Capítulo 9: Memória virtual

Capítulo 9: Memória virtual

- Base
- Paginação por demanda
- Cópia na escrita
- Substituição de página
- Alocação de frames
- Thrashing
- Arquivos mapeados na memória
- Alocando memória ao kernel
- Outras considerações
- Exemplos de sistema operacional

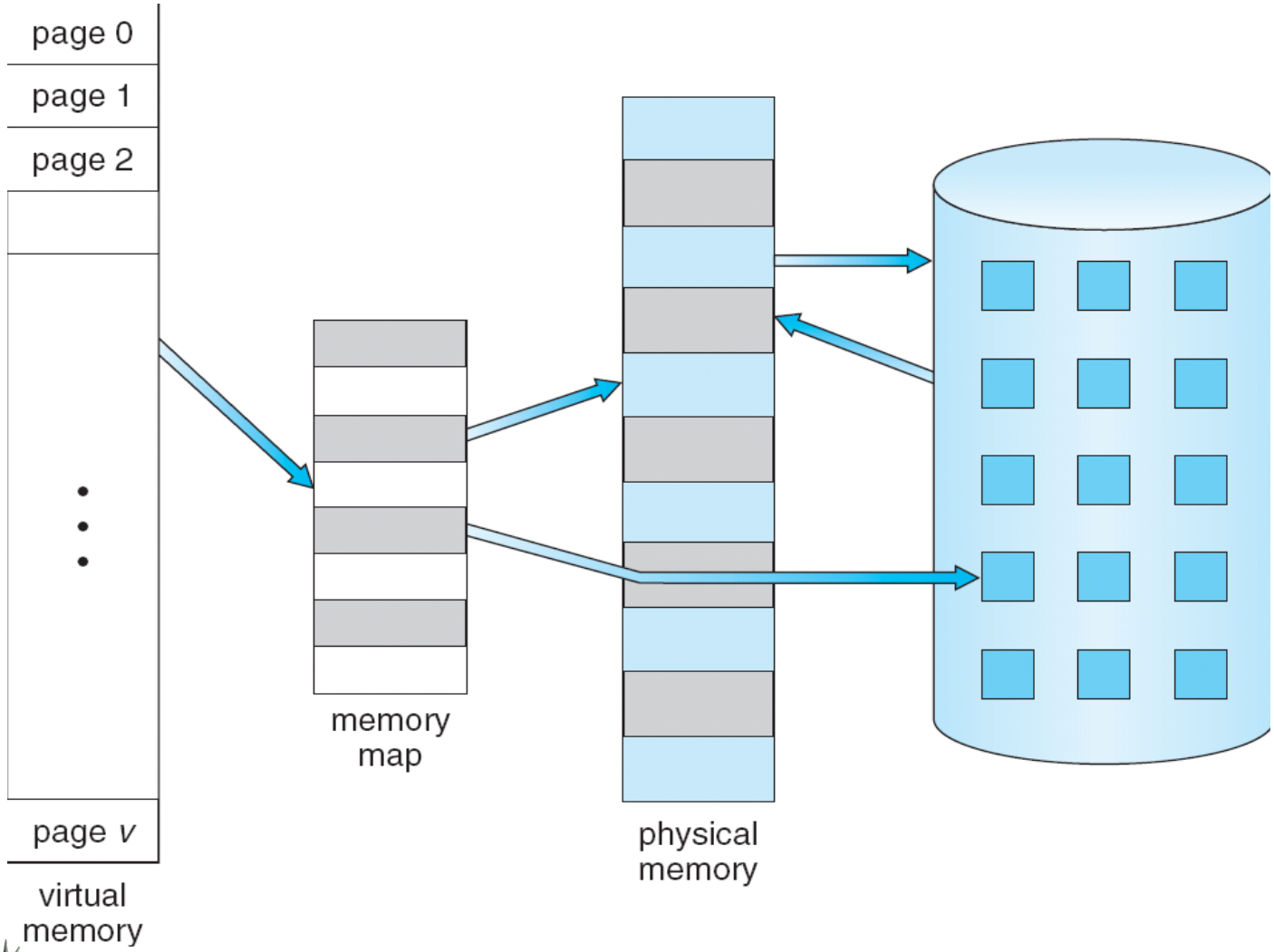
Objetivos

- Descrever os benefícios de um sistema de memória virtual
- Explicar os conceitos de paginação por demanda, algoritmos de substituição de página e alocação de frames de página
- Discutir os princípios do modelo de conjunto de trabalho

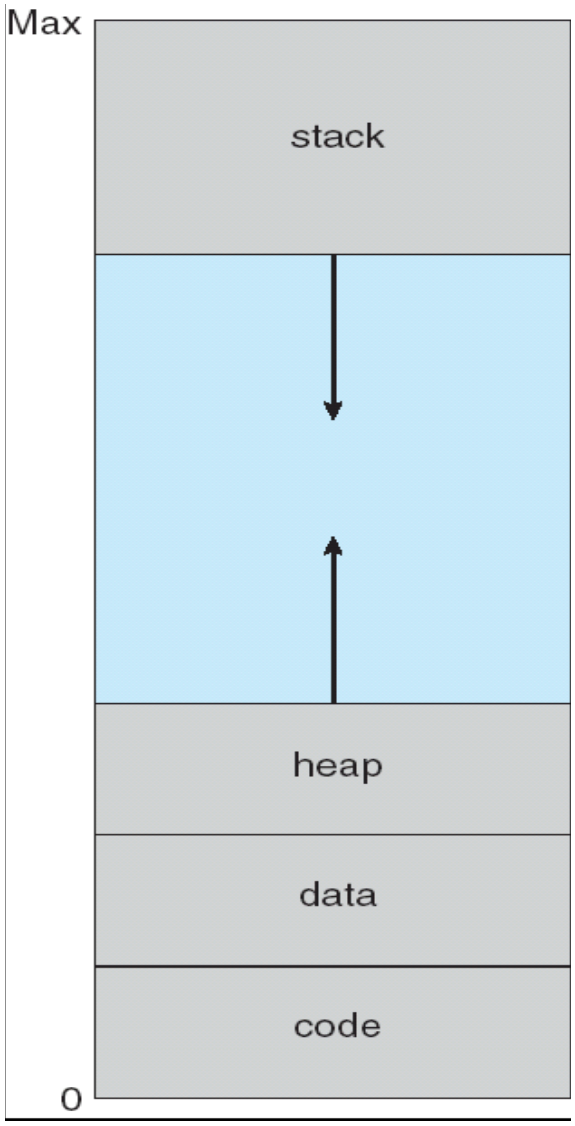
Base

- **Memória virtual** – separação da memória lógica do usuário da memória física.
  - Somente parte do programa precisa estar na memória para execução
  - Logo, espaço de endereço lógico pode ser muito maior que o espaço de endereços físicos
  - Permite que espaços de endereço sejam compartilhados por vários processos
  - Permite criação de processo mais eficiente
- A memória virtual pode ser implementada por:
  - Paginação por demanda
  - Segmentação por demanda

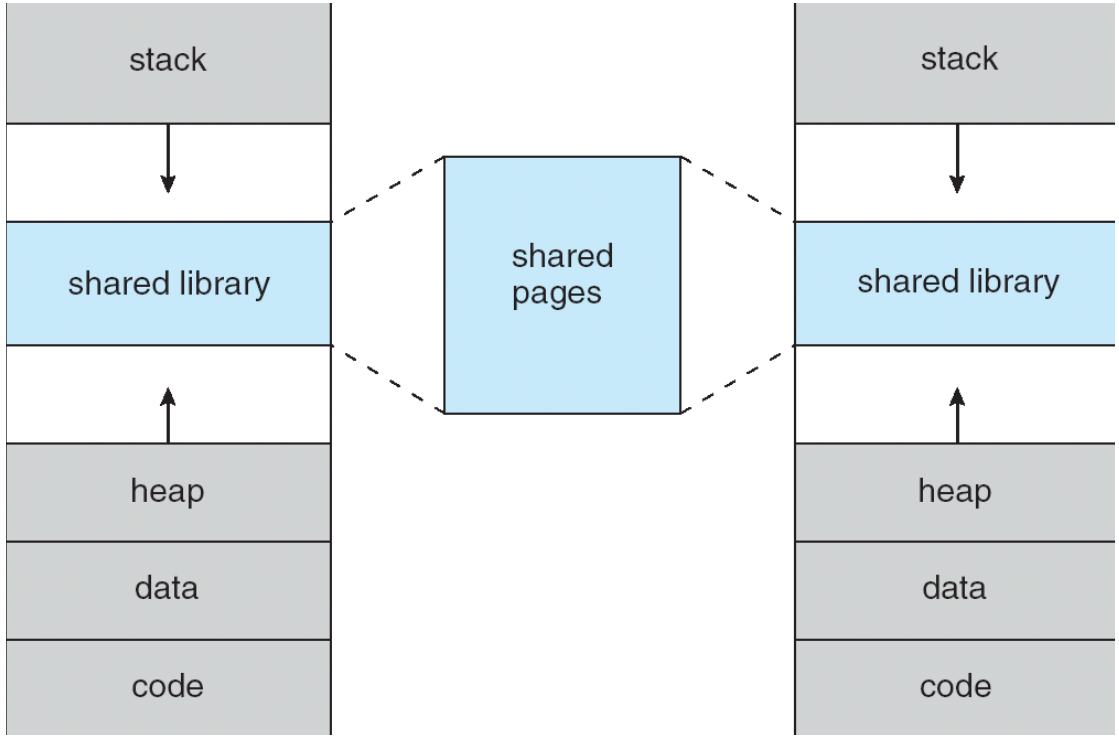
Memória virtual maior que a memória física



