

# Gerenciamento de Memória

## Capítulo 4 João Bosco Teixeira Júnior

# Gerenciamento de Memória

## Novo Sistema

- Entender o Problema
- Porque o problema deve ser resolvido
  - Em alguns caso isso será obvio
- Solução do Problema
  - Às vezes a solução leva a outro problema e solução pode estar em nova técnica.
- Como chegar a solução (\*)

(\*) Nem sempre

# Gerenciamento de Memória

## O Problema

- Afirmações importantes
  - Um processo é composto de instruções e dados;
  - A CPU executa instruções que estão na RAM (cache)
- Como fornecer memória para um processo de forma segura (processos não devem acessar dados que não lhe pertencem) e escalável (processos podem crescer)?
- Que áreas estão livres e/ou ocupadas?

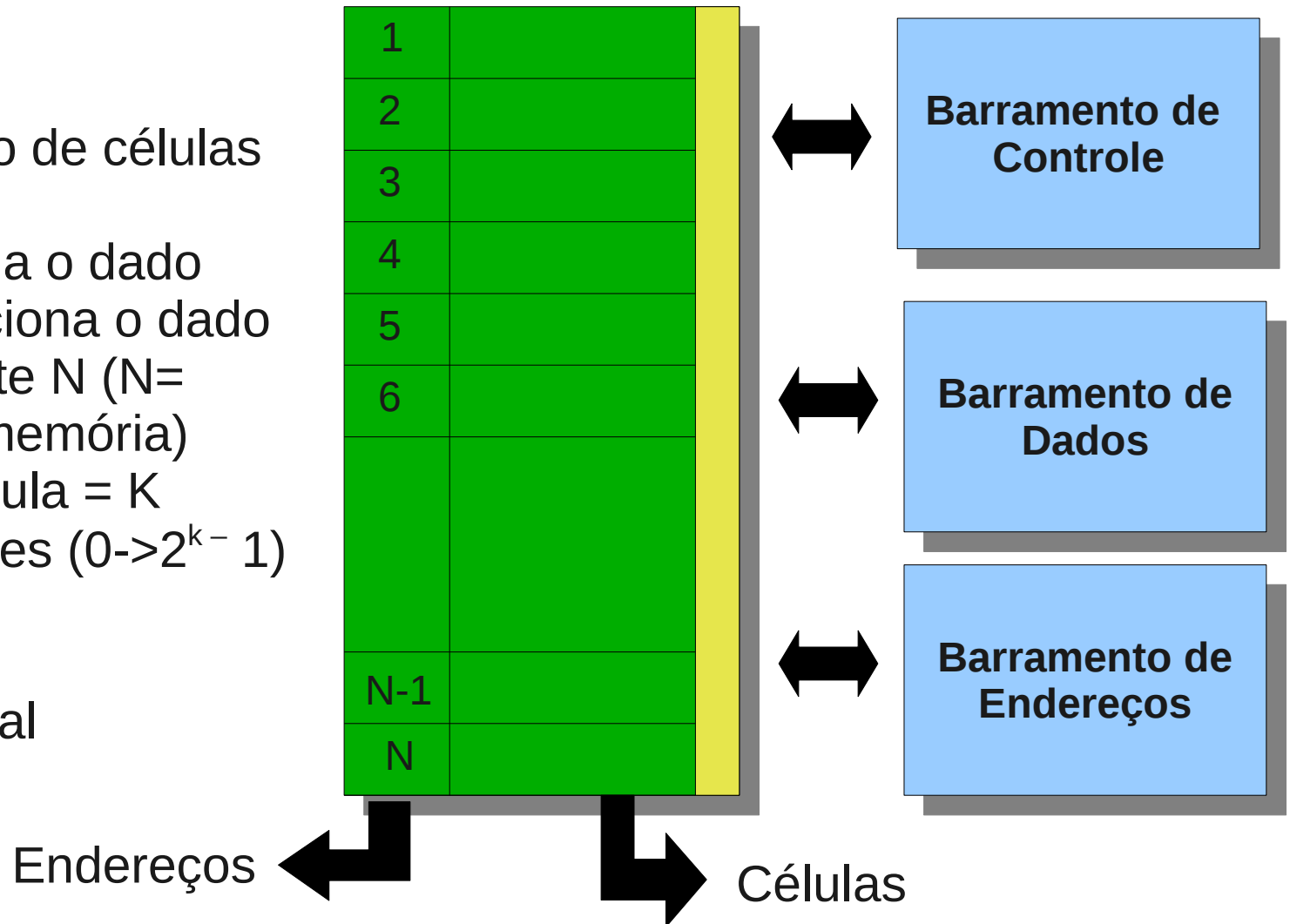
# Revisão: O que é a memória?

## Conceitos:

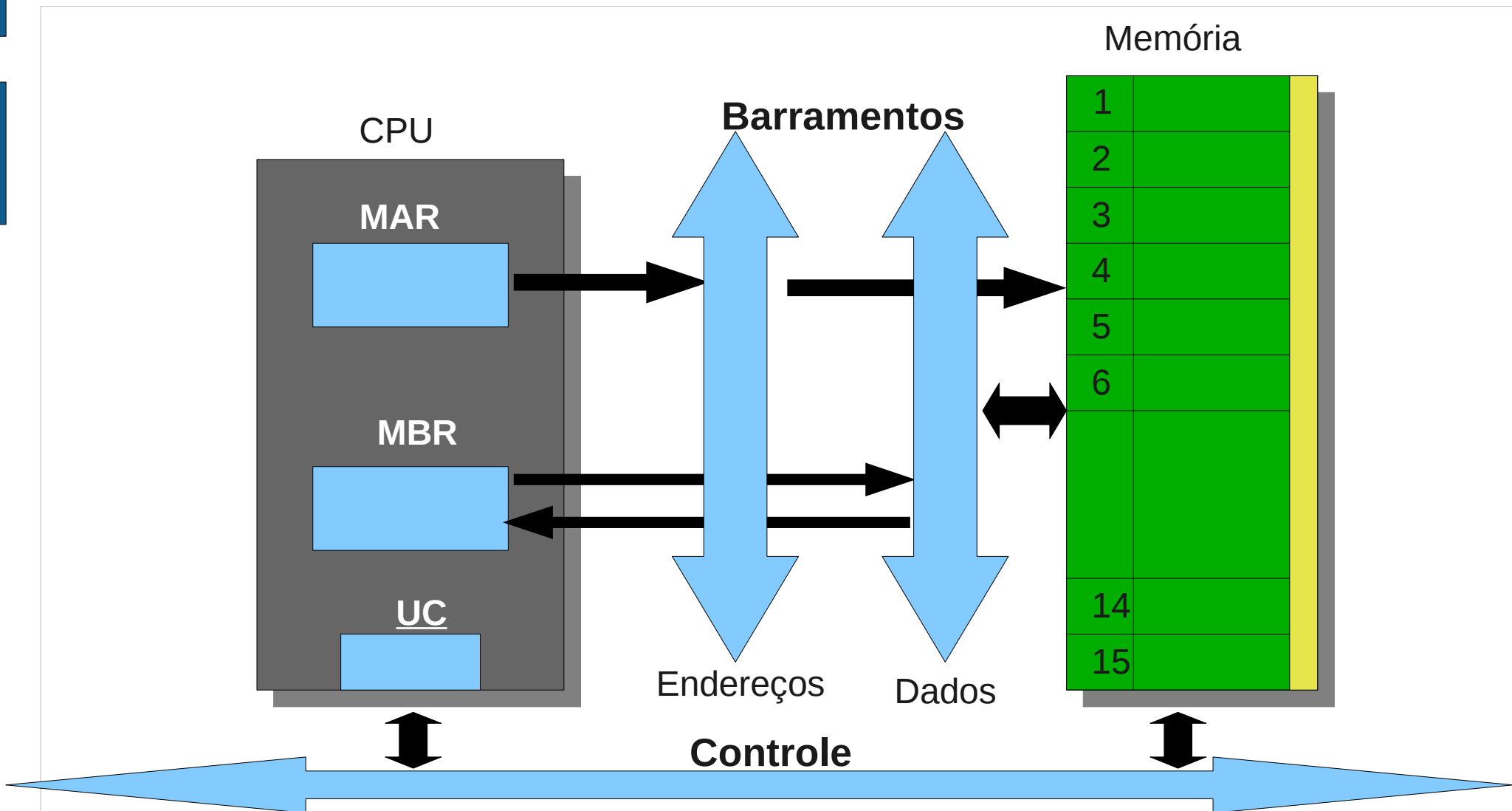
- Memória: Arranjo de células endereçáveis
- Célula: Armazena o dado
- Endereço: Seleciona o dado
  - Inicia em 0, até N (N = tamanho da memória)
- Tamanho da Célula = K
  - $2^k$  Combinações (0  $\rightarrow$   $2^k - 1$ )

## Outros Nomes:

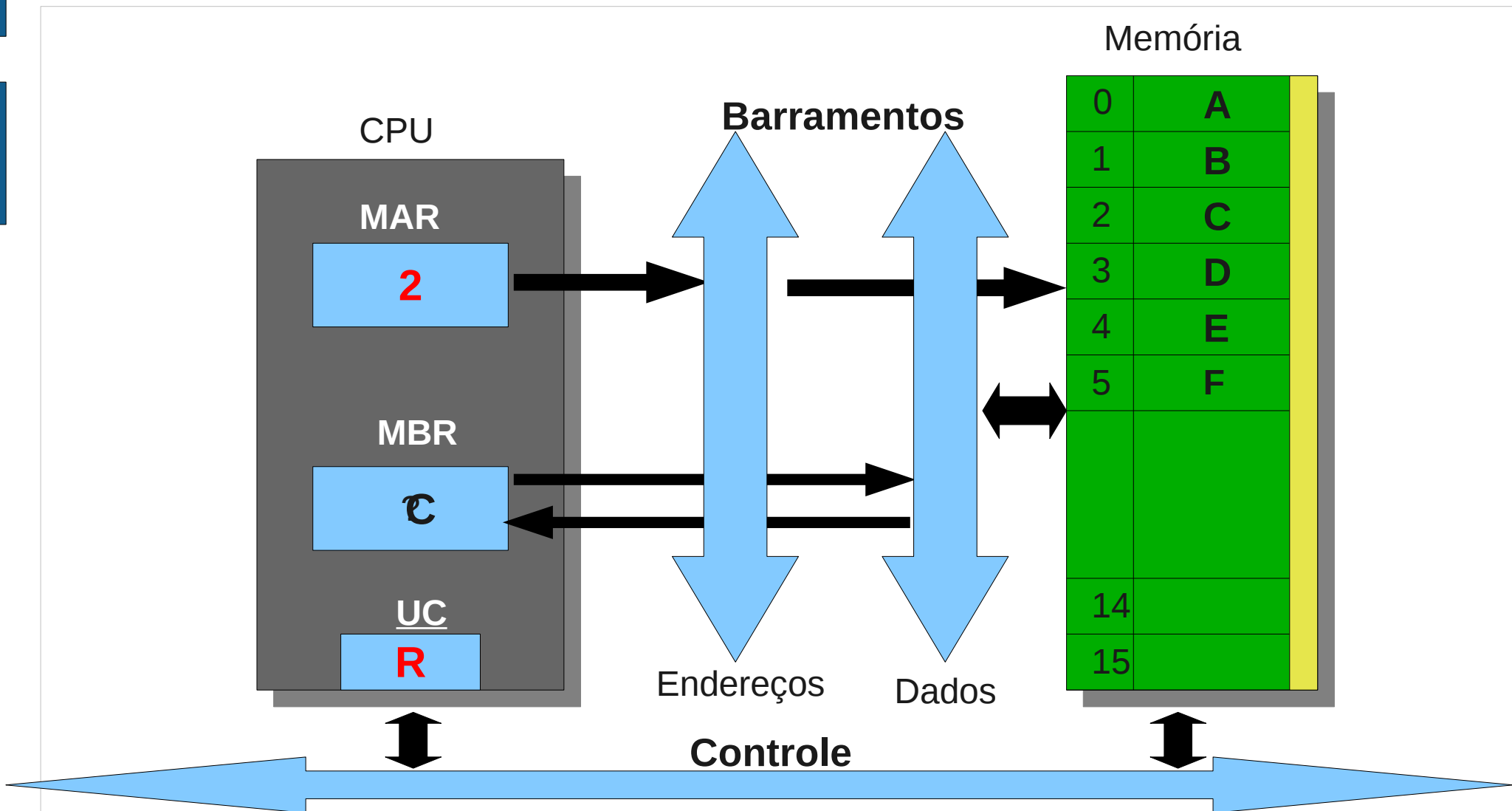
- Memória Real
- Memória Principal
- Memória Física
- RAM



# Revisão: Como é feito o acesso a Memória?



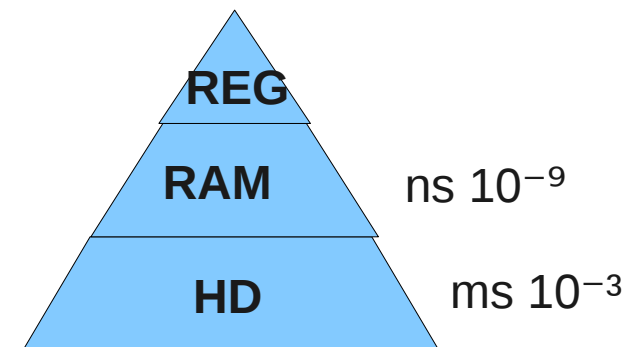
# Revisão: Como é feito o acesso a Memória?



