

EDCO3A

ESTRUTURAS DE DADOS 1

Aula 04 - Listas ordenadas
(Implementação dinâmica)

Prof. Rafael G. Mantovani

Licença

Este trabalho está licenciado com uma Licença CC BY-NC-ND 4.0:



maiores informações:

https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.pt_BR

Roteiro



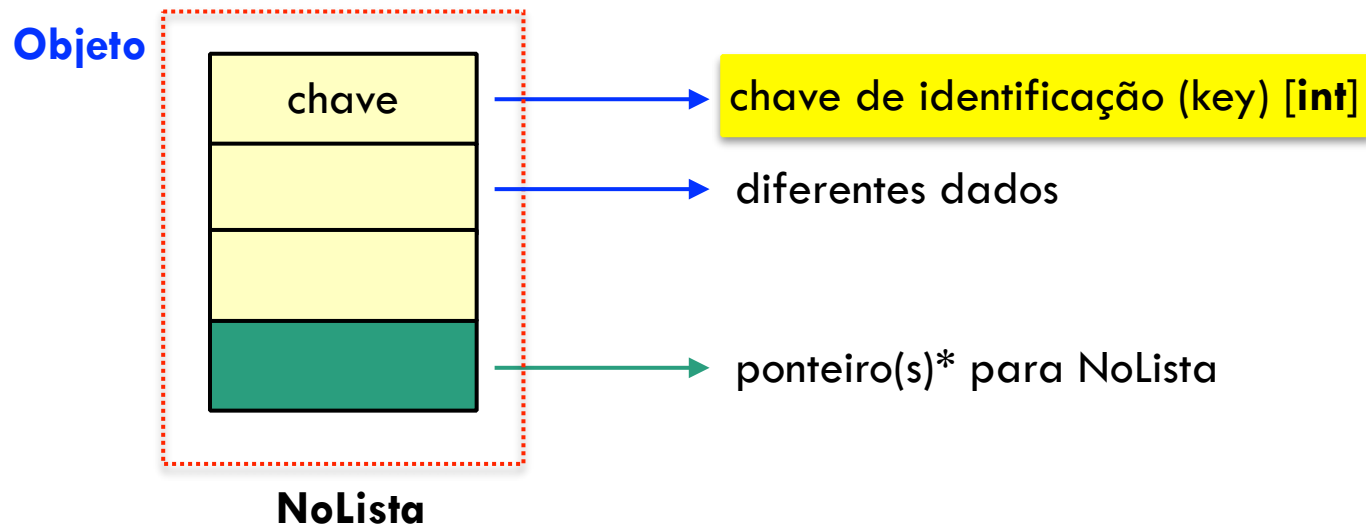
- 1 Listas Ordenadas**
- 2 Operações gerais**
- 3 Inserção de elementos**
- 4 Pesquisa de elementos**
- 5 Remoção de elementos**
- 6 Referências**

Roteiro

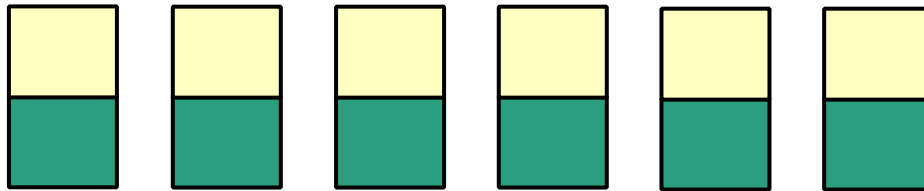
- 1 Listas Ordenadas**
- 2 Operações gerais**
- 3 Inserção de elementos**
- 4 Pesquisa de elementos**
- 5 Remoção de elementos**
- 6 Referências**

Lista dinâmica

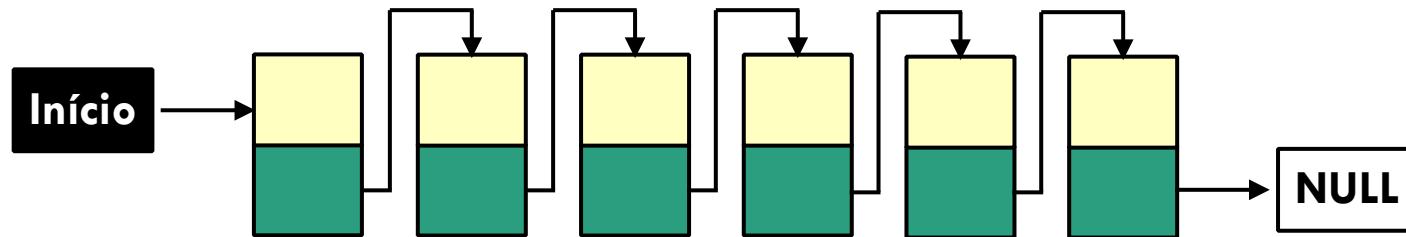
- Nós de Lista



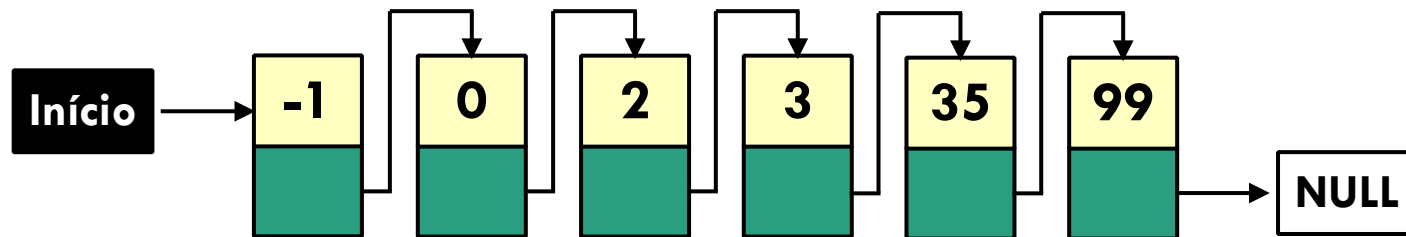
Lista dinâmica



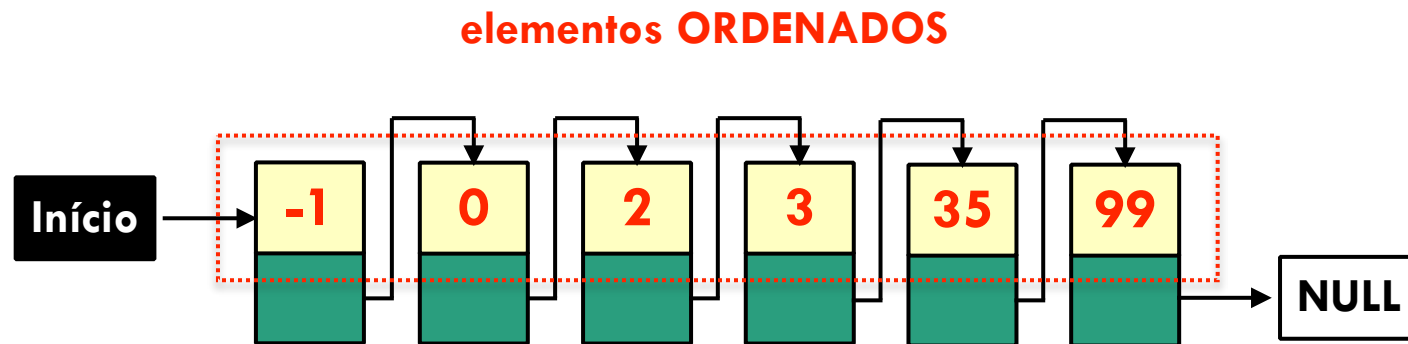
Lista dinâmica



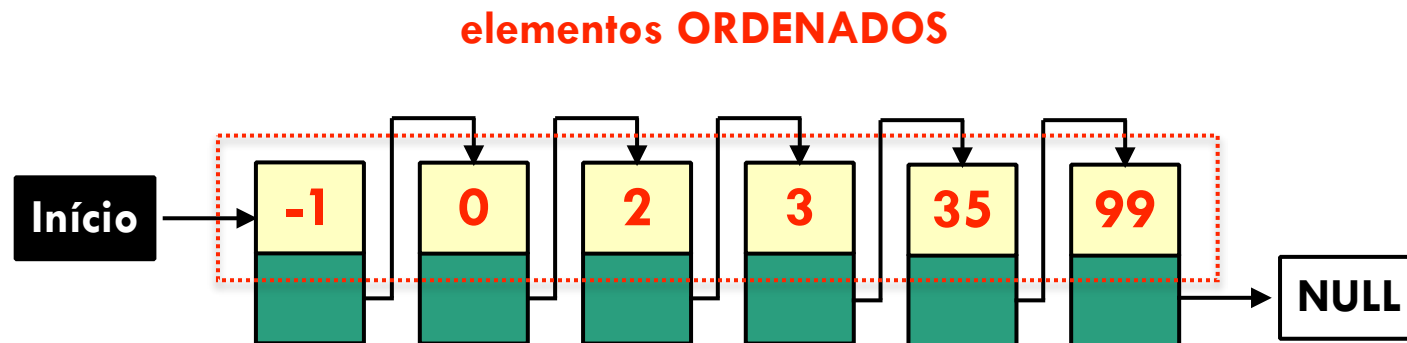
Lista dinâmica



Lista dinâmica



Lista dinâmica



Nas listas manteremos os elementos **ORDENADOS**

Tipos de lista

- Diferentes implementações de lista dinâmica:
 - A** Single-linkage: singularmente encadeada
 - B** Double-linkage: duplamente encadeada
 - C** Circulares: nó sentinela

Tipos de lista

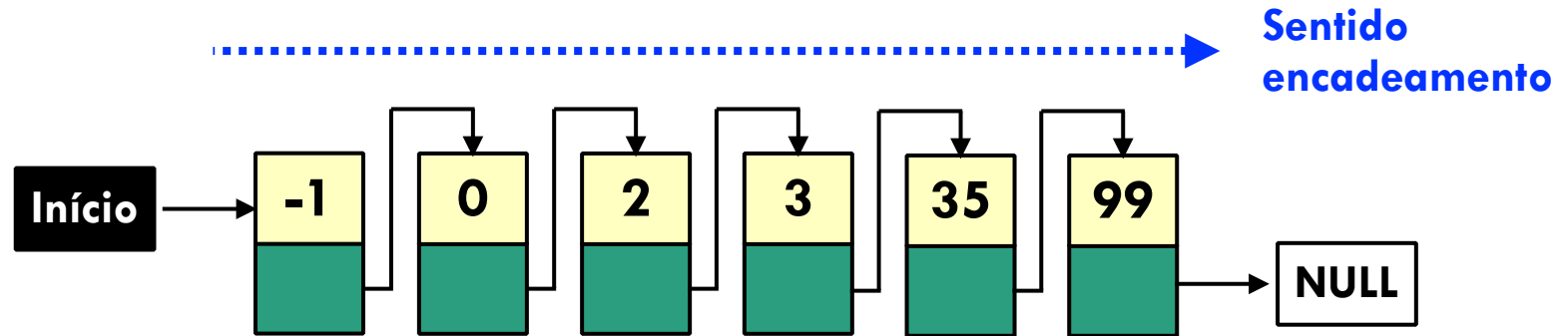
- Diferentes implementações de lista dinâmica:

