

TADS
Sistemas Operacionais
Prof. Ricardo Ramos

Gerência de Memória Virtual

Capítulo 10

10.1 Introdução

No capítulo anterior o tamanho de um programa e de suas estruturas de dados estava limitado ao tamanho da memória disponível.

A utilização da técnica de overlay para contornar este problema é de difícil implementação na prática, e nem sempre uma solução garantida.

10.1 Introdução

$$\text{Memória virtual} = \text{MP} + \text{MS}$$

O conceito de memória virtual fundamenta-se em não vincular o endereçamento feito pelo programa com os endereços físicos da MP.

Desta forma, programas e suas estruturas de dados deixam de estar limitados ao tamanho da memória física disponível, pois podem possuir endereços associados à MS.

10.1 Introdução

Vantagens:

- permite um número maior de processos compartilhando a MP, já que apenas parte de cada processo estarão residentes;
- utilização mais eficiente do processador;
- minimiza o problema da fragmentação da MP.

10.2 Espaço de Endereçamento Virtual

O conceito de memória virtual se aproxima muito da idéia de um vetor existente nas linguagens de alto nível.



Fig. 10.1 Vetor de 100 posições.

10.2 Espaço de Endereçamento Virtual

Um programa no ambiente de memória virtual não faz referência a endereços físicos de memória (endereços reais), mas apenas a endereços virtuais.

No momento da execução de uma instrução, o endereço virtual referenciado é traduzido para um endereço físico, pois o processador manipula posições da MP.

10.2 Espaço de Endereçamento Virtual

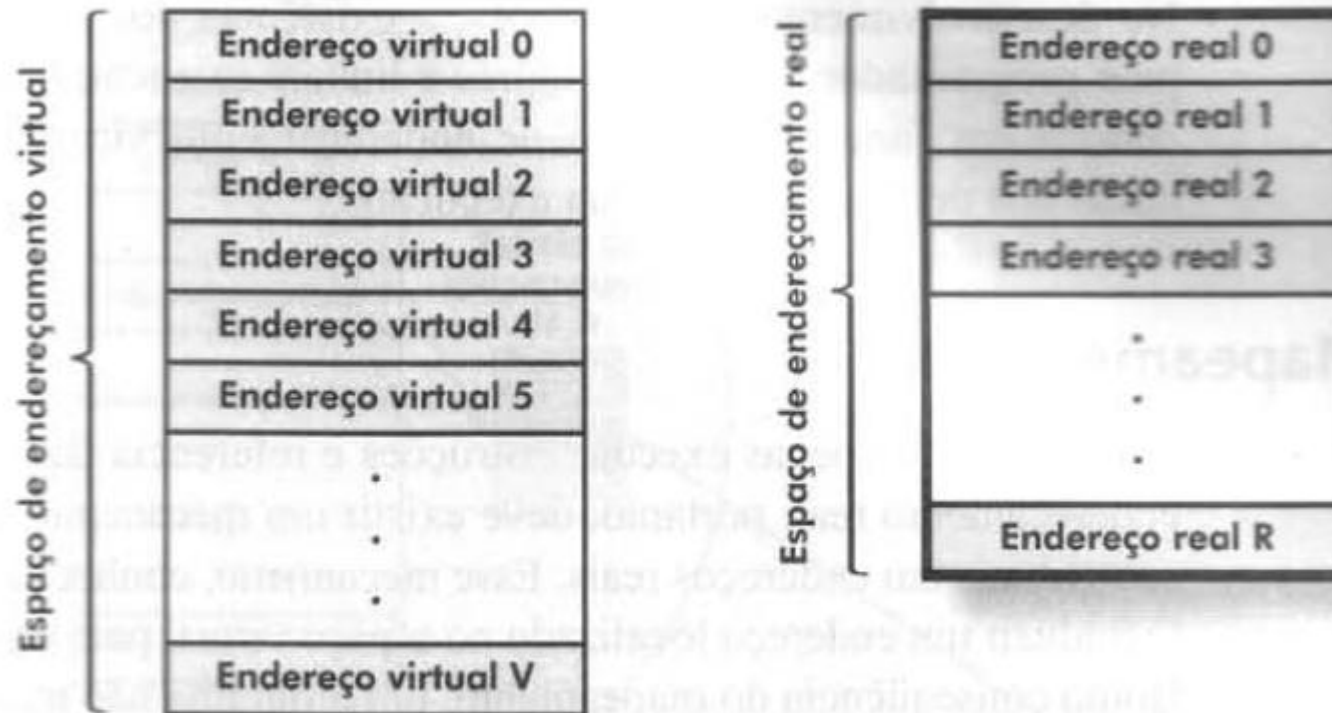


Fig. 10.2 Espaço de endereçamentos virtual e real.

