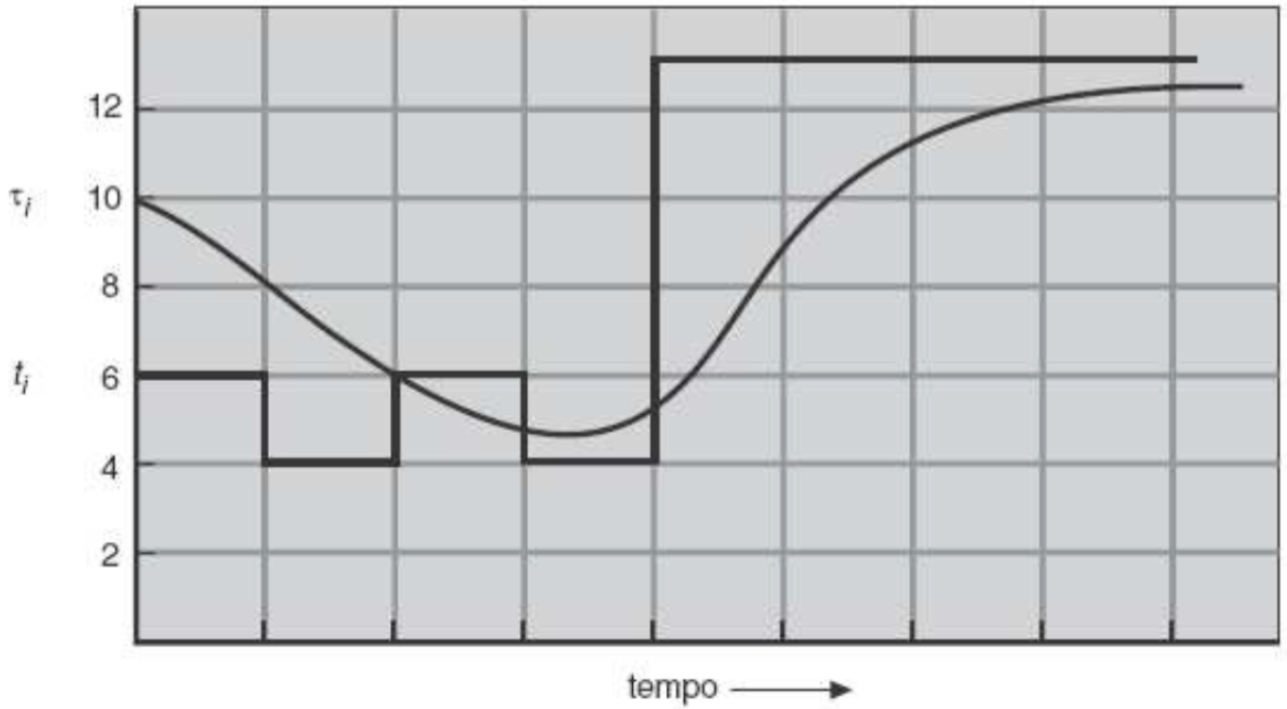


- Tempo de espera médio = (9 + 1 + 0 +2)/4 = 3

Determinando o próximo burst de CPU

- É possível apenas estimar a tempo;
- Pode ser feito usando a duração dos burst de CPU anteriores, através da média exponencial;
- $\tau_n + 1 = \alpha t_n + (1 - \alpha)\tau_n$
  - t_n: duração real do enésimo burst de CPU;
  - $\tau_n + 1$: duração prevista do próximo burst de CPU;
  - τ_n: última previsão de duração de burst de CPU;
  - α, $0 \leq \alpha \leq 1$

Previsão da duração do próximo burst de CPU



burst de CPU(t_i)	6	4	6	4	13	13	13	...
"chute"(τ_i)	10	8	6	6	5	9	11	12	...