A Single-linkage: singularmente encadeada

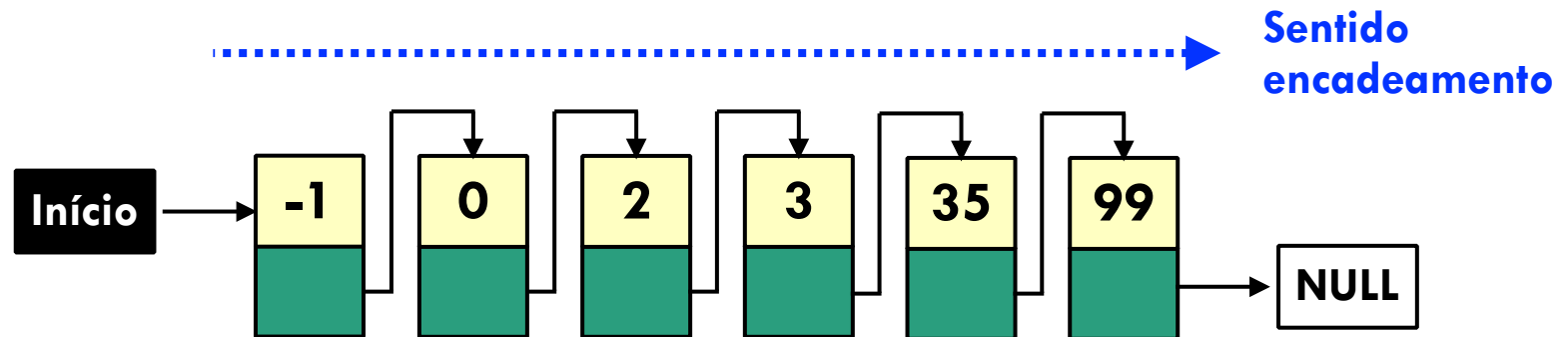
B Double-linkage: duplamente encadeada

C Circulares: nó sentinela

Tipos de lista



Tipos de lista



tipo **Lista**

Início ***NoLista**

Número de elementos :

tipo **NoLista**

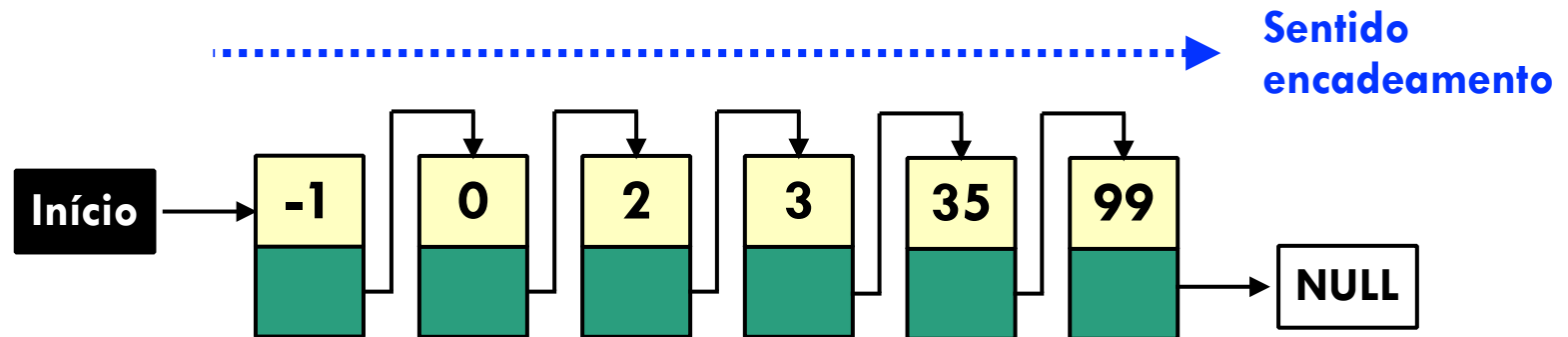
Obj

Item armazenado

Prox

***NoLista**

Tipos de lista



tipo **Lista**



tipo **NoLista**



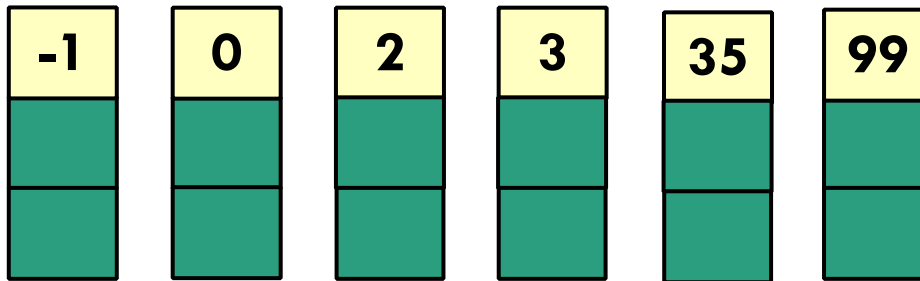
Dois tipos necessários: nó de lista (**NoLista**) e a lista (**Lista**) propriamente dita

Tipos de lista

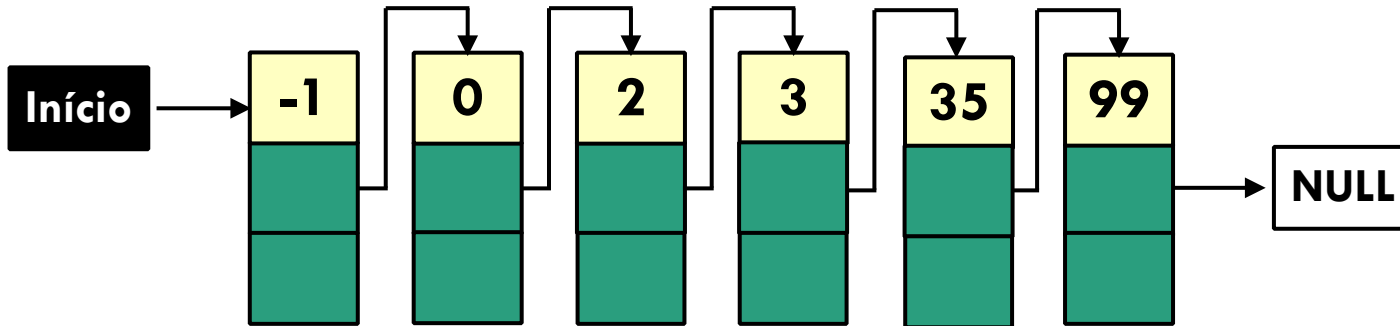
- Diferentes implementações de lista dinâmica:

- A** Single-linkage: singularmente encadeada
- B** Double-linkage: duplamente encadeada
- C** Circulares: nó sentinela

