



**Universidade Federal
de Santa Catarina**

Memória virtual



Universidade Federal
de Santa Catarina

Tópicos da aula

- **Introdução à memória virtual**
- **Tradução de endereços virtuais**
- **Paginação**
- **MMU**



Universidade Federal
de Santa Catarina

Introdução

- O conceito de memória virtual surgiu para **resolver dois problemas**



Universidade Federal
de Santa Catarina

Introdução

- O conceito de memória virtual surgiu para **resolver dois problemas**
 - Permitir o **compartilhamento seguro** e eficiente da **memória** entre vários programas



Universidade Federal
de Santa Catarina

Introdução

- O conceito de memória virtual surgiu para **resolver dois problemas**
 - Permitir o **compartilhamento seguro** e eficiente da **memória** entre vários programas
 - Permitir uma “**expansão**” de **memória** para os programas em execução na memória principal (DDR)



Introdução

- O conceito de memória virtual surgiu para **resolver dois problemas**
 - Permitir o **compartilhamento seguro** e eficiente da **memória** entre vários programas
 - Permitir uma “**expansão**” de **memória** para os programas em execução na memória principal (DDR)
- Vários programas podem estar sendo executados pelo processador e o tamanho total destes programas muitas vezes excede o tamanho da memória dinâmica usada como memória principal



Introdução

- O conceito de memória virtual surgiu para **resolver dois problemas**
 - Permitir o **compartilhamento seguro** e eficiente da **memória** entre vários programas
 - Permitir uma “**expansão**” de **memória** para os programas em execução na memória principal (DDR)
- Vários programas podem estar sendo executados pelo processador e o tamanho total destes programas muitas vezes excede o tamanho da memória dinâmica usada como memória principal
- Porém, apenas uma fração dessa memória está sendo utilizada ativamente em um dado momento



Introdução

- O conceito de memória virtual surgiu para **resolver dois problemas**
 - Permitir o **compartilhamento seguro** e eficiente da **memória** entre vários programas
 - Permitir uma “**expansão**” de **memória** para os programas em execução na memória principal (DDR)
- Vários programas podem estar sendo executados pelo processador e o tamanho total destes programas muitas vezes excede o tamanho da memória dinâmica usada como memória principal
- Porém, apenas uma fração dessa memória está sendo utilizada ativamente em um dado momento
- **A ideia:** a memória principal precisa conter apenas a parte **ativa** dos programas em execução



Introdução

Gerenciador de Tarefas						
Processos						
Nome	Status	5% CPU	46% Memória	1% Disco	0% Rede	
Aplicativos (5)						
> Gerenciador de Tarefas		0,6%	77,4 MB	0,1 MB/s	0 Mbps	
> Google Chrome (11)		0%	673,0 MB	0,1 MB/s	0 Mbps	
> LibreOffice		0%	171,3 MB	0 MB/s	0 Mbps	
> Thunderbird (2)		0%	396,8 MB	0 MB/s	0 Mbps	
> Windows Explorer		1,0%	180,3 MB	0,1 MB/s	0 Mbps	
Processos em segundo plan...						
> Acrobat Update Service (32 bi...		0%	0,6 MB	0 MB/s	0 Mbps	
> Antimalware Service Executable		0,6%	180,0 MB	0,1 MB/s	0 Mbps	
> Aplicativo de subsistema de s...		0%	6,1 MB	0 MB/s	0 Mbps	
Application Frame Host		0%	4,6 MB	0 MB/s	0 Mbps	
> Captura de Tela		0%	67,0 MB	0 MB/s	0 Mbps	
Carregador CTF		0%	6,9 MB	0 MB/s	0 Mbps	
COM Surrogate		0%	2,1 MB	0 MB/s	0 Mbps	
> Configurações		0%	0 MB	0 MB/s	0 Mbps	
> Dropbox		0%	11,6 MB	0 MB/s	0 Mbps	



Universidade Federal
de Santa Catarina

Introdução

- Ela consiste de um conjunto de alterações no projeto de **hardware** combinadas a alterações no projeto do **sistema operacional**



Introdução

- Ela consiste de um conjunto de alterações no projeto de **hardware** combinadas a alterações no projeto do **sistema operacional**
- A memória virtual permite ao programa executar em um espaço de memória cujo tamanho não é necessariamente limitado ao tamanho da memória física do sistema computacional