10.2 Espaço de Endereçamento Virtual

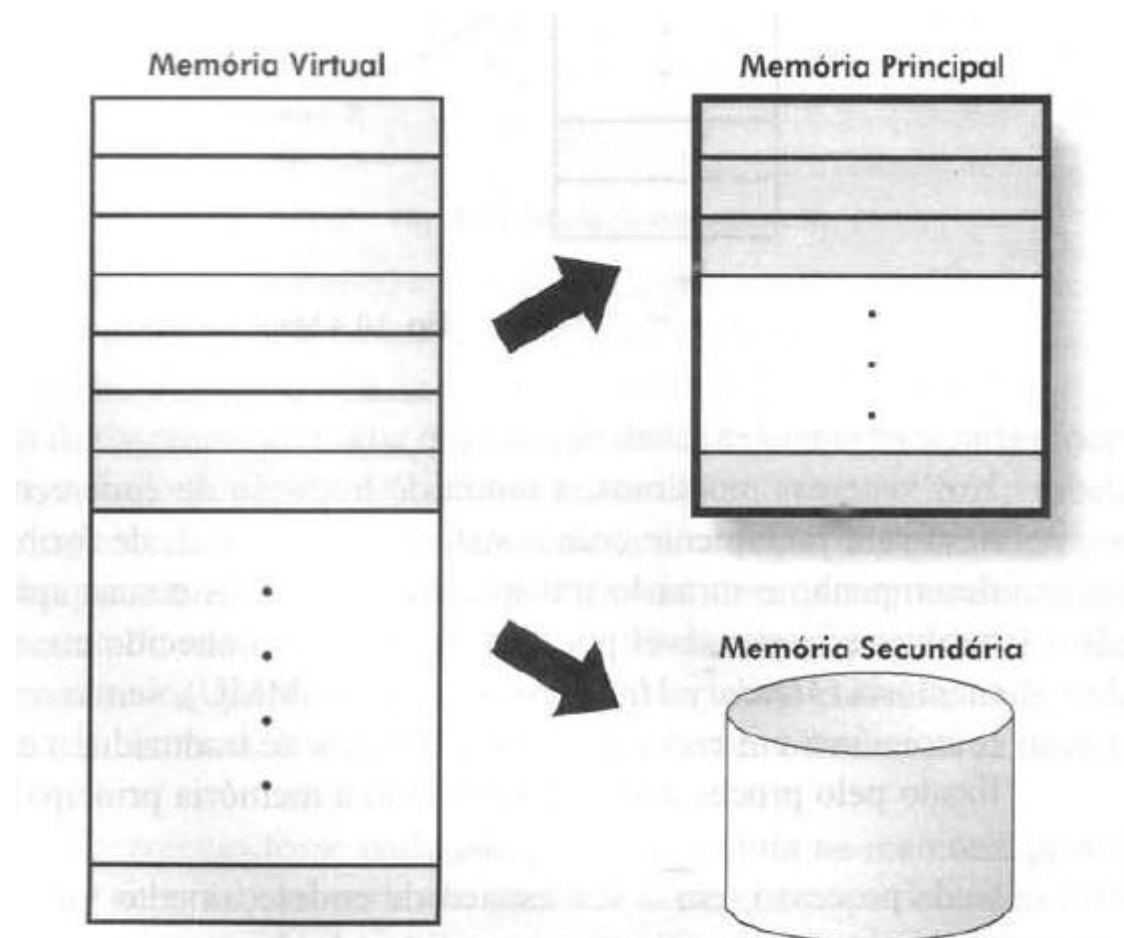


Fig. 10.3 Espaço de endereçamento virtual.

10.3 Mapeamento

Permite traduzir um endereço localizado no espaço virtual para um associado no espaço real.

Como consequência do mapeamento, um programa não mais precisa estar necessariamente em endereços contíguos na MP para ser executado.

10.3 Mapeamento

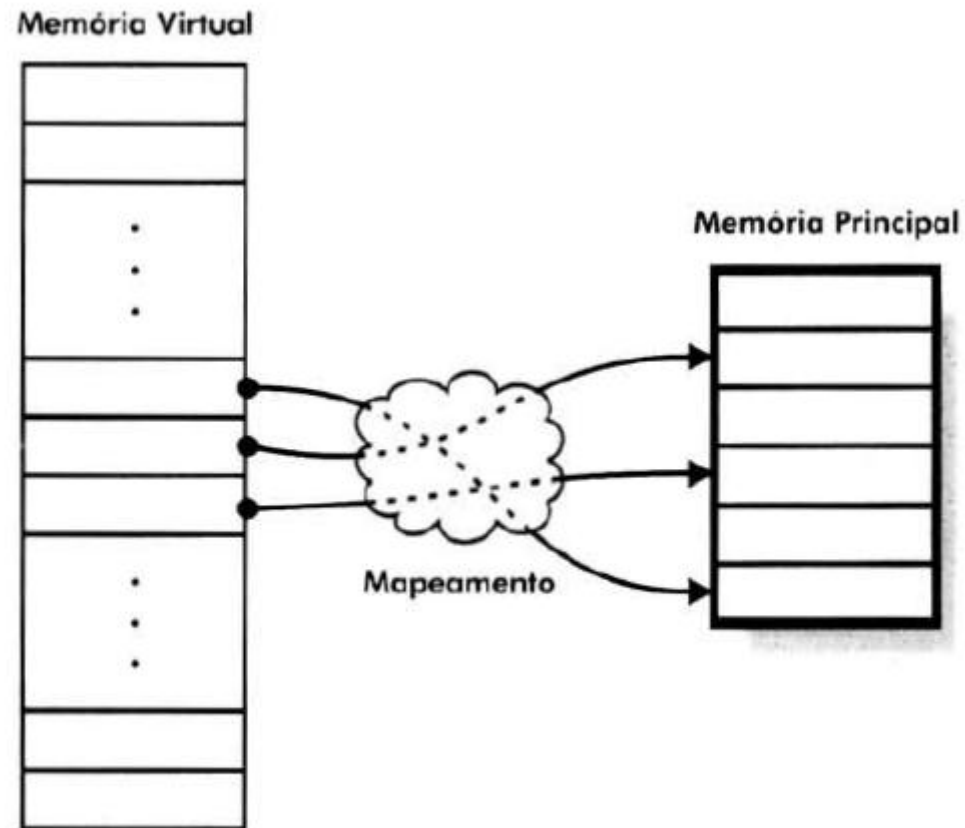


Fig. 10.4 Mapeamento.

10.3 Mapeamento

MMU (*Memory Management Unit*) dispositivo de hardware que realiza mapeamento. Depois de traduzido, o endereço real pode ser utilizado pelo processador para acesso à MP.

As tabelas de mapeamento são estruturas de dados existentes para cada processo.

10.3 Mapeamento

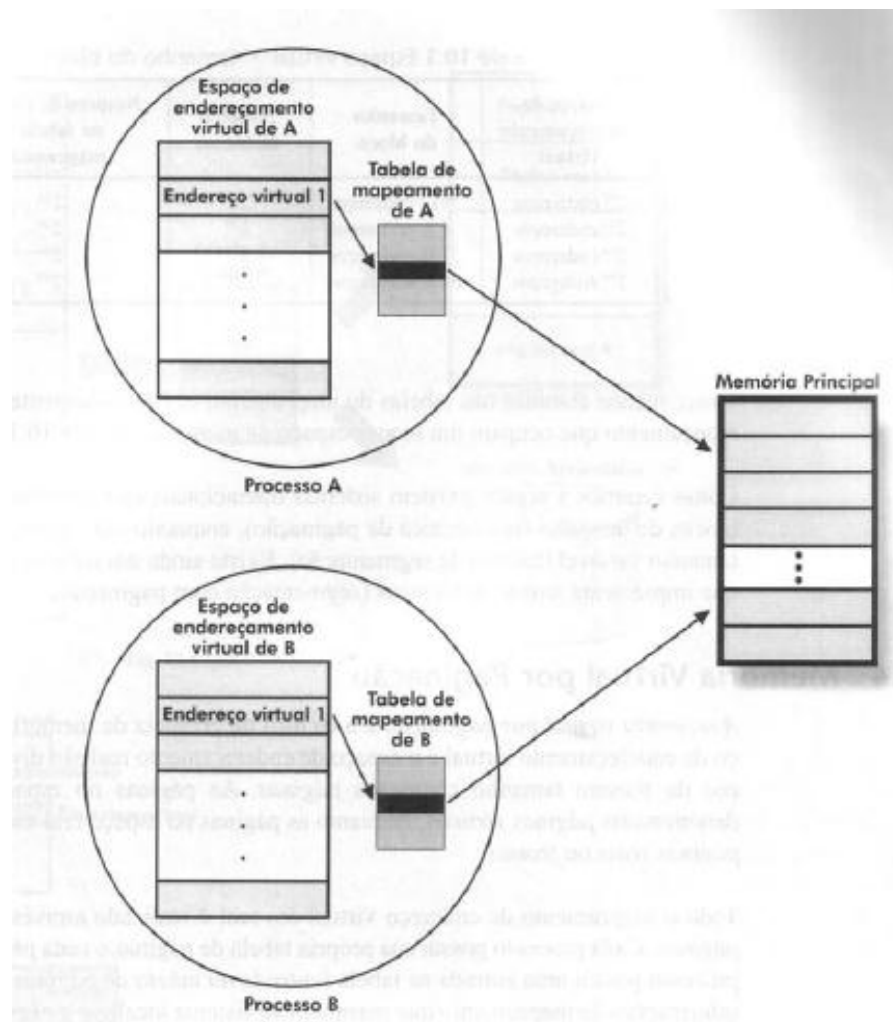


Fig. 10.5 Tabela de mapeamento.