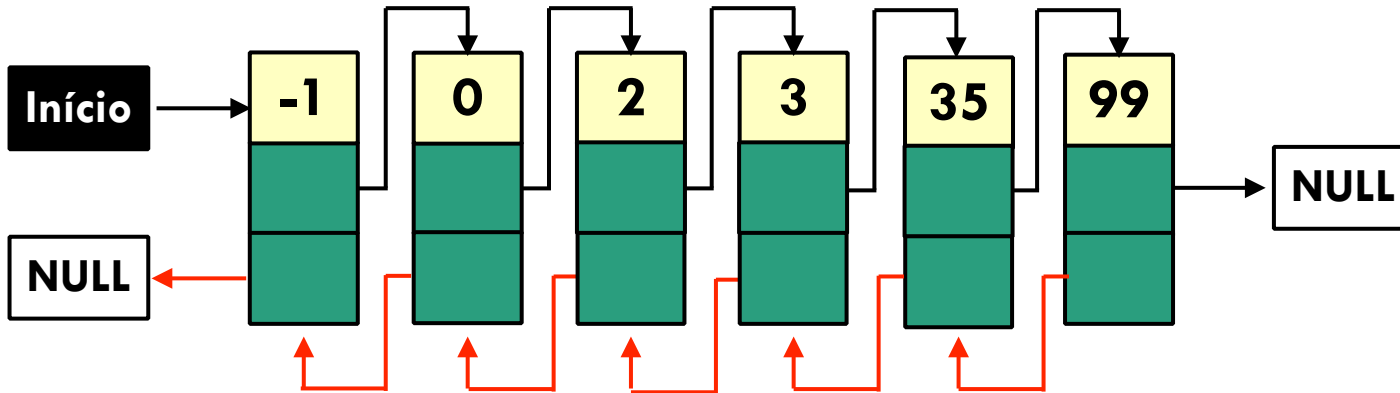
Tipos de lista



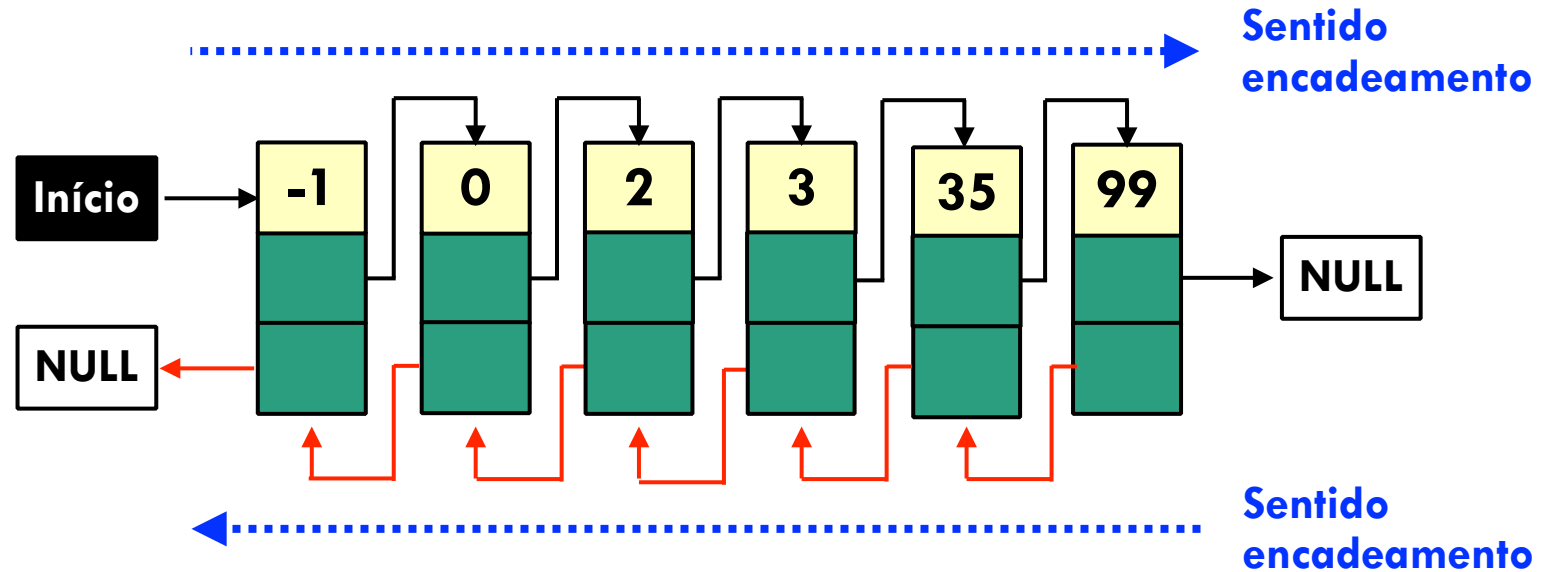
Tipos de lista



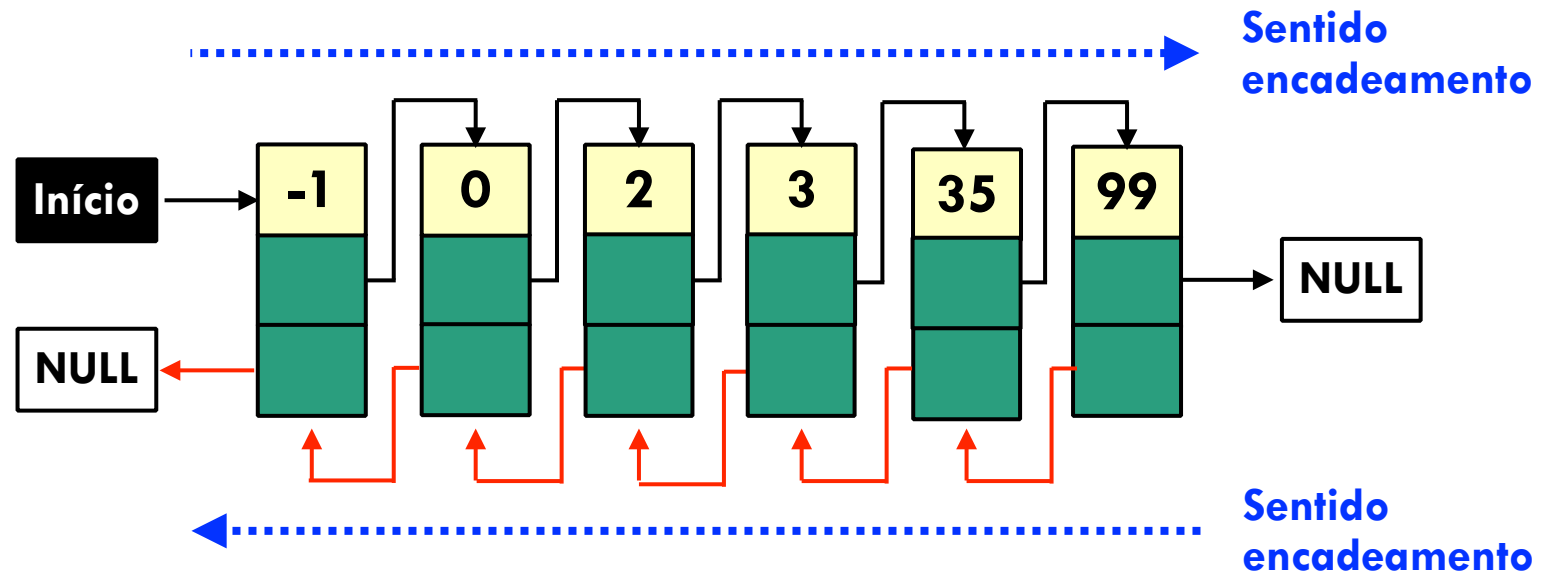
Tipos de lista



Tipos de lista



Tipos de lista



tipo **Lista**

Início ***NoLista**

Número de elementos :

tipo **NoLista**

Obj

Item armazenado

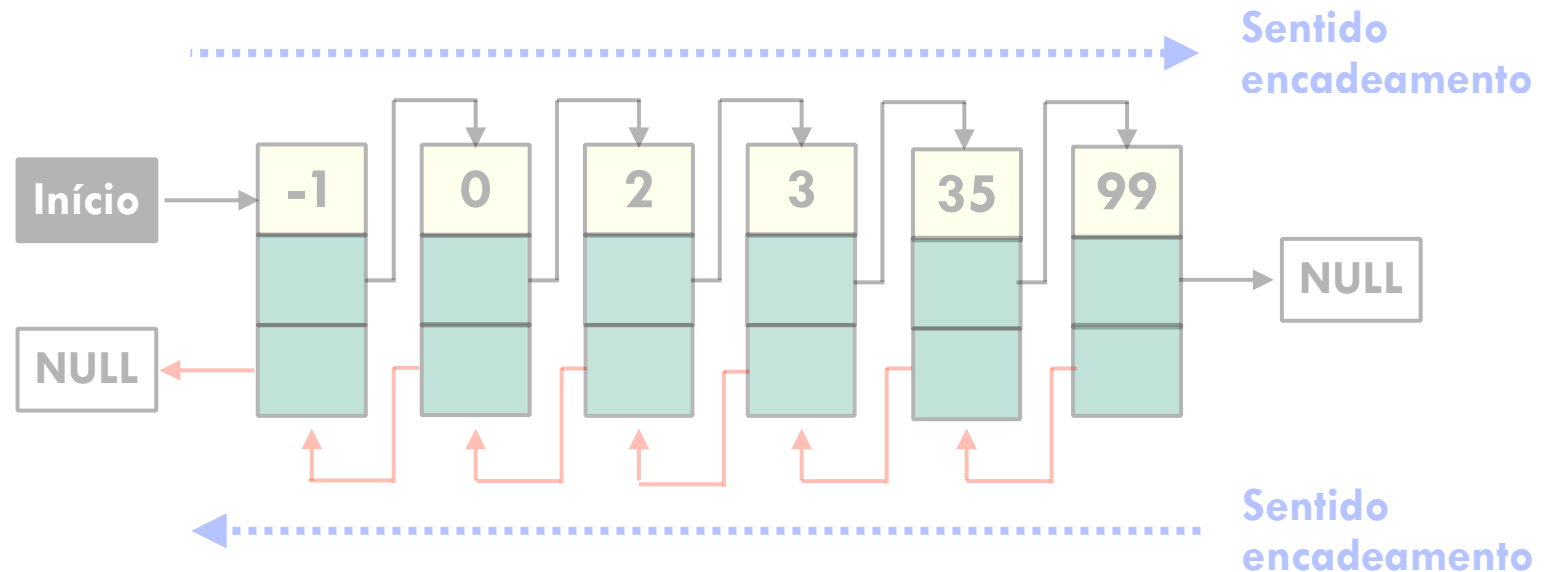
Prox

***NoLista** (proximo)

Ant

***NoLista** (anterior)

Tipos de lista



Dois tipos necessários: nó de lista (**NoLista**) e a lista (**Lista**) propriamente dita. Mas, ... NoLista agora contém **dois ponteiros**: um para o próximo elemento (**Prox**), e outro para o elemento anterior (**Ant**)

tipo **NoLista**



Tipos de lista

- Diferentes implementações de lista dinâmica:

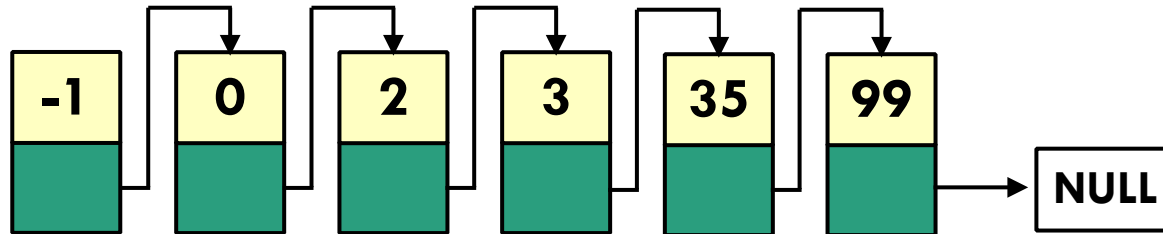
A Single-linkage: singularmente encadeada