Escalonamento por Prioridade

- Um valor de prioridade (inteiro) é associado a cada processo
- A CPU é alocada para o processo com a prioridade mais alta (menor inteiro = prioridade mais alta)
  - Preemptivo
  - Não-preemptivo

Escalonamento por Prioridade

- SJF é um escalonamento por prioridade em que a prioridade é o próximo tempo de burst de CPU previsto
- Problema: Estagnação - processos de baixa prioridade podem nunca ser executados
- Solução: Envelhecimento - conforme o tempo passa, aumente a prioridade do processo

Algoritmo de escalonamento Round-Robin (RR)

- Cada processo obtém uma pequena unidade do tempo de CPU (quantum de tempo), normalmente 10-100 milissegundos. Após decorrido esse tempo, o processo é escalonado e colocado no final da fila de prontos.
- Se houver n processos na fila de prontos e o quantum de tempo for q, então cada processo recebe 1/n do tempo de CPU em, no máximo, q unidades de tempo de cada vez. Nenhum processo espera mais do que (n-1)q unidades de tempo.

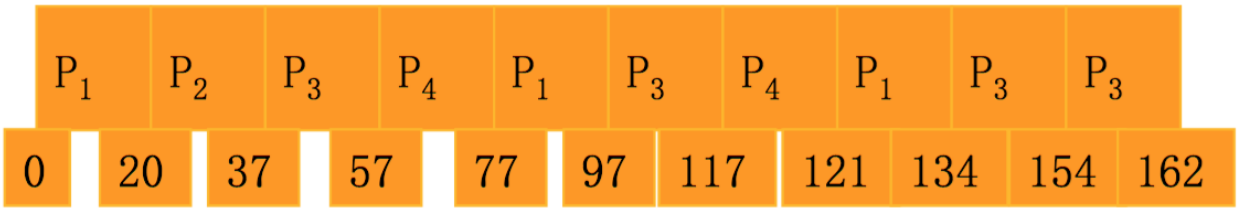
Algoritmo de escalonamento Round-Robin (RR)

- Desempenho:
  - quantum grande $\rightarrow$ FIFO
  - quantum pequeno $\rightarrow$ q precisa ser grande com relação ao tempo de troca de contexto ou o custo adicional será muito alto

Algoritmo de escalonamento Round-Robin (RR)

Processo	Burst
P_1	53
P_2	17
P_3	68
P_4	24

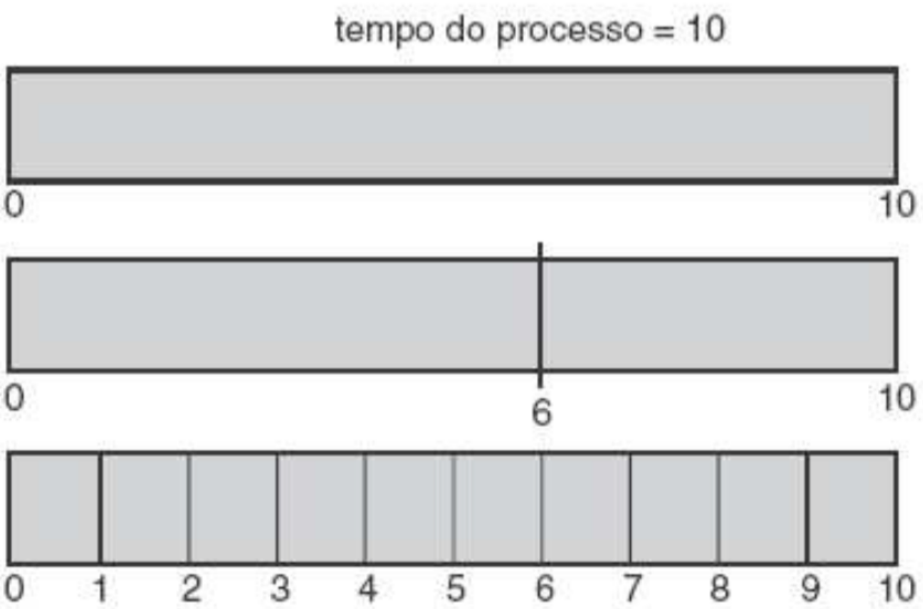
O diagrama de Gantt é:



Quantum de tempo = 20

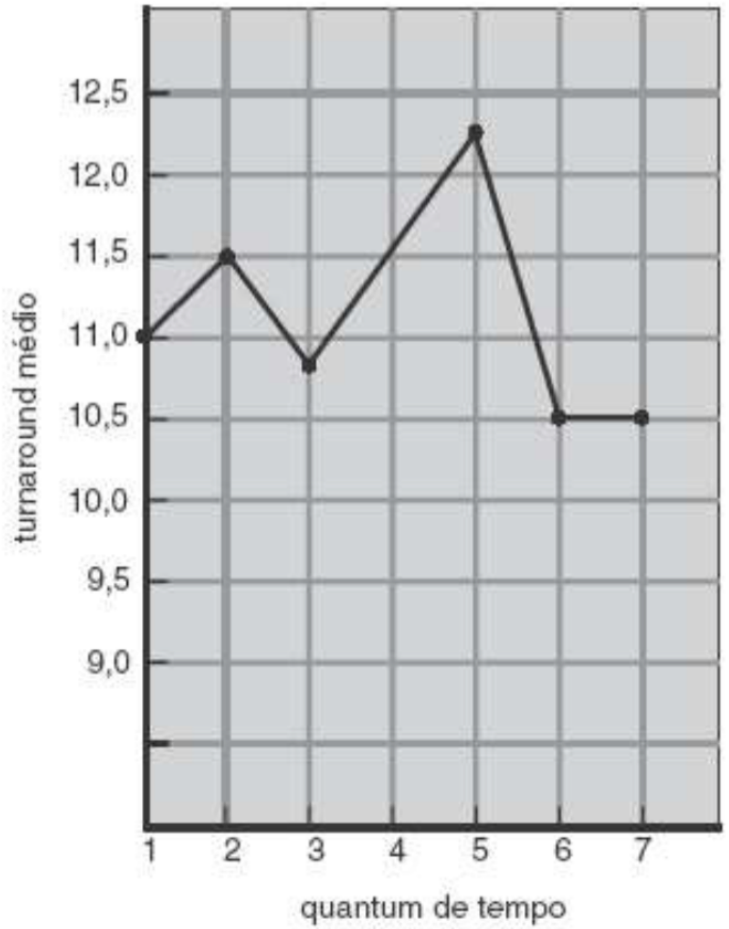
- Normalmente, turnaround médio mais alto do que SJF, mas melhora a resposta

Quantum de Tempo e Tempo de Troca de Contexto



quantum	trocas de contexto
12	0
6	1
1	9

O Turnaround varia Conforme o Quantum de Tempo



processo	tempo
P_1	6
P_2	3
P_3	1
P_4	7

Exercício

- Suponha que existam os seguintes processos para serem executados em um processador:

Processo	Tempo de execução	Tempo de chegada
A	12	0
B	6	3
C	2	5
D	5	8
E	9	11
F	8	13

- Forneça o diagrama de Gantt e o tempo de espera médio para os métodos de escalonamento: FCFS, SJF (preemptivo e não-preemptivo) e Round Robin com quantum igual a 3.