Introdução

- Ela consiste de um conjunto de alterações no projeto de **hardware** combinadas a alterações no projeto do **sistema operacional**
- A memória virtual permite ao programa executar em um espaço de memória cujo tamanho não é necessariamente limitado ao tamanho da memória de programa do sistema computacional
- O aumento no tamanho da memória se dá com o uso de um espaço reservado no **disco rígido** (seja HD ou SSD)
 - funciona como uma “extensão” da memória principal (DRAM) quando ela está temporariamente sem espaço para novos armazenamentos



Endereçamento na memória virtual

- O espaço de endereçamento do programa é organizado em blocos de tamanho fixo, denominados de **páginas**



Endereçamento na memória virtual

- O espaço de endereçamento do programa é organizado em blocos de tamanho fixo, denominados de **páginas**
- As páginas são mapeadas de um conjunto de **endereços virtuais** em um conjunto de **endereços físicos** na memória principal



Endereçamento na memória virtual

- O espaço de endereçamento do programa é organizado em blocos de tamanho fixo, denominados de **páginas**
- As páginas são mapeados de um conjunto de **endereços virtuais** em um conjunto de **endereços físicos** na memória principal
- A memória principal também é dividida em páginas



Universidade Federal
de Santa Catarina

Endereçamento na memória virtual

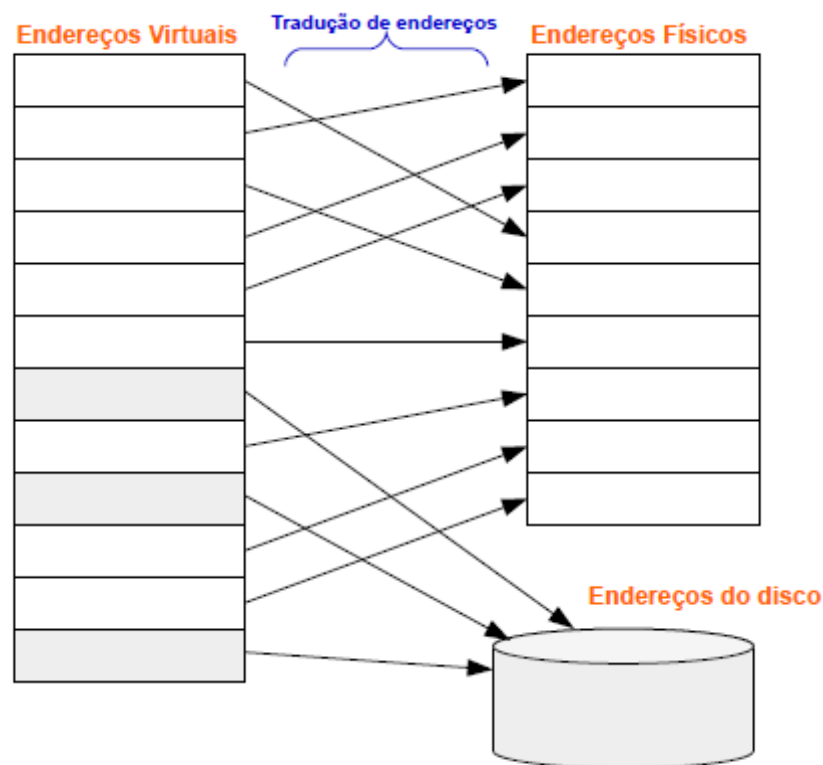
- Uma **página virtual** pode estar mapeada em uma página da **memória principal** ou armazenada na **memória secundária**
- As **páginas físicas** podem ser **compartilhadas** fazendo **dois endereços virtuais** apontarem para o mesmo **endereço físico**
 - permite que **dois programas compartilhem** dados ou códigos