10.3 Mapeamento

Existem SOs que trabalham apenas com blocos de tamanho fixo (téc. paginação), outros utilizam blocos de tamanho variável (téc. segmentação) e outros com ambas as técnicas (segmentação com paginação).

Tabela 10.1 Espaço virtual × tamanho do bloco

Espaço de endereçamento virtual	Tamanho do bloco	Número de blocos	Número de entradas na tabela de mapeamento
2^{32} endereços	512 endereços	2^{23}	2^{23}
2^{32} endereços	4 K endereços	2^{20}	2^{20}
2^{64} endereços	4 K endereços	2^{52}	2^{52}
2^{64} endereços	64 K endereços	2^{48}	2^{48}

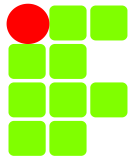
10.4 Memória Virtual por Paginação

Técnica de gerência de memória em que o espaço de endereçamento virtual e real são divididos em blocos de mesmo tamanho chamado **páginas**.

Espaço virtual - páginas virtuais

Espaço real - páginas reais ou frames

Todo o mapeamento de endereço virtual em real é realizado através de **tabelas de páginas**.



10.4 Memória Virtual por Paginação

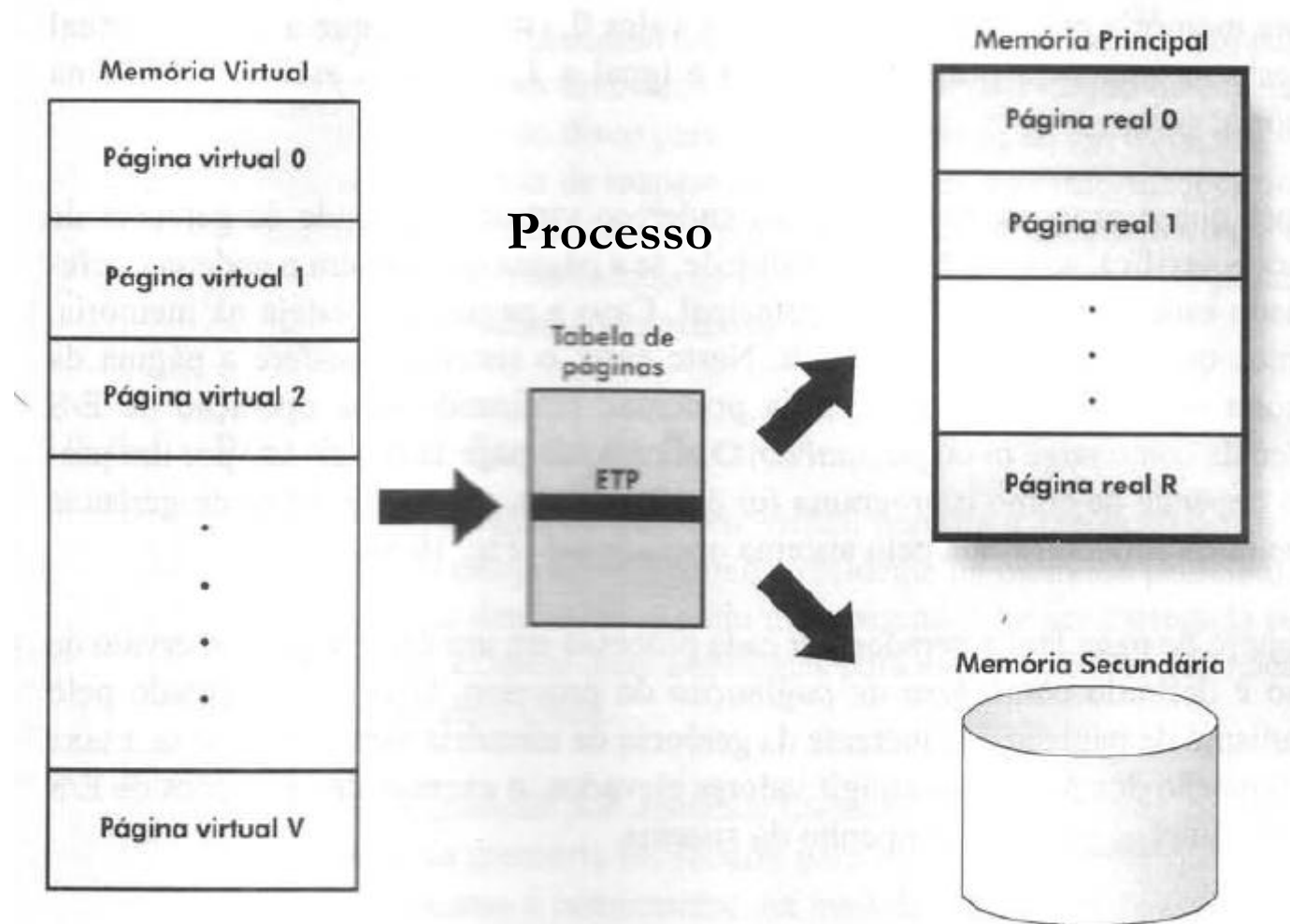


Fig. 10.6 Tabela de páginas.

10.4 Memória Virtual por Paginação

Quando um programa é executado, as páginas virtuais são transferidas da MS para a MP e colocadas nos frames.

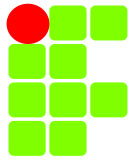
Sempre que um programa fizer referência a um endereço virtual, o mecanismo de mapeamento localizará na ETP da tabela de páginas do processo o endereço físico do frame no qual se encontra o endereço real correspondente.

10.4 Memória Virtual por Paginação

Endereço virtual = NPV + deslocamento

NPV (número da página virtual): índice na tabela de páginas.

deslocamento: a posição do endereço virtual em relação ao início da página na qual se encontra.