Espaço de endereço virtual



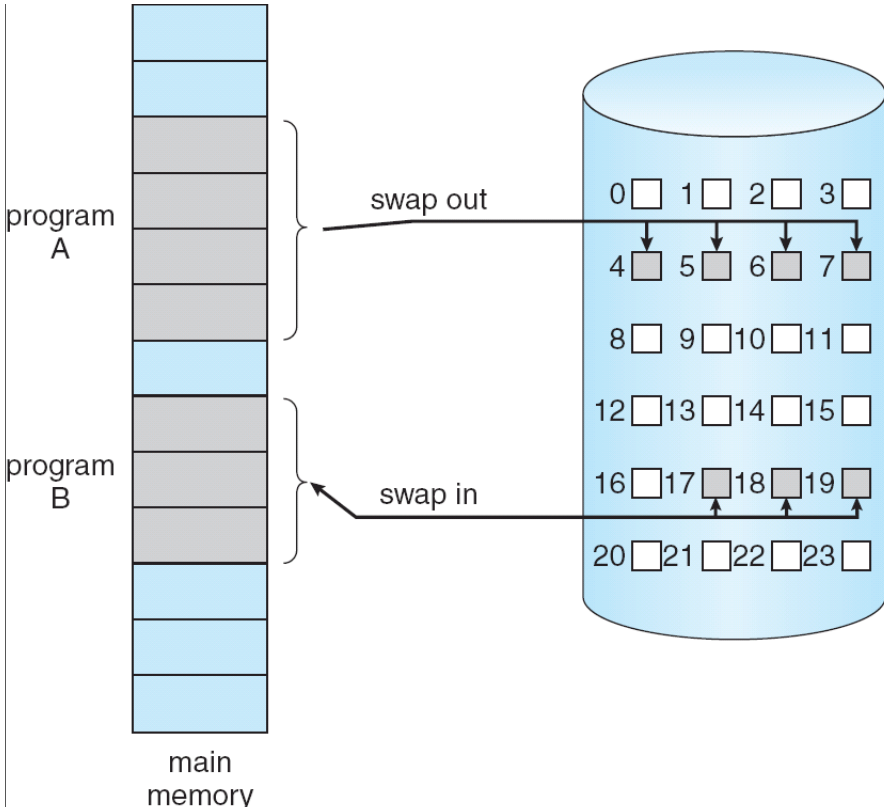
Biblioteca compartilhada usando memória virtual



Paginação por demanda

- Traz a página para memória somente quando necessário
  - Menos E/S necessária
  - Menos memória necessária
  - Resposta mais rápida
  - Mais usuários
  - Referência inválida, então aborta
  - Não está na memória, então traz para memória
- **Lazy swapper** – nunca traz uma página para memória, a menos que a página seja necessária

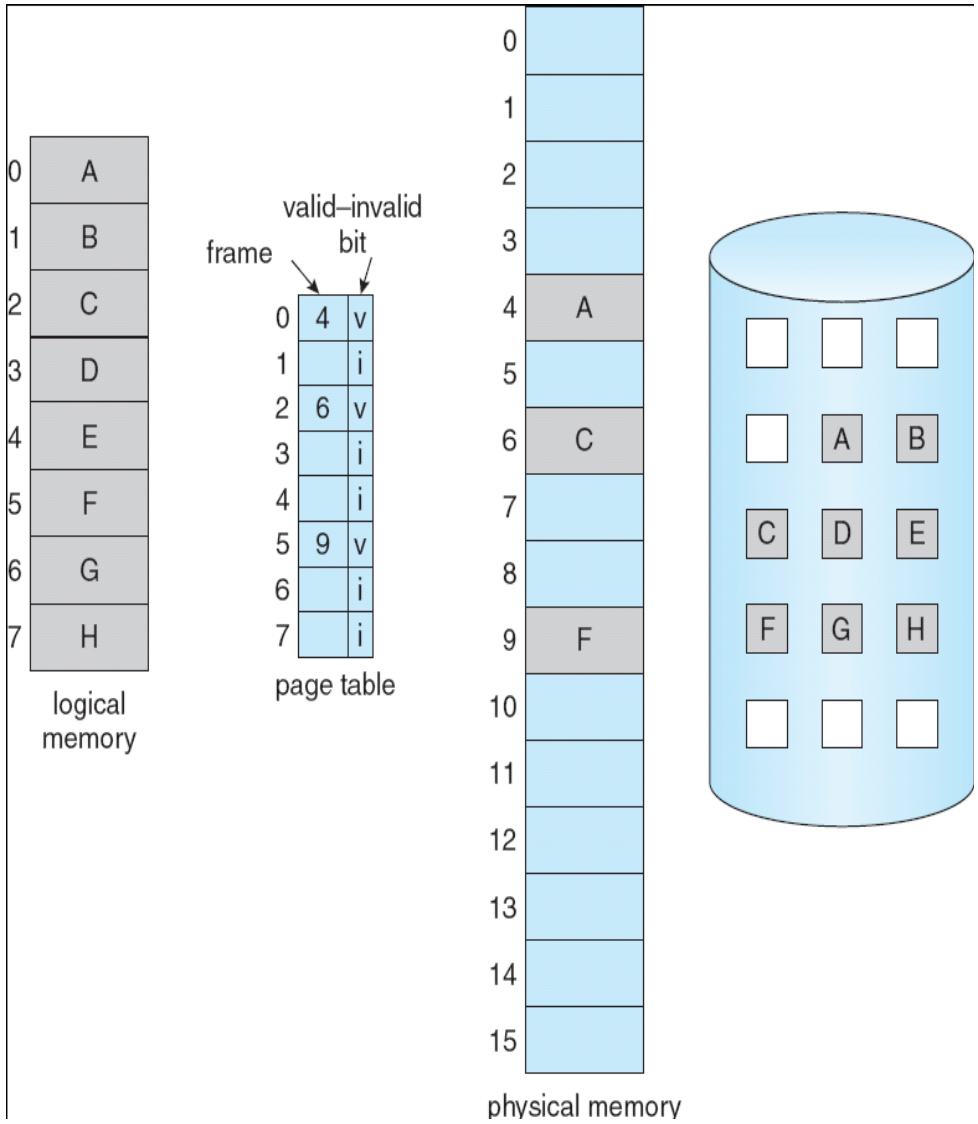
Transferência de página da memória para espaço contíguo em disco



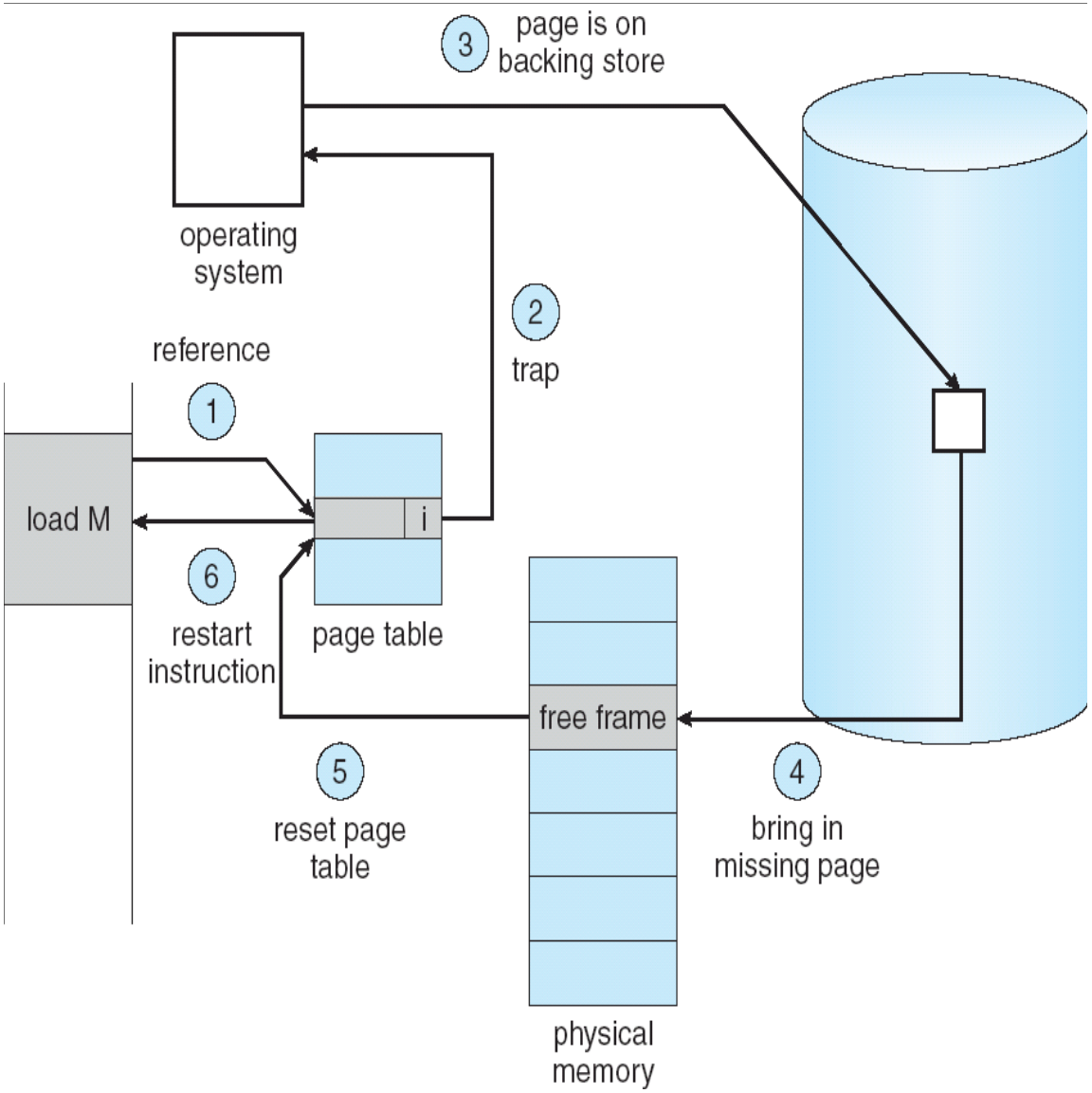
Bit válido-inválido

- A cada entrada de tabela de página, um bit de válido-inválido é associado (**v** = está na memória, **i** caso contrário)
- Inicialmente, o bit válido–inválido é definido como **i** em todas as entradas
- Exemplo

Exemplo


0 A
1 B
2 C
3 D
4 E
5 F
6 G
7 H
logical memory
frame
valid–invalid bit
0 4 v
1 i
2 6 v
3 i
4 i
5 9 v
6 i
7 i
page table
0
1
2
3
4 A
5
6 C
7
8
9 F
10
11
12
13
14
15
physical memory
A B
C D E
F G H

Etapas no tratamento de falta de página



Desempenho da paginação por demanda

- Taxa de falta de página $0 < p < 1.0$
  - se $p = 0$ nenhuma falta de página
  - se $p = 1$, cada referência é uma falta

- Tempo de acesso efetivo (EAT)

  EAT = (1 – *p*) x acesso à memória +
  p x (overhead de falta de página
  + swap página fora
  + swap página dentro
  + reiniciar overhead)

Exemplo de paginação por demanda

- Tempo de acesso à memória = 200 nanossegundos
- Tempo médio de serviço de falta de página = 8 milissegundos
- EAT = (1 – p) x 200 + p (8 milissegundos)

  = (1 – p) x 200 + p x 8.000.000

  = 200 + p x (8.000.000 - 200)

  = 200 + p x 7.999.800
- Se um acesso dentre 1.000 causar uma falta de página, então

  EAT = 8.2 microssegundos.