Universidade Federal
de Santa Catarina

Endereçamento na memória virtual

- O processador gera **endereços virtuais**

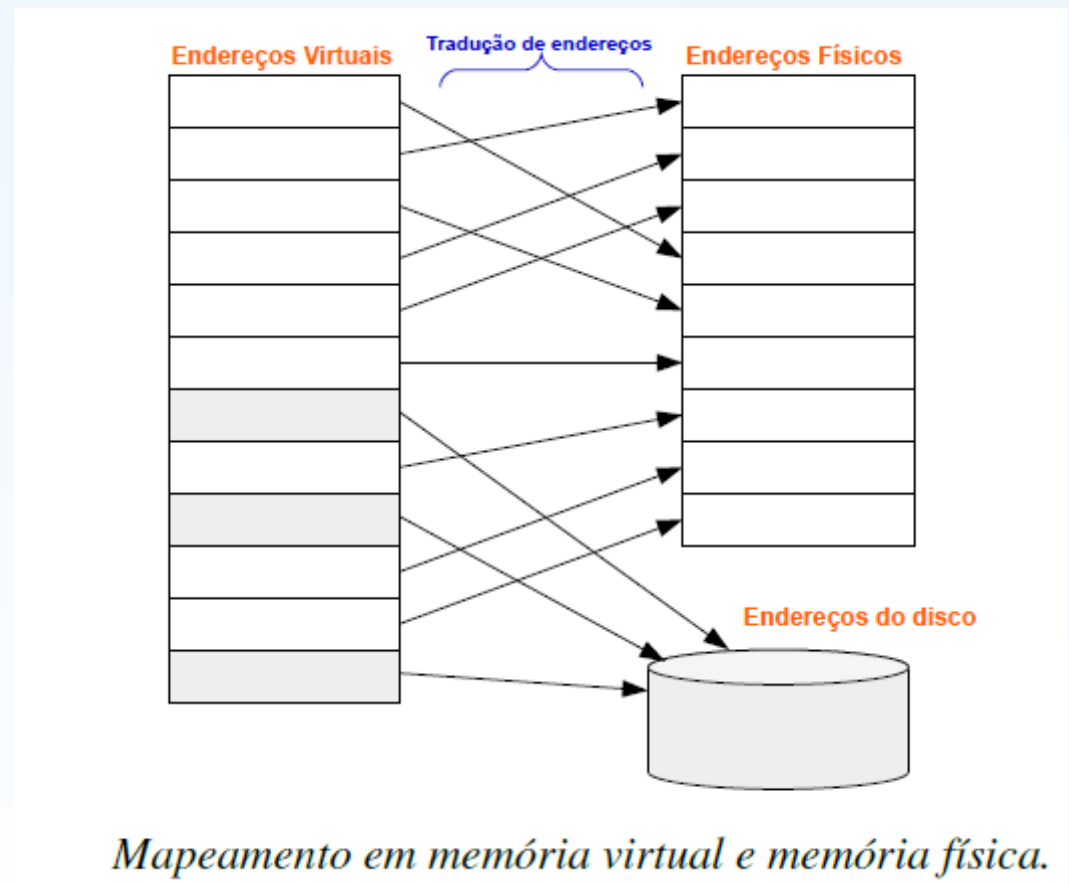


Mapeamento em memória virtual e memória física.



Endereçamento na memória virtual

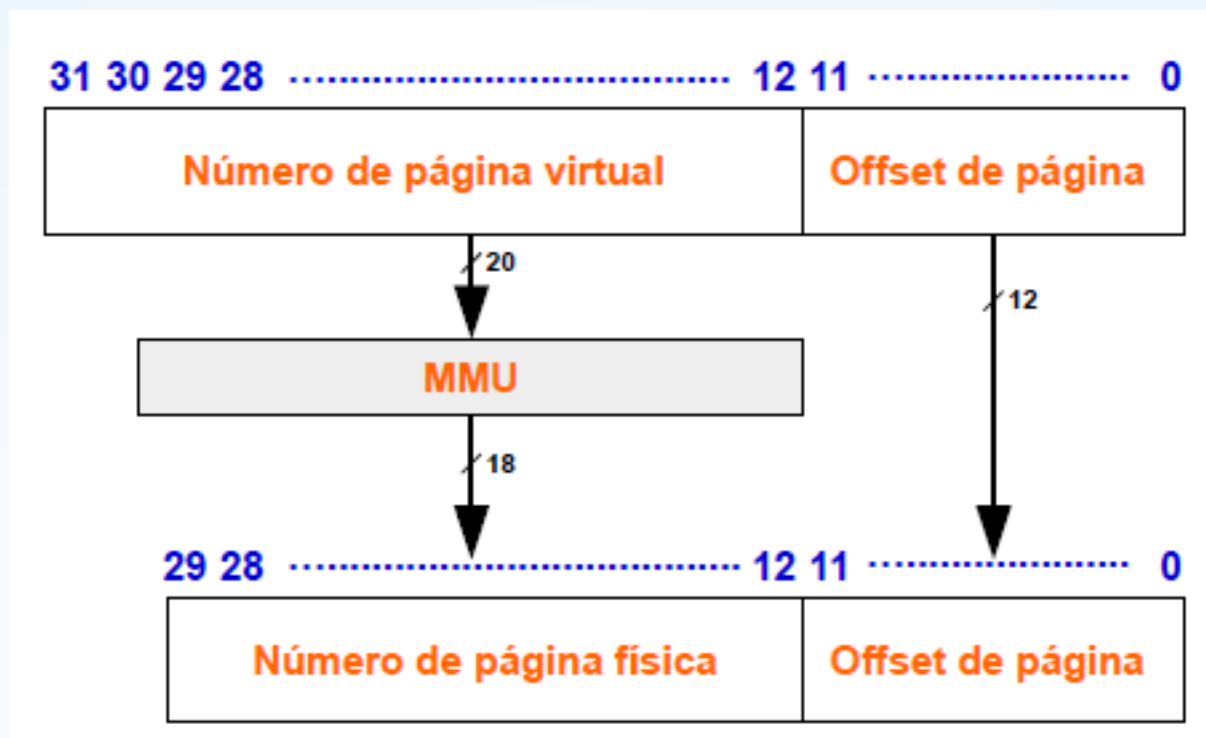
- O processador gera **endereços virtuais**
- A **memória virtual** e a **memória física** são desmembradas em **páginas**
 - uma página virtual é realmente mapeada em uma página física na memória principal