10.4 Memória Virtual por Paginação

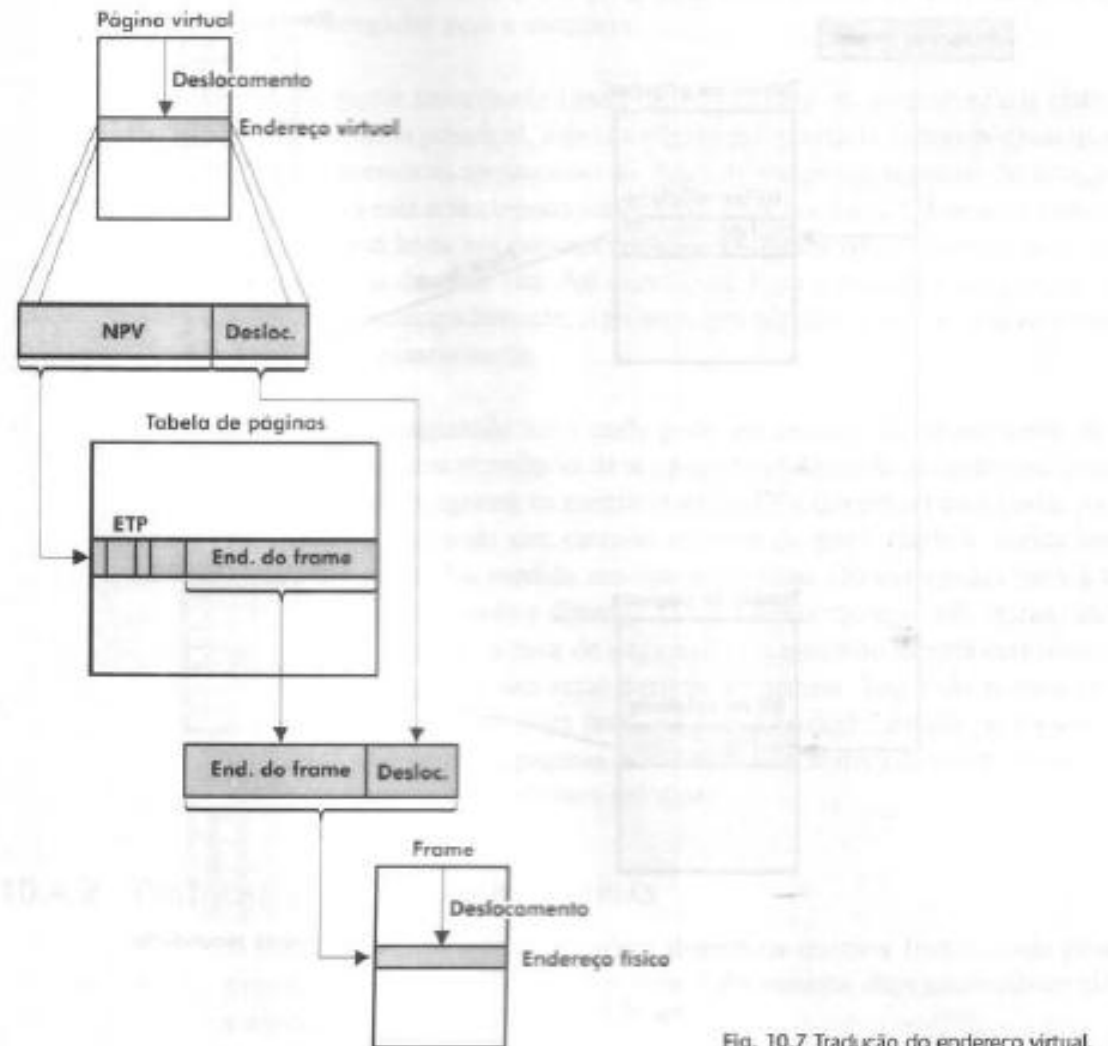


Fig. 10.7 Tradução do endereço virtual.

10.4 Memória Virtual por Paginação

Bit de validade (*valid bit*) na ETP com valor igual a:

0 (zero): indica que a página virtual não está na MP (*page fault*), e o sistema transfere a página da MS para a MP (*page in* ou *paginação*);

1 (um): a página está localizada na MP.

10.4 Memória Virtual por Paginação

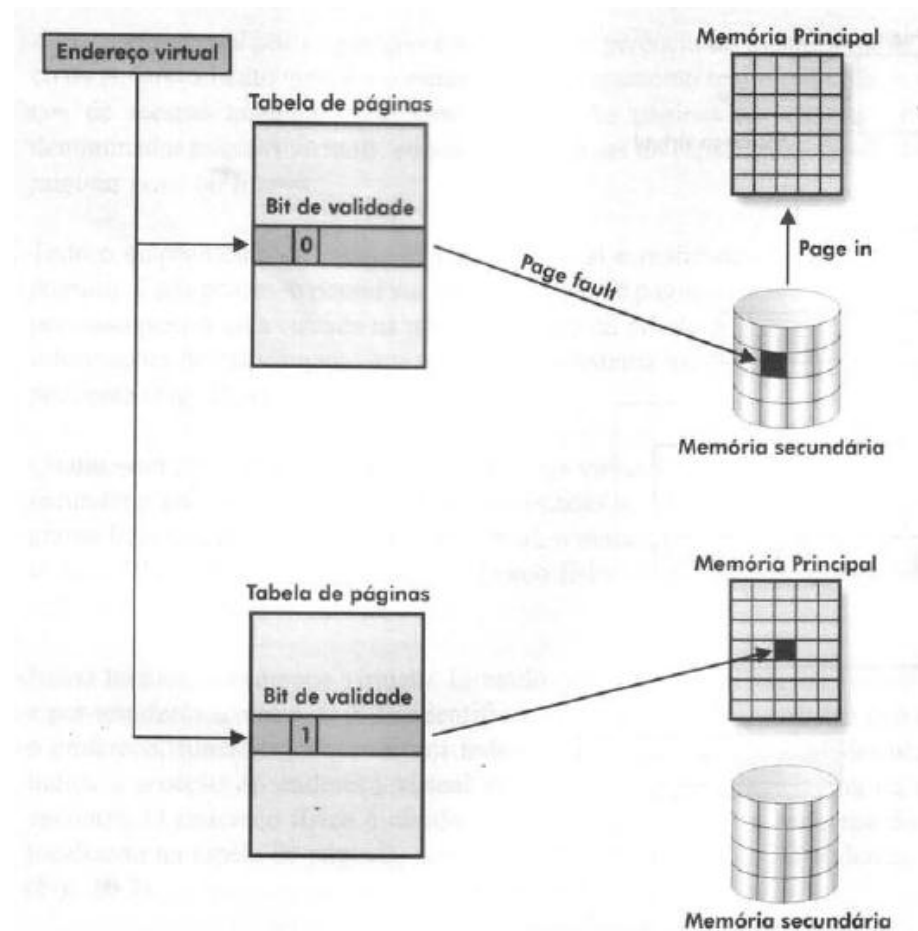


Fig. 10.8 Mecanismo de tradução.

10.4 Memória Virtual por Paginação

Taxa de paginação: número de *page faults* gerados por cada processo em um determinado intervalo de tempo.

