# Sistemas Operacionais I

Profa. Kalinka Regina Lucas Jaquie Castelo Branco
kalinka@icmc.usp.br

Universidade de São Paulo

Setembro de 2020

# Hierarquia de Processos

- Pai cria um processo filho, processo filho pode criar seus próprios processos
- Formação de hierarquia
  - Unix chama isto um "grupo de processos" ("process group").
- Windows não possui conceito de hierarquia de processos
  - Todos os processos são criados da mesma forma.

# Processos

- Os processos do ponto de vista do S.O.
  - criação e remoção (destruição) de processos
  - controle do progresso dos processos
  - agir em condições excepcionais que acontecem durante a execução de um processo, incluindo interrupções e erros aritméticos
  - alocação de recursos de hardware entre os processos
  - fornece um meio de comunicação através de mensagens ou sinais entre os processos.

# Processos

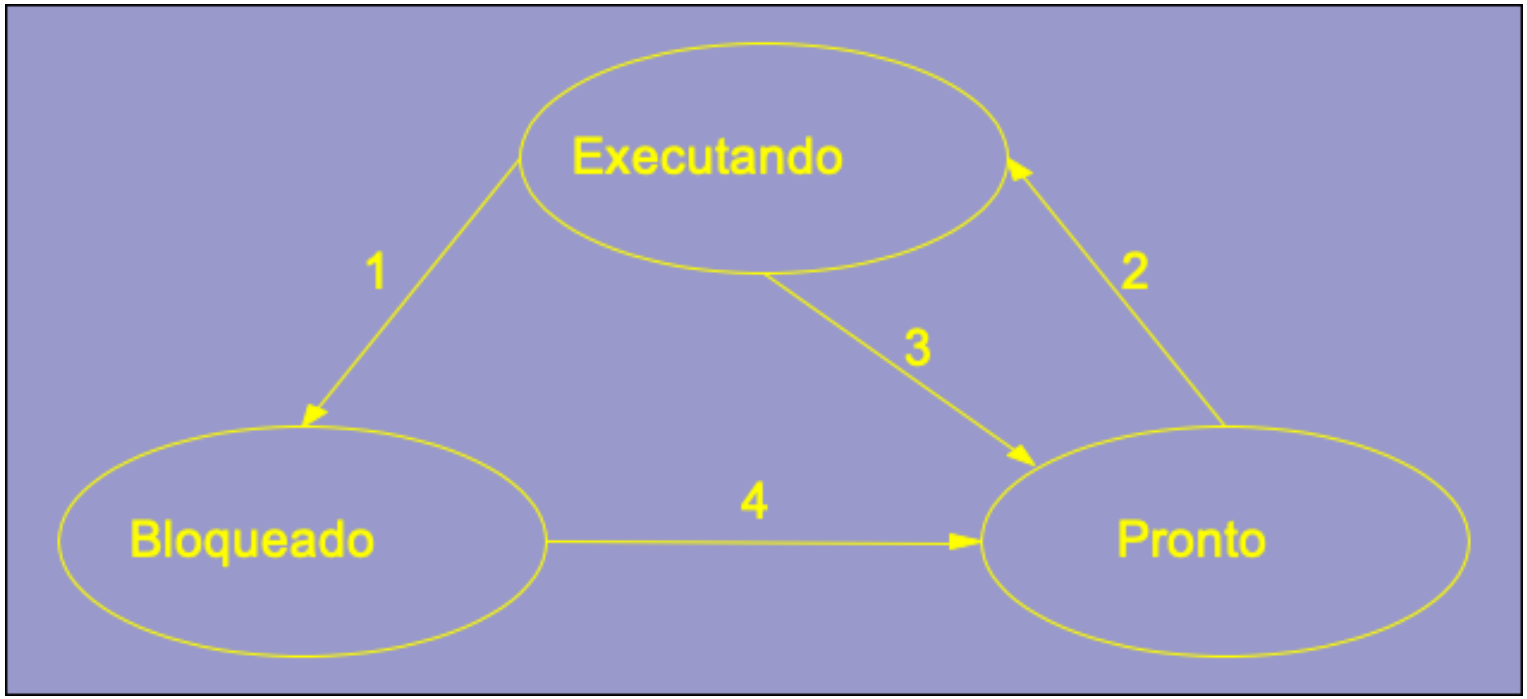
- Existem 2 tipos de sistemas, com relação aos processos.
- Sistemas Estáticos:
  - Geralmente são sistemas projetados para executar uma única aplicação. Permite que todos os processos necessários já estejam presentes quanto o sistema é iniciado.
- Sistemas Dinâmicos
  - Possuem um número variável de processos. Necessita de uma forma de criar e destruir processos durante a execução.