Memory Management Unit

- O mapeamento entre a memória virtual e a memória física é realizado pela **Unidade de Gerenciamento de Memória** ou **MMU**





Memory Management Unit

- A **MMU** divide o **espaço de endereçamento virtual** em **páginas**
 - 1KB para sistemas embarcados
 - entre 4KB e 16KB para notebooks



Memory Management Unit

- A **MMU** divide o **espaço de endereçamento virtual** em **páginas**
 - 1KB para sistemas embarcados
 - entre 4KB e 16KB para notebooks
- A MMU usa uma **tabela de páginas** chamada de **PTE** (acrônimo de *Page Table Entry*)
 - usada para mapear os números das páginas virtuais para os números de páginas físicas na memória principal



Memory Management Unit

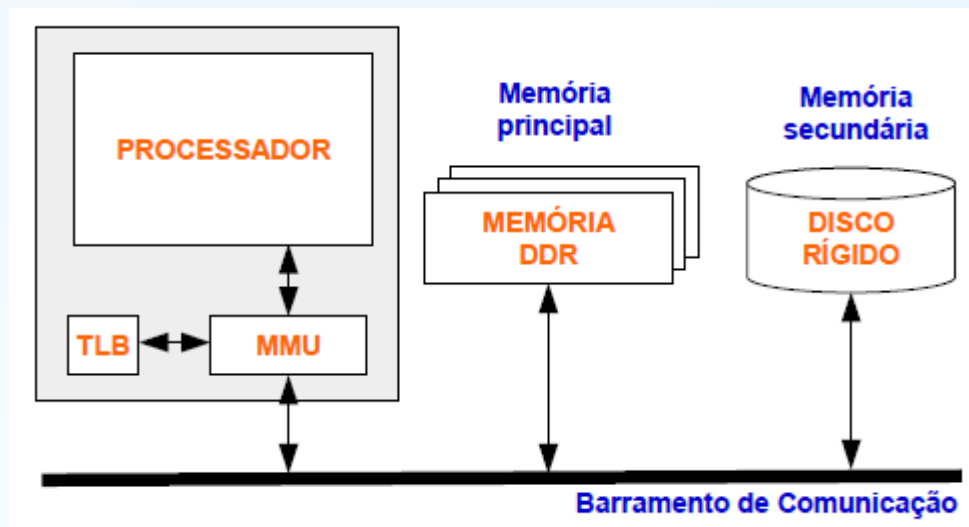
- A **MMU** divide o **espaço de endereçamento virtual** em **páginas**
 - 1KB para sistemas embarcados
 - entre 4KB e 16KB para notebooks
- A MMU usa uma **tabela de páginas** chamada de **PTE** (acrônimo de *Page Table Entry*)
 - usada para mapear os números das páginas virtuais para os números de páginas físicas na memória principal
- A PTE usa uma cache associada chamada de *Translation Lookaside Buffer* (**TLB**) para evitar a necessidade de acessar a memória principal toda vez que um endereço virtual é acessado