Quando um processo referencia um endereço e ocorre um *page fault* este passa do estado de execução para o estado de espera, até que a página seja transferida do disco para a MP.

10.4 Memória Virtual por Paginação

10.4.1 Política de Busca de Páginas

O mecanismo de memória virtual permite a execução de um programa sem que seu código esteja completamente residente na MP.

A política de busca de páginas determina quando uma página deve ser carregada para a MP.

10.4 Memória Virtual por Paginação

10.4.1 Política de Busca de Páginas

Paginação por demanda: as páginas dos processos são transferidas da MS para a MP apenas quando são referenciadas.

10.4 Memória Virtual por Paginação

10.4.1 Política de Busca de Páginas

Paginação antecipada: o sistema carrega para a MP, além da página referenciada, outras páginas que podem ou não ser necessárias ao processo ao longo de seu processamento.

Pode ser empregada no momento da criação de um processo ou na ocorrência de um *page fault*.

10.4 Memória Virtual por Paginação

10.4.2 Política de Alocação de Páginas

A política de alocação de páginas determina quantos frames cada processo pode manter na MP.

10.4 Memória Virtual por Paginação

10.4.2 Política de Alocação de Páginas

Alocação Fixa: cada processo tem um número máximo de frames que pode ser utilizado durante a execução do programa.

Caso o número de páginas reais seja insuficiente, uma página do processo deve ser descartada para que uma nova seja carregada.

10.4 Memória Virtual por Paginação

10.4.2 Política de Alocação de Páginas

Alocação Fixa:

O limite de páginas deve ser definido no momento da criação do processo, com base no tipo de aplicação que será executada (contexto de software).

10.4 Memória Virtual por Paginação

10.4.2 Política de Alocação de Páginas

Alocação Fixa (simples)

Problemas, se o número de páginas alocadas for:

1 - muito pequeno, o processo tenderá a ter um elevado número de *page faults*

2 - muito grande, cada processo irá ocupar na MP um espaço maior que o necessário, reduzindo o número de processos residentes e o grau de multiprogramação

10.4 Memória Virtual por Paginação

10.4.2 Política de Alocação de Páginas

Alocação Variável:

O número máximo de páginas alocadas ao processo pode variar durante sua execução em função de sua taxa de paginação e da ocupação da MP.

Problema: exige que o SO monitore constantemente o comportamento dos processos, gerando maior overhead.

10.4 Memória Virtual por Paginação

10.4.3 Políticas de Substituição de Páginas

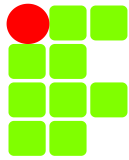
Em algumas situações, quando um processo atinge o seu limite de alocação de frames e necessita alocar novas páginas na MP, o SO deve selecionar, dentre as diversas páginas alocadas, qual deverá ser liberada.

Esse mecanismo é chamado de política de substituição de páginas.

10.4 Memória Virtual por Paginação

10.4.3 Políticas de Substituição de Páginas

Páginas modificáveis que armazenam variáveis e estruturas de dados, podem sofrer alterações. Neste caso, o sistema deverá gravá-la na MS antes do descarte, preservando seu conteúdo para uso em futuras referências.



10.4 Memória Virtual por Paginação

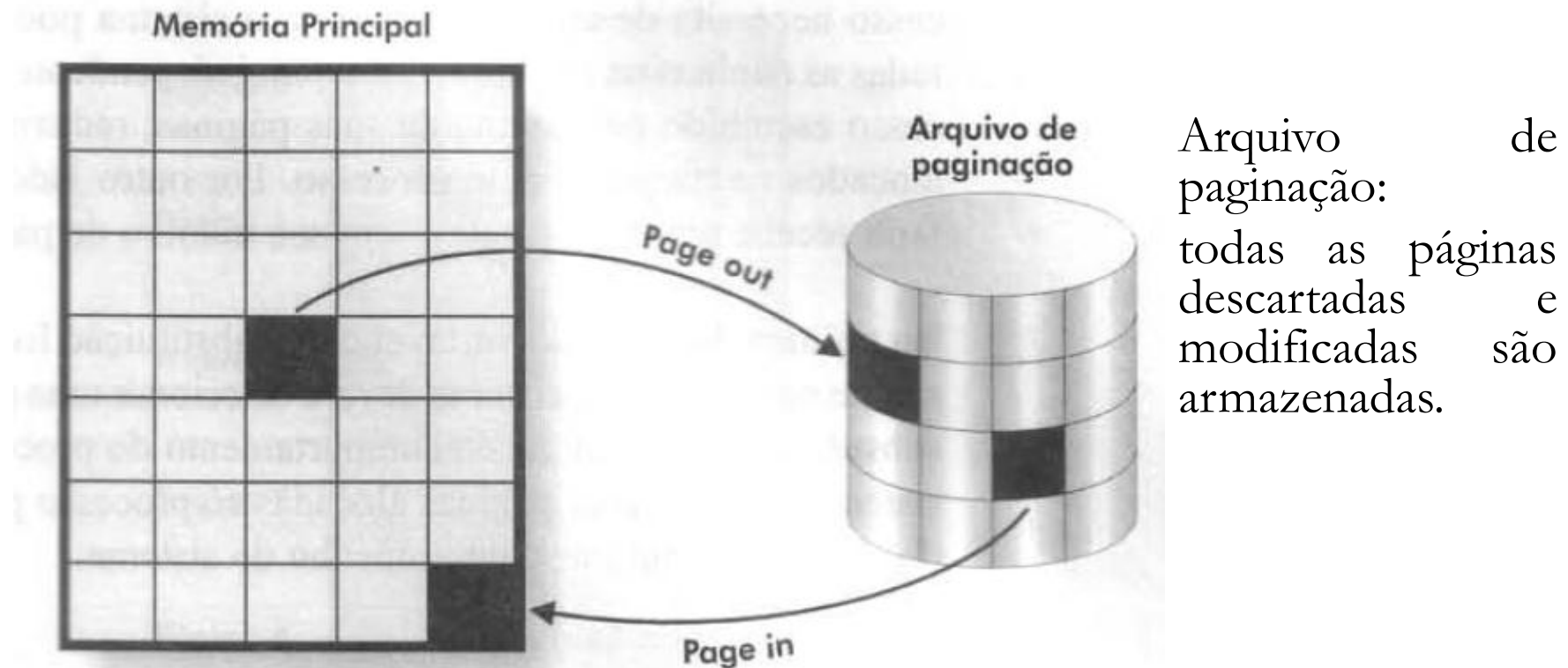


Fig. 10.9 Substituição de páginas.

10.4 Memória Virtual por Paginação

10.4.3 Políticas de Substituição de Páginas

Bit de modificação (BM - *modify bit*) na ETP identifica as páginas modificadas.

Política de substituição local - apenas as páginas do processo que gerou o *page fault* são candidatas a realocação.