# Processo

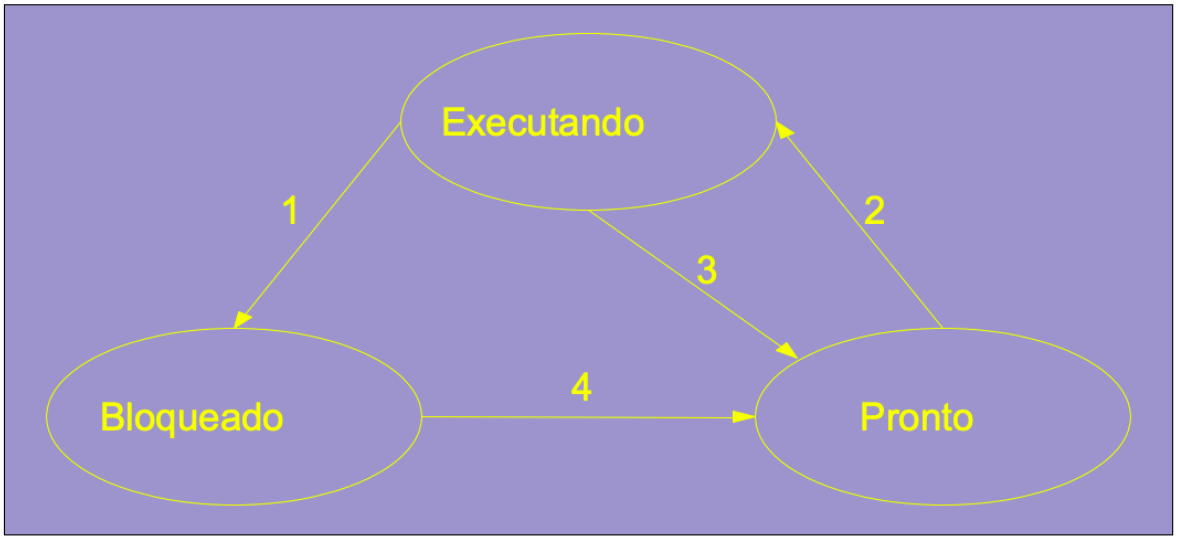
- Os Estados de um processo:
  - Desde o momento em que um processo codificado pelo programador for colocado em memória ou disco, até o memento de sua destruição, ele poderá passar por quatro estados;
    - **Indefinido:** quando o processo é desconhecido ao S.O.. Um processo estará neste estado antes de ser criado e depois de ser destruído. (Neste ponto, ele será apenas um bloco de código no disco ou na memória).
    - **Bloqueado:** quando o processo estiver parado à espera da ocorrência de um evento, equivalente a não estar em andamento progressivo. Ao ser criado, o processo passará por este estado.
    - **Pronto para a execução:** quando o processo só não estiver em execução pelo fato da CPU estar sendo utilizada por outro processo.
    - **Em execução:** quando o processo estiver tendo andamento progressivo normal, usando a CPU.