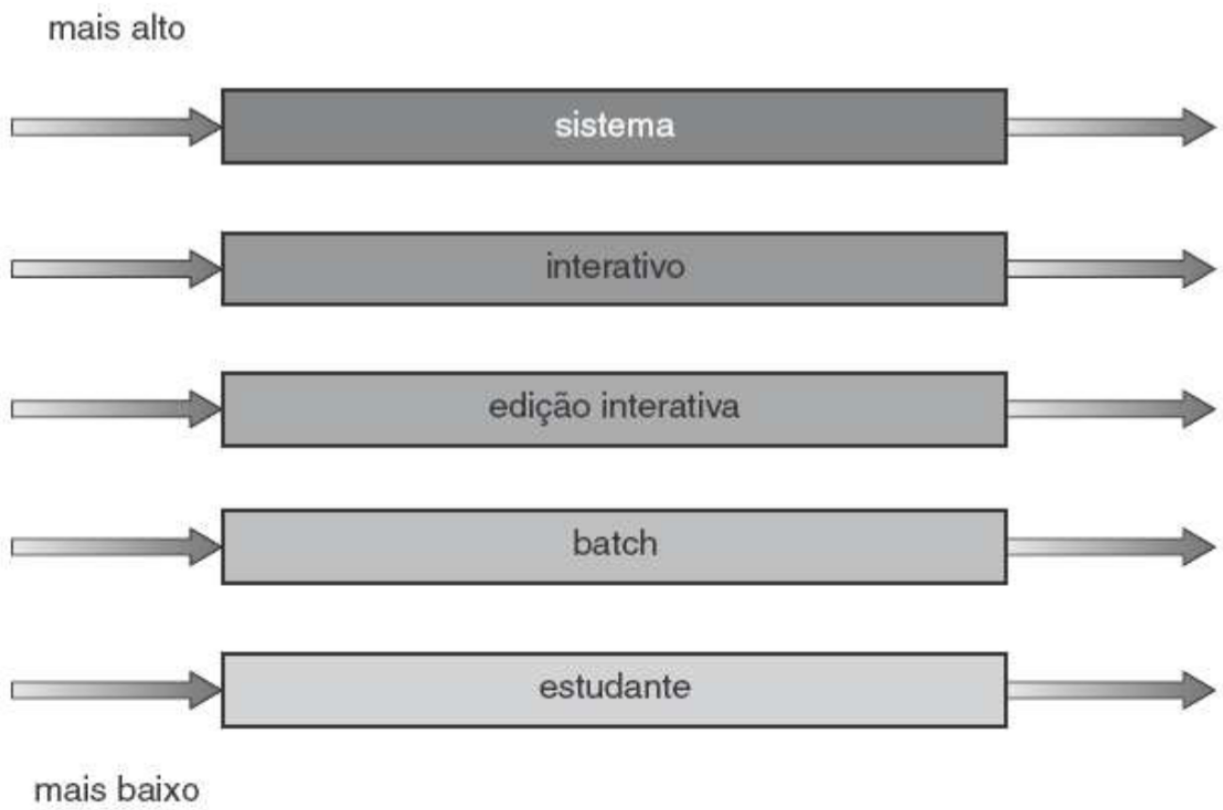
Multilevel Queue (fila multiníveis)

- Fila de prontos é dividida em filas distintas:
  - primeiro plano (interativa)
  - segundo plano (batch)
- Cada fila possui seu próprio algoritmo de escalonamento
  - primeiro plano - RR
  - segundo plano - FCFS

Multilevel Queue (fila multiníveis)

- É necessário haver escalonamento entre as filas
- Escalonamento de prioridade fixa; (ou seja, serve a todos a partir do primeiro plano e depois do segundo plano). Possibilidade de estagnação.
- Fatia de tempo - cada fila recebe uma certa parte do tempo de CPU, que pode ser escalonado entre seus processos; por exemplo, 80% para o primeiro plano no RR e 20% para o segundo plano no FCFS