# Gerenciamento de Memória

## Introdução

- Por que Gerenciar Memória?
  - Lei de Parkinson
    - Programas tendem a ocupar toda memória
  - Desejo do Programador (Memória)
    - Grande, Rápida e Não Volátil
    - Hierarquia de Memória (forma de atender a sede do programador por memória)
      - Registrador
      - RAM
      - Disco Rígido



# Gerenciamento de Memória

## Introdução

- Acompanhe a “fome por RAM” dos Sistemas

| <b>SO<br/>(Windows cliente)</b> | <b>Data<br/>Lançamento</b> | <b>RAM<br/>Mínima</b> | <b>RAM<br/>Recomendada</b> |
|---------------------------------|----------------------------|-----------------------|----------------------------|
| Windows 3.1                     | Abr/1992                   | 2,6 MB                | 4 MB                       |
| Windows 95                      | Ago/1995                   | 8 MB                  | 16 MB                      |
| Windows NT 4<br>Workstation     | Ago/1996                   | 32 MB                 | 96 MB                      |
| Windows 2000 Pro                | Fev/2000                   | 64 MB                 | 128 MB                     |
| Windows XP Pro                  | Out/2001                   | 128 MB                | 256 MB                     |
| Windows Vista<br>Ultimate       | Jan/2007                   | 1 GB                  | 2 GB                       |

Observe que a quantidade de memória RAM nos SOs mais antigos corresponde atualmente a mais ou menos a quantidade de memória cache L1 dos processadores modernos!



# Gerenciamento de Memória

## Introdução

- Funções do Gerente
  - Alocar memória para novos processos
    - Que células estão livres?
  - Manter as partes do SW em uso na memória
    - Manter o número máximo de processos em RAM para garantir o máximo de uso do processador
  - Gerenciar Troca de Processos (swapping)
  - Liberar memória de processos terminados

# Gerenciamento de Memória

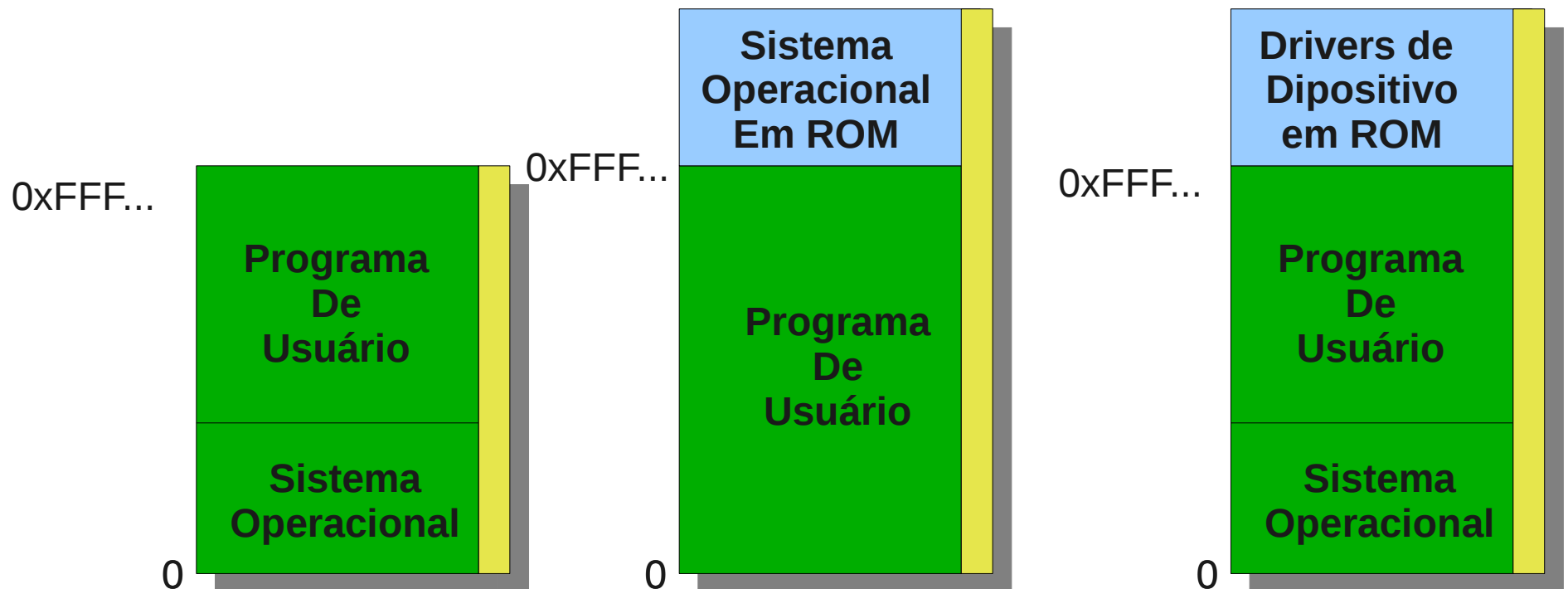
## Gerenciamento Básico

- Gerência de Memória (duas situações)
  - Sistema Monoprogramado: Apenas um processo por vez na memória:
  - Sistema Multiprogramado: Vários processos na memória ao mesmo tempo

# Gerenciamento de Memória

## Gerenciamento Básico

- Solução do Problema: Monoprogramação
  - Situação trivial
  - Três maneiras

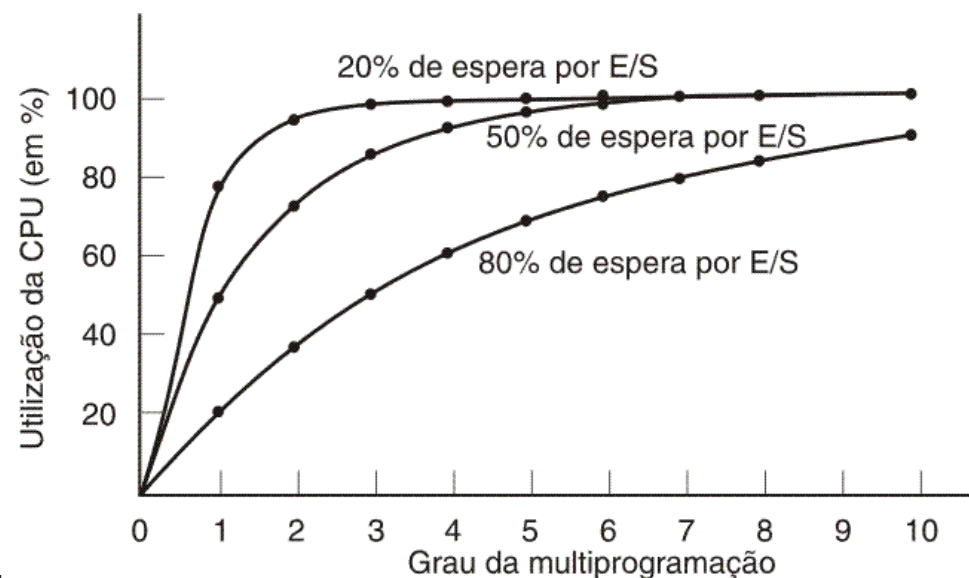


# Gerenciamento de Memória

## Gerenciamento Básico

- **Multiprogramação:** vários processos em RAM
- **Problema:** Entender quando é vantagem levar mais um processo na memória?
- **Solução:** Até 100% de uso da CPU

- $\text{Uso CPU} = 1 - P^n$
- $P = \% \text{ espera por E/S}$
- $N$ : Nro de Processos



# Gerenciamento de Memória

## Gerenciamento Básico

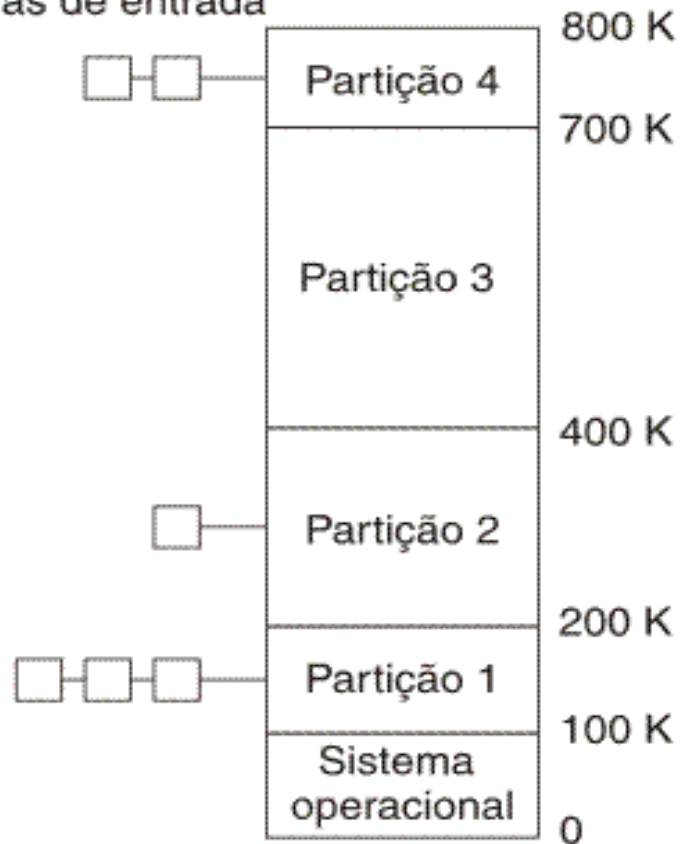
- Solução : Multiprogramação com partições Fixas
  - **Solução:** PARTICIONAMENTO da Memória
  - Memória dividida em partições de diferentes tamanhos
    - Fila para cada tamanho
      - Pode atrasar a execução existindo memória disponível
    - Fila Única
  - **Problema:**
    - Fragmentação Interna: sobra de espaço dentro da partição
    - Número Fixo de Processos: Só N processos na memória

