

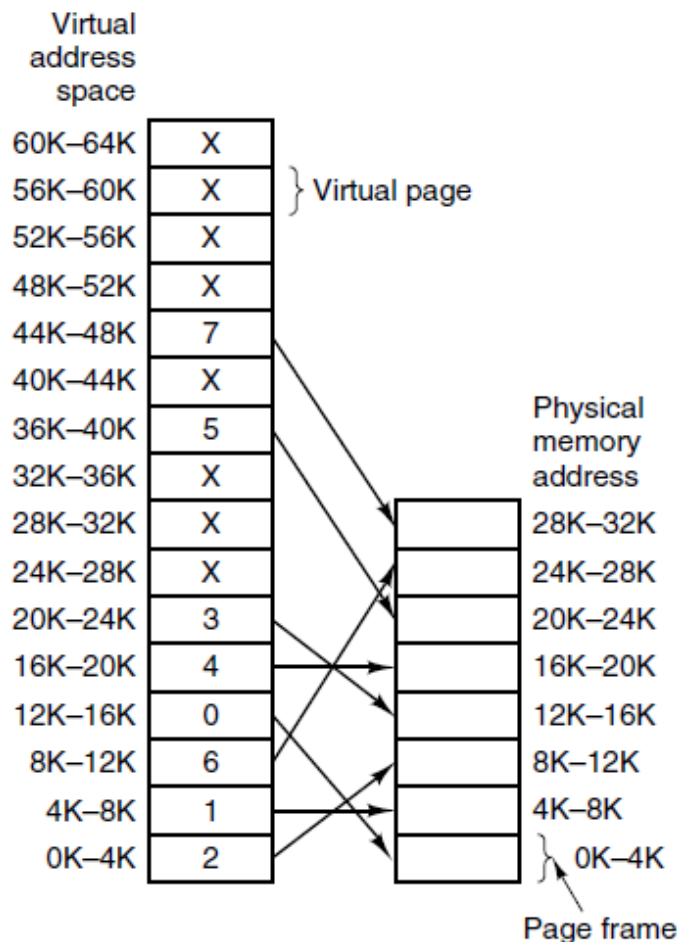
# **Aula 6**

## **Memória Virtual**

### **pt.2**

# Substituição de Páginas

- Algoritmos



# Substituição de Páginas

- Algoritmos
  - Ótimo
  - NUR
  - FIFO
  - Segunda Chance
  - Relógio
  - MRU
  - NFU
  - Envelhecimento
  - Conjunto de trabalho
  - WSClock

# Algoritmo Ótimo

- Simples porém irrealizável
- Rótulo:
  - Número de instruções antes da página ser usada
- Substituir a página com maior rótulo

# NUR

- Página não usada recentemente
  - SO contabiliza se a página foi **referenciada** ou **modificada** (leitura e escrita)
    - Classe 0: não referenciada e não modificada
    - Classe 1: não referenciada e modificada
    - Classe 2: referenciada e não modificada
    - Classe 3: referenciada e modificada
  - Remove aleatoriamente uma página da classe mais baixa (não vazia)



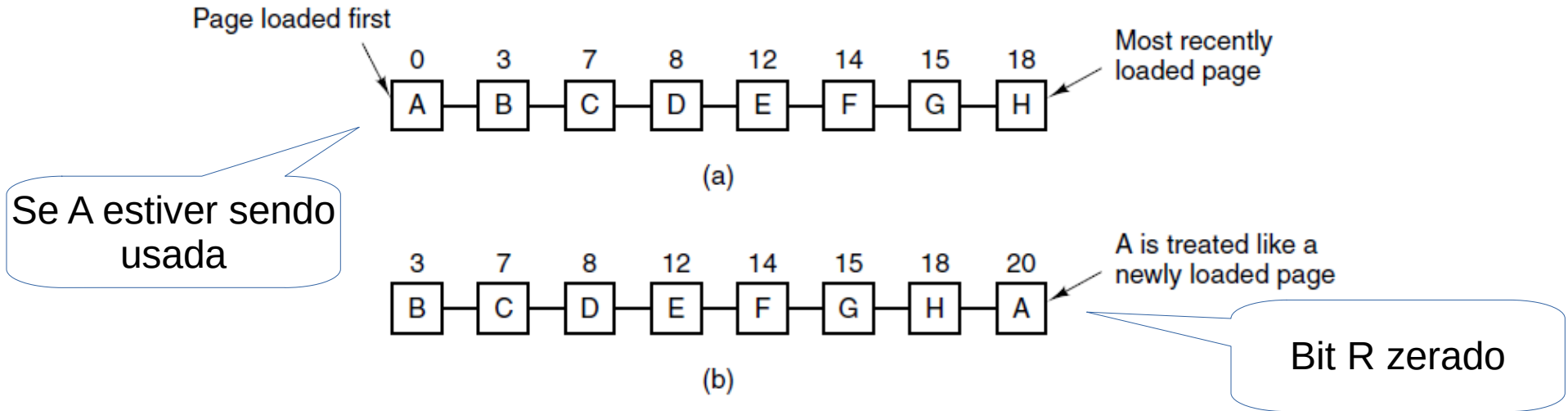
Bits R ou W

# FIFO

- Primeira a entrar, primeira a sair
- SO mantém uma lista por ordem de entrada da página na memória
- Page fault → substitui a página a mais tempo na memória