# Processo - Estados

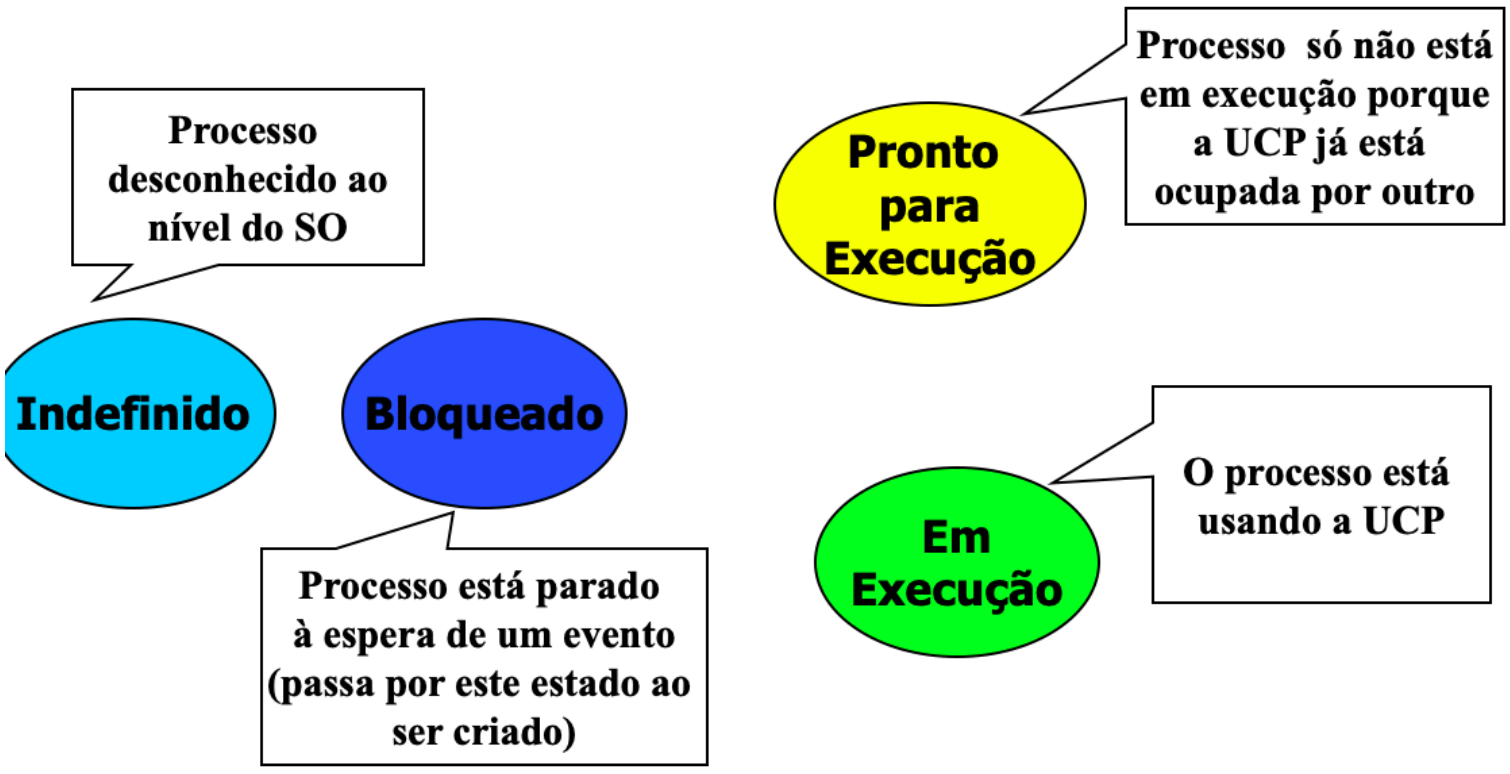
Três Estados Básico



# Processo - Estados



# Processo - Estados



# Processo

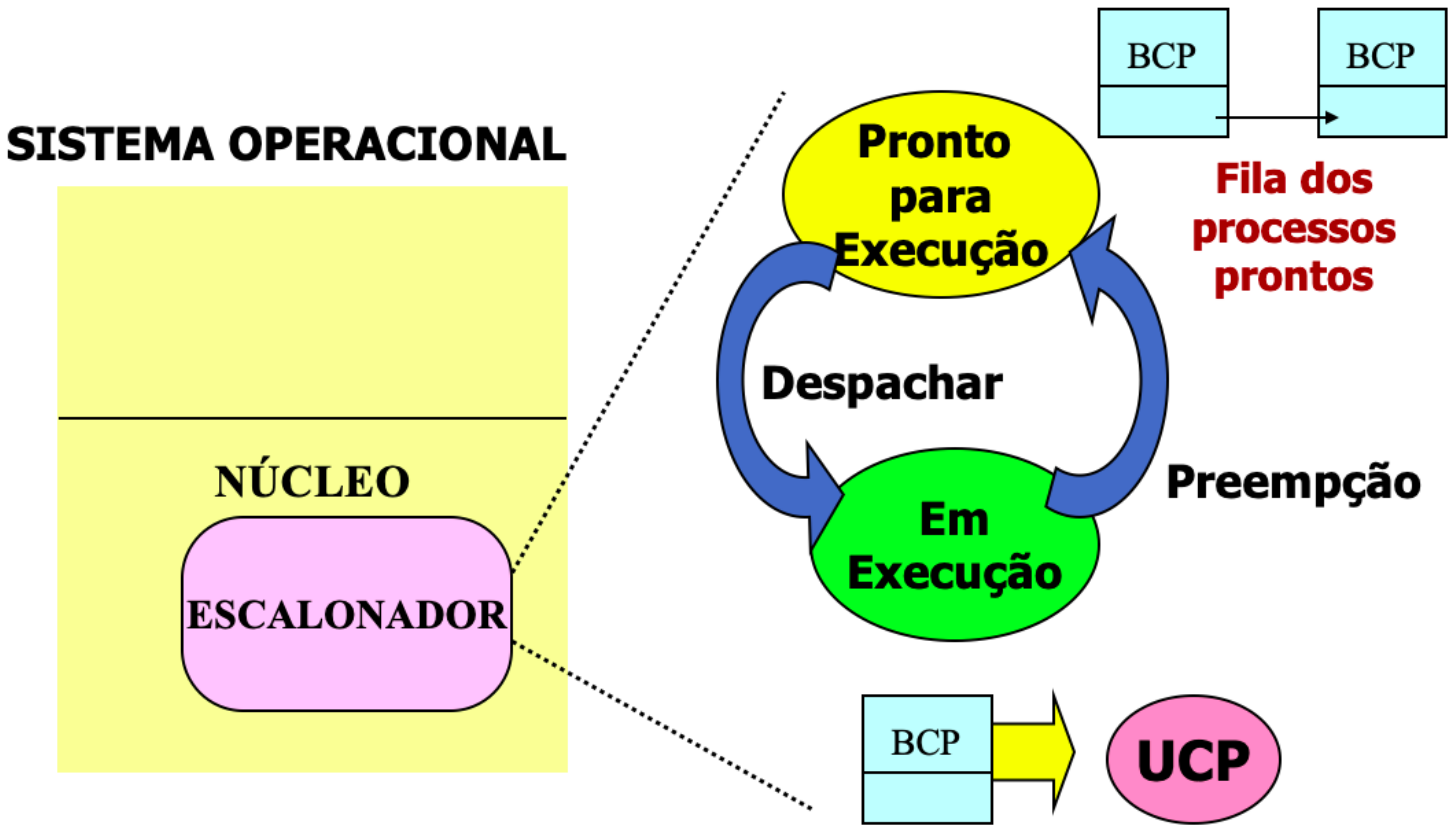
As ações provocam mudanças de estado. As ações responsáveis pelas transições tem o seguinte significado:

- **Criar:** colocar o processo a memória, tornando-o conhecido ao nível do sistema.
- **Acordar:** liberar o andamento do processo. Esta ação será desempenhada quando ocorrer algum evento ou o disparo inicial do processo, fazendo com que haja a transição do estado bloqueado para o pronto para execução.
- **Despachar:** dar sequência imediata ao andamento do processo. O processo deverá estar em uma fila, e a ocorrência dessa ação resultará na retirada do processo da fila e sua colocação no estado em execução.
- **Bloquear:** parar o andamento do processo para esperar a ocorrência de um evento. A ação bloquear será desempenhada quando uma determinada condição não for satisfeita, ou quando ocorrer o término do processo.
- **Preempção (Suspender):** parar o andamento do processo por motivos alheios ao mesmo, como acontece na comutação forçada de fatias de tempo. Esta ação retirará o processo da CPU e o colocará em uma fila, no estado pronto para a execução, liberando a utilização da CPU.
- **Destruir:** liberar a área de memória ocupada pelo processo, tornando-o desconhecido ao nível do sistema.