Escalonamento Multilevel Queue



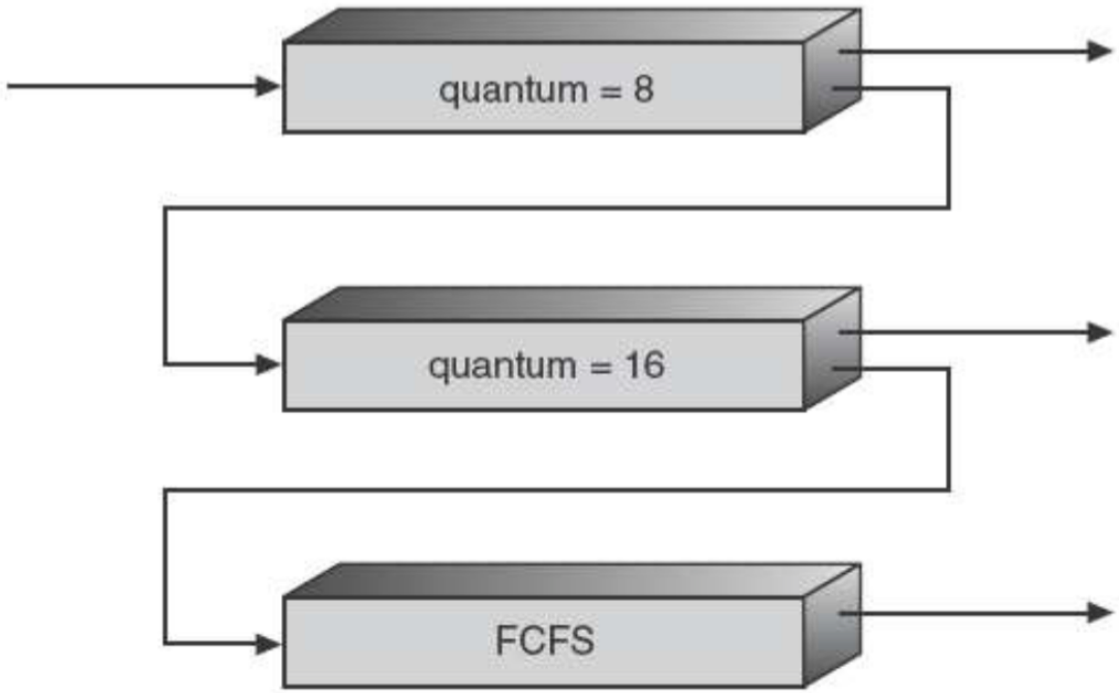
Multilevel Feedback Queue

- Um processo pode se mover entre as várias filas $\rightarrow$ o envelhecimento pode ser implementado desta forma;
- Escalonador da multilevel feedback queue é definido pelos seguintes parâmetros:
  - número de filas;
  - algoritmos de escalonamento para cada fila;
  - método usado para determinar quando elevar um processo;
  - método usado para determinar quando rebaixar um processo;
  - método usado para determinar em que fila um processo entrará quando esse processo precisar de atendimento;

Multilevel Feedback Queue

- Três filas:
  - Q_0 - quantum de tempo 8 milissegundos;
  - Q_1 - quantum de tempo 16 milissegundos;
  - Q_2 - FCFS;
- Uma nova tarefa entra na fila Q_0 , que é atendida com base no RR. Quando ganha a CPU, a tarefa recebe 8 milissegundos. Se não terminar nesse tempo, a tarefa é movida para a fila Q_1.
- Em Q_1, a tarefa é atendida novamente com base no RR e recebe 16 milissegundos adicionais. Se ainda não estiver completa, a tarefa é apropriada e movida para a fila Q_2, que por utilizar o FCFS, executará o processo até que termine, quando ele estiver no início da fila.

Multilevel Feedback Queue



Escalonamento em múltiplos processadores

- Escalonamento da CPU mais complexo quando várias CPUs estão disponíveis;
- Processadores homogêneos dentro de um multiprocessador;
- Compartilhamento de carga;
- Multiprocessamento assimétrico - apenas um processador acessa as estruturas de dados do sistema, reduzindo a necessidade de compartilhamento de dados;