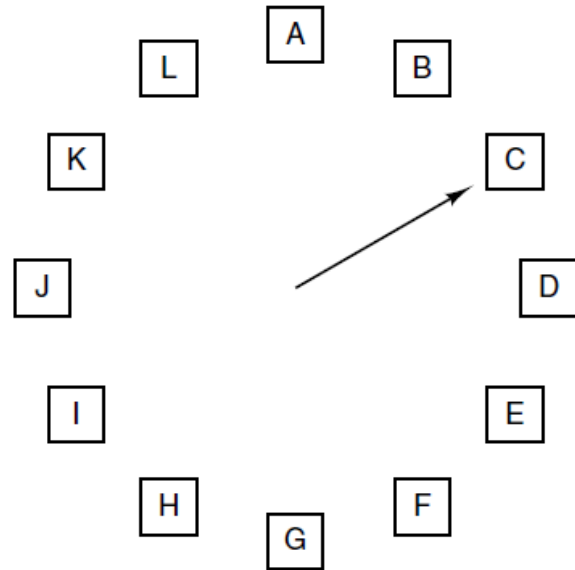
# Segunda Chance

- Modificação do algoritmo FIFO
- Da segunda chance se a página mais antiga estiver sendo usada



# Relógio

- Similar ao algoritmo de Segunda Chance



When a page fault occurs,  
the page the hand is  
pointing to is inspected.  
The action taken depends  
on the R bit:

R = 0: Evict the page

R = 1: Clear R and advance hand

Mesma lógica  
Menor Overhead



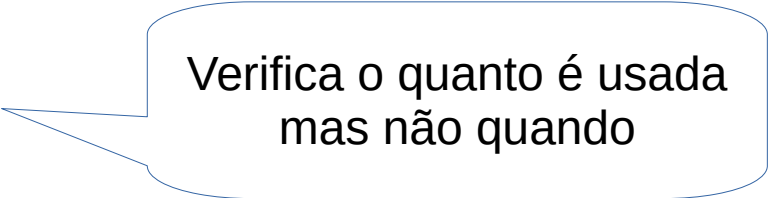
# MRU

Até então verificávamos se usada recentemente mas não quanto é usada

- Menos recentemente usada
  - Manter lista com a página mais recentemente usada no início e a menos recentemente usada no final
  - Atualizar a lista a cada referência de memória
  - Oneroso