  Isso é um atraso por um fator de 40!!

Criação de processo

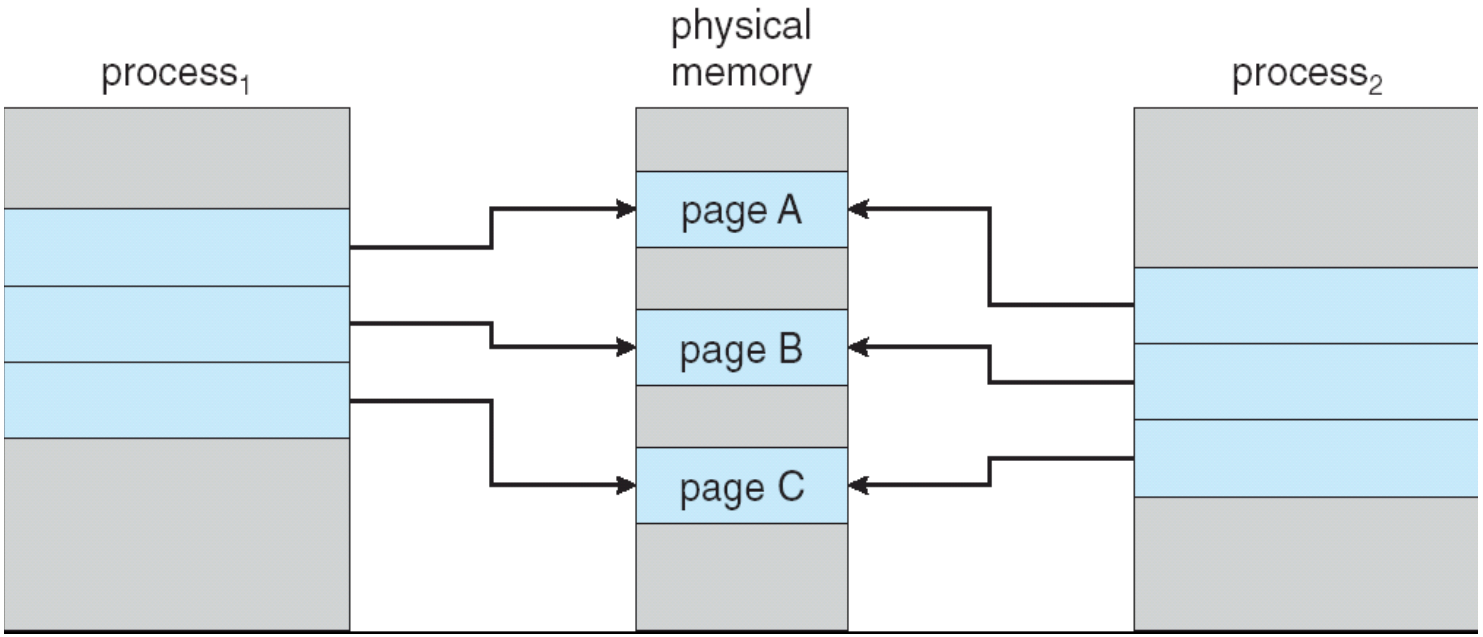
- A memória virtual permite outros benefícios durante a criação do processo:
  - Cópia na escrita
  - Arquivos mapeados na memória

Cópia na escrita

- Cópia na escrita permite que processos pai e filho inicialmente *compartilhem* as mesmas páginas na memória

  Se qualquer processo modificar uma página compartilhada, somente então a página é copiada
- A cópia na escrita permite criação de processo mais eficiente, pois somente páginas modificadas são copiadas
- Páginas livres são alocadas de um ***pool***

Antes que processo 1 modifique página C



Depois que processo 1 modifica página C

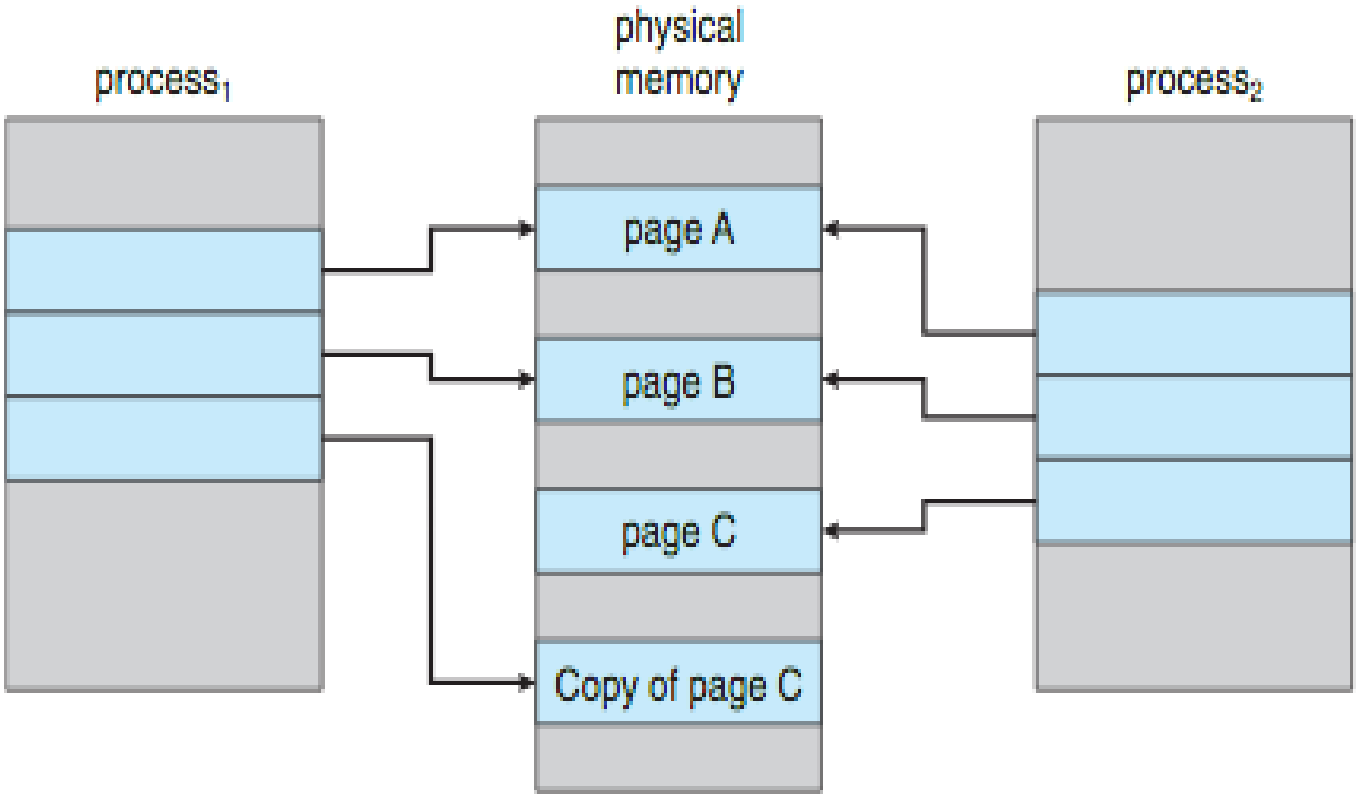


Figure 9.8 After process 1 modifies page C.

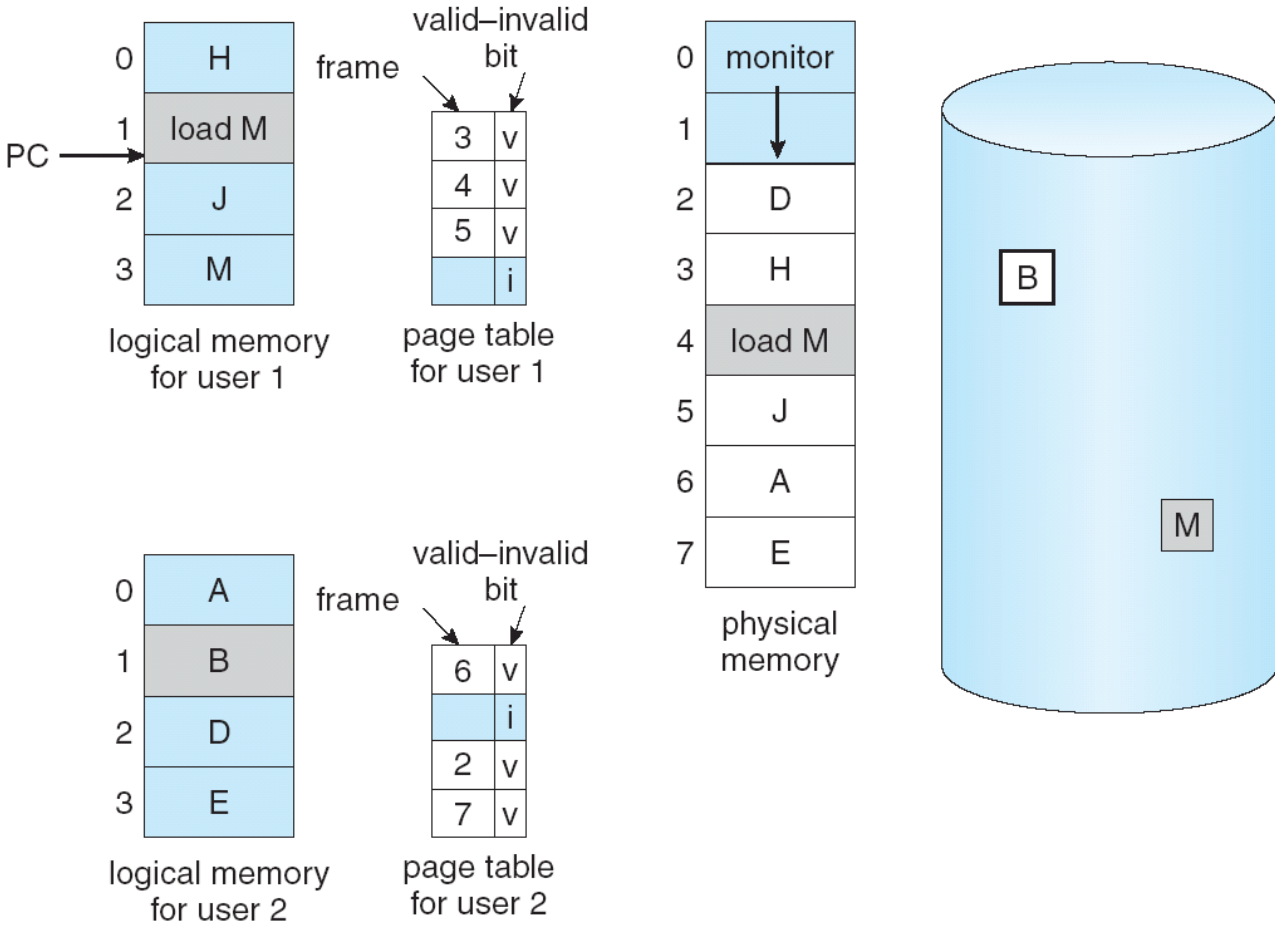
O que acontece se não houver frame livre?