10.4 Memória Virtual por Paginação

10.4.5 Algoritmos de Substituição de Páginas

O maior problema na gerência de memória virtual por paginação não é decidir quais **páginas** carregar para a MP, mas quais **liberar**.

Os algoritmos de substituição de páginas têm o objetivo de selecionar os frames que tenham as menores chances de serem referenciados em um futuro próximo; caso contrário, o frame poderia retornar diversas vezes a MP, gerando vários *page faults* e acessos à MS.

10.4 Memória Virtual por Paginação

10.4.5 Algoritmos de Substituição de Páginas

Ótimo - seleciona para substituição uma página que não será mais referenciada no futuro ou aquela que levará o maior intervalo de tempo para ser novamente utilizada.

Problema: o SO não tem como conhecer o comportamento futuro das aplicações (impossível na prática)

10.4 Memória Virtual por Paginação

10.4.5 Algoritmos de Substituição de Páginas

Aleatório - todas as páginas alocadas na MP têm a mesma chance de serem selecionadas, inclusive os frames que são freqüentemente referenciados.

Problema: baixa eficiência

10.4 Memória Virtual por Paginação

10.4.5 Algoritmos de Substituição de Páginas

FIFO - seleciona a página que está há mais tempo na MP.

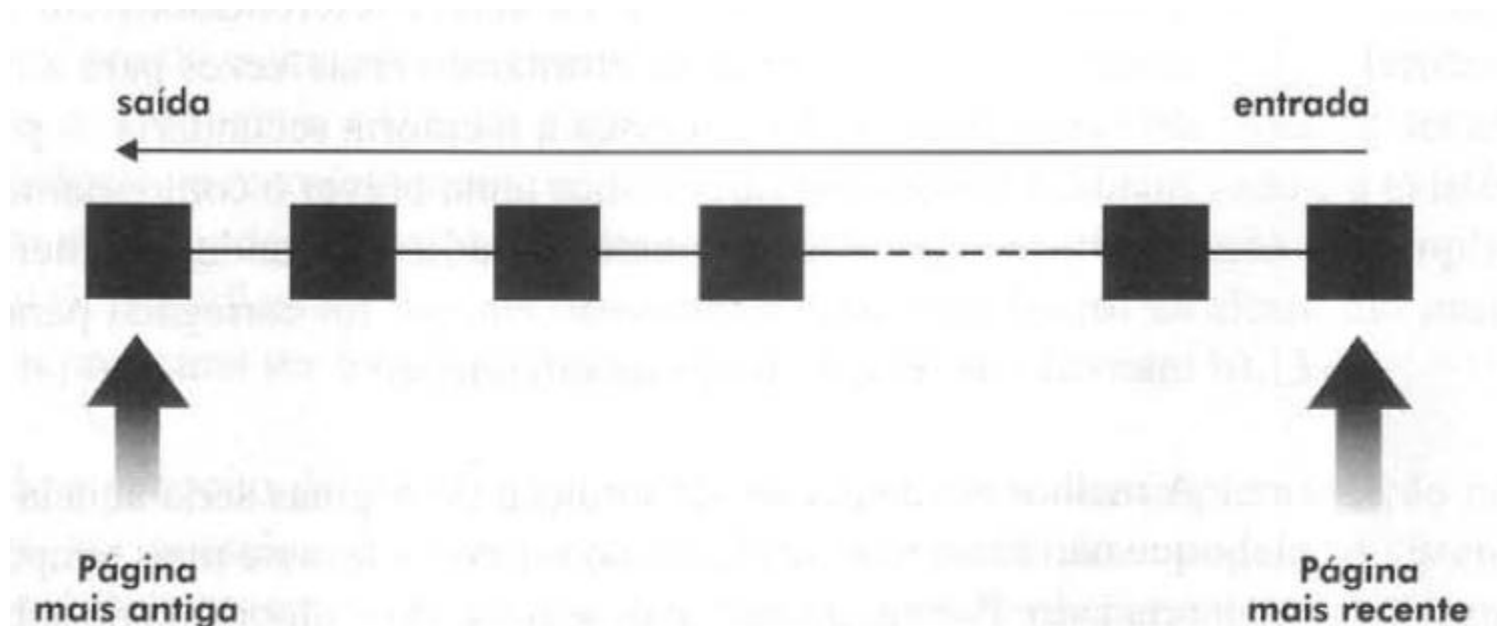


Fig. 10.14 FIFO.

10.4 Memória Virtual por Paginação

10.4.5 Algoritmos de Substituição de Páginas

FIFO

Problema: seleção de páginas antigas que são constantemente referenciadas.

10.4 Memória Virtual por Paginação

10.4.5 Algoritmos de Substituição de Páginas

LFU (Least-Frequently-Used) - seleciona a página menos referenciada (contador com o núm. de referências), ou seja, o frame menos utilizado.

Problemas:

- páginas que estão há pouco tempo na MP podem ser selecionadas, pois seus contadores estarão com o menor número de referências;
- páginas muito utilizadas no passado não seja mais referenciada no futuro.

10.4 Memória Virtual por Paginação

10.4.5 Algoritmos de Substituição de Páginas

LRU (Least-Recently-Used) - seleciona a página na MP que está há mais tempo sem ser referenciada.

Momento do último acesso.

Problemas: pouco empregada na prática devido ao seu elevado custo de implementação.

10.4 Memória Virtual por Paginação

10.4.5 Algoritmos de Substituição de Páginas

NRU (Not-Recently-Used) - utiliza o Bit de Referência (BR) que indica se a página foi utilizada recentemente (ETP).

Tabela 10.2 Bits de referência e modificação

Categorias	Bits avaliados	Resultado
1	BR = 0 e BM = 0	Página não referenciada e não modificada.
2	BR = 0 e BM = 1	Página não referenciada e modificada.
3	BR = 1 e BM = 0	Página referenciada e não modificada.
4	BR = 1 e BM = 1	Página referenciada e modificada.

10.4 Memória Virtual por Paginação

10.4.5 Algoritmos de Substituição de Páginas

FIFO circular (clock)

Algoritmo é implementado, com pequenas variações, na maioria dos sistemas Unix.