# Gerenciamento de Memória

## Gerenciamento Básico

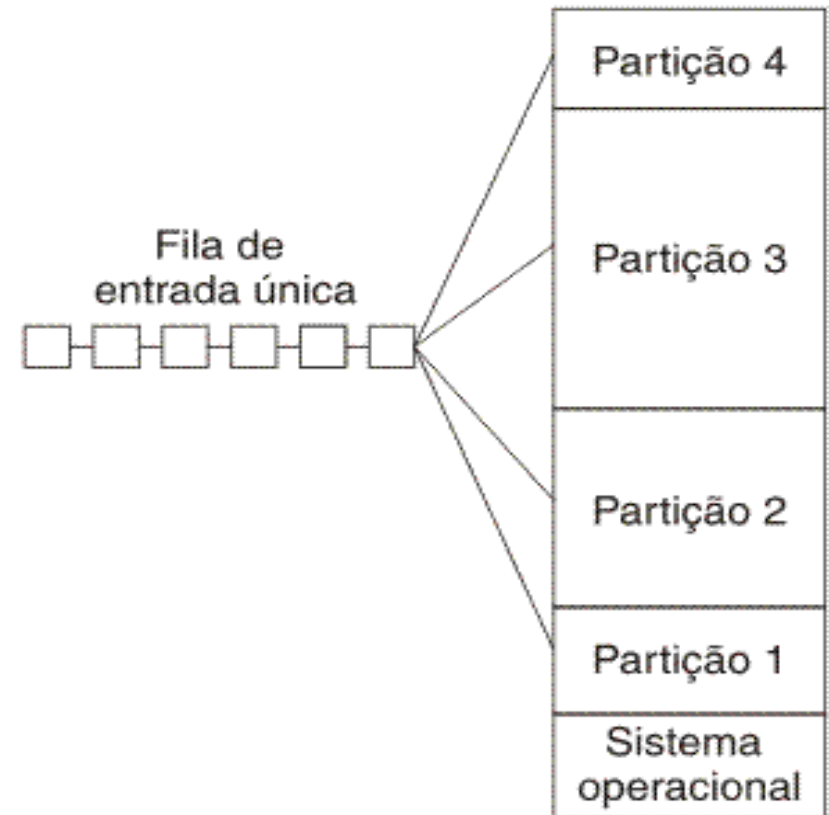
- Partições Fixas

Múltiplas filas de entrada



(a)

Fila de entrada única



(b)

# Gerenciamento de Memória

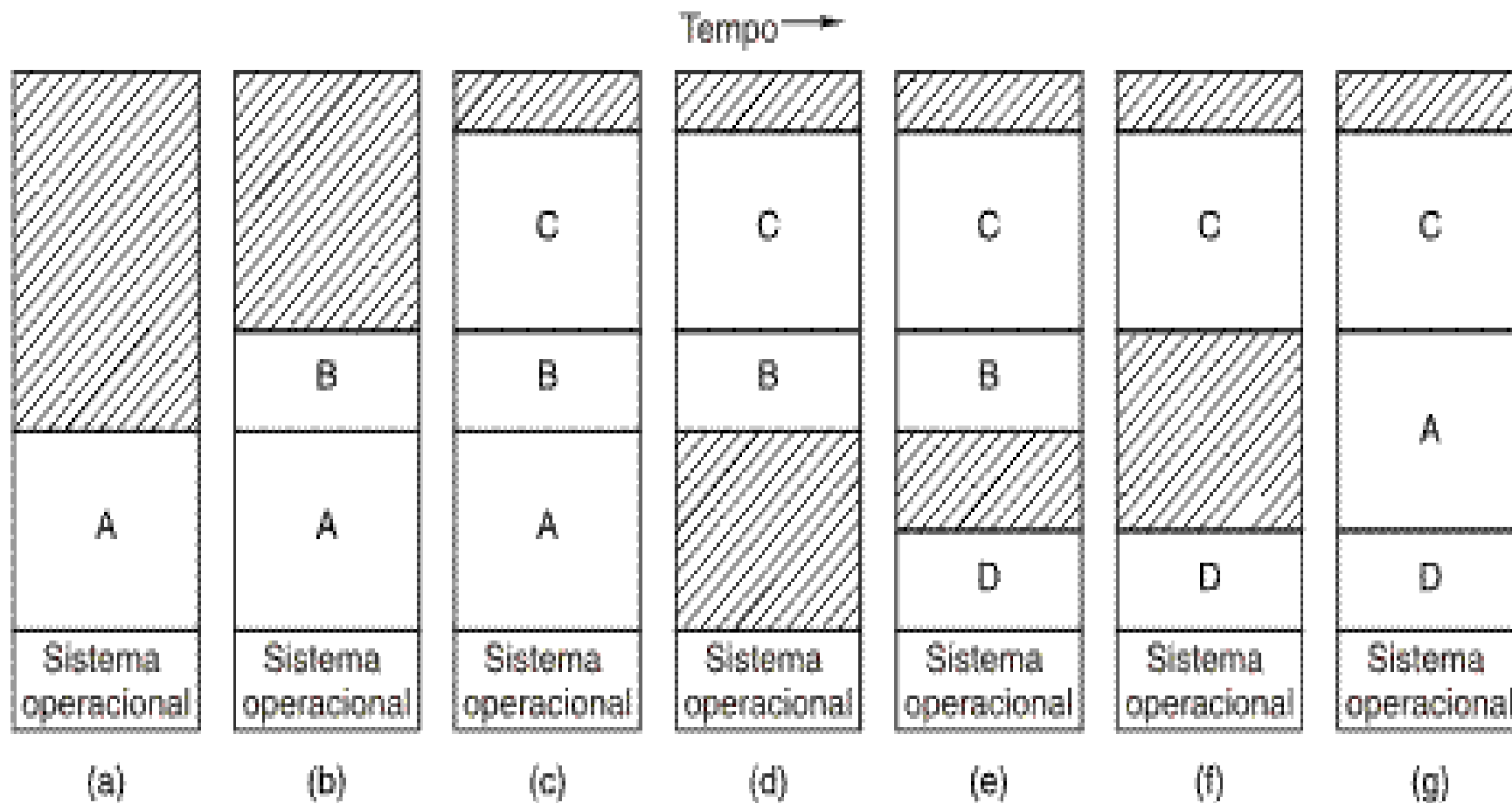
## Gerenciamento Básico

- Multiprogramação com Partições Variáveis
  - Mais Flexível que usar partições Fixas
  - Resolve os problemas
    - Fragmentação interna
    - Limitação no número de processos na memória
  - Cria outros problemas:
    - Fragmentação Externa: Espaço não alocado fora da partição
    - Processos não podem crescer

# Gerenciamento de Memória

## Troca de Processos

- Partições Variáveis





# Gerenciamento de Memória

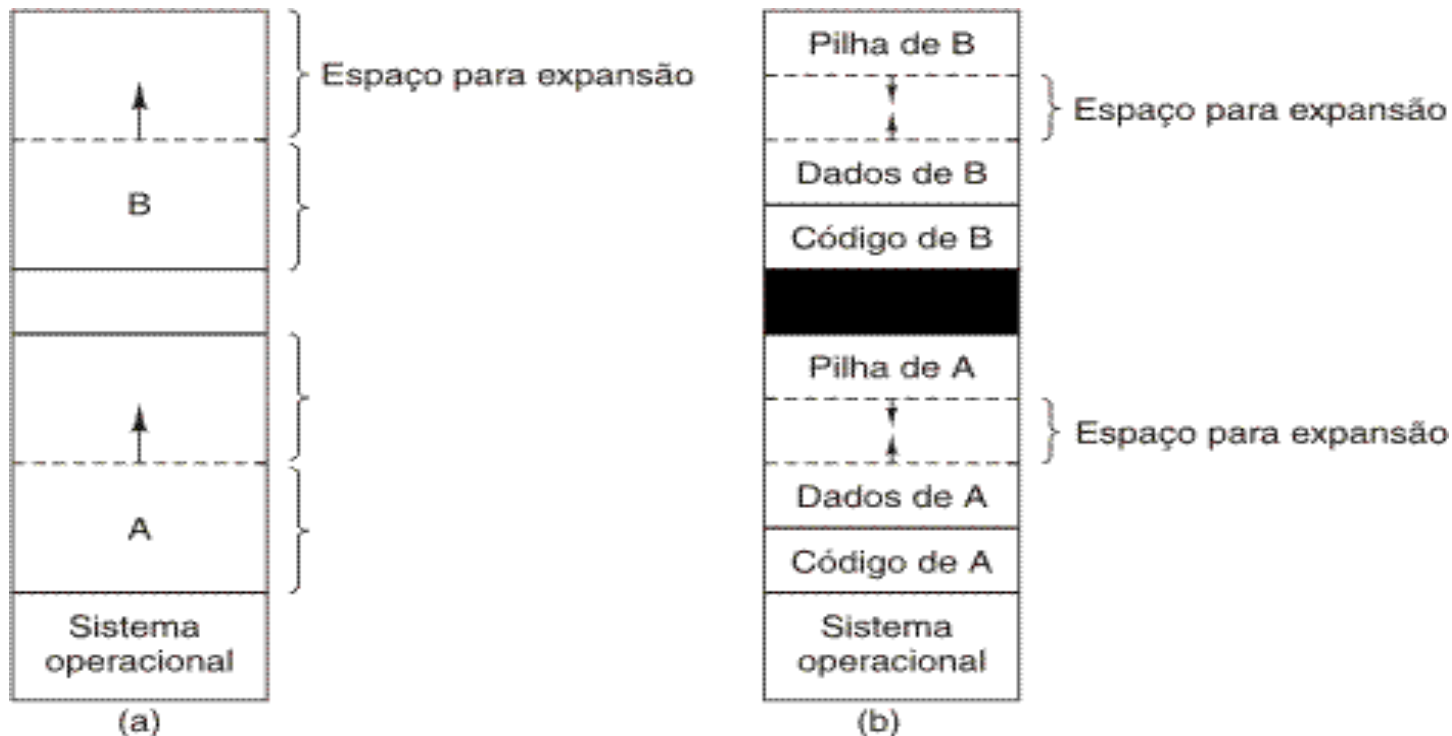
## Gerenciamento Básico

- Partições variáveis: Problemas
  - 1: Fragmentação Externa
  - Solução: Compactação de memória
  - 2: Crescimento do Espaço Processo
  - Solução: Espaço Extra

# Gerenciamento de Memória

## Gerenciamento Básico

- Troca de Processos (cont.)
  - Abordagens para o espaço extra



# Gerenciamento de Memória

## Gerenciamento Básico

- **Problema:** É preciso criar um novo processo, não tem mais RAM e a CPU está ociosa:
- Mais Processos que memória (Time Sharing)
- **Solução:** Usar o disco! (Troca de Processos)
  - Swapping: Colocar todo um processo em disco
    - Que processo? R: Um que não esteja em execução
  - Memória Virtual: Páginas → Pedacos do processo em disco.

# Gerenciamento de Memória

## Gerenciamento Básico

- Outros Problemas da solução de Particionamento
  - Relocação
    - A cada carga o espaço ocupado pelo processo na memória muda, e os endereços de variáveis e funções podem mudar.
  - Proteção
    - Uma vez o processo na CPU, não há como impedir o seu acesso fora da sua área de memória (espaço de endereçamento)

# Gerenciamento de Memória

## Gerenciamento Básico

- Soluções para os Problemas:
  - Relocação: Adicionar um endereço base e as instruções trabalhar em relação a um zero relativo (endereço virtual)
  - Proteção: PSW (Program Status Word, IBM, 4BITS)
  - Desvantagens destas soluções: Modificam a instrução