- Substituição de página – encontre alguma página na memória, mas se não está em uso, passa para fora (swap out)
- Mesma página pode ser trazida para a memória várias vezes

Substituição de página

- Usa **bit de modificação (sujo)** para reduzir overhead das transferências de páginas
- Somente páginas modificadas são gravadas em disco (o bit indica se a página na memória está igual à página no disco; se sim, o *swap out* iria reescrever o mesmo conteúdo no disco: desnecessário)
- Memória virtual grande pode ser fornecida em uma memória física menor

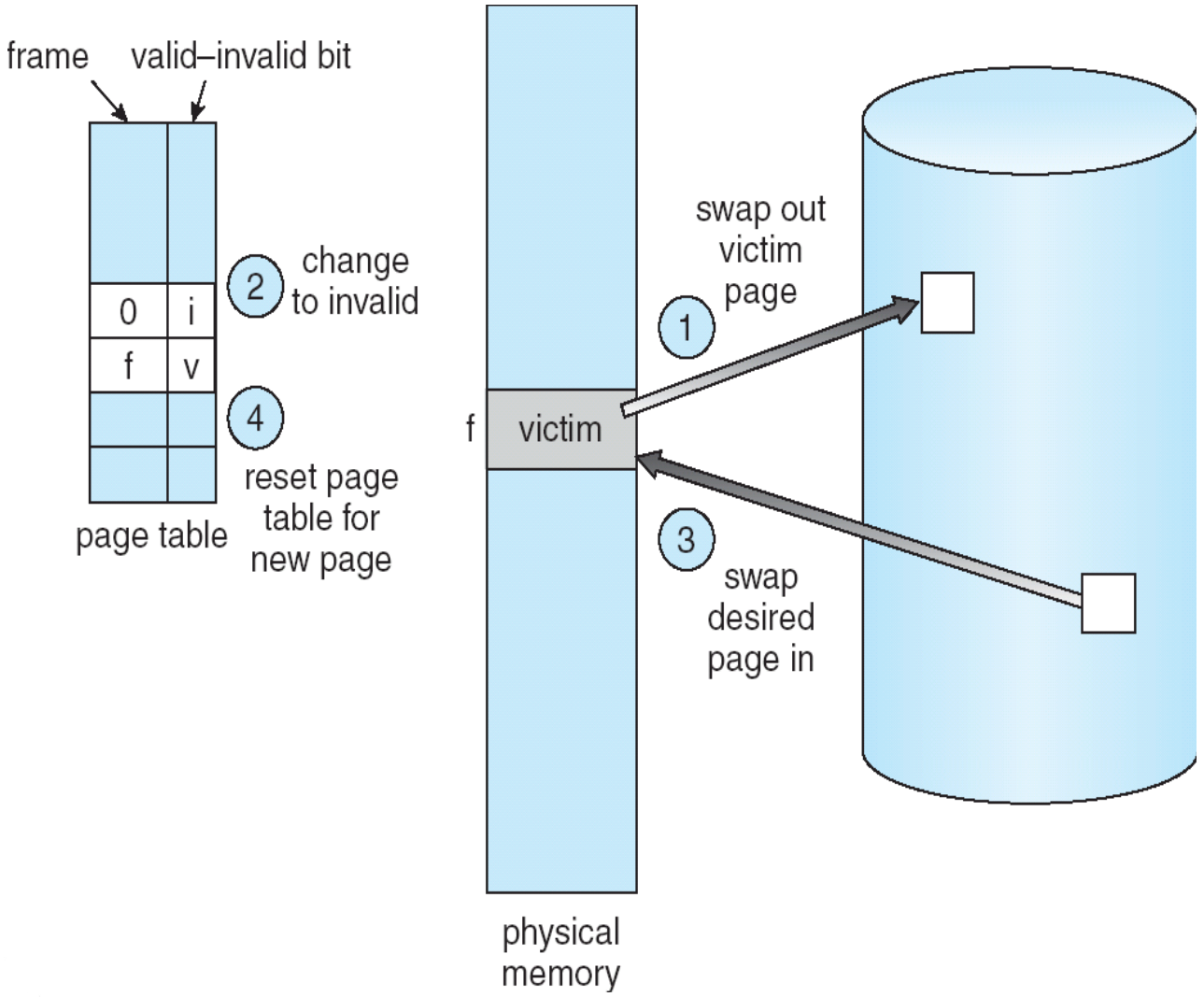
Necessidade de substituição de página



Substituição de página básica

1. Ache o local da página desejada no disco
2. Ache um quadro livre:
   - Se houver um quadro livre, use-o
   - Se não houver quadro livre, use um algoritmo de substituição de página para selecionar um quadro **vítima**
3. Traga a página desejada para o quadro (recém) livre; atualize a página e as tabelas de quadro
4. Reinicie o processo

Substituição de página

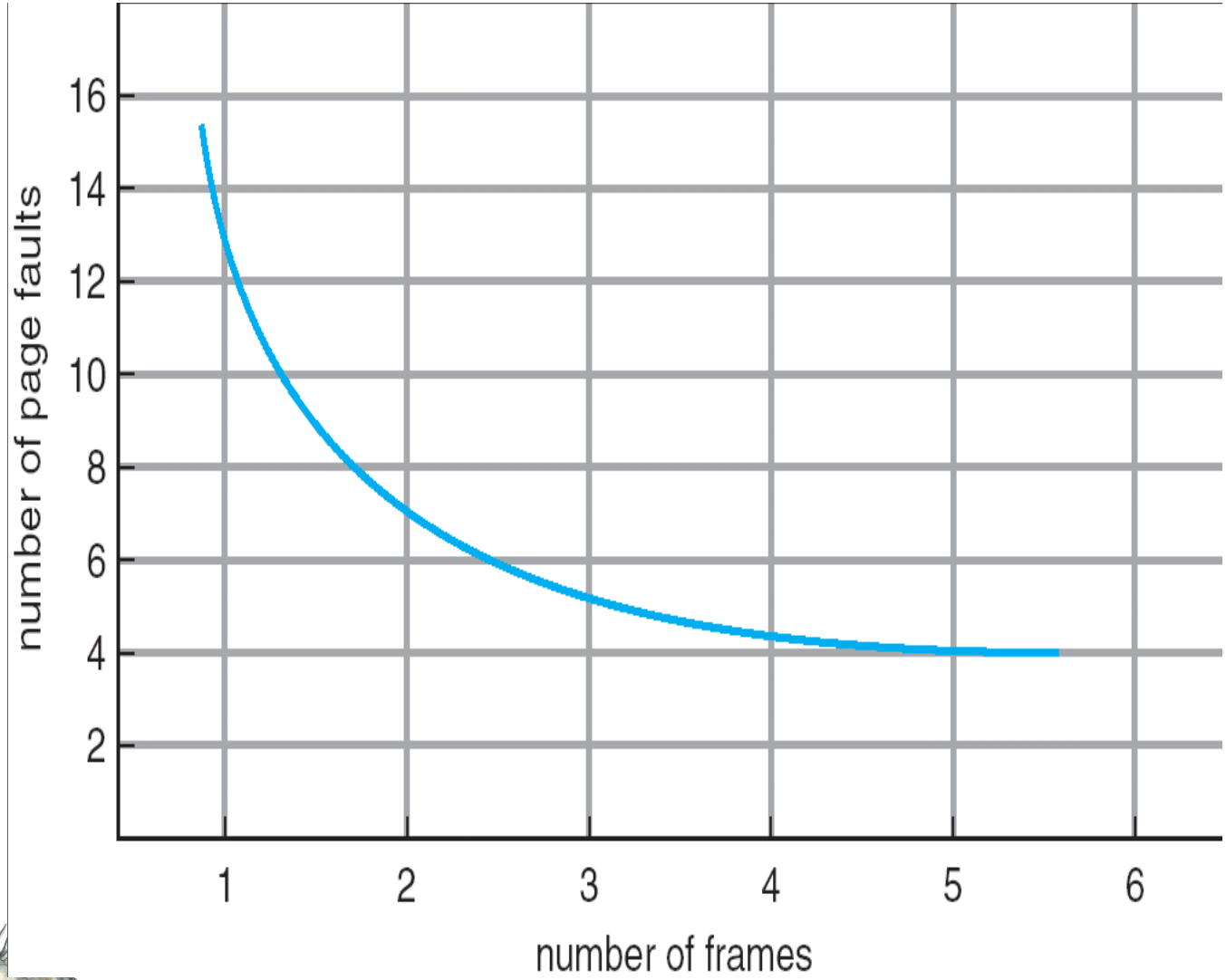


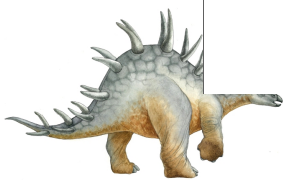
Algoritmos de substituição de página

- Deseja taxa de falta de página mais baixa
- Avalia algoritmo executando-o em uma string em particular de referências de memória (string de referência) e calculando o número de faltas de página nessa string
- Em todos os nossos exemplos, a string de referência é

1, 2, 3, 4, 1, 2, 5, 1, 2, 3, 4, 5

Gráfico de faltas de página versus número de quadros (o que se esperaria de todo método de substituição)





Algoritmo First-In-First-Out (FIFO)