10.4 Memória Virtual por Paginação

10.4.5 Algoritmos de Substituição de Páginas

FIFO circular (clock)

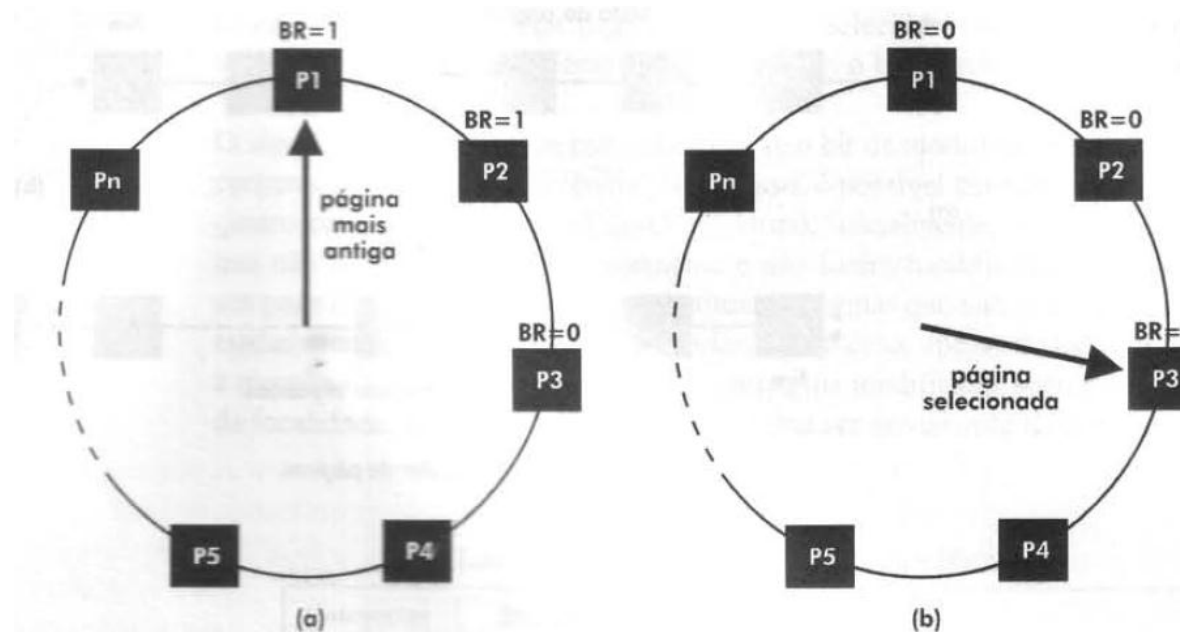


Fig. 10.16 FIFO circular.

10.4 Memória Virtual por Paginação

10.4.9 Proteção de memória

O SO deve impedir que um processo tenha acesso ou modifique uma página do sistema sem autorização.

Caso uma página do sistema operacional seja indevidamente alterada, é possível que, como consequência, haja uma instabilidade no funcionamento do sistema ou sua parada completa

10.4 Memória Virtual por Paginação

10.4.9 Proteção de memória

A proteção de acesso é realizada individualmente em cada página da memória principal, utilizando-se as entradas das tabelas de mapeamento, onde alguns bits especificam os acessos permitidos.



Fig. 10.22 Proteção para páginas.

10.4 Memória Virtual por Paginação

10.4.9 Proteção de memória

LG	Descrição
00	Sem acesso
10	Acesso de leitura
11	Acesso para leitura/gravação

Fig. 10.23 Mecanismo de proteção.

10.4 Memória Virtual por Paginação

10.4.10 Compartilhamento de memória

As entradas das tabelas de mapeamento dos processos devem apontar para os mesmos frames na memória principal, evitando, assim, várias cópias de um mesmo programa na memória.

10.4 Memória Virtual por Paginação

10.4.10 Compartilhamento de memória

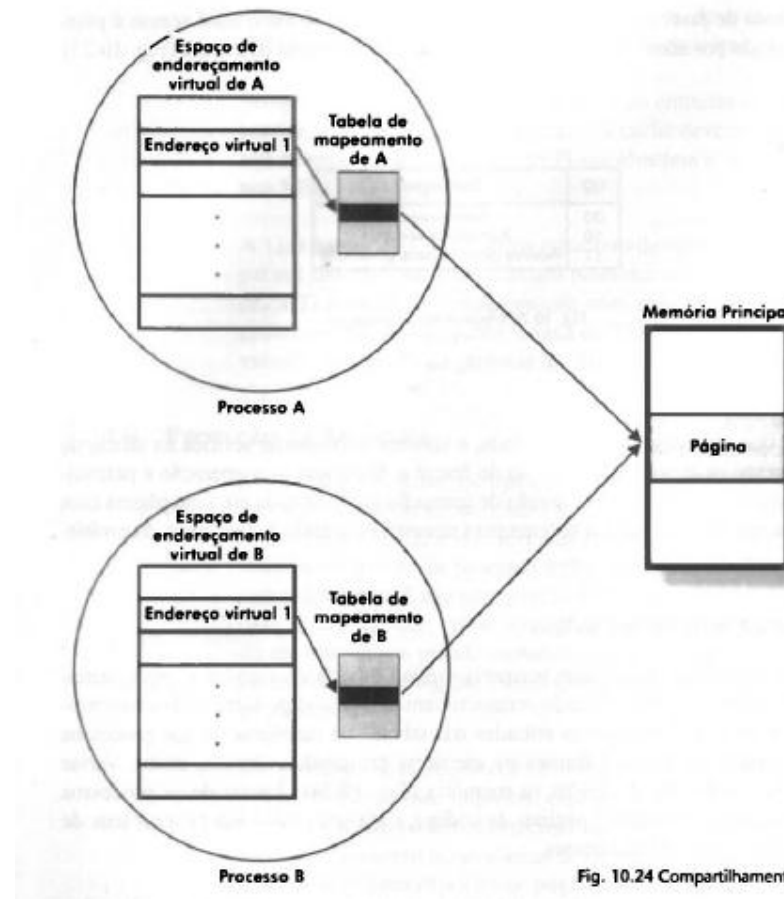


Fig. 10.24 Compartilhamento de memória.

10.5 Memória Virtual por Segmentação

Memória virtual por segmentação é a técnica de gerência de memória onde o espaço de endereçamento virtual é dividido em blocos de tamanhos diferentes chamados segmentos.

Na técnica de segmentação, um programa é dividido logicamente em sub-rotinas e estruturas de dados, que são alocadas em segmentos na memória principal.