# Processo - Ações

# Processo - Ações do Escalonador





# Processos

- 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.

# Processos

- Outras características dos processos
  - Os processos não podem ser programados com suposições embutidas sobre temporização
  - Em geral, um sistema multiplexa um só processador central entre vários processos. Os instantes em que o processador é realocado de um processo para outro são, em geral, imprevisíveis.
  - Um algoritmo de escalonamento determina quando parar o trabalho com um processo e atender um diferente.

# Processo - Escalonamento

- Escalonador de processos escolhe o processo que será executado pelo CPU.
- Escalonamento é realizado com auxílio do hardware.
- Escalonador deve se preocupar com a eficiência da CPU, pois o chaveamento de processos é complexo e custo - afetando desempenho do sistema e satisfação do usuário.
- Escalonador de processo é um processo que deve ser executado quando da **mudança de contexto** (troca de processo).

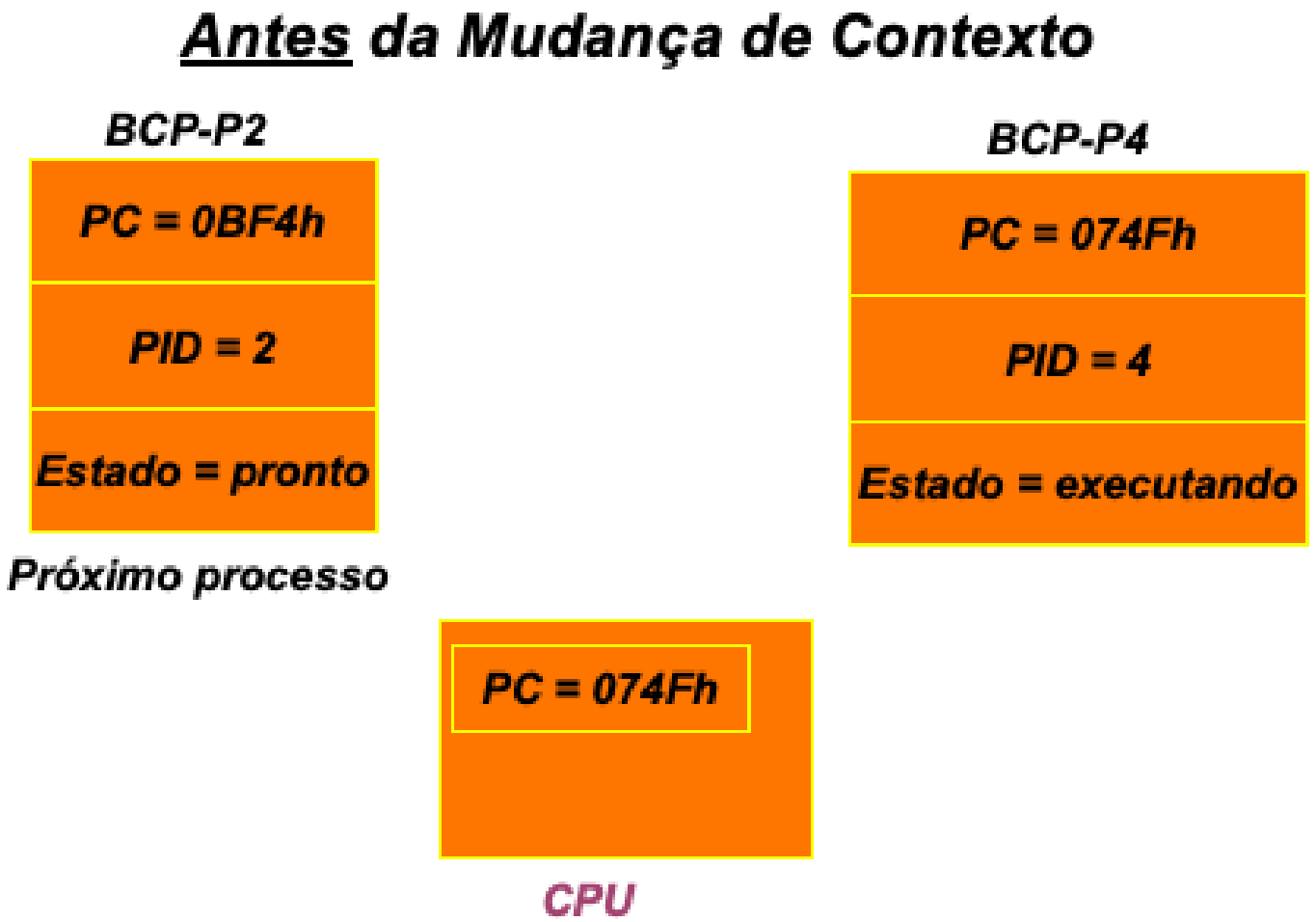
# Processo - Escalonamento



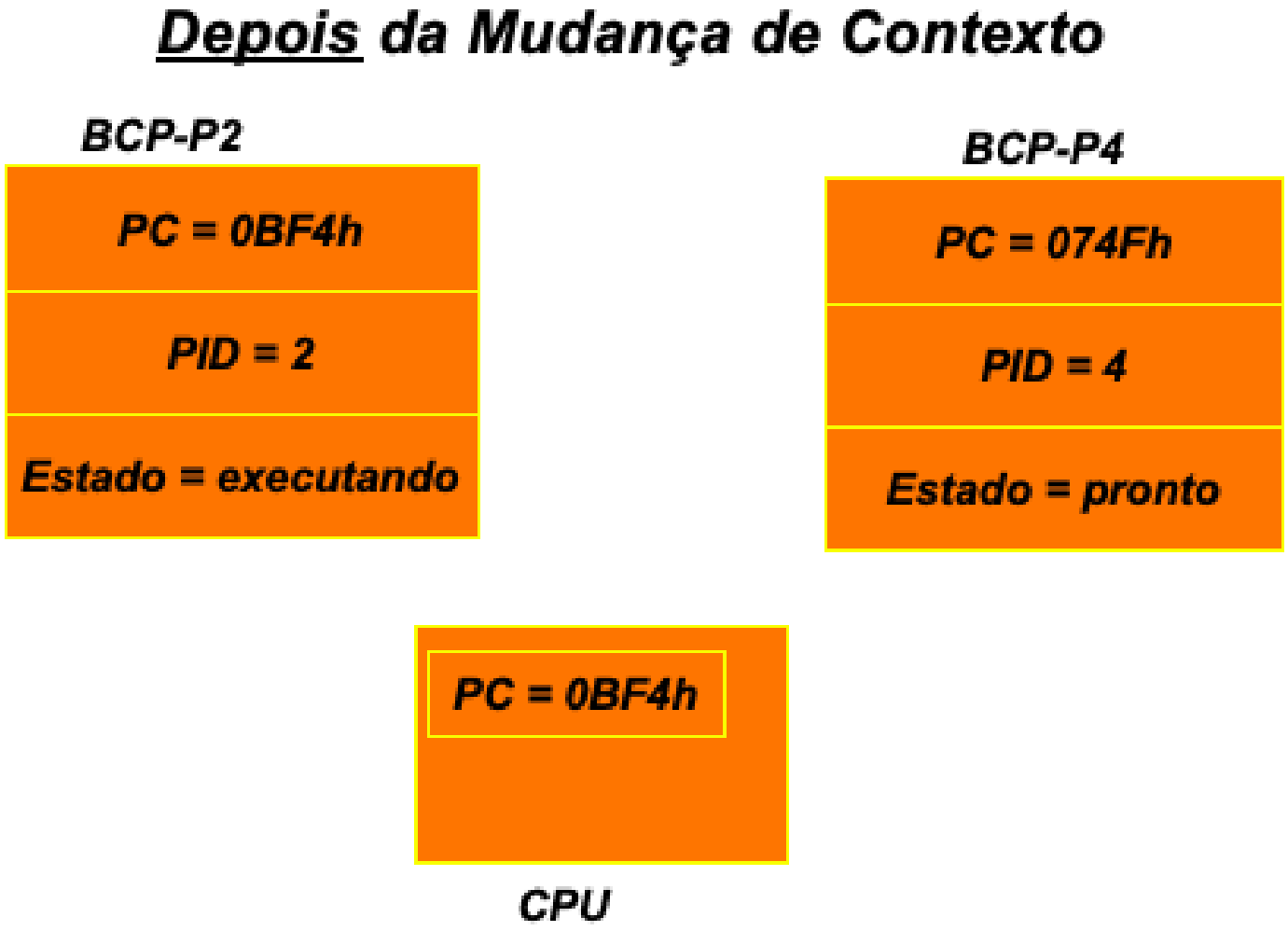
Mudança de Contexto

- *Overhead* de tempo
- Tarefa cara:
  - Salvar as informações do processo que está deixando a CPU em sue BCP - conteúdo dos registradores.
  - Carregar as informações do processo que será colocado na CPU - copiar do BCP o conteúdo dos registradores.

# Processo - Escalonamento



# Processo - Escalonamento



# Processo - Escalonamento

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;

# Processo - Escalonamento

- Tempo de execução de um processo é imprevisível:
  - CPU gera interrupções em intervalos entre 50 a 60 hz (ocorrências por segundo.
- Algoritmos de escalonamento podem ser divididos em duas categorias dependendo de como essas interrupções são tratadas:
  - **Preemptivo:** estratégia de suspender o processo sendo executado;
  - **Não-preemptivo:** estratégia de permitir que o processo sendo executado continue sendo executado até ser bloqueado por alguma razão (semáforos, operações de E/S-interrupção).

# Processo - Escalonamento

Categorias de Ambientes

- **Sistemas em Batch:** usuários não esperam por respostas rápidas; algoritmos preemptivos ou não-preemptivos;
- **Sistemas Interativos:** interação constante do usuário; algoritmos preemptivos; Processo interativo - espera comando e executa comando;
- **Sistemas em Tempo Real:** processos são executados mais rapidamente; tempo é crucial - sistemas críticos.

# Processo - Escalonamento

Características de algoritmos de escalonamento (qualquer sistema):

- **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.

# Processo - Escalonamento

Características de algoritmos de escalonamento:

- Sistemas Batch
  - **Taxa de execução (throughput):** máximo número de jobs executados por hora;
  - **Turnaround time (tempo de retorno):** tempo no qual o processo espera para ser finalizado;
  - **Tempo de espera:** tempo gasto na fila de prontos;
  - **Eficiência:** CPU deve estar 100% do tempo ocupada.
- Sistemas Iterativos
  - **Tempo de resposta:** tempo esperando para iniciar execução;
  - **Satisfação do usuários**.