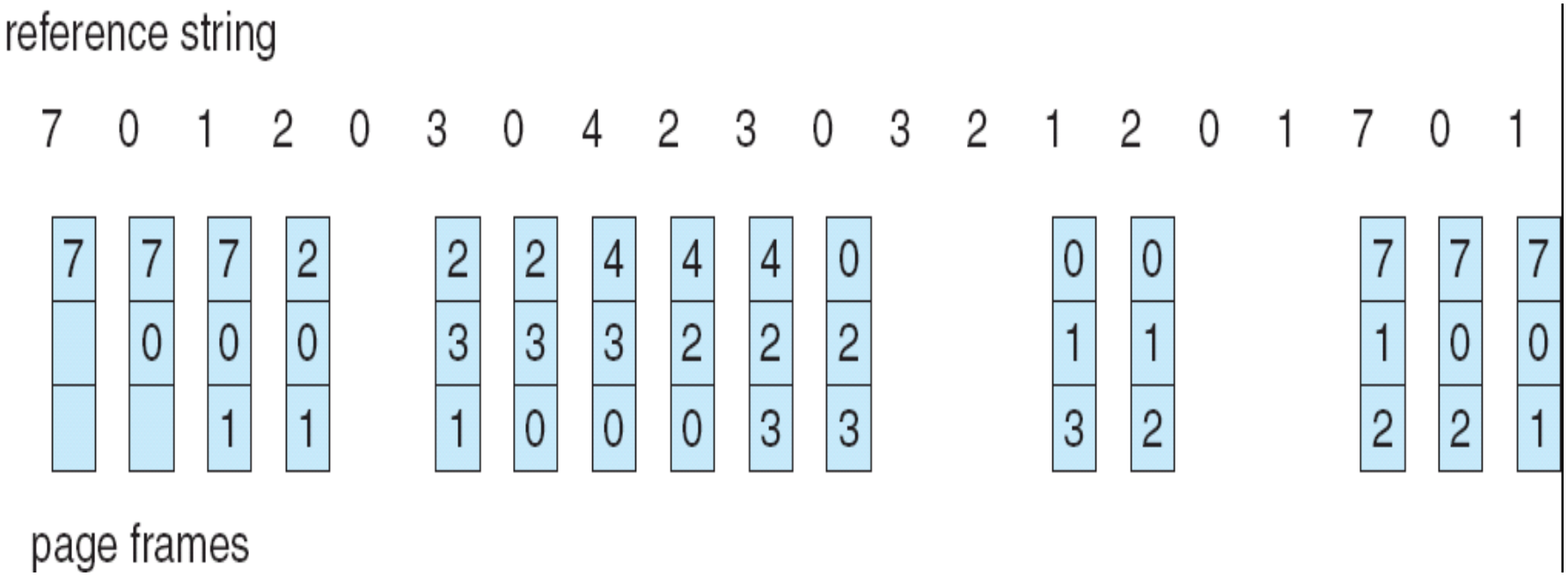
- String de referência: 1, 2, 3, 4, 1, 2, 5, 1, 2, 3, 4, 5
- 3 quadros (3 páginas podem estar na memória ao mesmo tempo por processo)

1	1	4	5	
2	2	1	3	9 faltas de página
3	3	2	4	

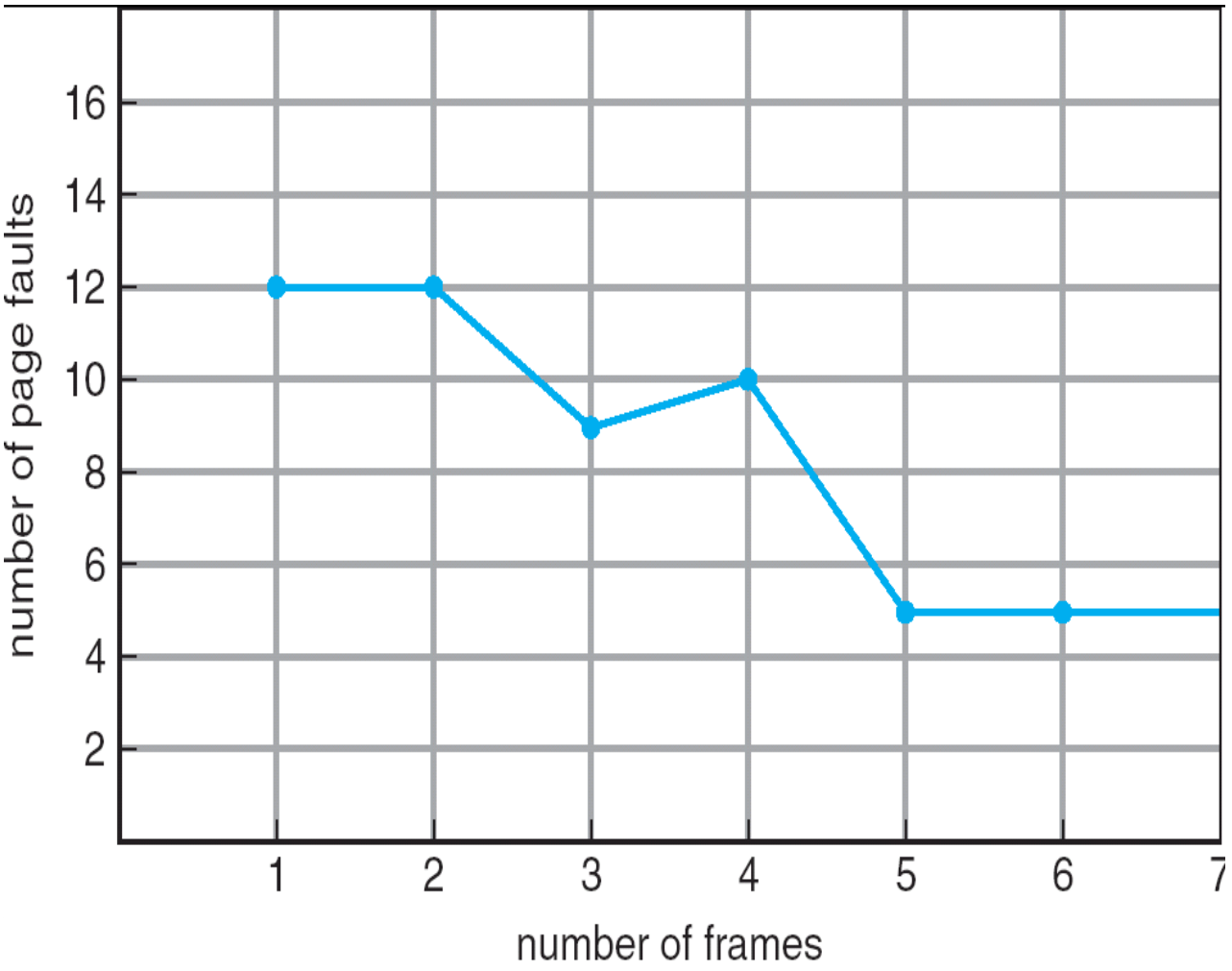
- 4 frames

1	1	5	4	
2	2	1	5	10 faltas de página
3	3	2		
4	4	3		

Substituição de página FIFO



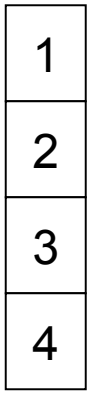
FIFO ilustrando anomalia de Belady



Algoritmo ideal

- Substitua página que não será usada pelo maior período de tempo
- Exemplo de 4 frames

  1, 2, 3, 4, 1, 2, 5, 1, 2, 3, 4, 5



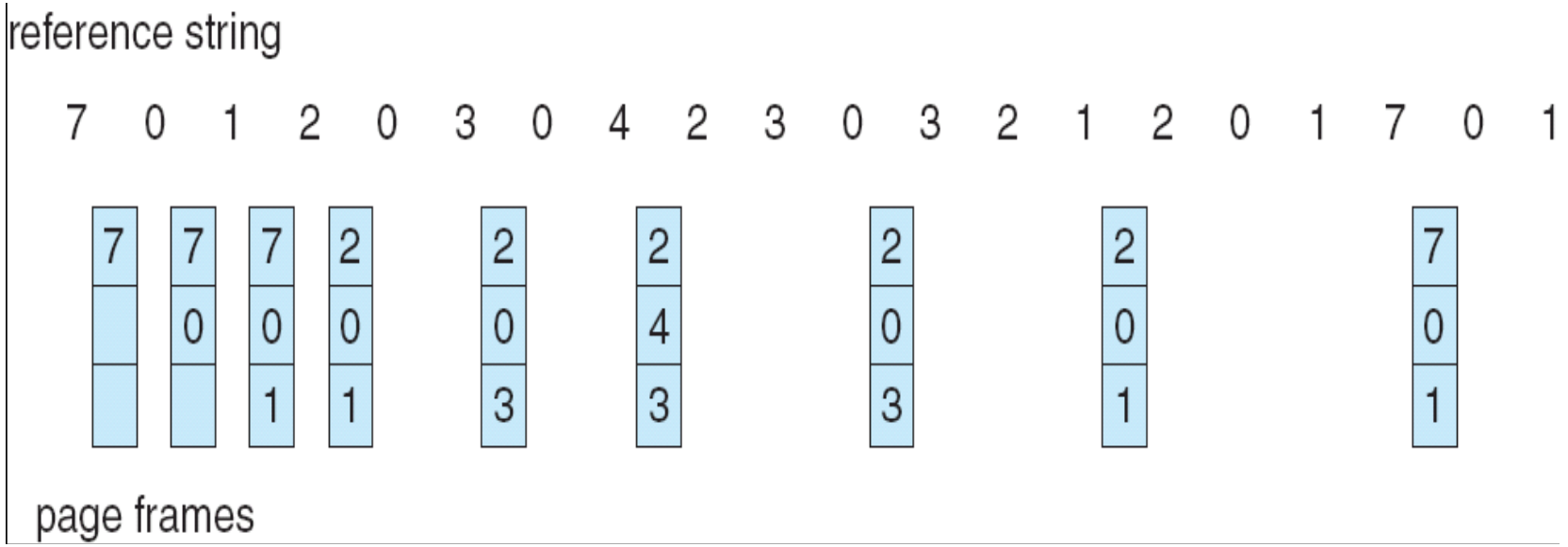
4

5

6 faltas de página

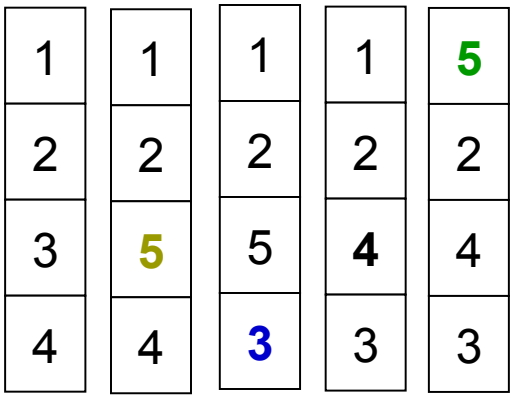
- Como você sabe disto?
- Usado para medir como seu algoritmo funciona