B Double-linkage: duplamente encadeada

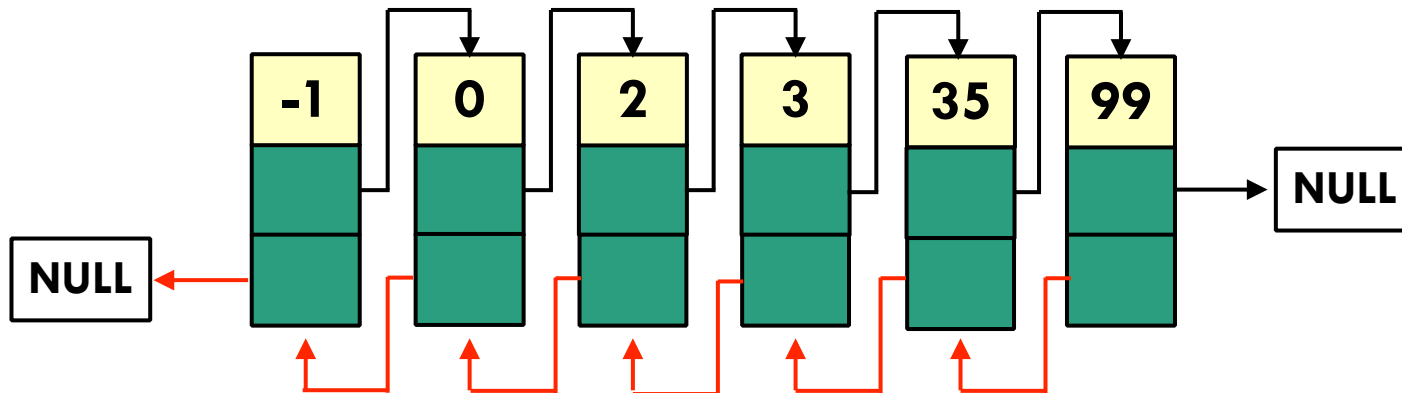
C Circulares: nó sentinela

Tipos de lista

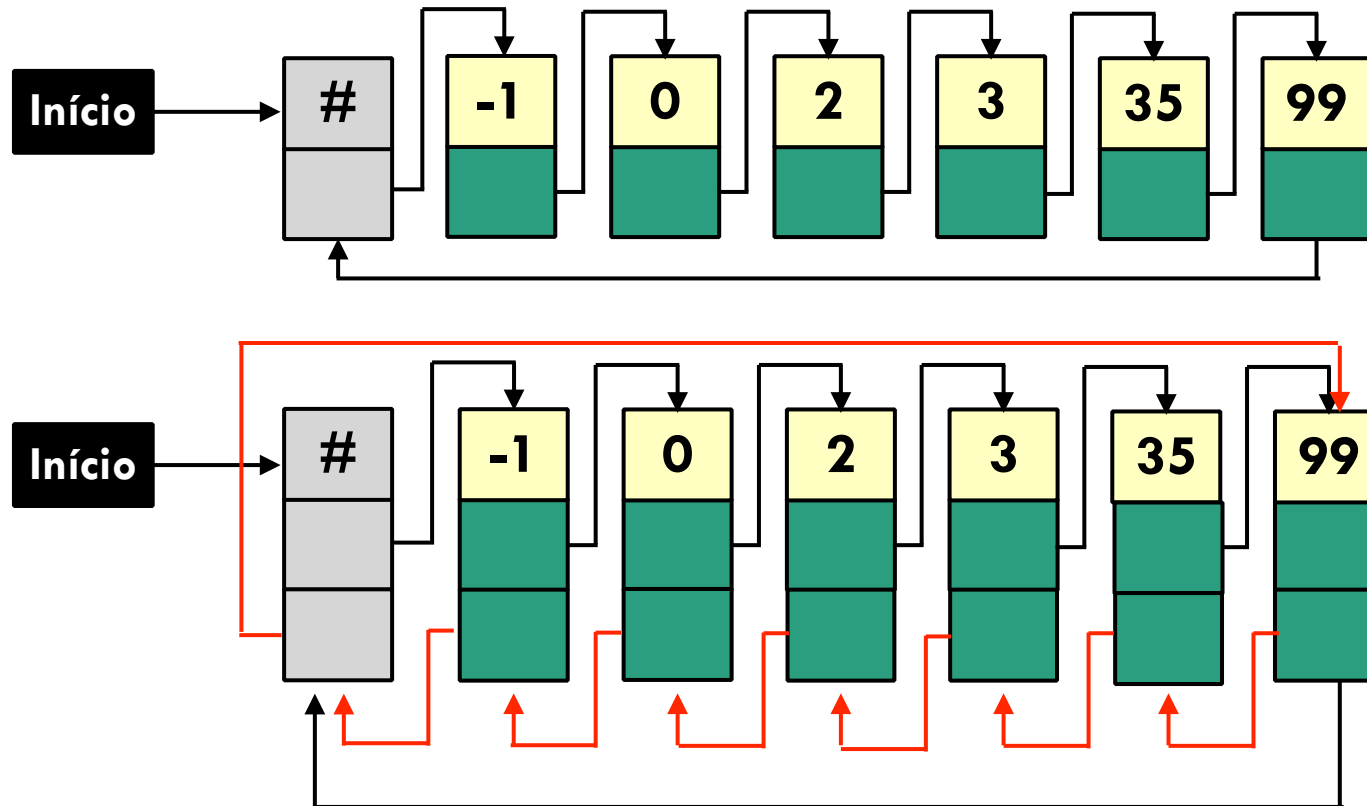
Início



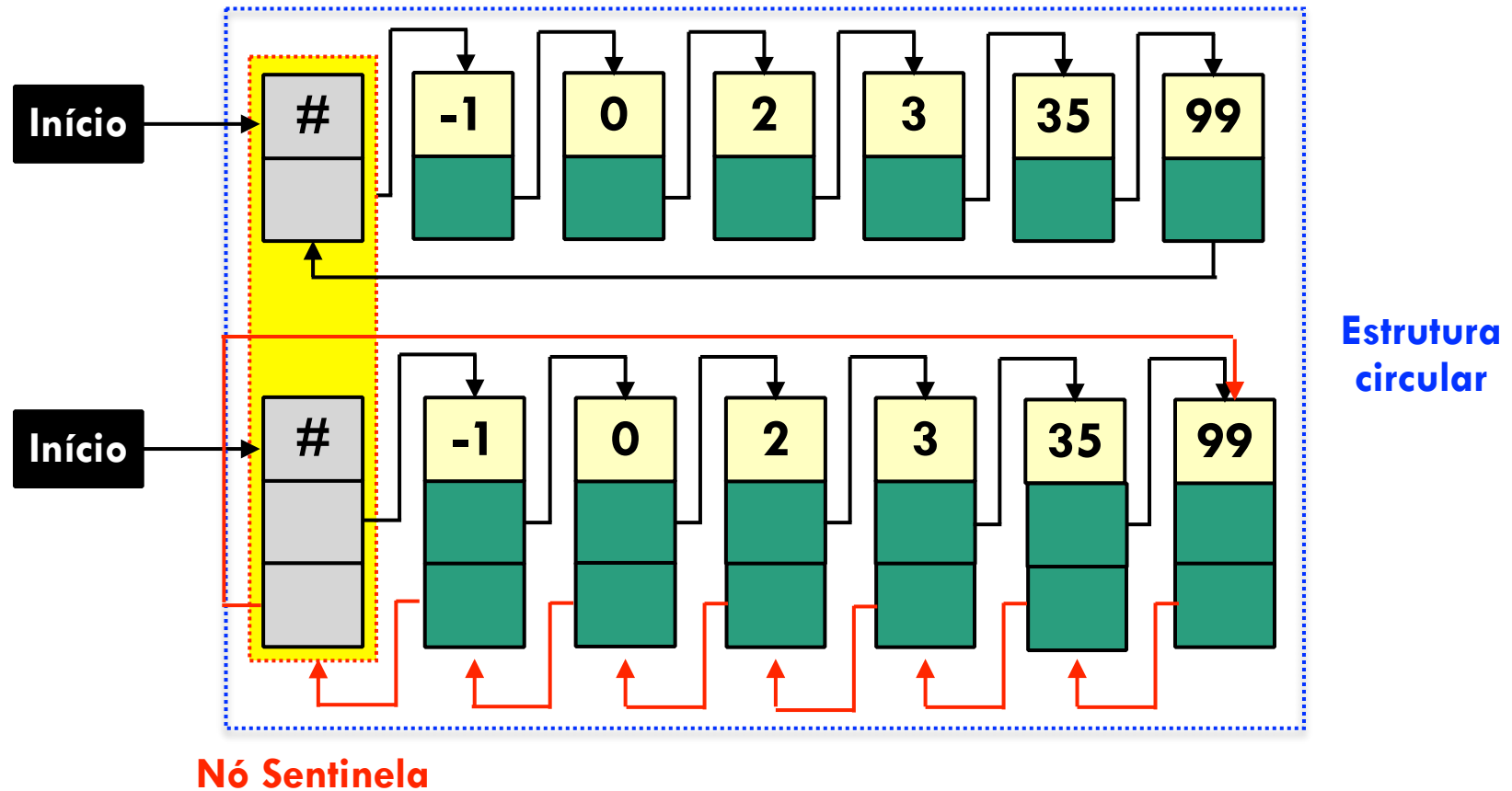
Início



Tipos de lista



Tipos de lista



Roteiro

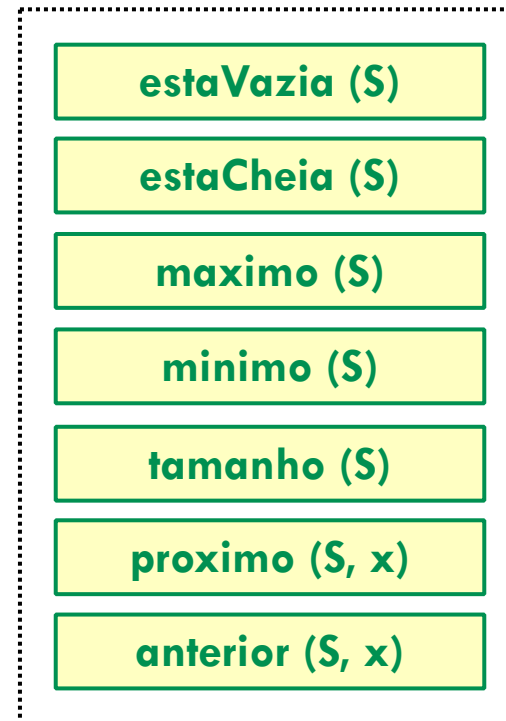
- 1 Listas Ordenadas
- 2 Operações gerais
- 3 Inserção de elementos
- 4 Pesquisa de elementos
- 5 Remoção de elementos
- 6 Referências

Operações em Listas Dinâmicas

Dada uma estrutura **S**, chave **k**, elemento **x**:



**Operações de
modificação**



**Operações adicionais
de consulta**

Operações em Listas Dinâmicas

Dada uma estrutura **S**, chave **k**, elemento **x**:



**Operações de
modificação**



**Operações adicionais
de consulta**

Inicialização

- Single-linkage

tipo **Lista**

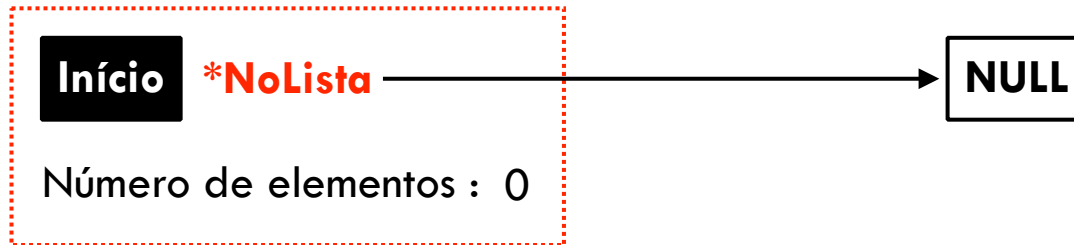
Início ***NoLista**

Número de elementos :