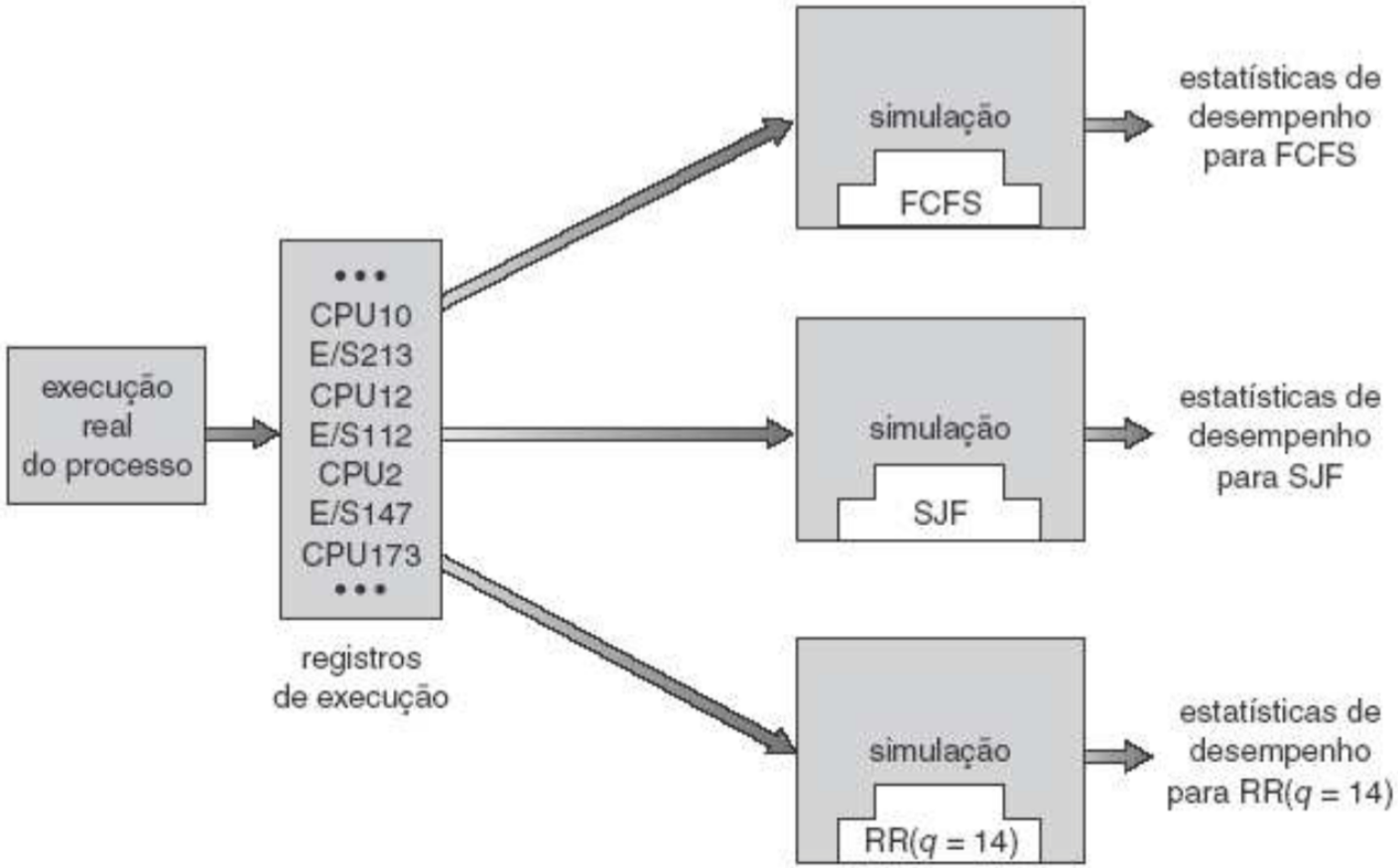
Escalonamento em Tempo Real

- Sistemas de tempo real rígido - necessários para completar uma tarefa vital dentro de um período de tempo garantido;
- Computação em tempo real flexível - exige que processos vitais tenham prioridade sobre os menos importantes;

Avaliação de Algoritmo

- Modelagem determinística - define o desempenho de cada algoritmo para uma carga de trabalho predeterminada;
- Modelos de enfileiramento;
- Implementação;

Avaliação de Algoritmo



Próxima aula

Deadlocks