# Gerenciamento de Memória

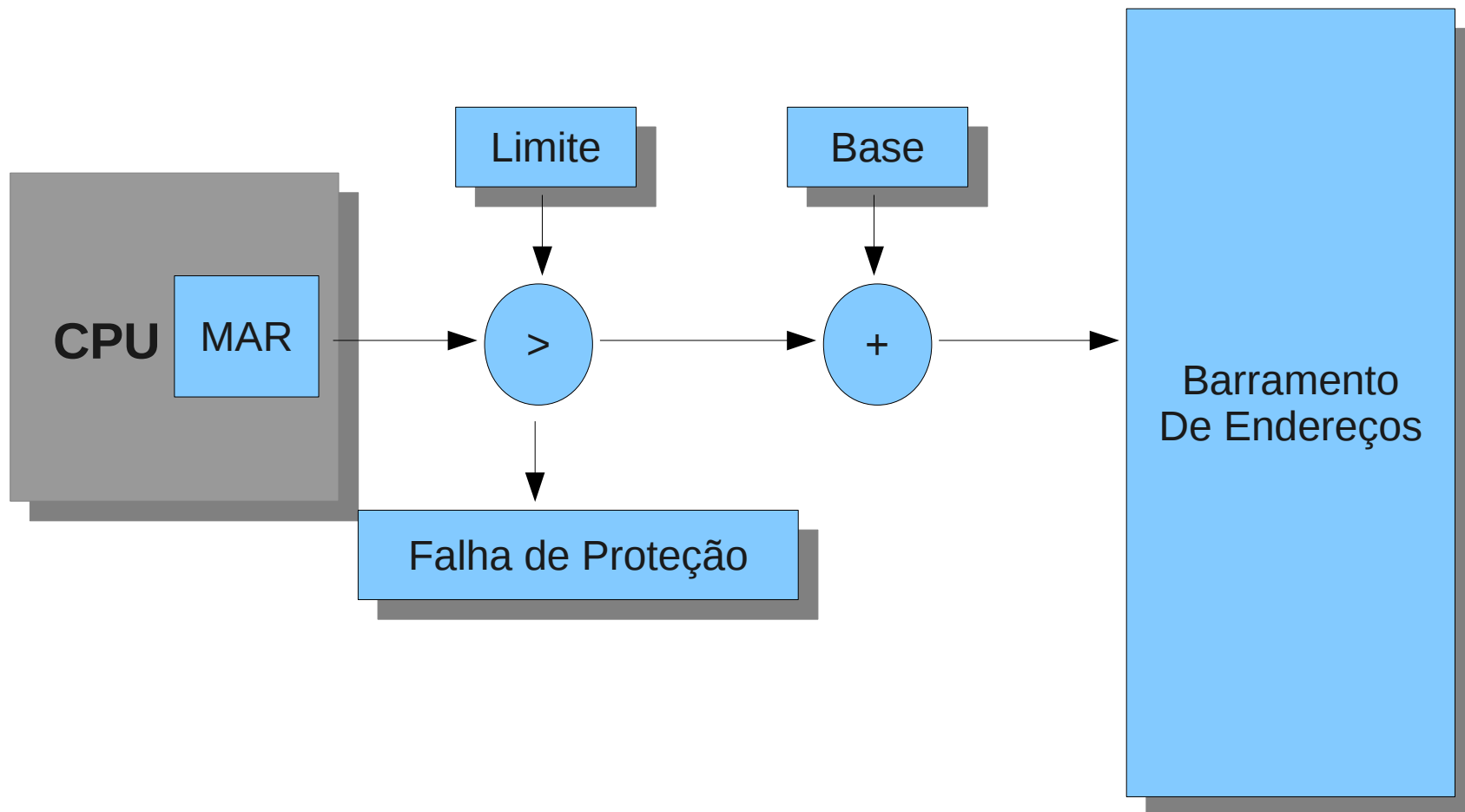
## Gerenciamento Básico

- Soluções para os Problemas
  - Registrador Base e Limite (**MMU hardware**)
    - Base: Início da Partição
    - Limite: Tamanho da Partição
  - Funcionamento
    - Soma: Caro devido Carry Out (vai um) : Relocação
    - Comparação: Barato: Proteção
  - Vantagem: Não há modificação da Instrução

# Gerenciamento de Memória

## Gerenciamento Básico

- MMU: Unidade de Gerência de Memória



# Gerenciamento de Memória

## Espaço Livre

- Gerenciamento da Memória
  - A memória pode ser alocada dinamicamente (em tempo de execução) pelos processos.
  - **Problema:** como saber as áreas da memória disponíveis para destinar aos processos?
  - Soluções
    - Mapa de Bits e Lista Encadeada
    - Divisão de memória em unidades de alocação
      - EX: Páginas, Partições, Segmentos, etc.



# Gerenciamento de Memória

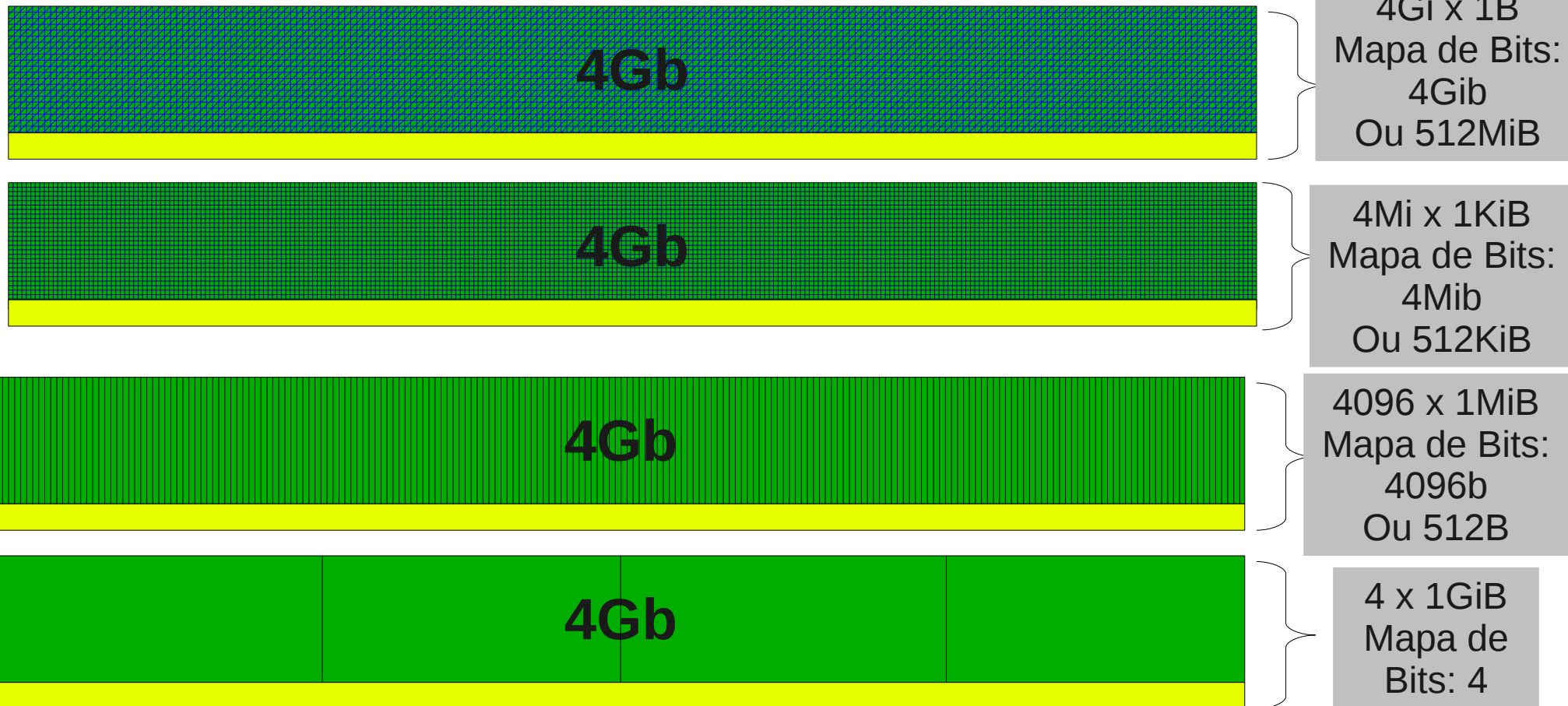
## Espaço Livre

- Mapa de Bits
  - Dividir a Memória em Unidades de Alocação
  - A cada unidade é associado um bit
  - Quanto MENOR a unidade maior overhead e tempo de busca por espaços vazios
  - Quanto MAIOR a unidade Maior a fragmentação (qual?).