Inicialização

- Single-linkage

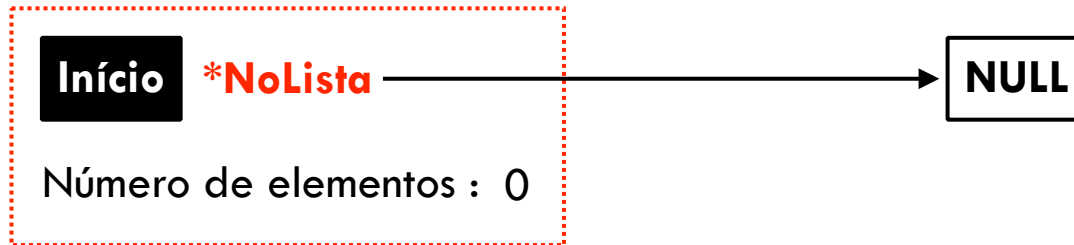
tipo **Lista**



Inicialização

- Single-linkage

tipo **Lista**



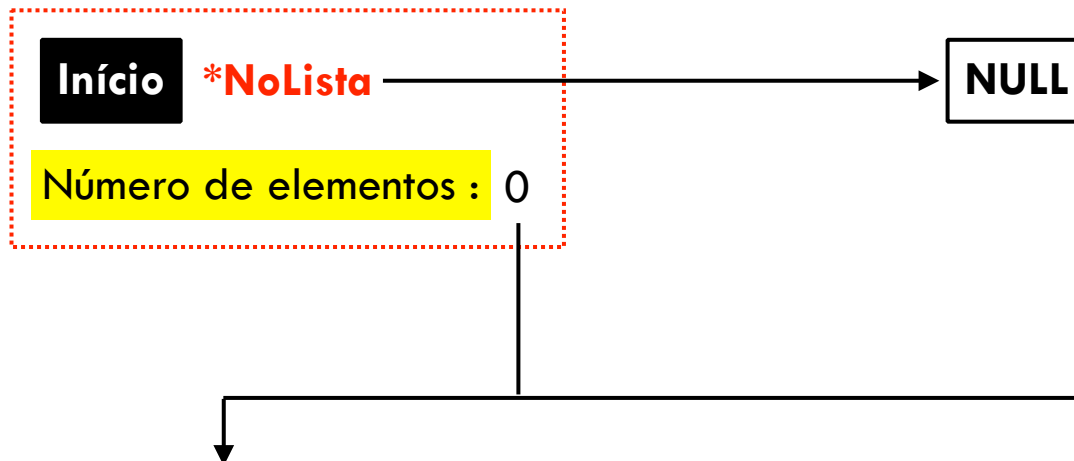
IniciaLista (L)

1. L.inicio = NULL;
2. L.tamanho = 0;

Tamanho da Lista

- Single-linkage

tipo **Lista**



tamanhoLista (L)
1. `return (L.tamanho);`

estaVazia (L)
1. `return (L.tamanho == 0);`
// return(L.Inicio == NULL)

Exercício 01

- Mãos a obra: implemente um TDA para Lista com alocação dinâmica, e as funções de manipulação.
- Quais TDAs serão necessários?
- Implemente, em C, as funções para inicializar, verificar tamanho, se está vazia, e imprimir a lista.

Roteiro

- 1 Listas Ordenadas
- 2 Operações gerais
- 3 Inserção de elementos
- 4 Pesquisa de elementos
- 5 Remoção de elementos
- 6 Referências

Inserção (Insert)

Algumas situações:

- A** Primeira inserção
- B** Inserindo elemento menor do que o primeiro
- C** Inserindo elemento no meio ou final da lista

Inserção (Insert)

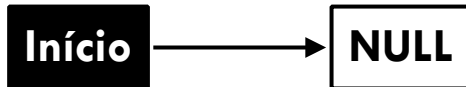
Algumas situações:

- A** Primeira inserção
- B** Inserindo elemento menor do que o primeiro
- C** Inserindo elemento no meio ou final da lista

Inserção (Insert)

a) primeira inserção (elemento $x = 5$)

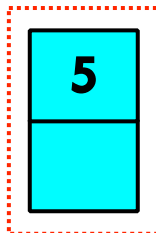
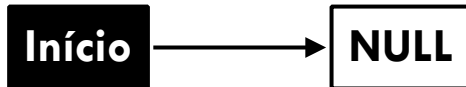
Número de elementos : 0



Inserção (Insert)

a) primeira inserção (elemento $x = 5$)

Número de elementos : 0

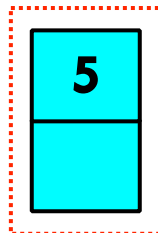
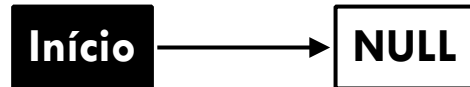


**NoLista
(Novo)**

Inserção (Insert)

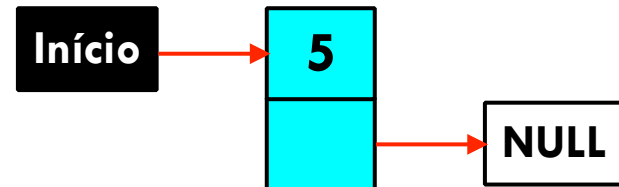
a) primeira inserção (elemento $x = 5$)

Número de elementos : 0



**NoLista
(Novo)**

Número de elementos : 1



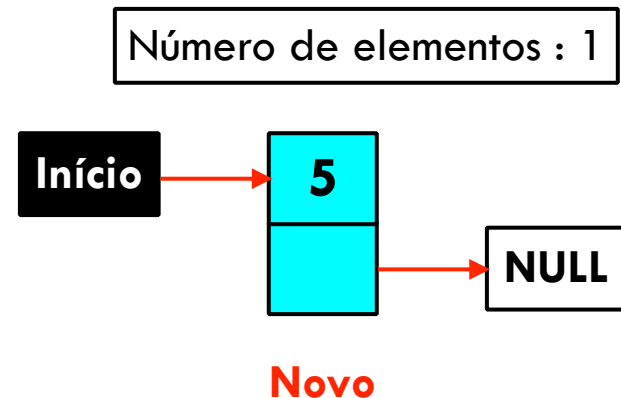
Novo

Inserção (Insert)

a) primeira inserção (elemento $x = 5$)

1. Criar ponteiro **Novo** e alocar memória para o nó
2. **Novo** aponta para **Início**
3. **Início** aponta para **Novo**
4. Contador é incrementado

NoLista
(Novo)



Inserção (Insert)

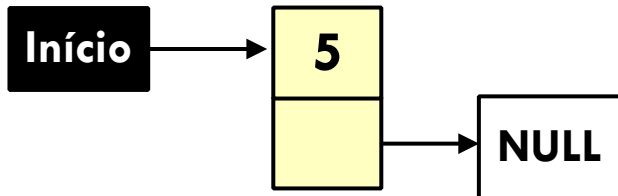
Algumas situações:

- A** Primeira inserção
- B** Inserindo elemento menor do que o primeiro
- C** Inserindo elemento no meio ou final da lista

Inserção (Insert)

b) elemento menor que o primeiro (elemento = 0)

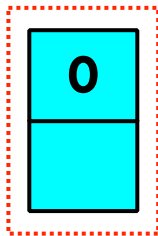
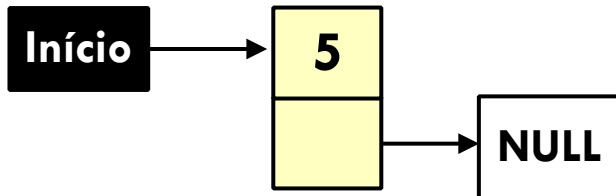
Número de elementos : 1



Inserção (Insert)

b) elemento menor que o primeiro (elemento = 0)

Número de elementos : 1

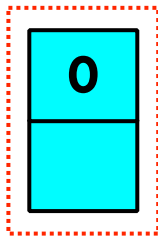
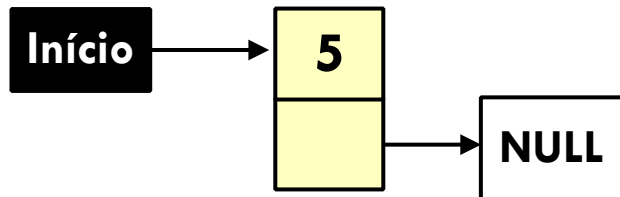


**NoLista
(Novo)**

Inserção (Insert)

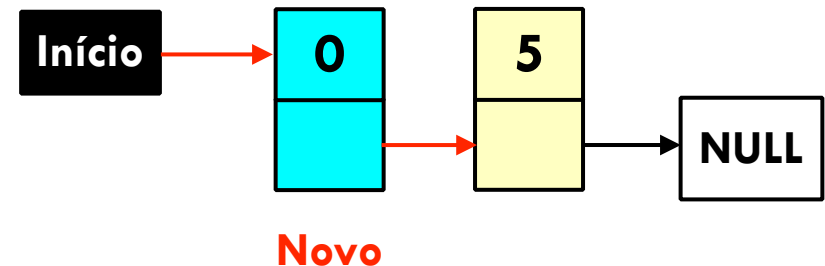
b) elemento menor que o primeiro (elemento = 0)

Número de elementos : 1



**NoLista
(Novo)**

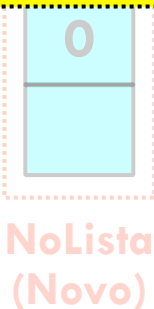
Número de elementos : 2



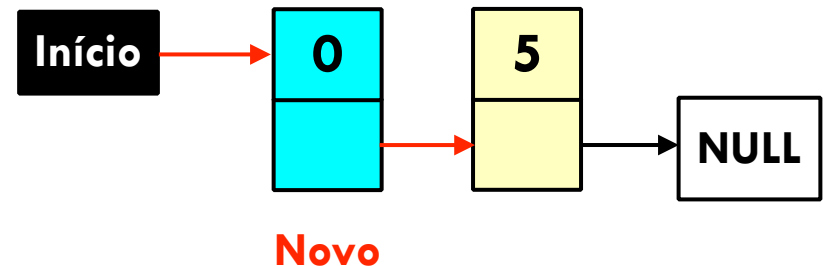
Inserção (Insert)

b) elemento menor que o primeiro (elemento = 0)

1. Criar ponteiro **Novo** e alocar memória para o nó
2. **Novo** aponta para **Início**
3. **Início** aponta para **Novo**
4. Contador é incrementado



Número de elementos : 2

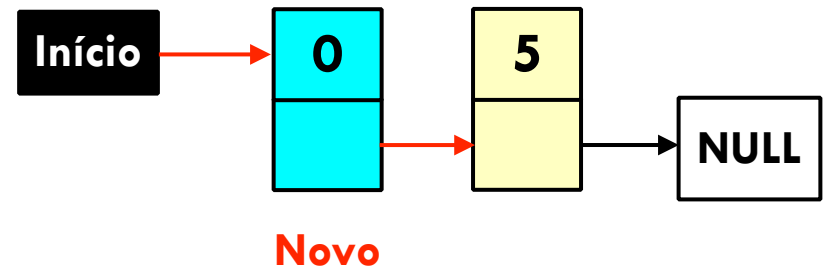


Inserção (Insert)

b) elemento menor que o primeiro (elemento = 0)