Substituição de página ideal



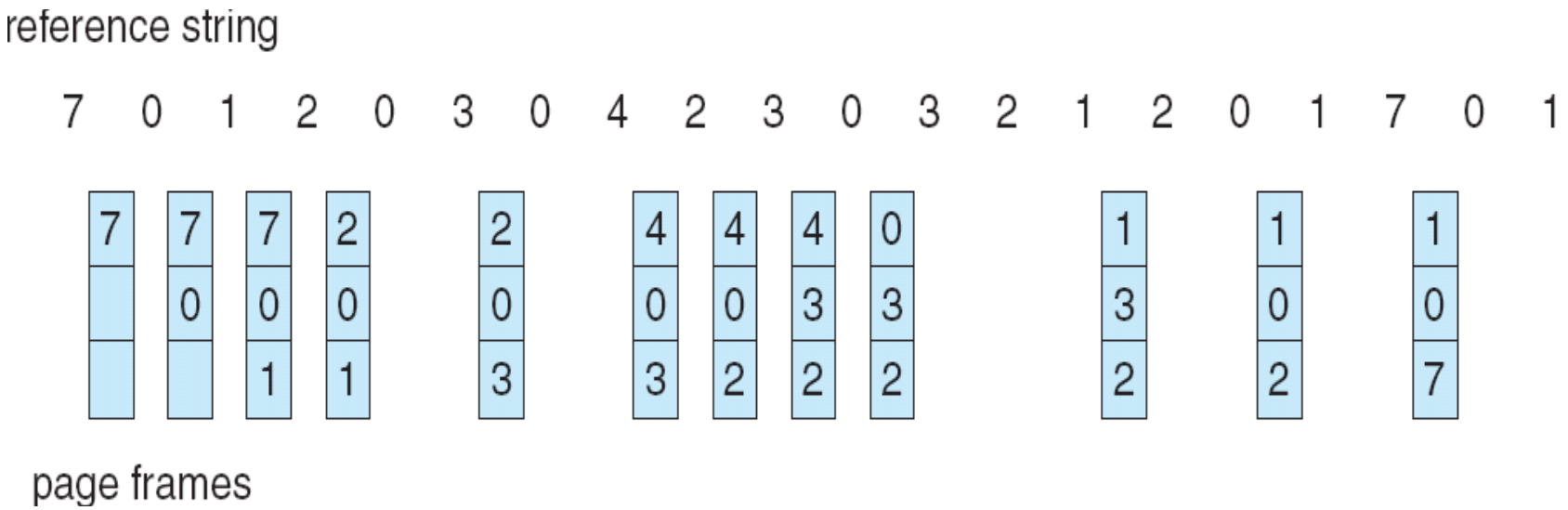
Algoritmo Least Recently Used (LRU)

- String de referência: 1, 2, 3, 4, 1, 2, **5**, 1, 2, **3**, **4**, **5**



- Implementação do contador
  - Cada entrada de página tem um contador; toda vez que a página é referenciada por essa entrada, copia o clock para o contador
  - Quando uma página precisa ser mudada, veja os contadores para determinar quais devem mudar

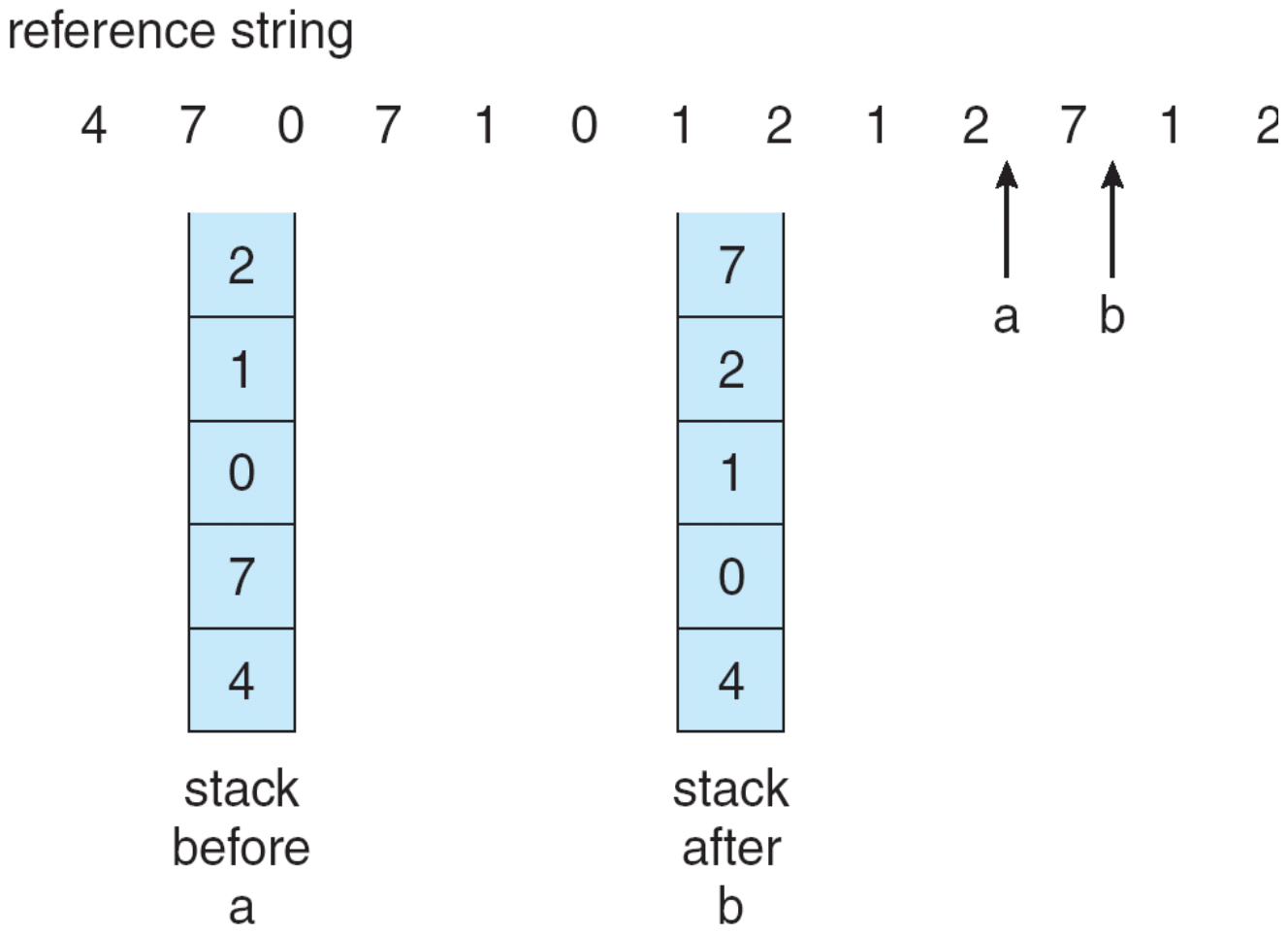
Substituição de página LRU



Algoritmo LRU (cont.)

- Implementação com pilha – mantenha uma pilha de números de página em um formato de link duplo:
  - Página referenciada:
    - mova-a para o topo
    - requer que 6 ponteiros sejam trocados
  - Nenhuma busca para substituição

Pilha para registrar as referências de página mais recentes

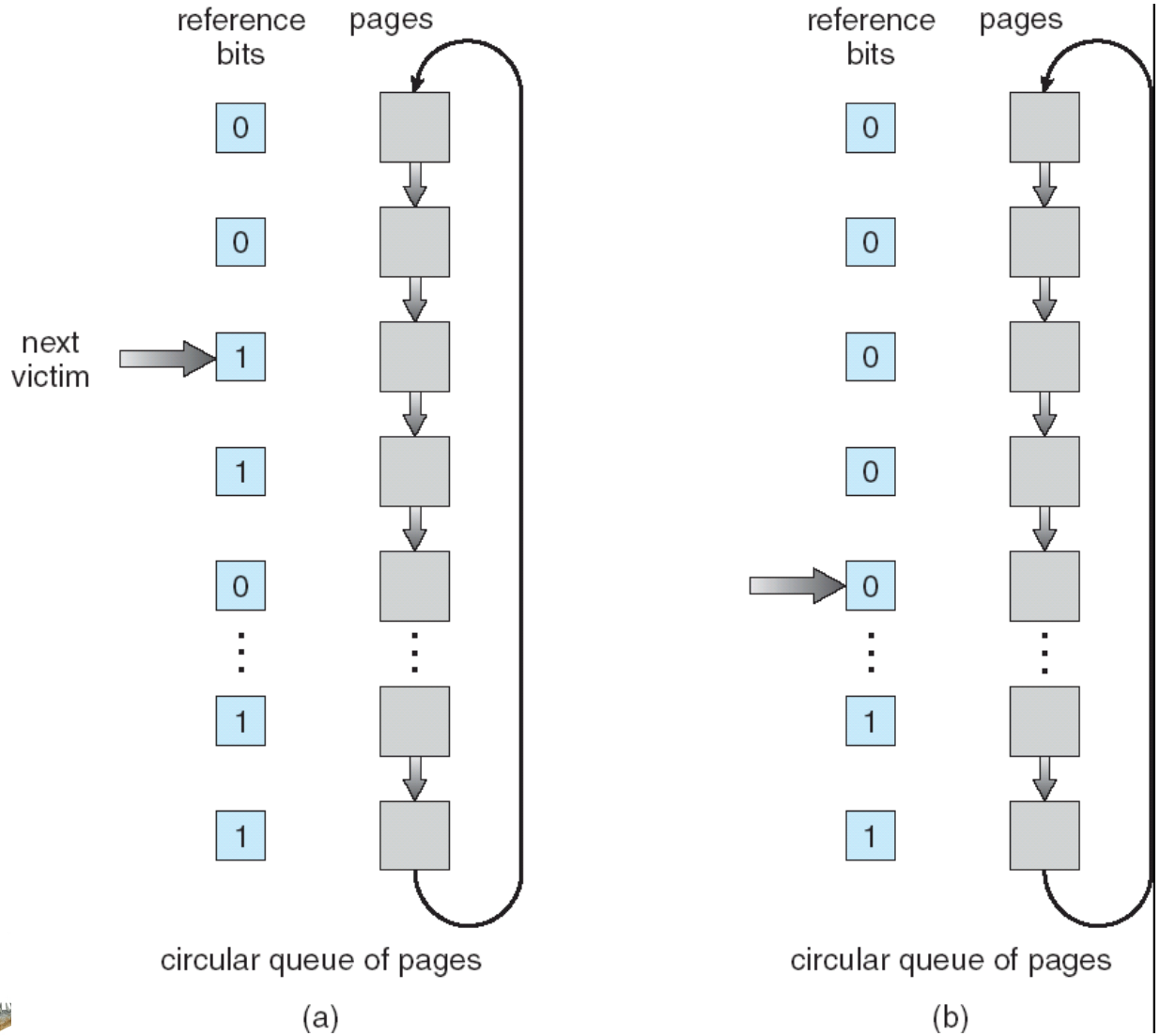


Algoritmos de aproximação LRU

- Bit de referência
  - A cada página associe um bit, inicialmente = 0
  - Quando a página é referenciada, bit passa para 1
  - Substitua a que é 0 (se uma existir)