# Processo - Escalonamento

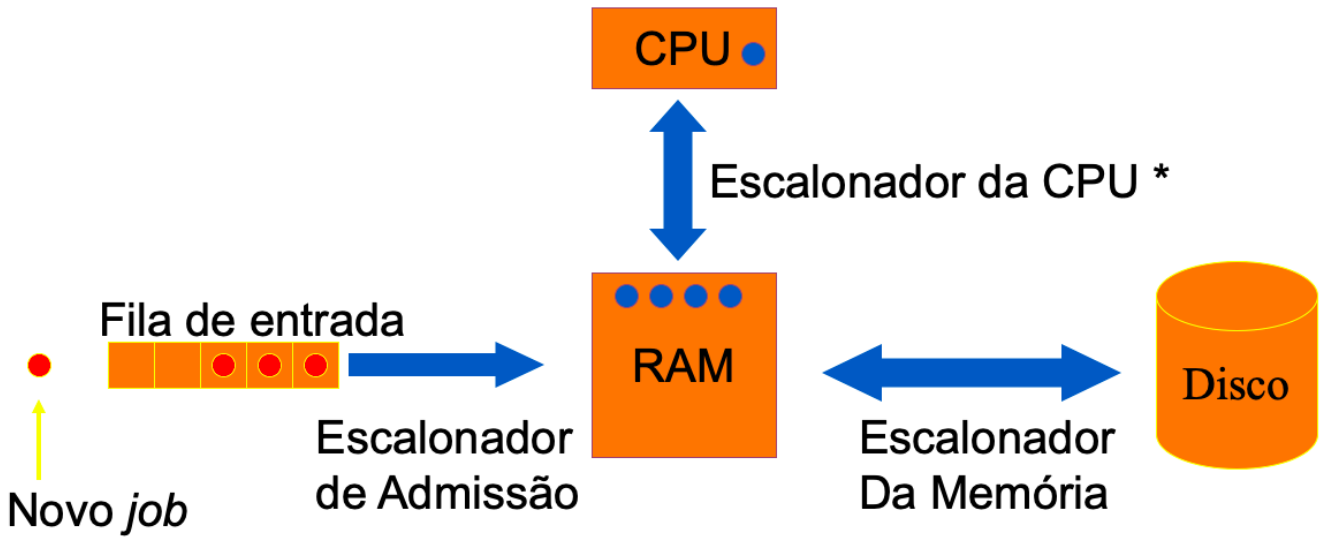


Características de algoritmos de escalonamento:

- Sistemas de Tempo Real
  - **Prevenir perda de dados**;
  - **Previsibilidade:** prevenir perda da qualidade dos serviços oferecidos

# Processo - Escalonamento

Escalonamento *Three Level* (*Batch*)



# Processo - Escalonamento (*Batch*)

- **Escalonador de admissão:** processos menores primeiro; processos com menor tempo de acesso à CPU e maior tempo de interação com dispositivos de E/S;
- **Escalonador da Memória:** decisões sobre quais processos vão para a MP:
  - A quanto tempo o processo está esperando?
  - Quanto tempo da CPU o processo já utilizou?
  - Qual o tamanho do processo?
  - Qual a importância do processo?
- **Escalonador da CPU:** seleciona qual o próximo processo a ser executado.

# Processo - Escalonamento (*Batch*)

Algoritmos para Sistemas *Batch*

- *First-Come First-Served* (ou FIFO);
- *Shortest Job First* (SJF);
- *Shortest Remaining Time Next* (SRTN).

# Processo - Escalonamento (*Batch*)

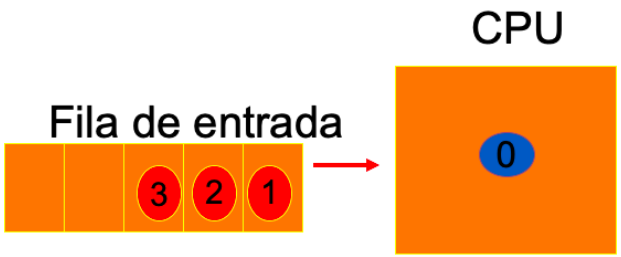
*First-Come First-Served*

- Não-preemptivo;
- Processos são executados na CPU seguindo a ordem de requisição;
- Fácil de entender e programar;
- Desvantagem - Ineficiente quando se tem processos que demoram na sua execução.

# Processo - Escalonamento (*Batch*)



## *First-Come First-Served*



# Processo - Escalonamento (*Batch*)

*Shortest Job First*

- Não-preemptivo;
- Possível prever o tempo de execução do processo;
- Menor processo é executado primeiro;
- Menor *turnaround*;
- Desvantagem - Baixo aproveitamento quando se tem poucos processos prontos para serem executados.

# Processo - Escalonamento (*Batch*)

*Shortest Job First*

| | |
|---|---|
| A → | a |
| B → | b+a |
| C → | c+b+a |
| D → | d+c+b+a |

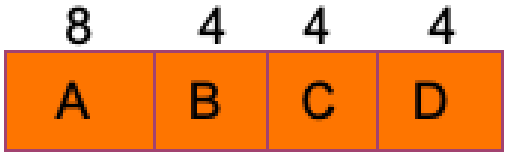
---

Tempo médio-*turnaround* (4a+3b+2c+d)/4

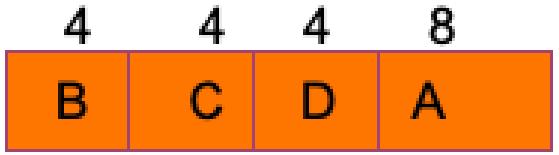
Contribuição → se a<b<c<d tem-se o mínimo tempo médio.