1. Criar ponteiro **Novo** e alocar memória para o nó
2. **Novo** aponta para **Início**
3. **Início** aponta para **Novo**
4. Contador é incrementado

Número de elementos : 2



Obs: Mesmo tratamento que fizemos quando realizamos a primeira inserção

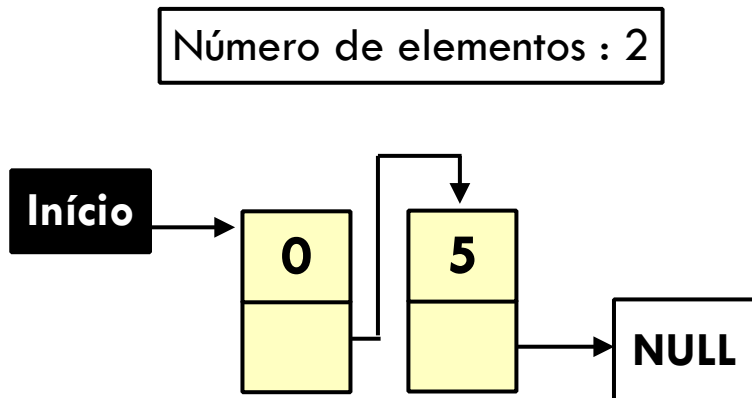
Inserção (Insert)

Algumas situações:

- A** Primeira inserção
- B** Inserindo elemento menor do que o primeiro
- C** Inserindo elemento no meio ou final da lista

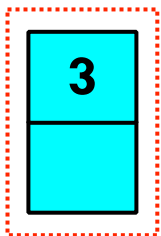
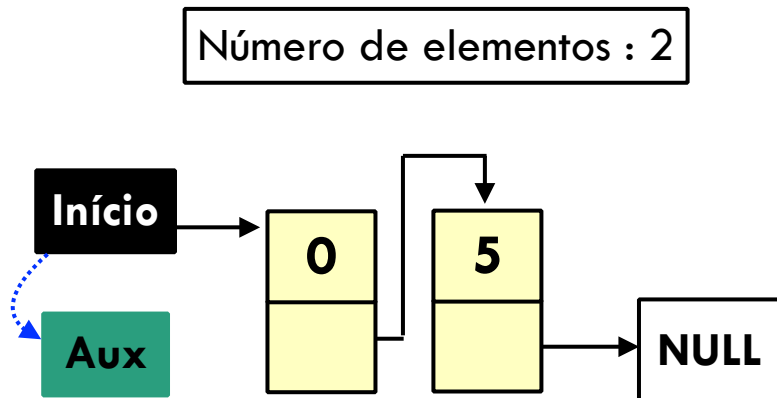
Inserção (Insert)

c) elemento a ser inserido no meio ou final da lista (elemento $x = 3$)



Inserção (Insert)

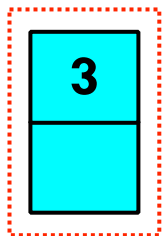
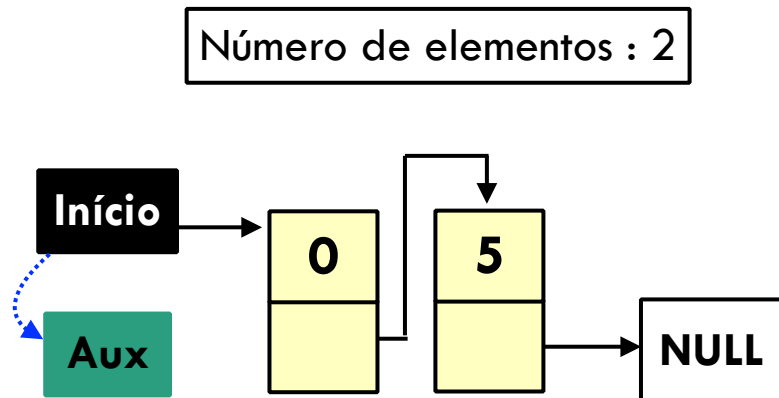
c) elemento a ser inserido no meio ou final da lista (elemento $x = 3$)



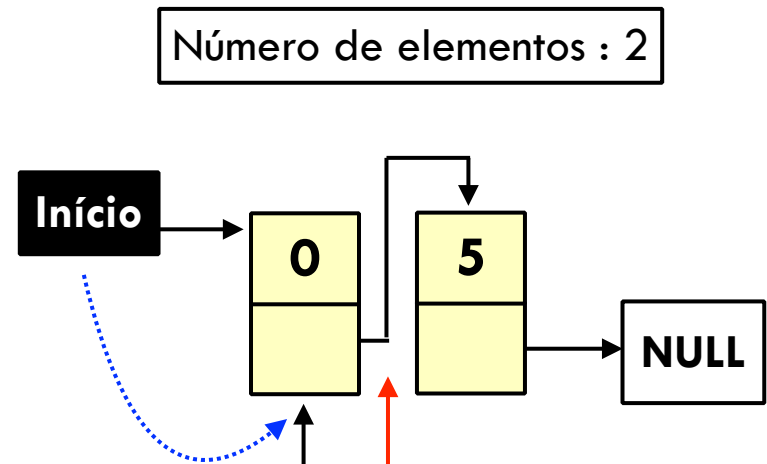
**NoLista
(Novo)**

Inserção (Insert)

c) elemento a ser inserido no meio ou final da lista (elemento $x = 3$)



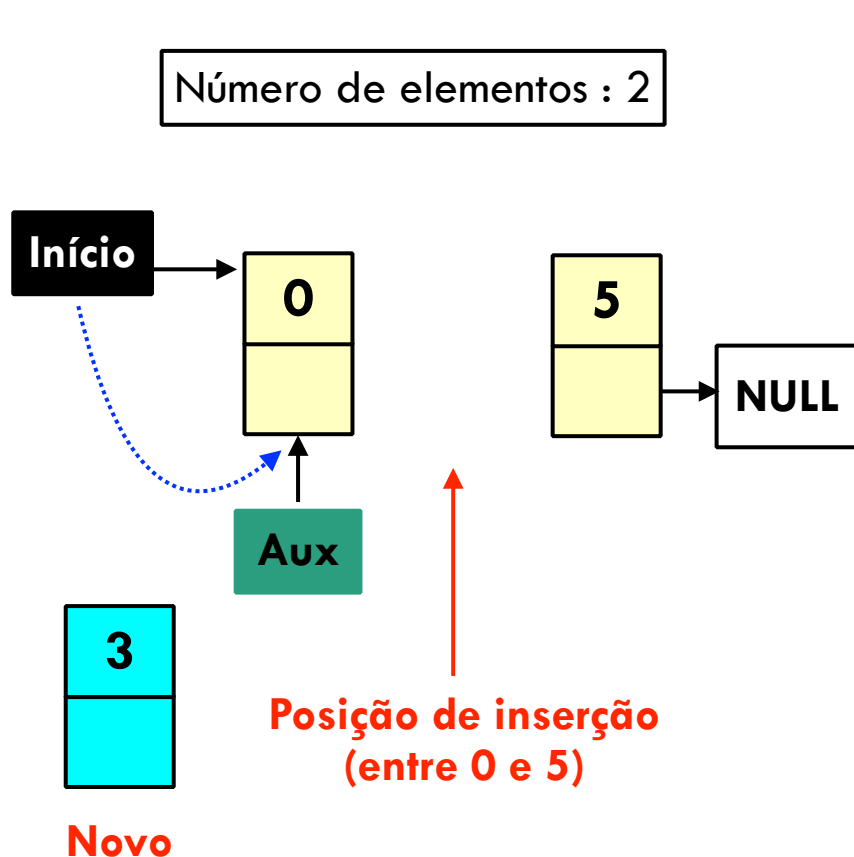
NoLista
(Novo)



Posição de inserção
(entre 0 e 5)

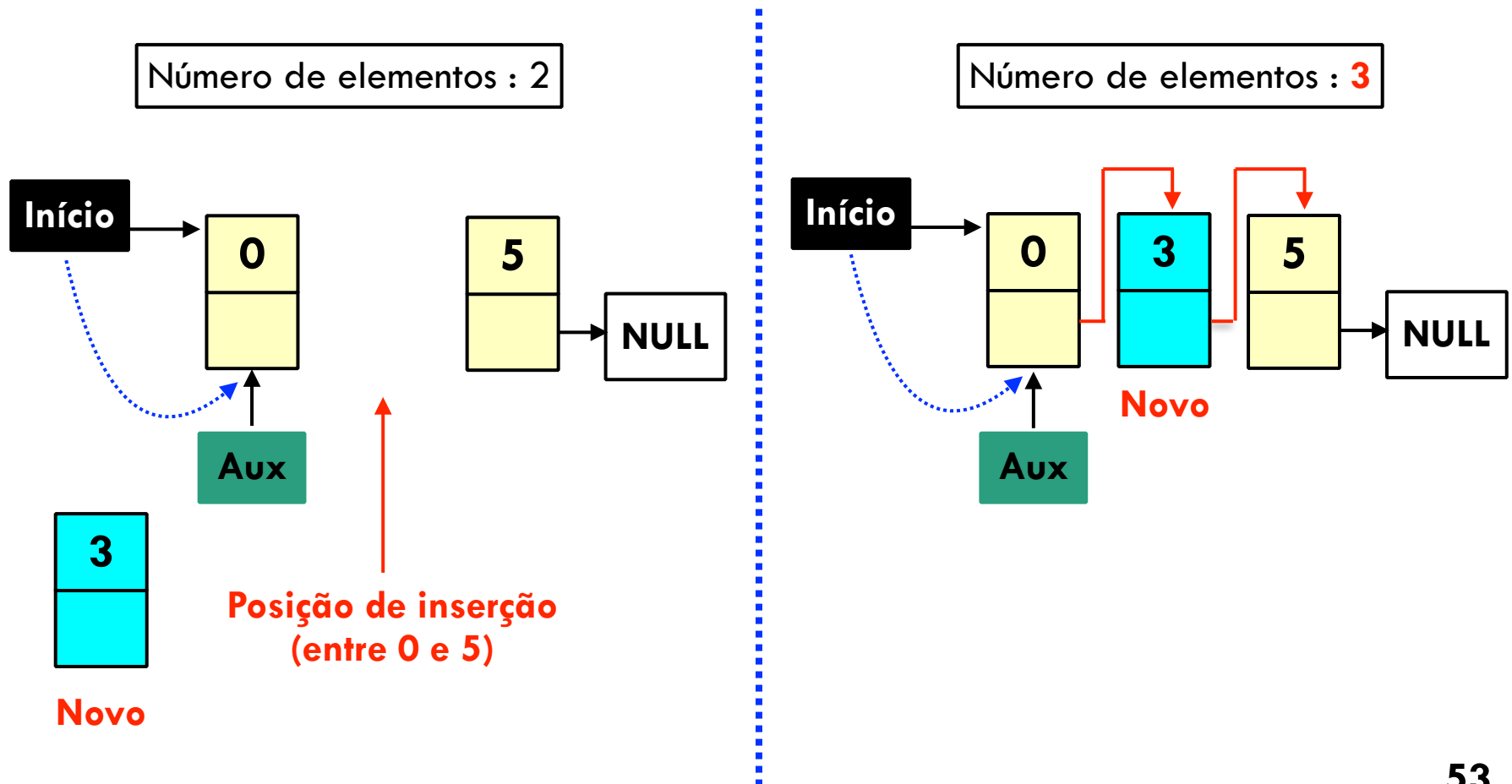
Inserção (Insert)

c) elemento a ser inserido no meio ou final da lista (elemento $x = 3$)