# NFU

- Não usada frequentemente



Verifica o quanto é usada  
mas não quando

- Contador de uso por página

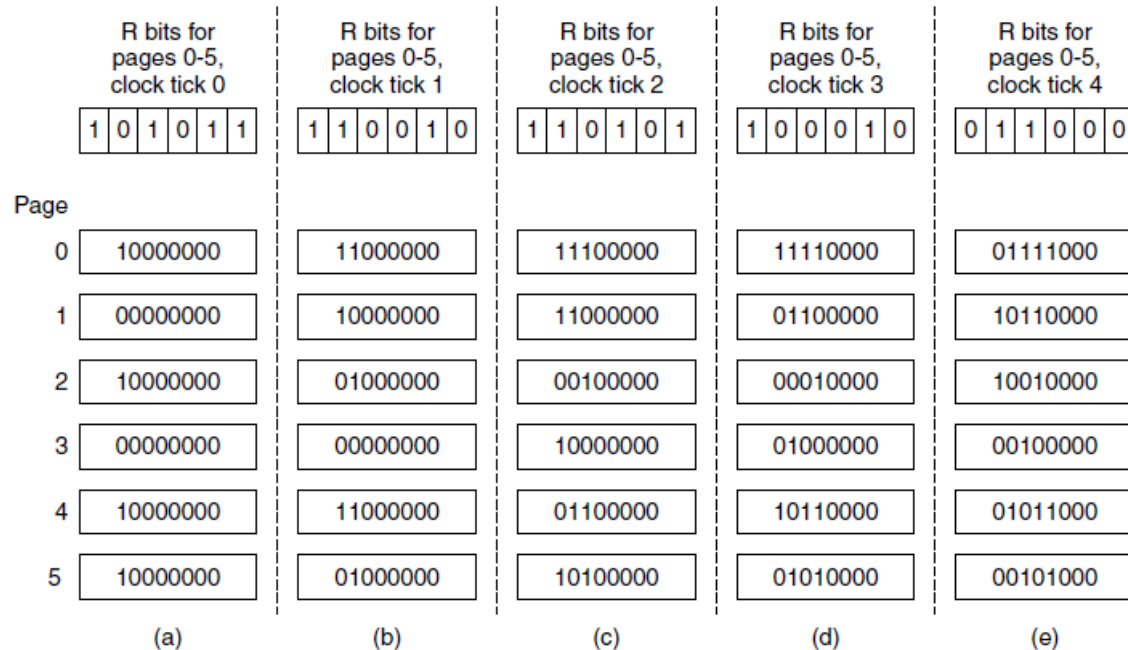
- Descarta página com menor contador

- Pode descartar página usada recentemente

# Envelhecimento

- Semelhante ao NFU
  - Ao invés do contador, faz o shift binário

Forma de limitar a “lembança” do algoritmo



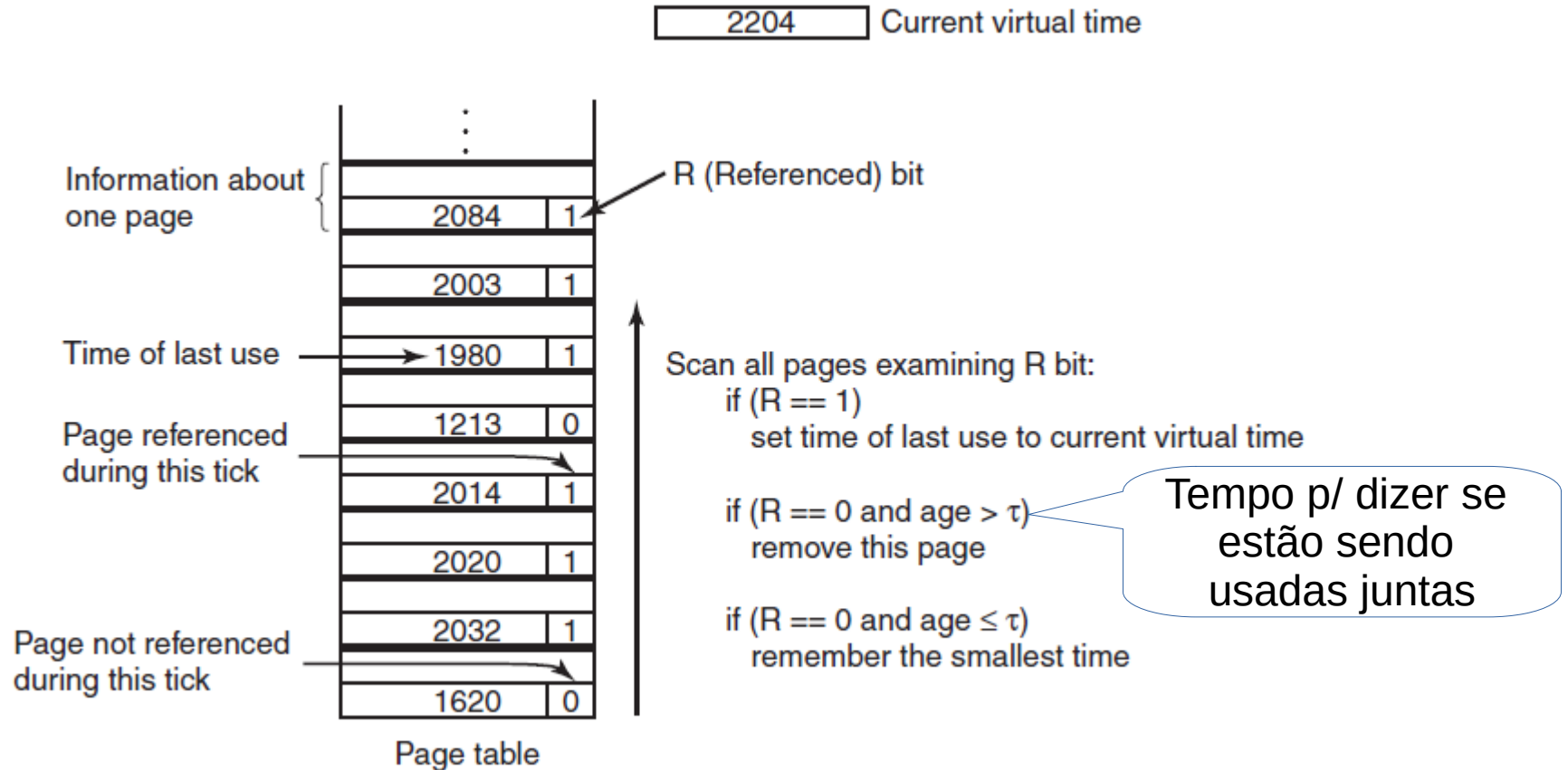
# Conjunto de Trabalho

- Páginas que um processo usa em um instante
  - Localidade de referência → processos não acessam uniformemente seus espaços de endereçamento
  - Acessos tendem a se agrupar em um subconjunto de páginas
- Objetivo: manter esse subconjunto de páginas juntas na memória



Pré-paginação

# Conjunto de Trabalho



# WSClock

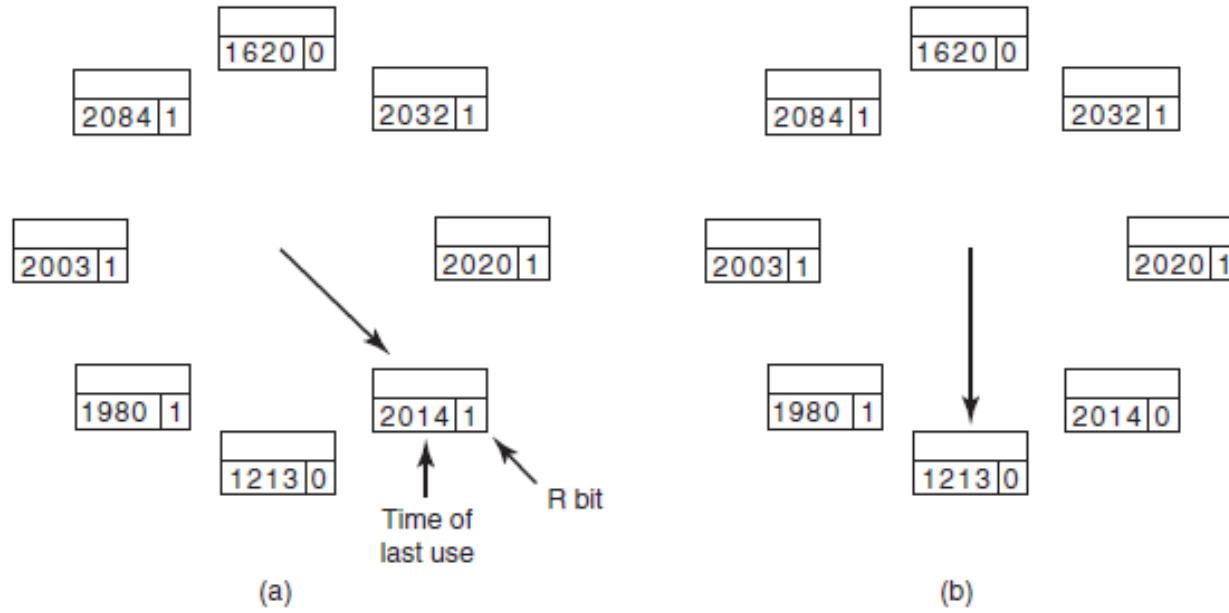
- Conjunto de trabalho → oneroso
- WSClock: mesmo princípio porém em lista circular



Mesma lógica  
Menor Overhead

# WSClock

2204 Current virtual time



# Substituição de Páginas

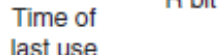
- Resumo

Algorithm	Comment
Optimal	Not implementable, but useful as a benchmark
NRU (Not Recently Used)	Very crude approximation of LRU
FIFO (First-In, First-Out)	Might throw out important pages
Second, chance	Big improvement over FIFO
Clock	Realistic
LRU (Least Recently Used)	Excellent, but difficult to implement exactly
NFU (Not Frequently Used)	Fairly crude approximation to LRU
Aging	Efficient algorithm that approximates LRU well
Working set	Somewhat expensive to implement
WSClock	Good efficient algorithm

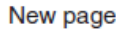


2204

Current virtual time



(c)



(d)

# Resumo

Algorithm	Comment
Optimal	Not implementable, but useful as a benchmark
NRU (Not Recently Used)	Very crude approximation of LRU
FIFO (First-In, First-Out)	Might throw out important pages
Second, chance	Big improvement over FIFO
Clock	Realistic
LRU (Least Recently Used)	Excellent, but difficult to implement exactly
NFU (Not Frequently Used)	Fairly crude approximation to LRU
Aging	Efficient algorithm that approximates LRU well
Working set	Somewhat expensive to implement
WSClock	Good efficient algorithm