# Gerenciamento de Memória

## Espaço Livre

- Diferentes Unidades de Alocação

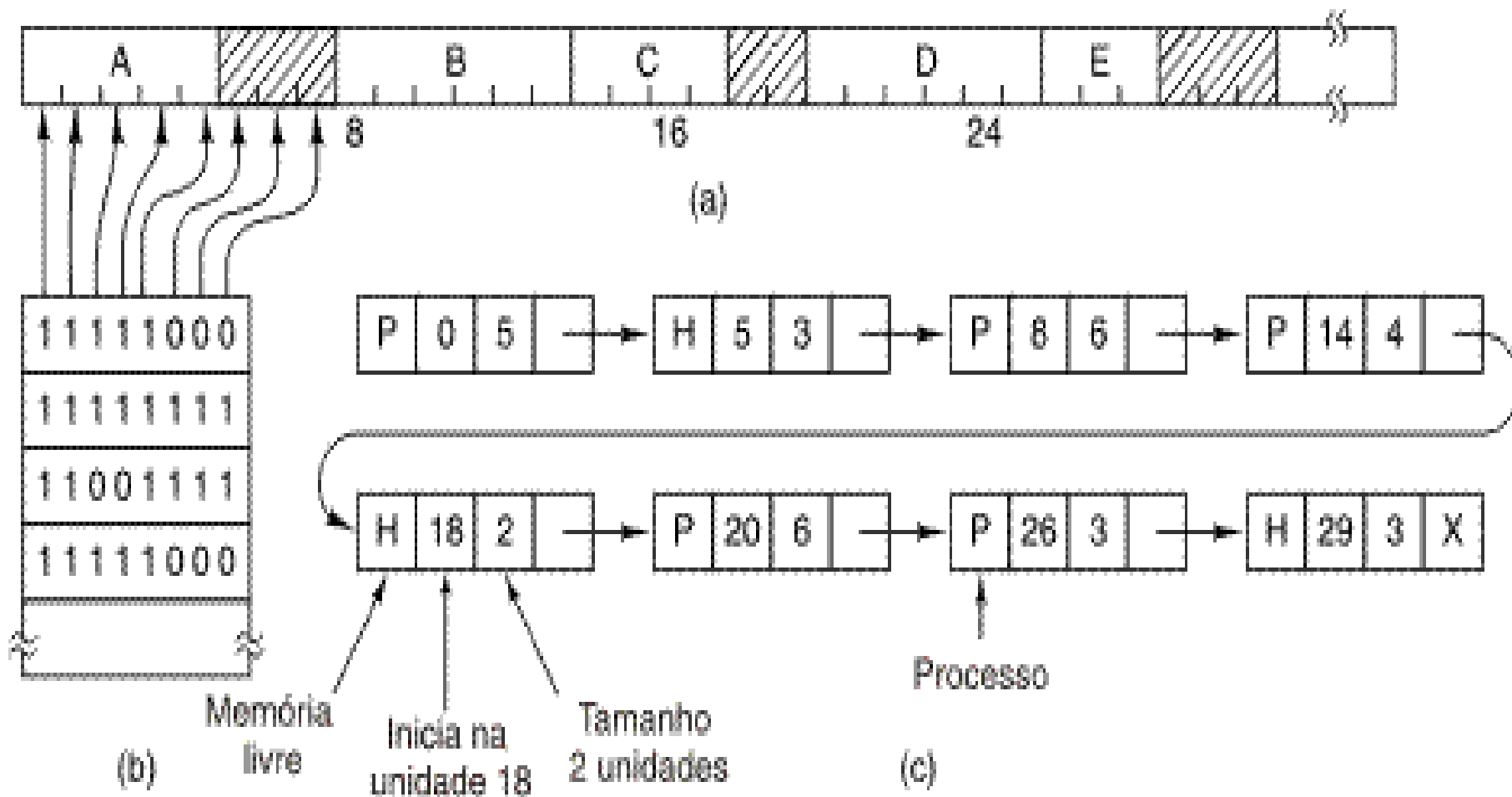


# Gerenciamento de Memória

## Espaço Livre

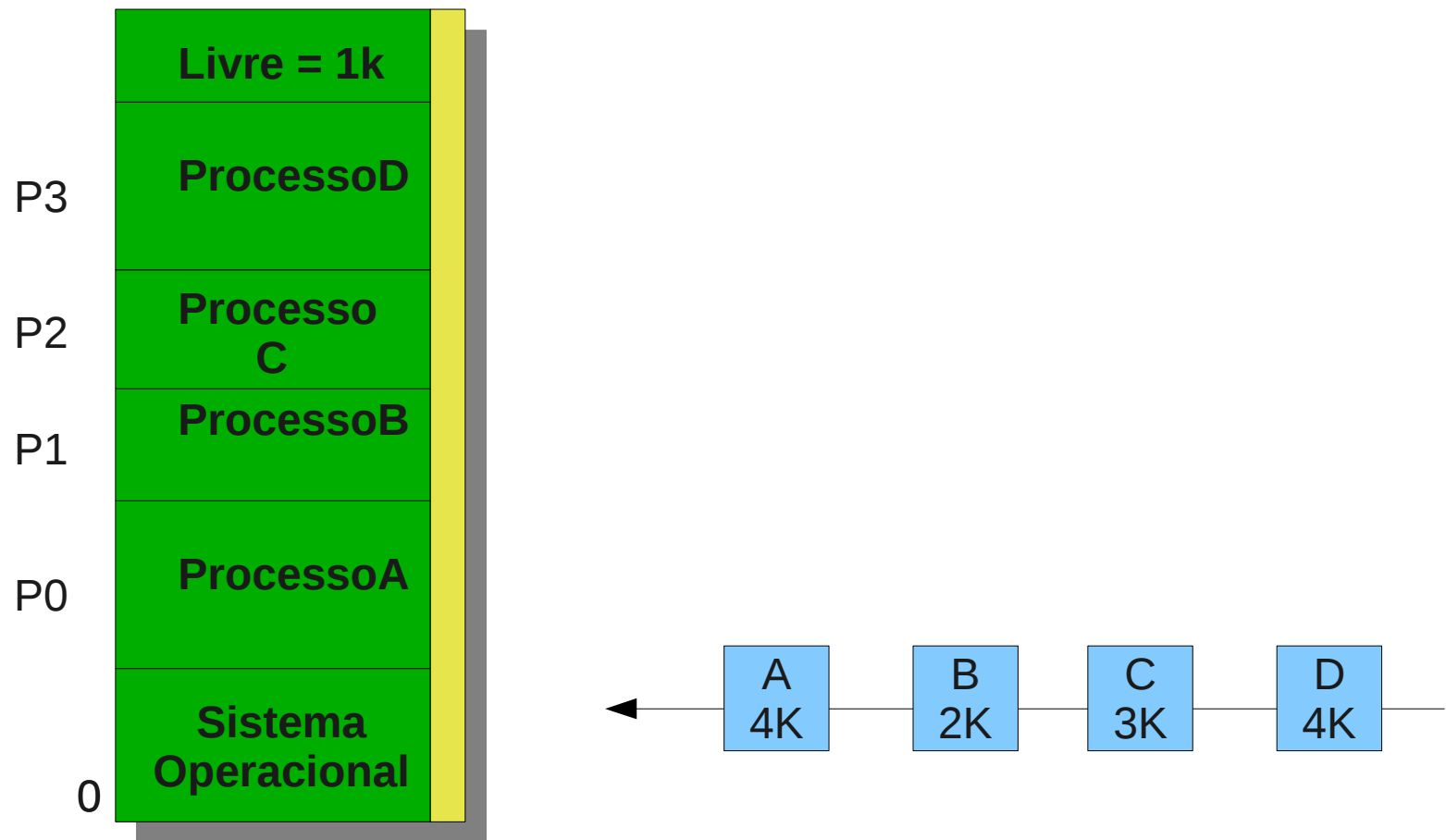
- Lista Encadeada
  - Lista com segmentos de memória
    - Livre (H) | Ocupado (P)
  - Estrutura do Elemento da Lista
    - H ou P | Início do Segmento | Tamanho | Ponteiro Próximo
  - Algoritmos
    - First Fit: O primeiro espaço livre de tamanho suficiente
    - Next Fit: O próximo espaço livre de tamanho suficiente
    - Best Fit: O espaço livre que menos desperdício gera
    - Worst Fit: O espaço livre que mais desperdício gera

# Gerenciamento de Memória Espaço Livre



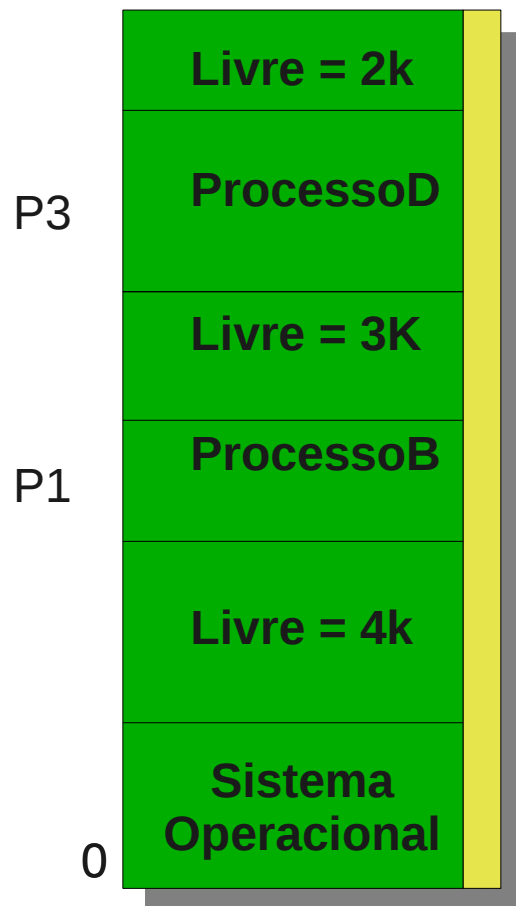
# Gerenciamento de Memória

## Espaço Livre - Algoritmos



# Gerenciamento de Memória

## Espaço Livre - Algoritmos



- Onde Alocar E e F?
  - First Fit : E: 4k | F:3K
  - Next Fit: E: 4k | F:3K
  - Best Fit: E: 2k | F:3K
  - Worst Fit: E: 4k | F:3K



# Gerenciamento de Memória

## Memória Virtual

- Problema: Como executar processos maiores que a memória RAM
- Solução: Overlays
  - Clipper (DOS)
  - Atribuição do Programador dividir a tarefa em overlays
- Solução: Paginação
  - Diferentes partes do programa em memória e disco
  - Escolha criteriosa da página que deve ocupar memória
  - Monoprogramação e Multiprogramação

# Gerenciamento de Memória

## Memória Virtual

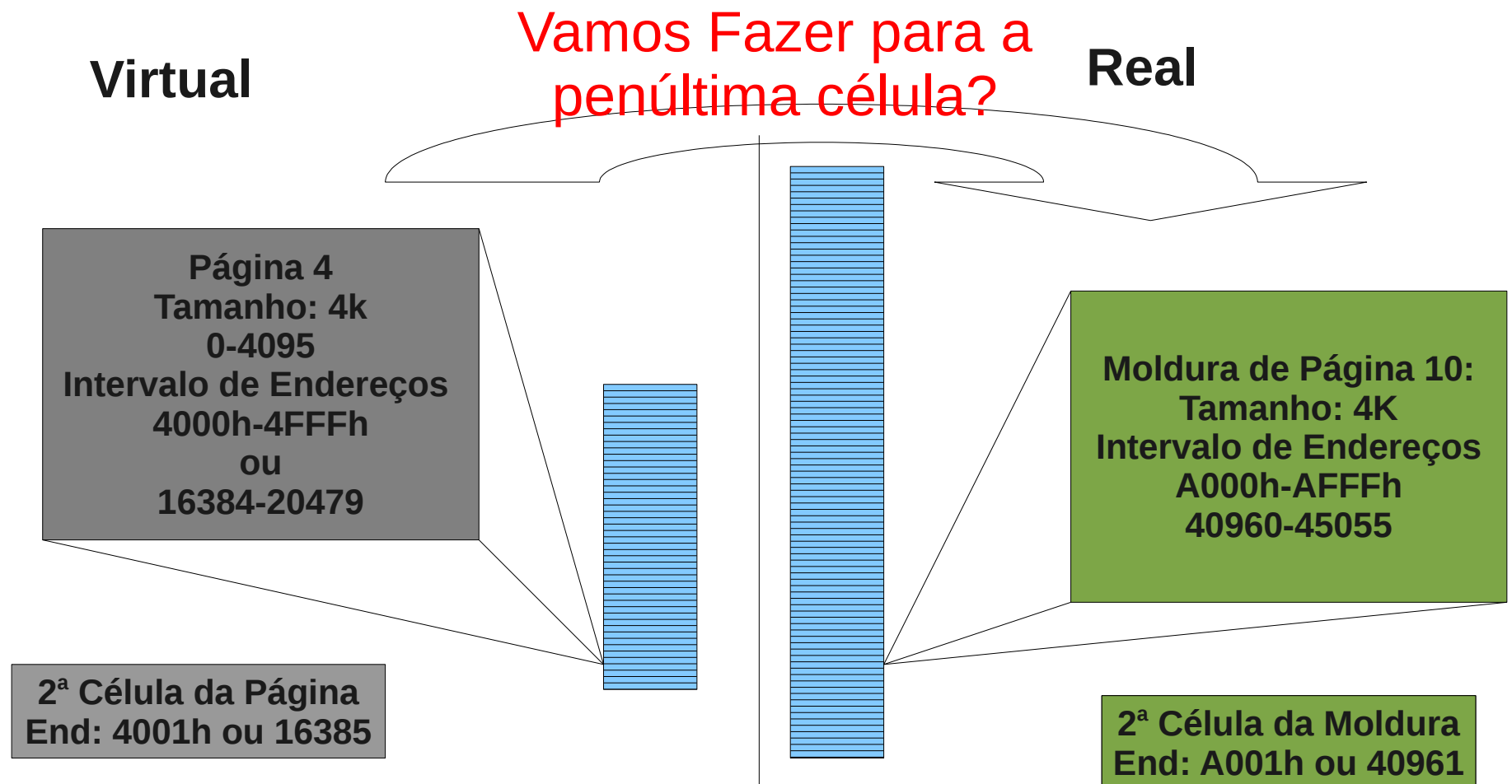
- Conceitos
  - Endereço Virtual e Real
  - Espaços de endereçamento
  - Unidade de Gerência de Memória (MMU)
  - Páginas (Virtual)
  - Molduras de Páginas (Real)
  - Tabela de Páginas
  - Page Fault
    - Interrupção, Processo Bloqueado