Inserção (Insert)

c) elemento a ser inserido no meio ou final da lista (elemento $x = 3$)



Inserção (Insert)

c) elemento a ser inserido no meio ou final da lista (elemento $x = 3$)

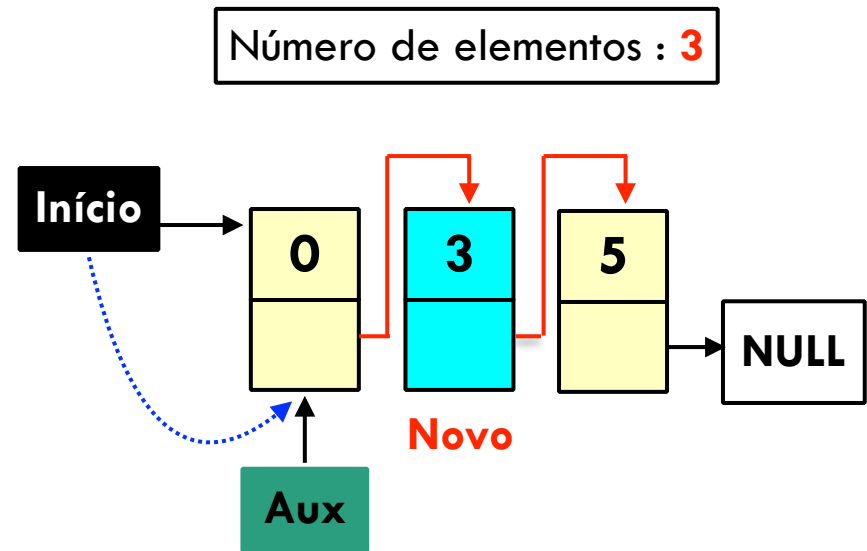
1. Percorrer a lista, usando **Aux**
(Ponteiro)

Enquanto (**Aux** \rightarrow proximo \neq
NULL && $x > \mathbf{Aux} \rightarrow \text{proximo.chave}$)
Aux = **Aux** \rightarrow Proximo

2. Próximo do **Novo** recebe Próximo
de **Aux**

3. Próximo de **Aux** recebe **Novo**

4. Contador é incrementado



Novo

(entre 0 e 5)

Inserção (Insert)

Insert (L, x)

1. Criar novo nó **Novo** *//malloc*
2. **Novo**.chave = x
3. **Se** for a primeira inserção ou $x < \text{Inicio.chave}$:
4. **Novo**->proximo = L->primeiro
5. L->primeiro = **Novo**
6. **Senão**:
7. Criar ponteiro **Aux** = L->primeiro
8. *// percorrendo a lista ordenada*
9. **Enquanto** (**Aux**->proximo != NULL & $x > \text{Aux->proximo.chave}$)
10. **Aux** = **Aux**->proximo
11. **Novo**->proximo = **Aux**->proximo
12. **Aux**->proximo = **Novo**
13. incrementa contador de elementos

Inserção (Insert)

Insert (L, x)

1. Criar novo **nó Novo** *//malloc*
2. **Novo**.chave = x
3. **Se** for a primeira inserção ou $x < \text{Inicio.chave}$:
4. **Novo**->proximo = L->primeiro
5. L->primeiro = **Novo**
6. **Senão**:
7. Criar ponteiro **Aux** = L->primeiro
8. *// percorrendo a lista ordenada*
9. **Enquanto** (**Aux**->proximo != NULL & $x > \text{Aux->proximo.chave}$)
10. **Aux** = **Aux**->proximo
11. **Novo**->proximo = **Aux**->proximo
12. **Aux**->proximo = **Novo**
13. incrementa contador de elementos

Obs: precisaremos de **dois ponteiros** do tipo NoLista

- um para o novo elemento (**Novo**)
- um para percorrer a lista (**Aux**)

Exercício 02

- Implementar a função de inserção de uma lista ordenada

Roteiro

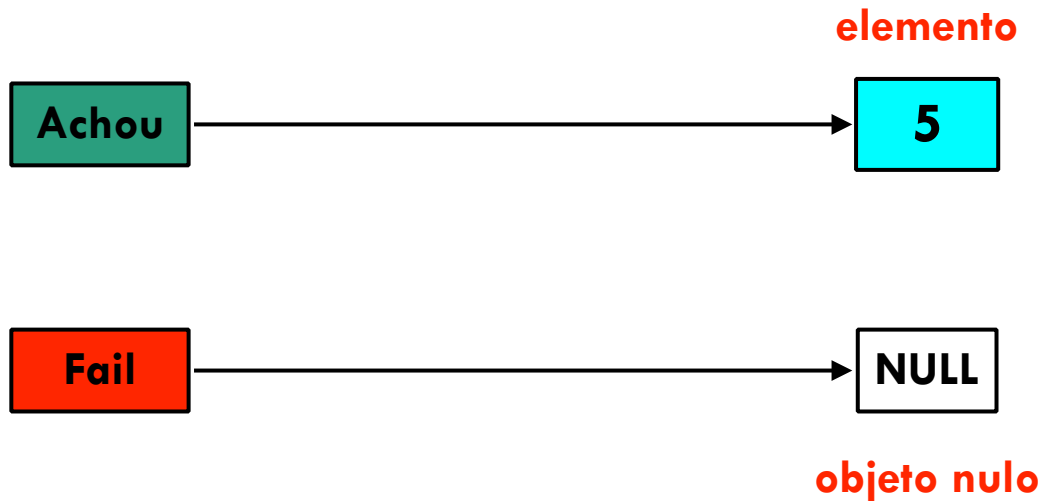
- 1 Listas Ordenadas
- 2 Operações gerais
- 3 Inserção de elementos
- 4 Pesquisa de elementos
- 5 Remoção de elementos
- 6 Referências

Pesquisa (Search)

- Procura a primeira ocorrência de um elemento
 - se achar: ?
 - se não achar?

Pesquisa (Search)

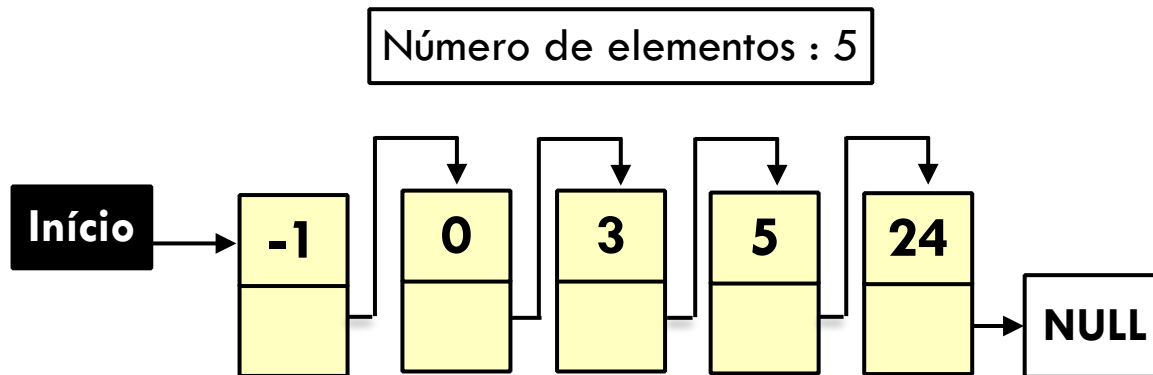
- Procura a primeira ocorrência de um elemento
 - se achar: ?
 - se não achar?



Pesquisa (Search)

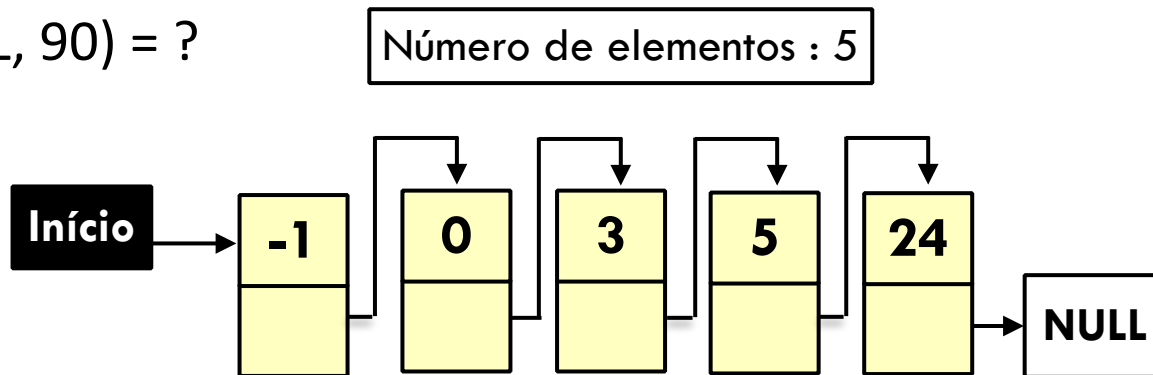
- Pergunta: como implementar se eu quiser fazer a função search do tipo **bool**?