- Segunda chance
  - Precisa de bit de referência
  - Se página a ser substituída tem bit de referência = 0 então substitui
  - Caso contrário (ou seja, bit de referência = 1)
    - define bit de referência 0 (“dá uma segunda chance”)
    - deixa página na memória
    - substitui próxima página (há ordem das páginas), sujeito às mesmas regras

Substituição de página com “segunda chance”



Algoritmos de contagem

- Mantenha um contador do número de referências que foram feitas a cada página
- **Algoritmo LFU:** substitui página por menor contador
- **Algoritmo MFU:** baseado no argumento de que a página com a menor contagem provavelmente acabou de ser trazida e ainda está para ser usada

Alocação de quadros

- Cada processo precisa do número *mínimo* de páginas
- Exemplo: IBM 370 – 6 páginas para tratar da instrução SS MOVE:
  - instrução tem 6 bytes, pode espalhar por 2 páginas
  - 2 páginas para tratar *de*
  - 2 páginas para tratar *para*
- Dois esquemas de alocação principais
  - alocação fixa
  - alocação por prioridade

Alocação fixa

- Alocação igual – Por exemplo, se houver 100 quadros e 5 processos, dá a cada processo 20 quadros.
- Alocação proporcional – Aloca de acordo com o tamanho do processo

Alocação por prioridade

- Usa um esquema de alocação proporcional à prioridade (ao invés de tamanho)
- Se processo P_i gera uma falta de página,
  - seleciona para substituição um de seus quadros
  - seleciona para substituição um quadro de um processo com número de prioridade menor

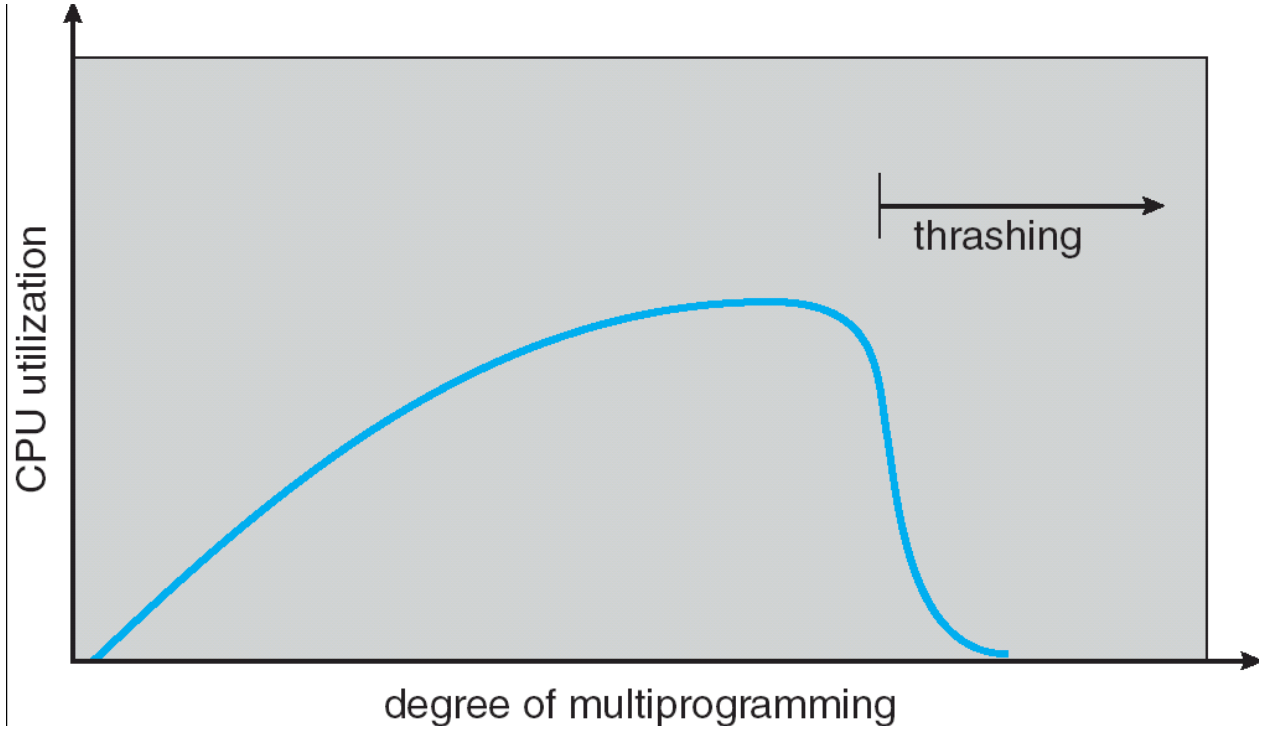
Substituição global versus local

- **Substituição global** – processo seleciona um quadro de substituição do conjunto de todos os quadros; um processo pode apanhar um quadro de outro
- **Substituição local** – cada processo seleciona apenas do seu próprio conjunto de quadros alocados

Thrashing

- Se um processo não tem páginas “suficientes”, a taxa de falta de página é muito alta. Isso leva a:
  - baixa utilização de CPU
  - sistema operacional pensa que precisa aumentar o grau de multiprogramação
  - outro processo acrescentado ao sistema (gera um ciclo vicioso)
- **Thrashing:** ocorre quando um processo está ocupado trocando páginas pra dentro e pra fora

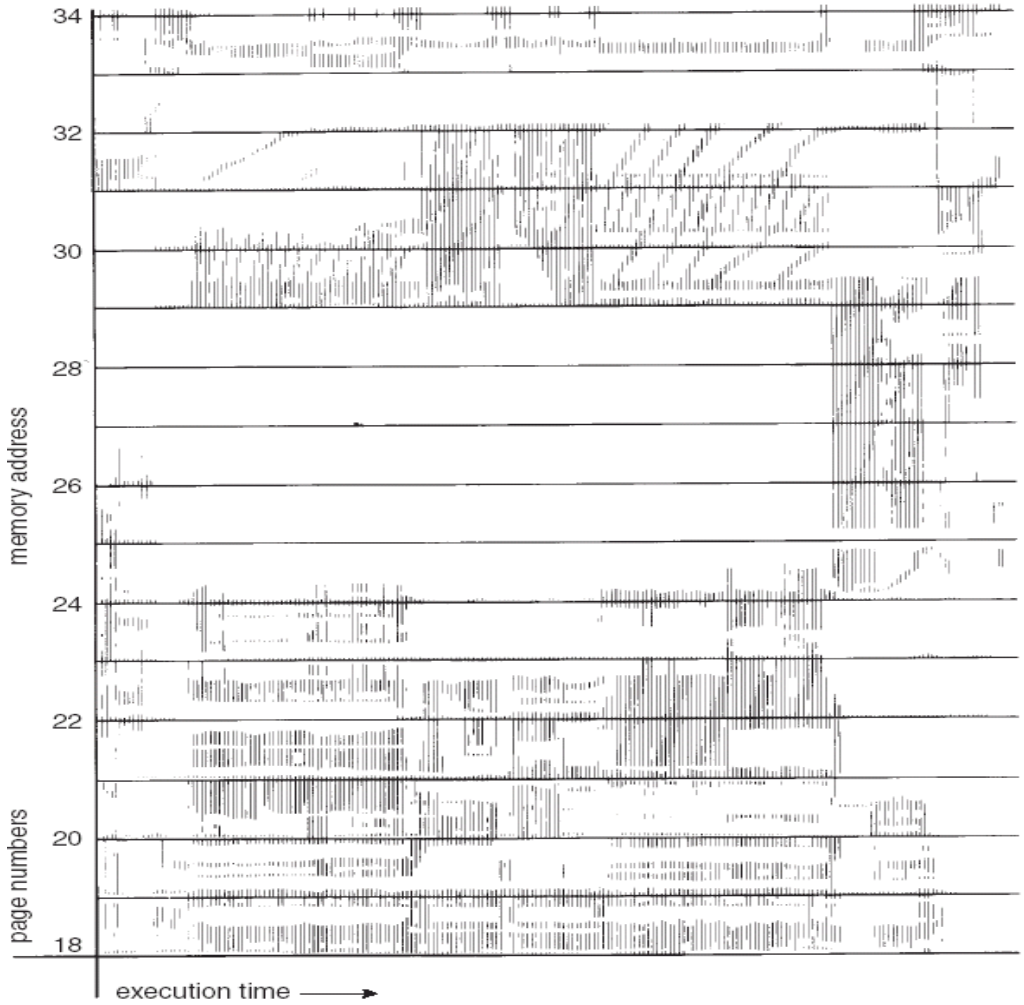
Thrashing (cont.)