# Gerenciamento de Memória

## Memória Virtual (\*)

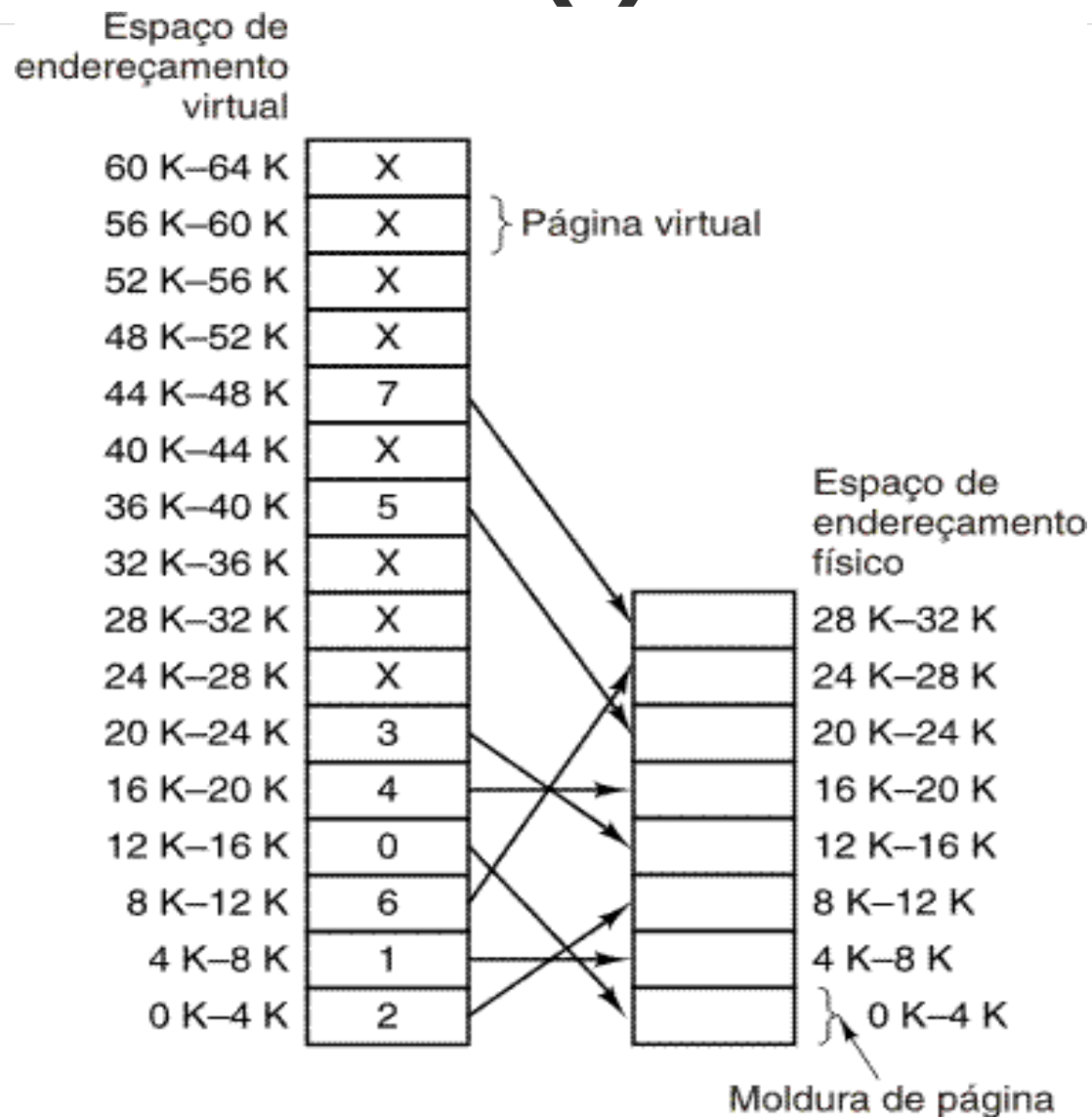
- Mapeamento: Virtual → Real



# Gerenciamento de Memória

## Memória Virtual (\*)

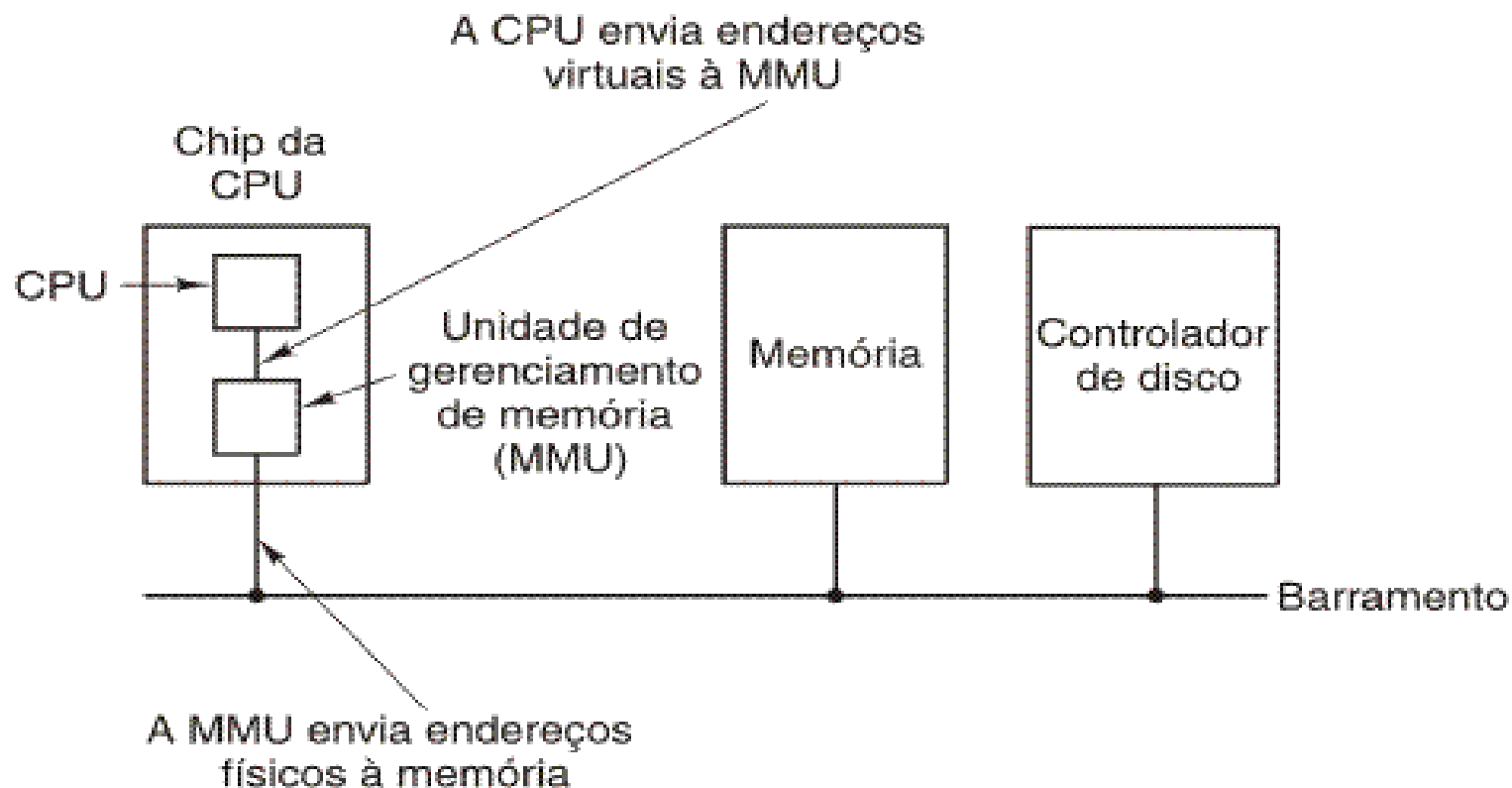
- Mapeamento:
  - Virtual → Real
  - Exemplo



# Gerenciamento de Memória

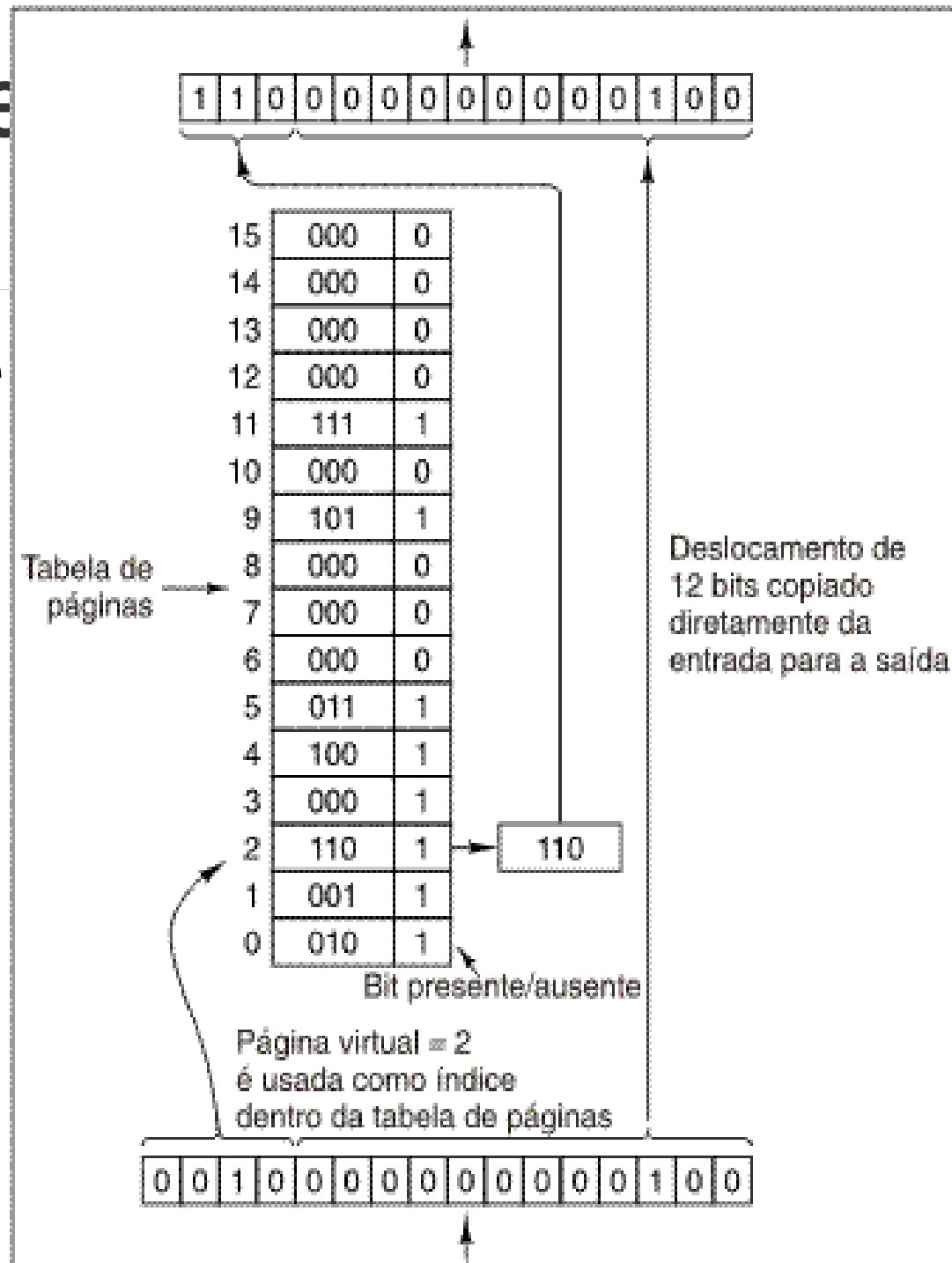
## Memória Virtual (\*)

- MMU - Localização



# Gere

- Conve



Endereço físico de saída (24580) **a**

Onde está? MAR

Endereço virtual de entrada (8196)

# Gerenciamento de Memória

## Memória Virtual

- **Problema:** Mapear endereço Virtual em Real
- **Solução:** Tabelas de Páginas
  - Tabela pode ser grande
    - End 32bits, páginas 4k = 1 Mib Entradas
    - End 64bits, páginas 4k =  $2^{52}$  entradas
  - O mapeamento deve ser rápido
    - Soluções
      - EM HW – Caro
      - EM SW – Lento Mais usado hoje, porém com modificações que melhoram a performance

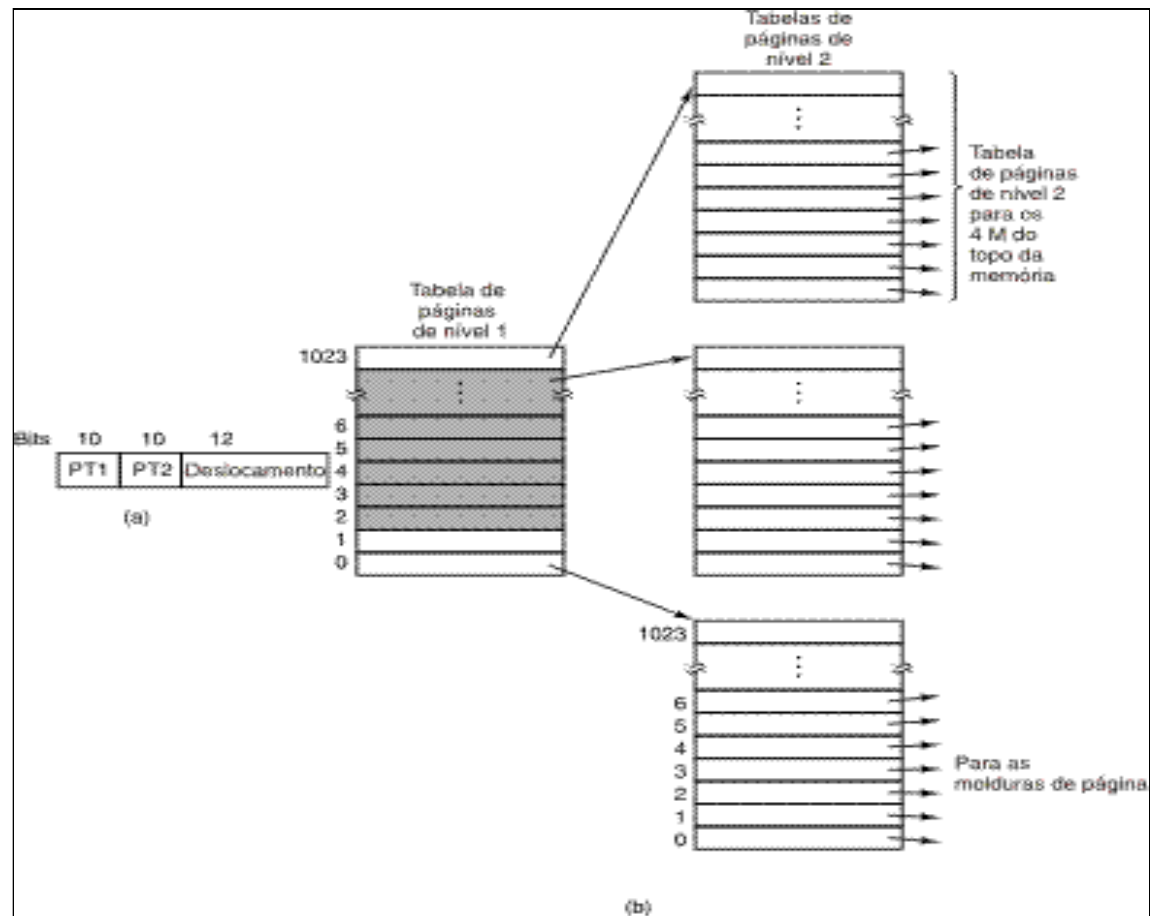
# Gerenciamento de Memória

## Memória Virtual

- **Problema:** Tabelas de páginas extensas
- Ex: x86\_32
  - 4G endereços, páginas de 4K, total de paginas:1M
- **Solução:** Tabelas Multiníveis
  - Acelera a Busca
    - Dados na Tabela nível N-1 aponta para tabelas no nível N
    - Ex2: Dois níveis PT1|PT2|Deslocamento
    - Vantagens
      - Pode se manter parte da tabela na memória
      - Diminui o tempo de busca.