Universidade Federal
de Santa Catarina

Memory Management Unit

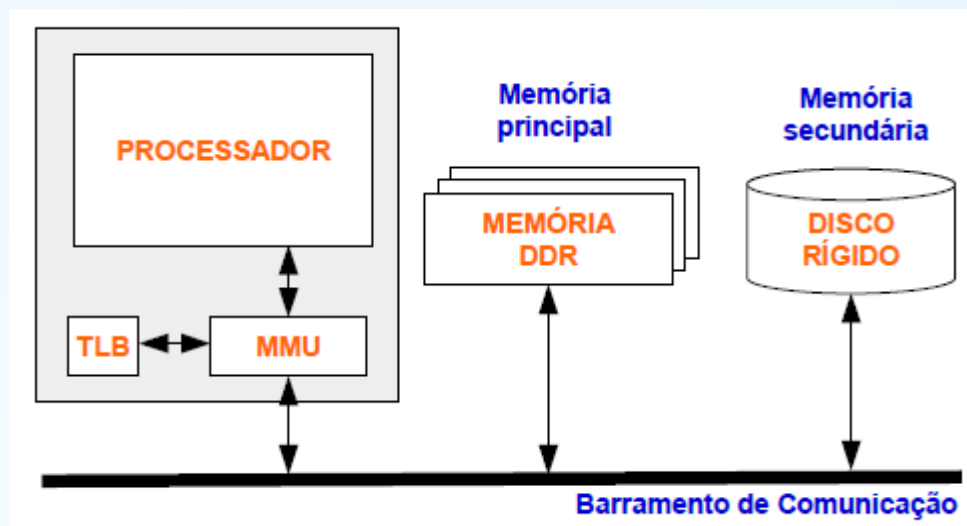
- A TLB também possui um bit de validade, que indica se a página está na memória ou não
 - Similar a cache





Memory Management Unit

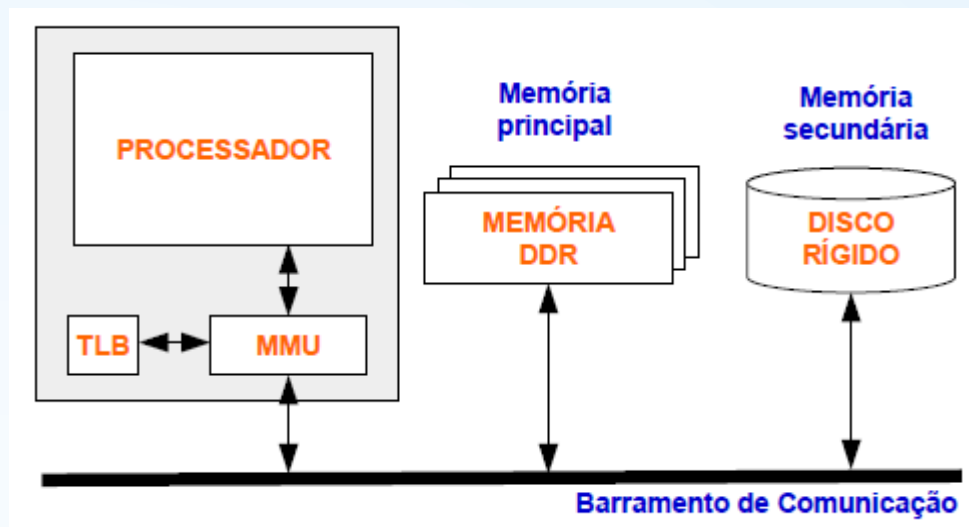
- A TLB também possui um bit de validade, que indica se a página está na memória ou não
 - Similar a cache
- Se o **bit** de validade indicar que a página virtual **não está** mapeada na **memória física**, então esta página é mantida em uma área de **memória secundária**