Paginação por demanda e thrashing

- Por que a paginação por demanda funciona?
  Modelo de *localidade* (conjunto de páginas que são usadas ativamente juntas)
  - Processo migra de uma localidade para outra ao longo da execução
  - Localidades podem se sobrepor
- Por que ocorre o thrashing?
  tamanho da localidade > tamanho total da memória alocada ao processo

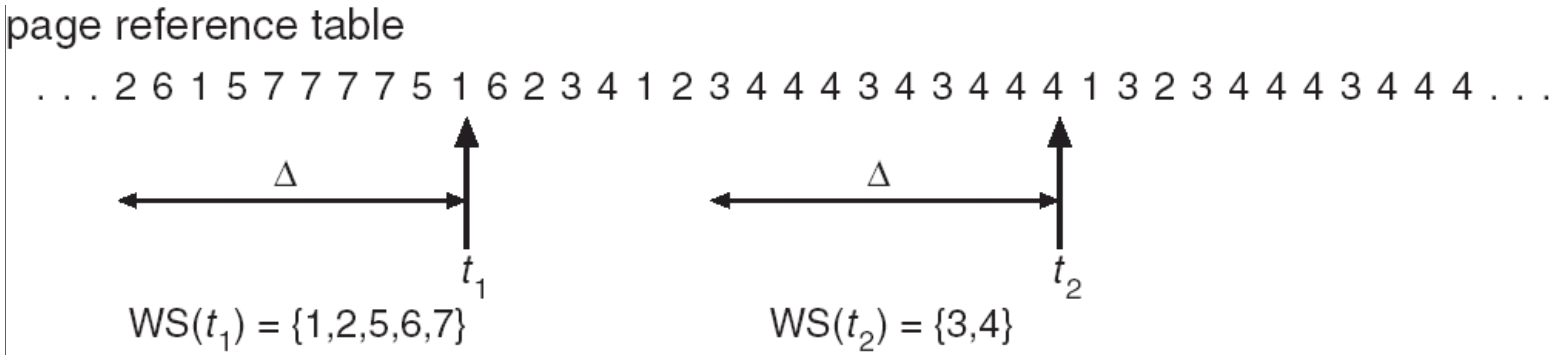
Localidade em um padrão de referência de memória



Modelo de conjunto de trabalho

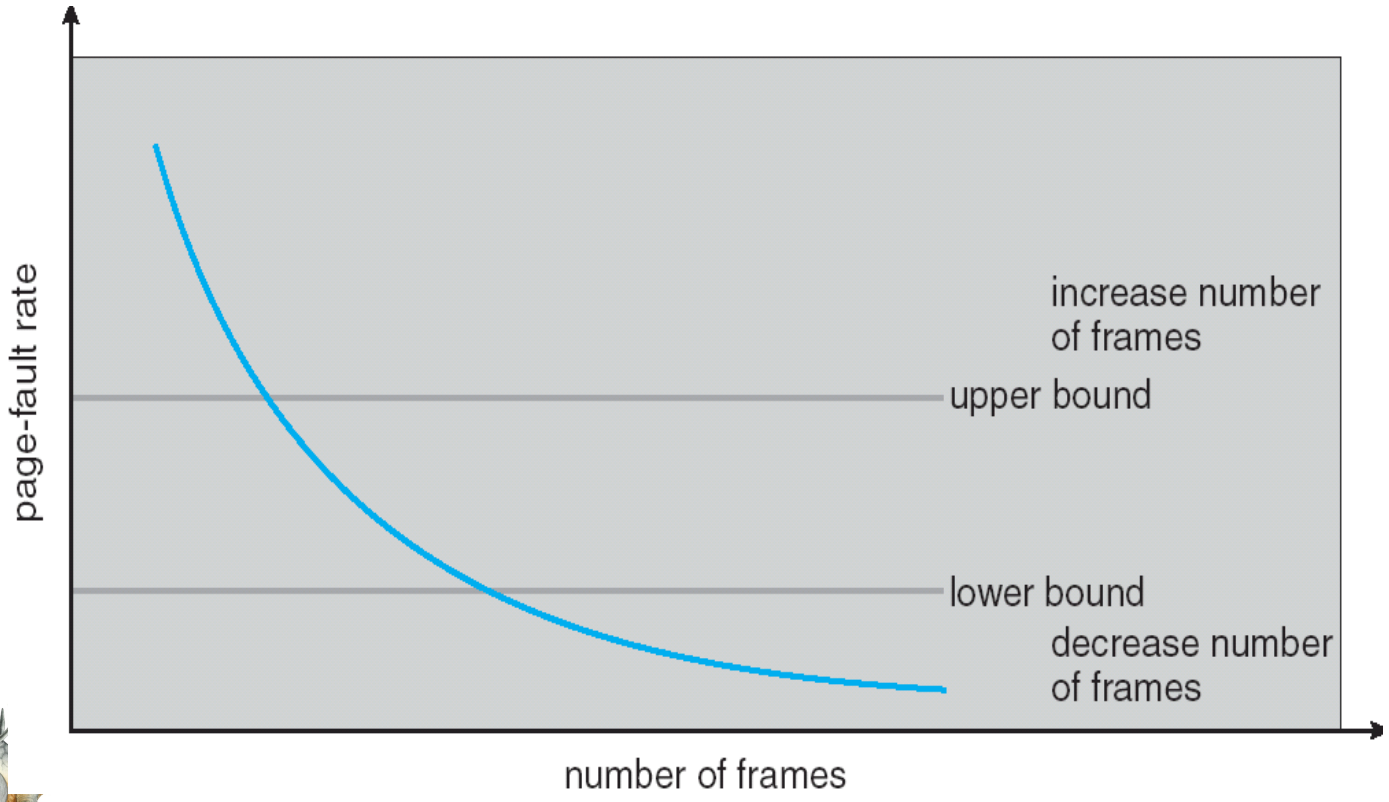
- Modelo de conjunto de trabalho é baseado na suposição de localidade
- Um parâmetro *Delta* é utilizado para definir o tamanho de uma janela de conjunto de trabalho
- As páginas “mais recentes” (as que estão dentro dos últimos *Delta* acessos à memória) de cada processo são mantidas na memória (veja figura no próximo slide)
- O conjunto de trabalho é uma aproximação da localidade do programa
- Se a demanda total de quadros for maior do que a quantidade disponível, o SO suspende algum processo (evita thrashing)
- Na prática, é muito custoso manter o controle preciso
- Aproximado com timer de intervalo + um bit de referência (detalhes do mecanismo não são relevantes...)

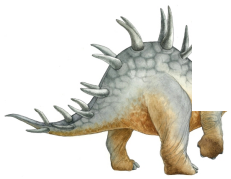
Modelo de conjunto de trabalho



Esquema de freqüência de falta de página

- Estabelece taxa de falta de página “aceitável”
  - Se a taxa real for muito baixa, processo perde quadro
  - Se a taxa real for muito alta, processo ganha quadro

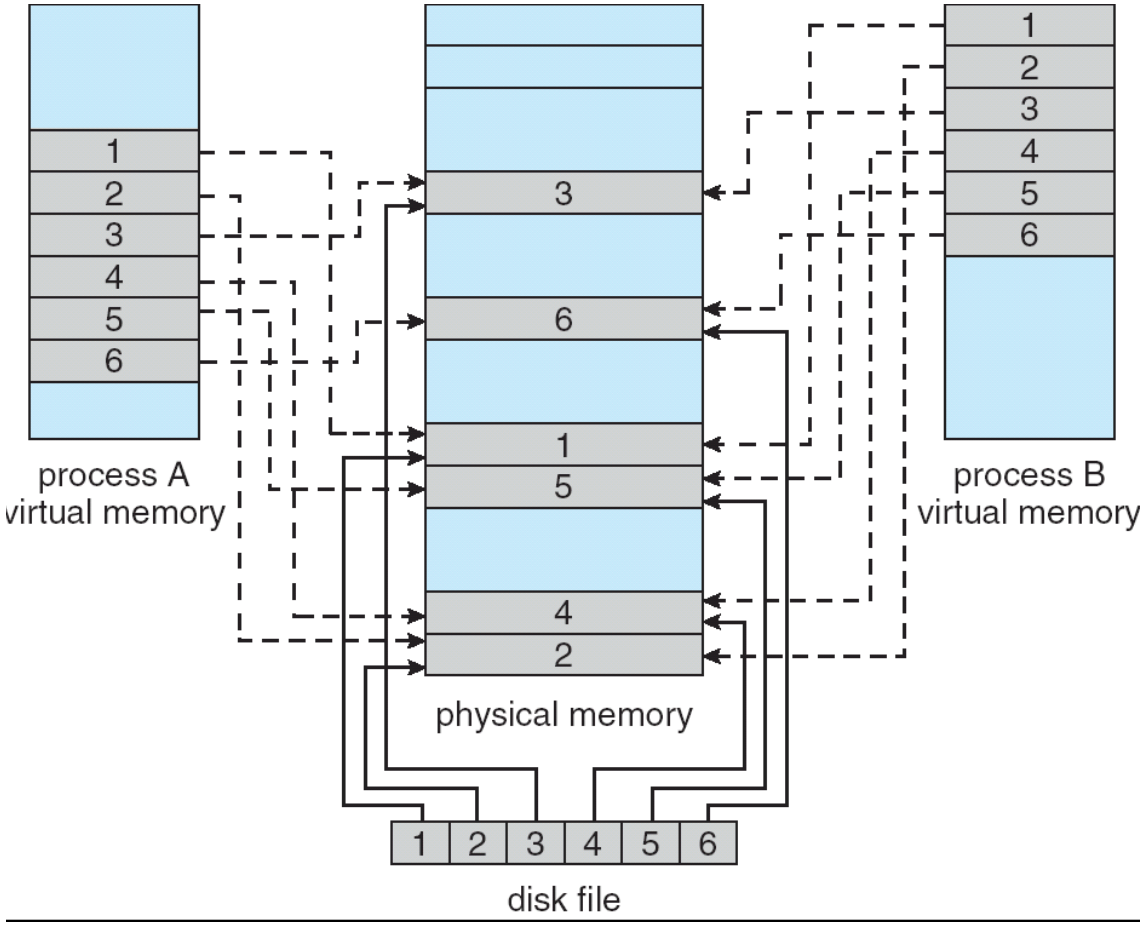




Arquivos mapeados na memória

- E/S de arquivo mapeado na memória permite que a E/S de arquivo seja tratada como acesso de rotina à memória, **mapeando** um bloco de disco para uma página na memória
- Um arquivo é lido inicialmente usando paginação por demanda. Uma parte do arquivo com tamanho da página é lida do sistema para uma página física. Leituras/escritas subseqüentes de/para o arquivo são tratadas como acessos comuns à memória.
- Simplifica o acesso ao arquivo, tratando a E/S do arquivo por meio da memória, ao invés das chamadas do sistema **`read()`** e **`write()`**
- Também permite que vários processos sejam mapeados para o mesmo arquivo, permitindo que as páginas na memória sejam compartilhadas

Arquivos mapeados na memória



Final do Capítulo 9