# Gerenciamento de Memória

- Tabelas Multiníveis



# Gerenciamento de Memória

## Memória Virtual

- Estrutura de uma entrada da Tabela de Páginas
  - Número da moldura (Page Frame)
  - Presente/Ausente – 1 Bit (0-ausente/1-presente)
  - Proteção – 1 ou 3 bits
    - Simples: (r/w) | Sofisticado: r/ñr – w/ñw – x/ñx
  - Referenciada – 1 Bit (sim/não)
  - Modificada – 1 Bit (sim/não)
  - Cache Desabilitado – 1 Bit (sim/não)
  - Falta Algo?

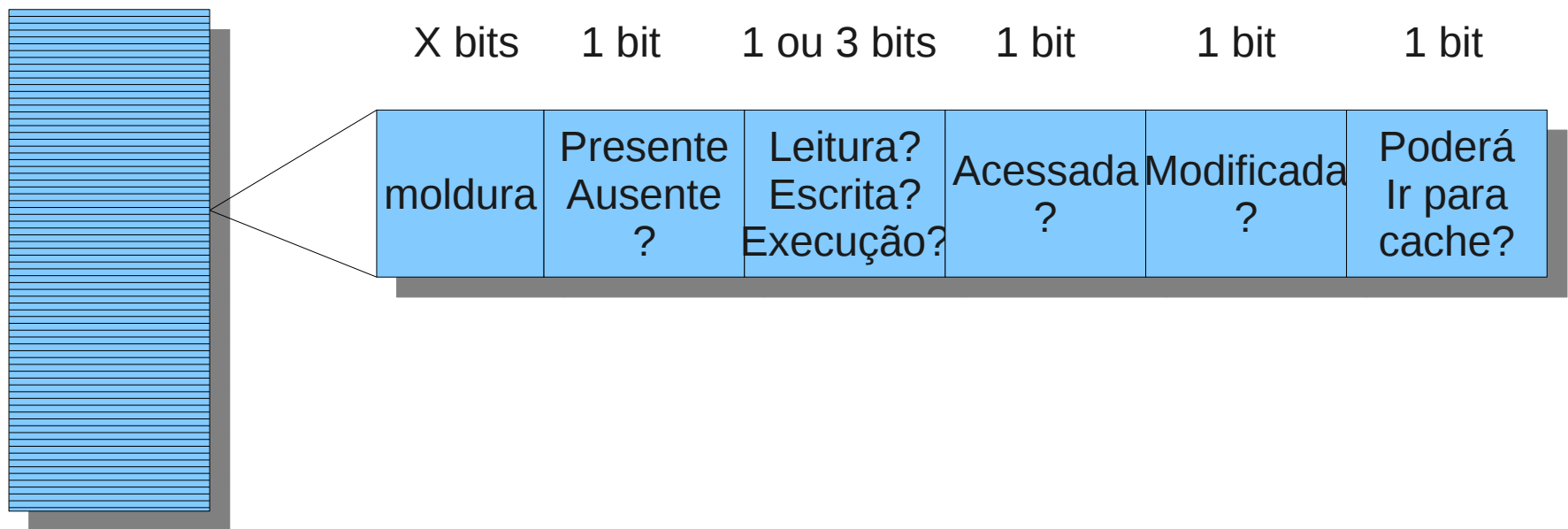


# Gerenciamento de Memória

## Memória Virtual

- Estrutura de uma entrada da Tabela de Páginas

TABELA DE  
PÁGINAS



# Gerenciamento de Memória

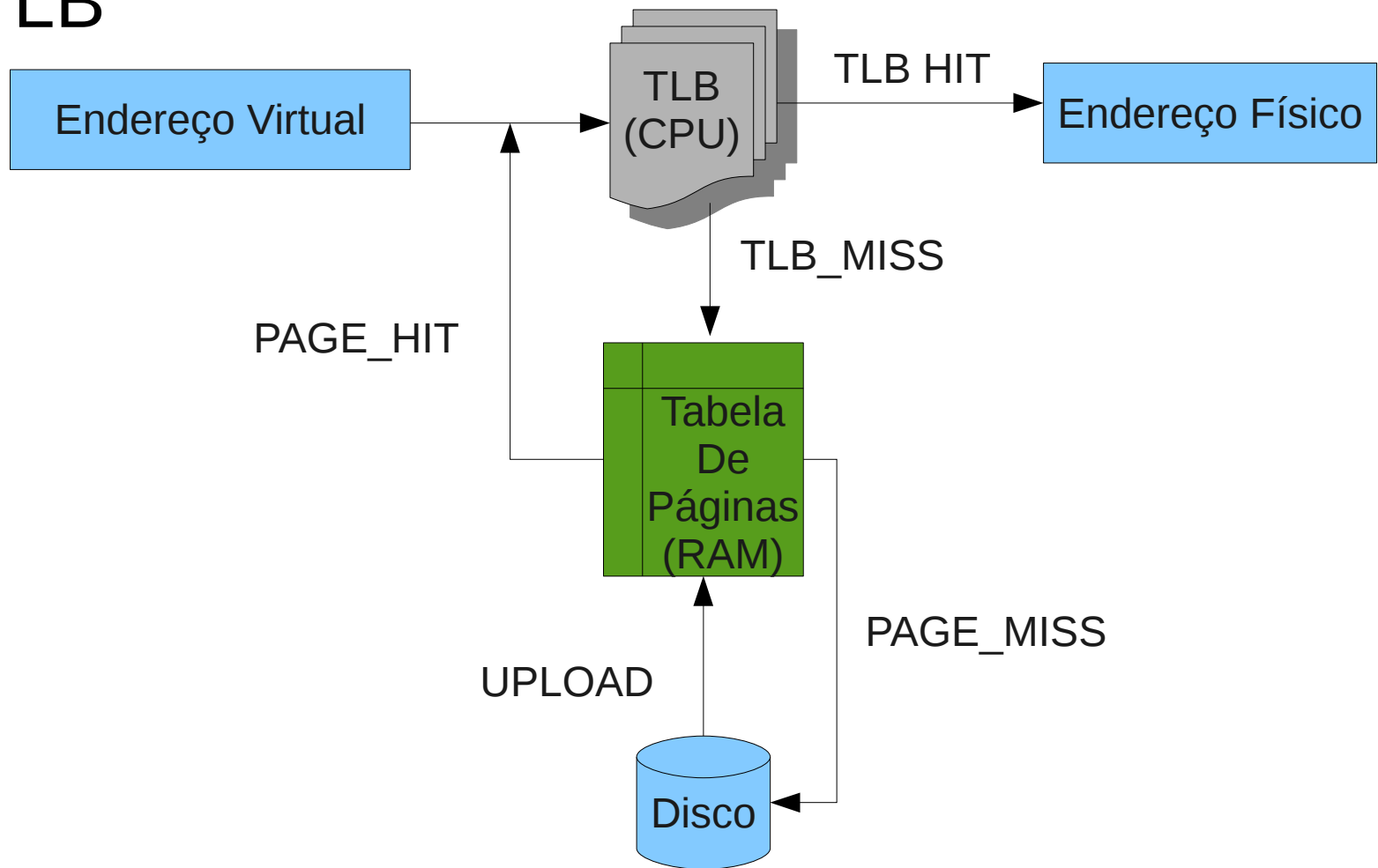
## Memória Virtual

- **Problema:** Tab. páginas por software é lento
- **Solução:** Memória Associativa – TLB
  - *Translate lookside buffer*
  - Pequena Parte da TP em Hardware
  - MMU consulta antes da TP
  - MMU pode gerenciar o PAGE FAULT da TLB

# Gerenciamento de Memória

## Memória Virtual

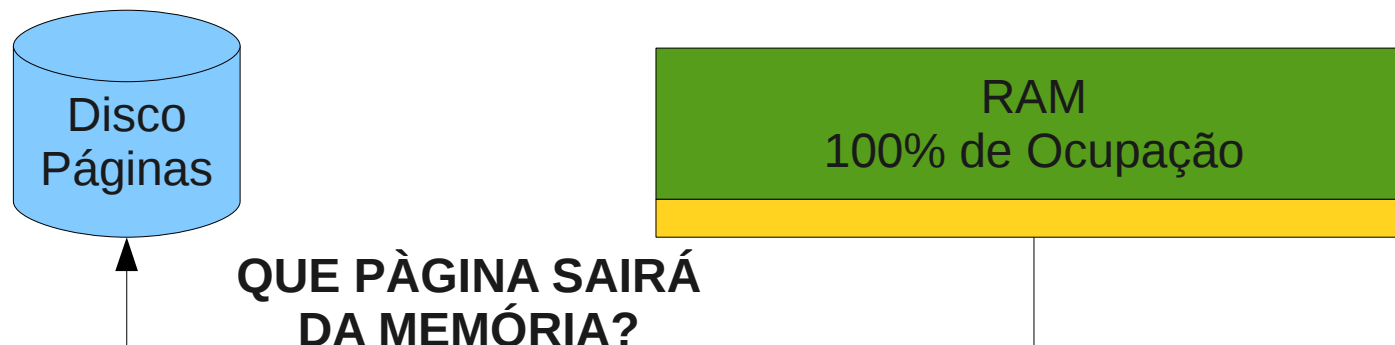
- TLB



# Gerenciamento de Memória

## Memória Virtual

- Algoritmos de Substituição de Páginas
  - Page Fault → que página deve ser retirada?
  - Página modificada deve ser salva
  - Ideal escolher páginas menos usadas
  - Escopo de atuação: Páginas na RAM



# Gerenciamento de Memória

## Memória Virtual

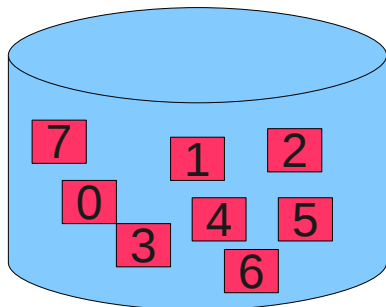
- Algoritmo de Substituição Ótimo
  - Ideia Central: Adiar a falta de página
  - Substituição mais a frente possível
    - Como saber quem não será usado?
  - Estimativa pode ser feita através de
    - Registro de uso das páginas na execução anterior
      - Mesmo problema do menor job primeiro
  - Não é implementável. (Exige conhecimento futuro)
  - Objetivo de Avaliar outros algoritmos