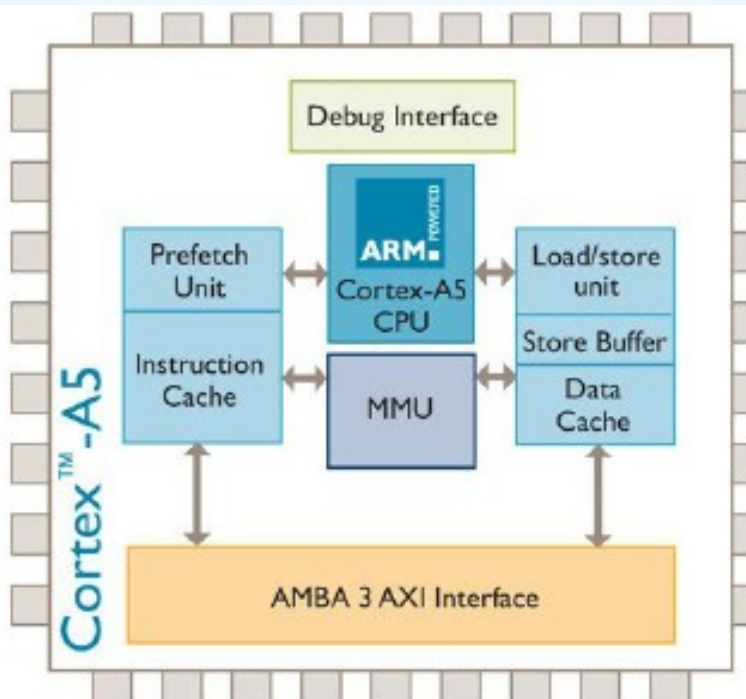
Memory Management Unit

- A TLB também possui um bit de validade, que indica se a página está na memória ou não
 - Similar a cache
- Se o **bit** de validade indicar que a página virtual **não está** mapeada na **memória física**, então esta página é mantida em uma área de **memória secundária**
 - área de **swap**





Memory Management Unit



Processador comercial Cortex A5 com MMU para acesso às duas memórias cache: de dados e de instruções



Acesso à Memória Virtual

- Uma página só é **atualizada** na **memória secundária** (disco rígido) quando ela é **substituída** na **memória principal**



Acesso à Memória Virtual

- Uma página só é **atualizada** na **memória secundária** (disco rígido) quando ela é **substituída** na **memória principal**
- Porém, ao ser substituída, a página só será copiada para o disco se ela tiver sido modificada



Acesso à Memória Virtual

- Uma página só é **atualizada** na **memória secundária** (disco rígido) quando ela é **substituída** na **memória principal**
- Porém, ao ser substituída, a página só será copiada para o disco se ela tiver sido modificada
- Para saber se uma página foi modificada, a tabela de páginas TLB inclui um **bit de modificação**, chamado de **dirty bit**



Acesso à Memória Virtual

- Uma página só é **atualizada** na **memória secundária** (disco rígido) quando ela é **substituída** na **memória principal**
- Porém, ao ser substituída, a página só será copiada para o disco se ela tiver sido modificada
- Para saber se uma página foi modificada, a tabela de páginas TLB inclui um **bit de modificação**, chamado de **dirty bit**, que é ligado quando uma word é escrita na página



Acesso à Memória Virtual

TLB			
val	dirty	tag	Número físico da página

Visão geral de uma TLB, mostrando o bit de validade e o dirty bit.



Universidade Federal
de Santa Catarina

Acesso à Memória Virtual

- No caso de uma **falta**, a página tem que ser **trazida do disco** para a **memória principal**



Acesso à Memória Virtual

- No caso de uma **falta**, a página tem que ser **trazida do disco** para a **memória principal**
- Porém, se todas as **páginas físicas já estiverem ocupadas**, então o **Sistema Operacional** terá que escolher uma delas para ser substituída, a qual será colocada na área de **swap**



Acesso à Memória Virtual

- No caso de uma **falta**, a página tem que ser **trazida do disco** para a **memória principal**
- Porém, se todas as **páginas físicas já estiverem ocupadas**, então o **Sistema Operacional** terá que escolher uma delas para ser substituída, a qual será colocada na área de **swap**
- A escolha da página a ser substituída é tipicamente baseada no esquema denominado de **LRU** (*Least Recently Used*), em que a página usada menos usada recentemente



Acesso à Memória Virtual

- No caso de uma **falta**, a página tem que ser **trazida do disco** para a **memória principal**
- Porém, se todas as **páginas físicas já estiverem ocupadas**, então o **Sistema Operacional** terá que escolher uma delas para ser substituída, a qual será colocada na área de **swap**
- A escolha da página a ser substituída é tipicamente baseada no esquema denominado de **LRU** (*Least Recently Used*), em que a página usada menos usada recentemente
- Cada página possui um bit de referência que é “ligado” quando a página é acessada
 - É responsabilidade do Sistema Operacional gerenciar estes bits e apagá-los periodicamente



Universidade Federal
de Santa Catarina

FIM MÓDULO 19