10.5 Memória Virtual por Segmentação

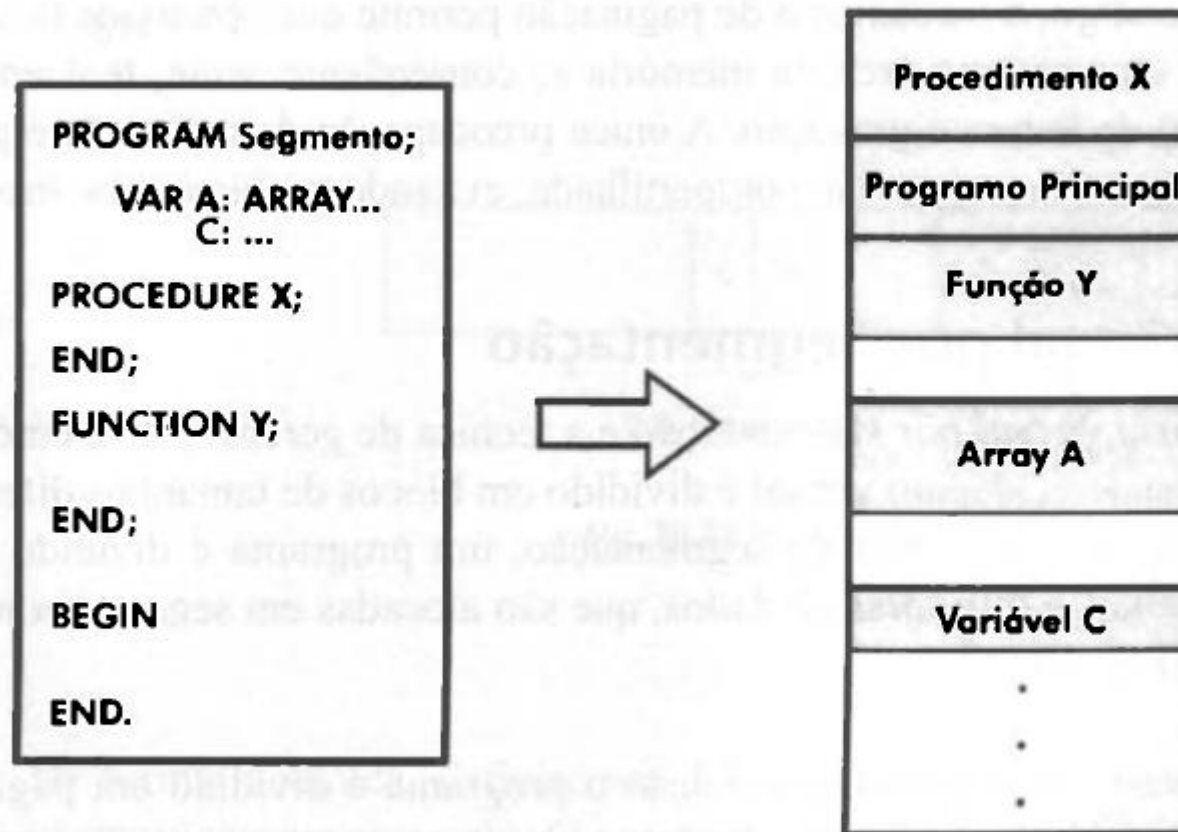
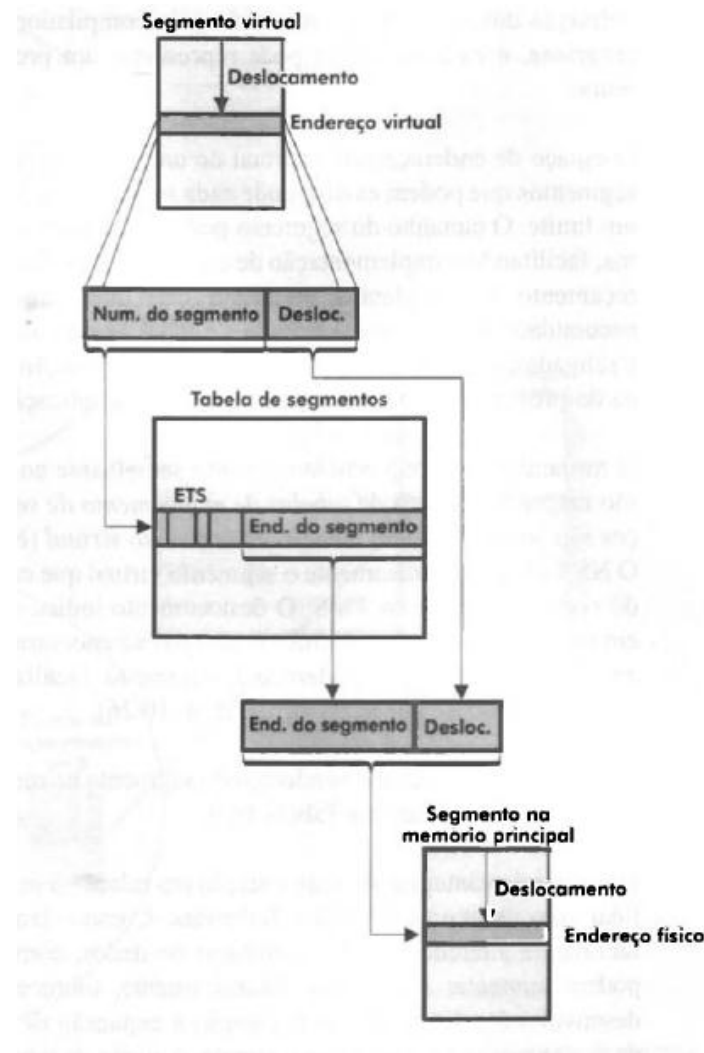


Fig. 10.25 Segmentação.

10.5 Memória Virtual por Segmentação



10.5 Memória Virtual por Segmentação

Vantagem: Facilidade em lidar com estruturas de dados dinâmicas.

Como o tamanho do segmento pode ser facilmente alterado na ETS, estruturas de dados, como pilhas e listas encadeadas, podem aumentar e diminuir dinamicamente, oferecendo grande flexibilidade ao desenvolvedor.

10.5 Memória Virtual por Segmentação

Vantagem: Facilidade em lidar com estruturas de dados dinâmicas.

Como o tamanho do segmento pode ser facilmente alterado na ETS, estruturas de dados, como pilhas e listas encadeadas, podem aumentar e diminuir dinamicamente, oferecendo grande flexibilidade ao desenvolvedor.

10.5 Memória Virtual por Segmentação

Tabela 10.4 Campos da ETS

Campo	Descrição
Tamanho	Especifica o tamanho do segmento.
Bit de validade	Indica se o segmento está na memória principal.
Bit de modificação	Indica se o segmento foi alterado.
Bit de referência	Indica se o segmento foi recentemente referenciado, sendo utilizado pelo algoritmo de substituição.
Proteção	Indica a proteção do segmento.

10.5 Memória Virtual por Segmentação

Tabela 10.5 Paginação × segmentação

Característica	Paginação	Segmentação
Tamanho dos blocos de memória	Iguais	Diferentes
Proteção	Complexa	Mais simples
Compartilhamento	Complexo	Mais simples
Estruturas de dados dinâmicas	Complexo	Mais simples
Fragmentação interna	Pode existir	Não existe
Fragmentação externa	Não existe	Pode existir
Programação modular	Dispensável	Indispensável
Alteração do programa	Mais trabalhosa	Mais simples

10.5 Memória Virtual por Segmentação Paginação

Técnica de gerência de memória onde o espaço de endereçamento é dividido em segmentos e, por sua vez, cada segmento dividido em páginas.

Esse esquema de gerência de memória tem o objetivo de oferecer as vantagens tanto da técnica de paginação quanto da técnica de segmentação.

10.5 Memória Virtual por Segmentação Paginação