# Gerenciamento de Memória

## Memória Virtual

- Algoritmo de Substituição Ótimo

|         | SOLICITAÇÃO DE PÁGINAS NO TEMPO → |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|---------|-----------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Página  | 7                                 | 0 | 1 | 2 | 0 | 3 | 0 | 4 | 2 | 3 | 0 | 3 | 2 | 1 | 2 | 0 | 1 | 7 | 0 | 1 |
| Moldura | 7                                 | 7 | 7 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 7 | 7 | 7 |
|         | -                                 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 4 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
|         | -                                 | - | 1 | 1 | 1 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |



T=0: Todas as páginas em disco

FALTAS DE PÁGINAS

9

# Gerenciamento de Memória

## Memória Virtual

- FIFO

- Primeira página a chegar, primeira a sair
- Substitui a página mais antiga
- Pode substituir uma página muito usada

|         | SOLICITAÇÃO DE PÁGINAS NO TEMPO → |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|---------|-----------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Página  | 7                                 | 0 | 1 | 2 | 0 | 3 | 0 | 4 | 2 | 3 | 0 | 3 | 2 | 1 | 2 | 0 | 1 | 7 | 0 | 1 |
|         | 7                                 | 7 | 7 | 2 | 2 | 2 | 2 | 4 | 4 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 | 7 | 7 |
| Moldura | -                                 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
|         | -                                 | - | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 |

FALTAS DE  
PÁGINAS

15

# Gerenciamento de Memória

## Memória Virtual

- Algoritmos de Substituição
  - Não Usada Recentemente (NUR)
    - Referenciada (R), Modificada (M)
    - 4 Classes: 0:(NR,NM),1:(NR,M),2:(R,NM),3:(R,M)
      - R – setado por hardware e resetado por software
    - Remove uma página de ordem mais baixa (aleatória)
  - Segunda Chance (SC)
    - FIFO com verificação do bit R
    - Reinsere a página no final da fila se R=1



# Gerenciamento de Memória

## Memória Virtual

- Algoritmos de Substituição (cont.)
  - Relógio
    - Segunda chance com fila circular
  - Menos Recentemente Usada (MRU)
    - NFU (Não Frequentemente Usado)
      - Contadores de SW
    - Envelhecimento (Aging)

# Gerenciamento de Memória

## Memória Virtual

- Algoritmos de Substituição (cont.)
  - Conjunto do Trabalho (working set)
    - Páginas que um processo está usando
    - Paginação por demanda
    - Localidade de referência
      - Pequena fração das páginas é usada em um dado tempo
    - Pré-Paginação
      - Escolher páginas antes do uso

# Gerenciamento de Memória

## Memória Virtual

- Algoritmos de Substituição – Comparação

| Algoritmo                                 | Comentário  |
|---|---|
| Ótimo                                     | Não implementável, mas útil como um padrão de desempenho                |
| NUR (não usada recentemente)              | Muito rudimentar  |
| FIFO (primeira a entrar, primeira a sair) | Pode descartar páginas importantes                                      |
| Segunda chance                            | Algoritmo FIFO bastante melhorado                                       |
| Relógio                                   | Realista  |
| MRU (menos recentemente usada)            | Excelente algoritmo, porém difícil de ser implementado de maneira exata |
| NFU (não freqüentemente usada)            | Aproximação bastante rudimentar do MRU                                  |
| Envelhecimento ( <i>aging</i> )           | Algoritmo bastante eficiente que se aproxima bem do MRU                 |
| Conjunto de trabalho                      | Implementação um tanto cara   |
| WSClock                                   | Algoritmo bom e eficiente   |

# Gerenciamento de Memória

## Memória Virtual

- Questões de Projeto:
  - Que aspectos devem ser observados na hora de projetar um sistema de paginação?
    - Política de alocação (Global x Local)
    - Controle de carga
    - Tamanho da página
    - Espaços Separados de Instruções e Dados
    - Páginas Compartilhadas
    - Política de Limpeza
    - Interface de Memória Virtual

# Gerenciamento de Memória

## Memória Virtual

- Questões de Implementação
  - Quando o SO se envolve com paginação?
    - Criação do Processo
    - Execução do Processo
    - Falta de Página
    - Terminio do Processo

# Gerenciamento de Memória

## Memória Virtual

- Questões de Implementação (cont.)
  - Tratamento de faltas de Página – 10 passos
    - 1) Geração de interrupção de Hardware
    - 2) Salvamento do Contexto
    - 3) Tratamento da Interrupção (Page Falt)
      - Registrador com endereço virtual que gerou a falta
      - Análise por software da instrução
    - 4) Verificação do Endereço (Proteção, Permissões)
      - Verifica se existe moldura disponível (Page Frame), se não chama a rotina (algoritmo de substituição)

# Gerenciamento de Memória

## Memória Virtual

- Questões de Implementação (cont.)
  - Tratamento de faltas de Página – 10 passos (cont.)
    - 5) Verifica se precisa salvar a moldura
      - Solicita ao sistema de I/O a transferência da página para o disco
      - marca o processo como bloqueado, escalona outro processo
      - Marcar a moldura como indisponível
    - 6) Busca da página no disco e cópia para a memória
      - O processo continua suspenso e outro é escalonado
    - 7) Interrupção de disco informa o termino da operação
      - Atualização da tabela de páginas

# Gerenciamento de Memória

## Memória Virtual

- Questões de Implementação (cont.)
  - Tratamento de faltas de Página – 10 passos (cont.)
    - 8) Recuperação da instrução que causou a falta
    - 9) Processo causador da falta é marcado como pronto
    - 10) Restauração do contexto
      - Processo volta a execução



# Gerenciamento de Memória

## Memória Virtual

- Questões de Implementação (cont.)
  - Recuperação da instrução
  - Fixação de Páginas na memória
  - Memória Secundária
    - Dinâmica
    - Estática

# Gerenciamento de Memória

## Memória Virtual

- Questões de Implementação (cont.)
  - Separação da Política e do Mecanismo
    - Tratador de MMU (baixo nível)
    - Tratador de Falta de página (kernel)
    - Paginador (Espaço de Usuário)

# Gerência de Memória

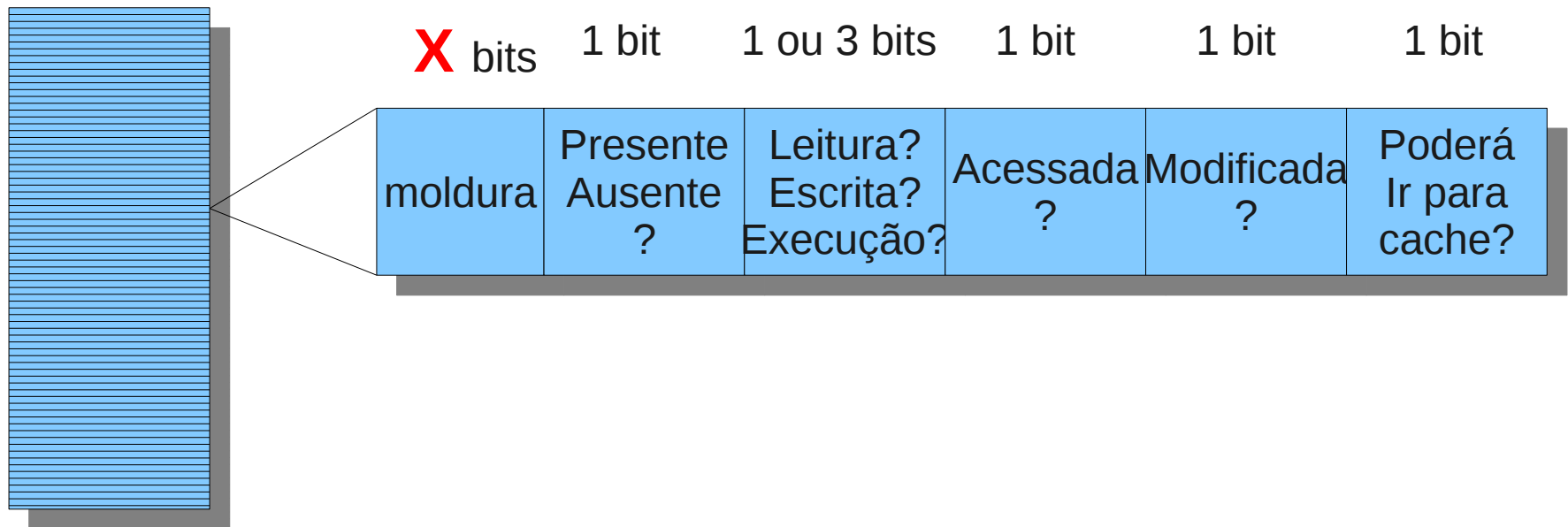
HORA DE PRATICAR

# Gerenciamento de Memória

## Memória Virtual

- Qual o Valor de X?
  - Arquitetura de 16 bits e Páginas de 1k

TABELA DE  
PÁGINAS



# Gerenciamento de Memória


## Memória Virtual

- Detalhes:

- Endereços de 16 bits, Páginas de 4K

- Questão: 4097 → Real? | 12290 → Real?

TABELA DE PÁGINAS



|   |   | moldura | Presente<br>Ausente<br>? | Leitura?<br>Escrita?<br>Execução? | Acessada<br>? | Modificada<br>? | Poderá<br>Ir para<br>cache? |
|---|---|---------|--------------------------|-----------------------------------|---------------|-----------------|-----------------------------|
| 4 | 3 | P       | ???                      | 0                                 | 0             | ?               |                             |
| 3 | 2 | P       | ???                      | 1                                 | 0             | ?               |                             |
| 2 | 0 | A       | ???                      | ???                               | ???           | ?               |                             |
| 1 | 0 | A       | ???                      | ???                               | ???           | ?               |                             |
| 0 | 1 | P       | ???                      | 1                                 | 1             | ?               |                             |

4097 → Pag 1: 2<sup>o</sup> → Mold ? (Falta de Página)

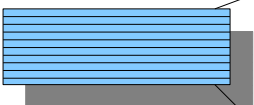
12290 → Pag 3: 3<sup>o</sup> → Mold 2: 3<sup>o</sup> → 8192: 3<sup>o</sup> → 8194

# Gerenciamento de Memória

## Memória Virtual

- Não existe moldura disponível para acesso ao endereço 4097: Qual a moldura deve ser substituída?: NUR (Classes)

**TABELA DE PÁGINAS**



|   |   | moldura | Presente Ausente ? | Leitura? Escrita? Execução? | Acessada ? | Modificada ? | Poderá Ir para cache? |
|---|---|---------|--------------------|-----------------------------|------------|--------------|-----------------------|
| 4 | 3 | P       | ???                | 0                           | 0          | ?            |                       |
| 3 | 2 | P       | ???                | 1                           | 0          | ?            |                       |
| 2 | 0 | A       | ???                | ???                         | ???        | ?            |                       |
| 1 | 0 | A       | ???                | ???                         | ???        | ?            |                       |
| 0 | 1 | P       | ???                | 1                           | 1          | ?            |                       |

Menor classe: 0, 0 : Moldura 3

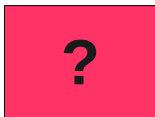
# Gerenciamento de Memória

## Memória Virtual

- Preencher usando FIFO

|         | SOLICITAÇÃO DE PÁGINAS NO TEMPO → |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|---------|-----------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Página  | 1                                 | 0 | 3 | 2 | 0 | 4 | 0 | 2 | 1 | 4 | 3 | 2 | 4 | 1 | 2 | 0 | 1 | 2 | 0 | 1 |
| Moldura |                                   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |

FALTAS DE  
PÁGINAS



# Gerenciamento de Memória

## Memória Virtual

- Preencher usando FIFO

|         | SOLICITAÇÃO DE PÁGINAS NO TEMPO → |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|---------|-----------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Página  | 1                                 | 0 | 3 | 2 | 0 | 4 | 0 | 2 | 1 | 4 | 3 | 2 | 4 | 1 | 2 | 0 | 1 | 2 | 0 | 1 |
|         | 1                                 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 2 | 2 | 2 |
| Moldura | -                                 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 3 | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
|         | -                                 | - | 3 | 3 | 3 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 2 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

FALTAS DE  
PÁGINAS

**13**



# Gerência de Memória

FIM