# Processo - Escalonamento (*Batch*)

*Shortest Job First*




Em ordem:
*Turnaround* A = 8
*Turnaround* B = 12
*Turnaround* C = 16
*Turnaround* D = 20
Média → 56/4 = 14




Menor *job* primeiro:
*Turnaround* B = 4
*Turnaround* C = 8
*Turnaround* D = 12
*Turnaround* A = 20
Média → 44/4 = 11

(4a+3b+2c+d)/4 ← Número de Processos

# Processo - Escalonamento (*Batch*)

*Shortest Remaining Time Next*

- Preemptivo;
- Processos com menor tempo de execução são executados primeiro;
- Se um processo novo chega e seu tempo de execução é menor do que do processo corrente na CPU, a CPU suspende o processo corrente e executa o processo que acabou de chegar;
- **Desvantagem:** processos que consomem mais tempo podem demorar muito para serem finalizados se muitos processos pequenos chegarem!

# Processo - Escalonamento (*Sistemas Interativos*)

- *Round-Robin*;
- Prioridade;
- Múltiplas Filas;
- *Shortest Process Next*;
- Garantido;
- *Lottery*;
- *Fair-Share*.

Utilizam escalonamento em dois níveis: Escalonador de CPU e Memória!!

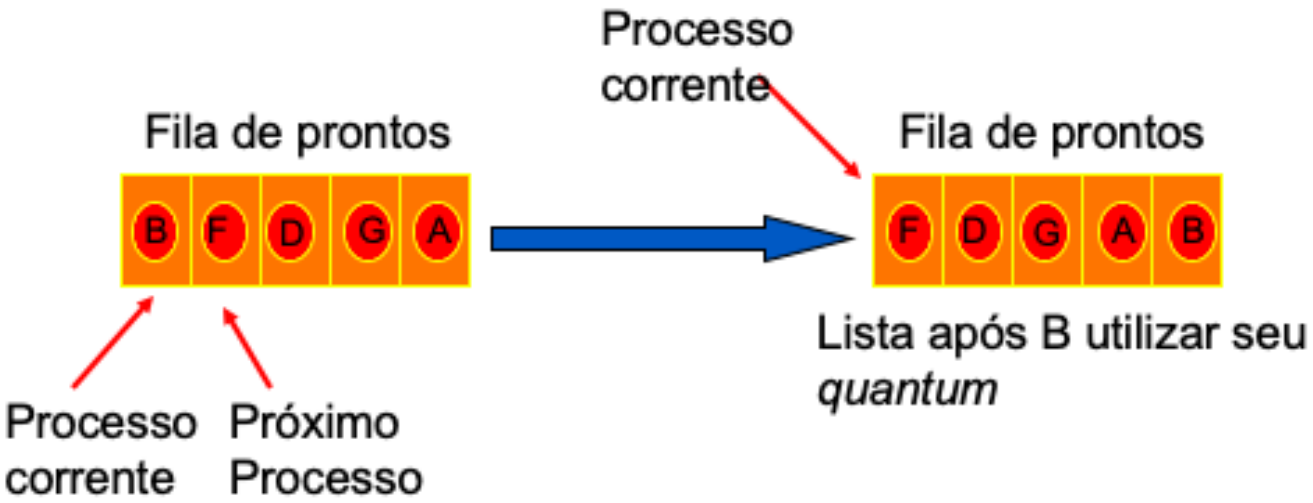
# Processo - Escalonamento (*Sistemas Interativos*)

*Round-Robin*

- Antigo, mais simples e mais utilizado;
- Preemptivo;
- Cada processo recebe um tempo de execução chamado quantum; ao final desse tempo, o processo é suspenso e outro processo é colocado em execução;
- Escalonador mantém uma lista de processos prontos.

# Processo - Escalonamento (*Sistemas Interativos*)

*Round-Robin*



# Processo - Escalonamento (*Sistemas Interativos*)



*Round-Robin*

- Tempo de chaveamento de processos;
- **quantum:** se for muito pequeno, ocorrem muitas trocas diminuindo, assim, a eficiência da CPU; se for muito longo o tempo de resposta é comprometido;

# Processo - Escalonamento (*Sistemas Interativos*)

*Round-Robin*

Exemplos:

$\Delta t$ = 4 mseg

x = 1mseg → 25% de tempo de CPU é perdido → menor eficiência

quantum

$\Delta t$ = 100 mseg

x = 1mseg → 1% de tempo de CPU é perdido → Tempo de espera dos processos é maior

chaveamento

# Processo - Escalonamento (*Sistemas Interativos*)



*Round-Robin*

Exemplos:

$\Delta t$ = 4 mseg

x = 1mseg → 25% de tempo de CPU é perdido → menor eficiência

$\Delta t$ = 100 mseg

x = 1mseg → 1% de tempo de CPU é perdido → Tempo de espera dos processos é maior

*quantum* razoável: 20-50 mseg

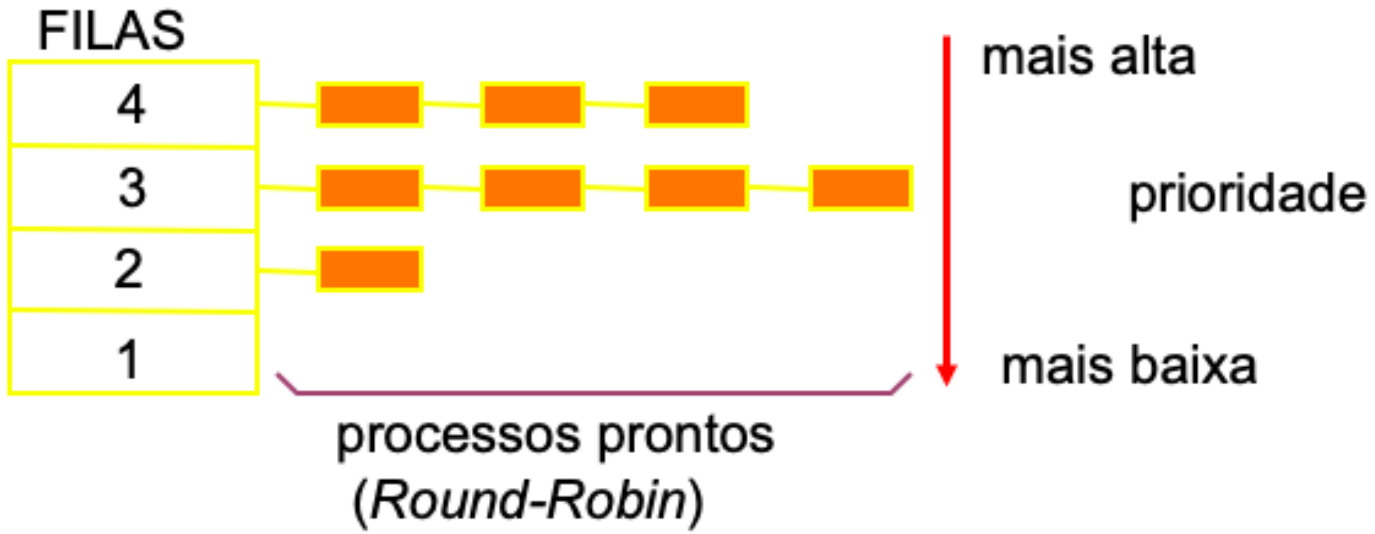
# Processo - Escalonamento (*Sistemas Interativos*)

*Algoritmo com Prioridades*

- Cada processo possui uma prioridade - os processos prontos com maior prioridade são executados primeiro.
- Prioridades são atribuídas dinâmica ou estaticamente.
- Classes do processos com mesma prioridade.
- Preemptivo.

# Processo - Escalonamento (*Sistemas Interativos*)

*Algoritmo com Prioridades*



# Processo - Escalonamento (*Sistemas Interativos*)



*Algoritmo com Prioridades*

- Como evitar que os processos com maior prioridade sejam executado indefinidamente?
  - Diminuir a prioridade do processo corrente e trocá-lo pelo próximo processo com maior prioridade (chaveamento)
  - Cada processo possui um *quantum*

# Processo - Escalonamento (*Sistemas Interativos*)



*Múltiplas Filas*

- CTSS (*Compatible Time Sharing System*)
- Classes de prioridades
- Cada classe de prioridades possui *quanta* diferentes
- Assim, a cada vez que um processo é executado e suspenso ele recebe mais tempo para execução
- Preemptivo

# Processo - Escalonamento (*Sistemas Interativos*)



*Múltiplas Filas*

- Ex. Um processo precisa de 100 *quanta* para ser executado
  - Inicialmente, ele recebe um *quantum* para execução
  - Das próximas vezes ele recebe, respectivamente, 2, 4, 8, 16, 32 e 64 *quanta* (7 chaveamentos) para execução
  - Quanto mais próximo de ser finalizado menos frequente é o processo na CPU - eficiência

# Processo - Escalonamento (*Sistemas Interativos*)



*Algoritmos Shortest Process Next*

- Mesma ideia do *Shortest Job First*
- Processos Interativos: não se conhece o tempo necessário para execução
- Como empregar esse algoritmo: ESTIMATIVA de TEMPO!

# Processo - Escalonamento (*Sistemas Interativos*)



Outros Algoritmos

- Algoritmo Garantido:
  - Garantias são dadas aos processos dos usuários (n usuários - 1/n do tempo de CPU para cada)
- Algoritmo *Loterry*
  - Cada processo recebe *tickets* que lhe dão direito de execução
- Algoritmos *Fair-Share*
  - O dono do processo é levado em conta
  - Se um usuário A possui mais processos que um usuário B, o usuário A terá prioridade no uso da CPU

# Processo - Escalonamento (*Sistemas em Tempo Real*)

- Tempo é um fator crítico
- Sistema Crítico
  - Aviões
  - Hospitais
  - Usinas Nucleares
  - Bancos
  - Multimídia
- Ponto importante: obter respostas em atraso é tão ruim quanto não obter respostas.

# Processo - Escalonamento (*Sistemas em Tempo Real*)

- Tipos de STR
  - *Hard Real Time*: atrasos não são tolerados (aviões, usinas nucleares, hospitais)
  - *Soft Real Time*: Atrasos são tolerados (Bancos, Multimídia)
- Programas são divididos em vários processos
- Eventos causam execução de processos
  - **Periódicos**: Ocorrem em intervalos de tempos regulares
  - **Aperiódicos**: Ocorrem em intervalos de tempo irregulares

# Processo - Escalonamento (*Sistemas em Tempo Real*)



- Algoritmos podem ser estáticos ou dinâmicos
  - **Estáticos:** decisões de escalonamento antes do sistema começar (informações disponíveis previamente)
  - **Dinâmicos:** decisões de escalonamento em tempo de execução

## Continuemos com o **THREADS** ....