Pesquisa (Search)



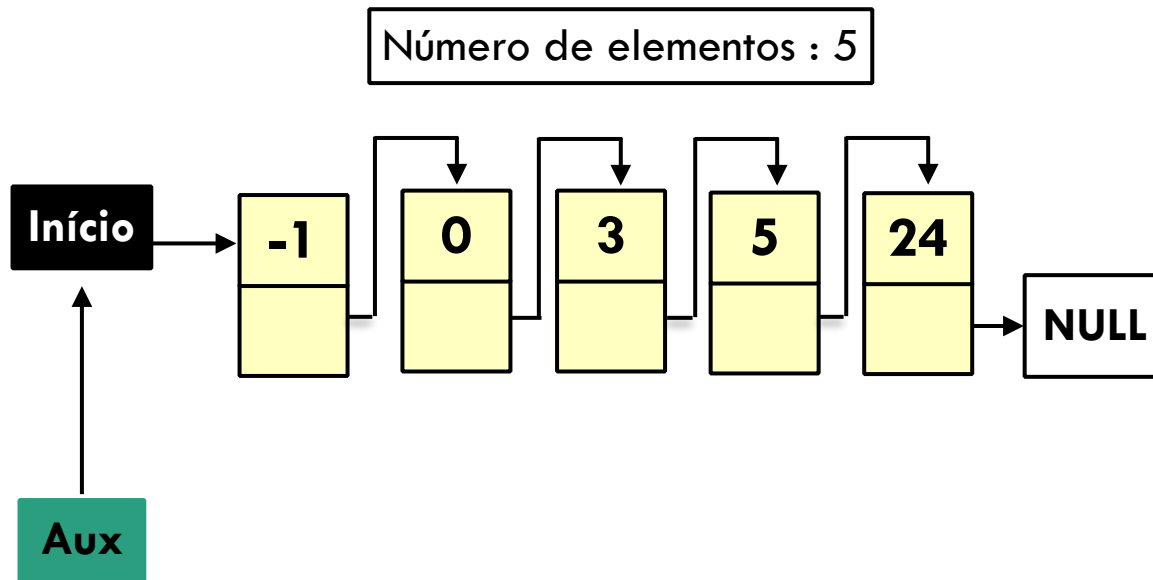
Pesquisa (Search)

- Search(L, 5) = ?
- Search(L, 4) = ?
- Search(L, -2) = ?
- Search(L, 90) = ?



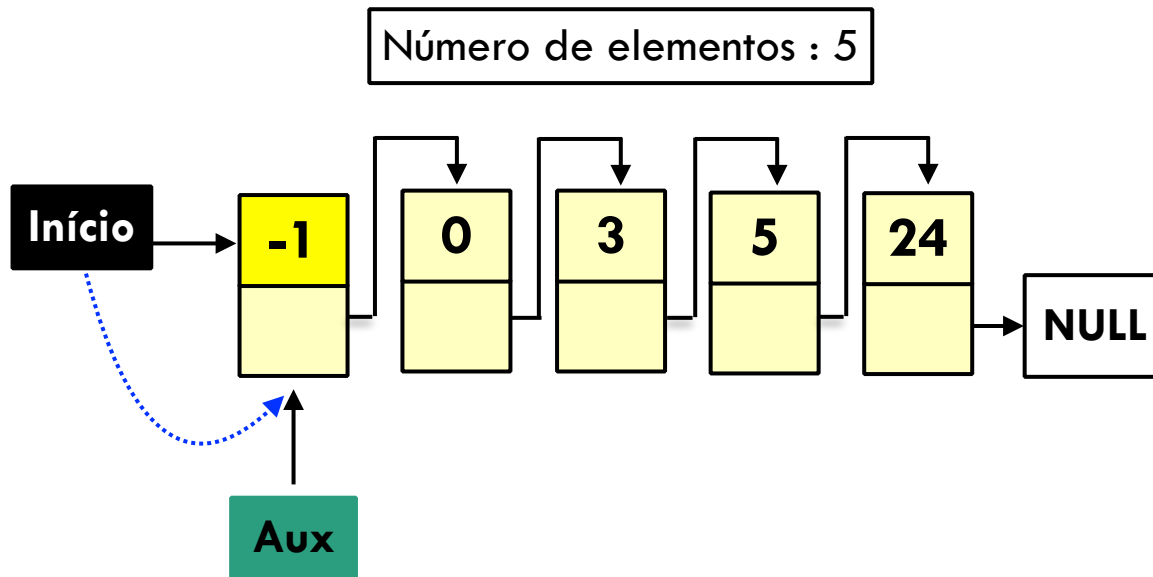
Pesquisa (Search)

□ Search(L, 5) = ?



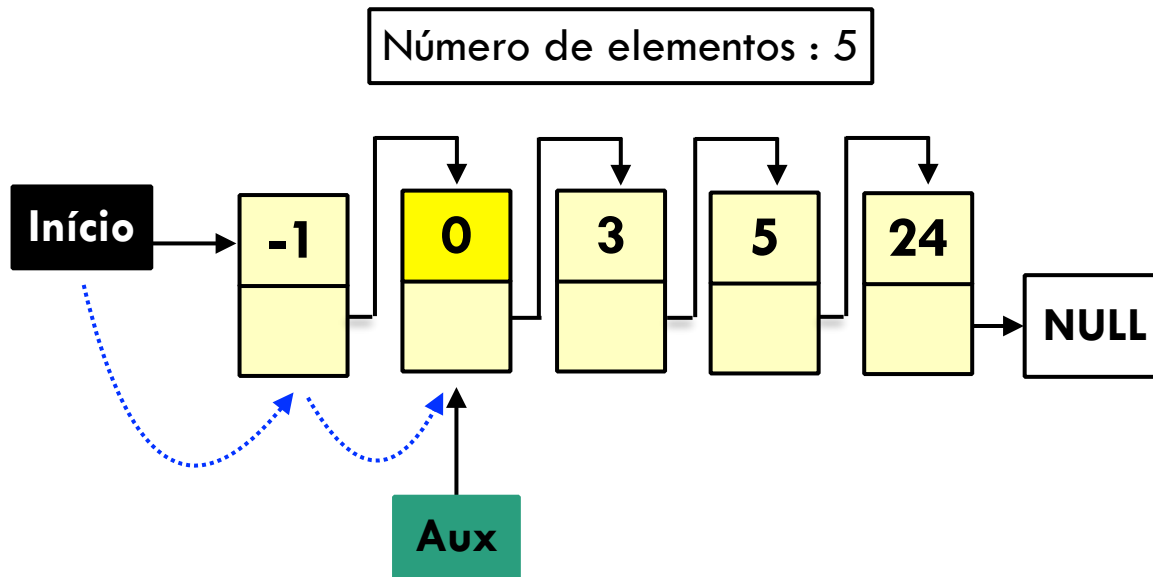
Pesquisa (Search)

□ Search(L, 5) = ?



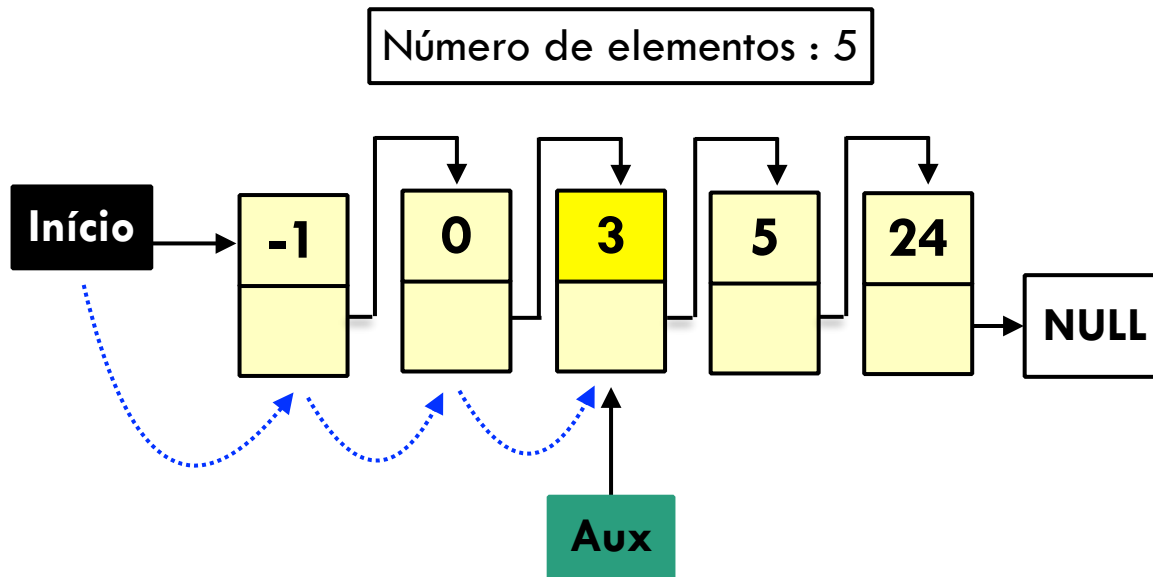
Pesquisa (Search)

□ Search(L, 5) = ?



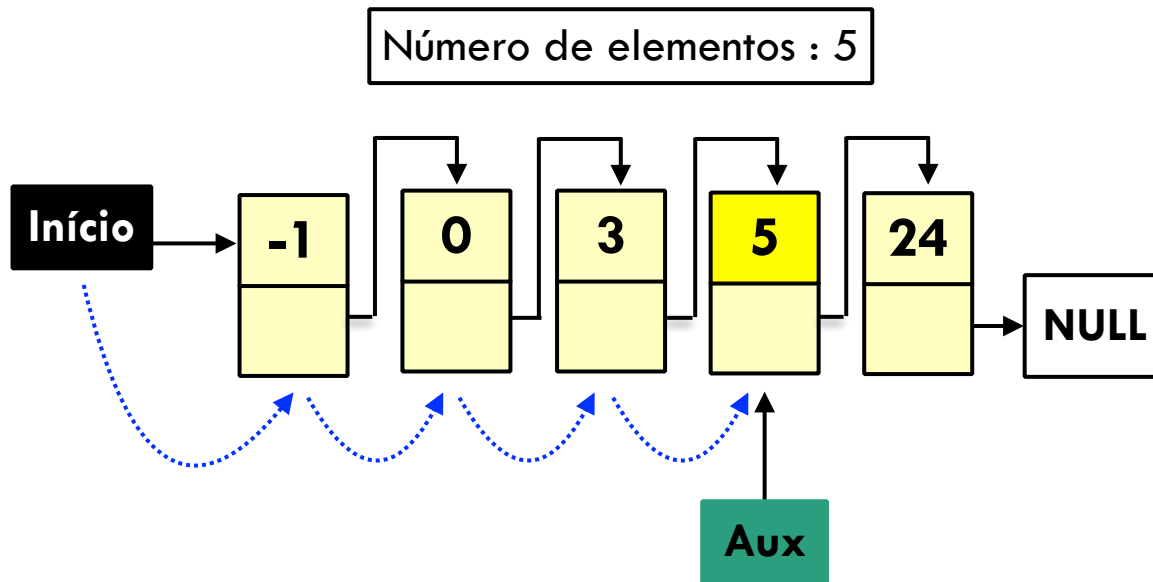
Pesquisa (Search)

□ Search(L, 5) = ?



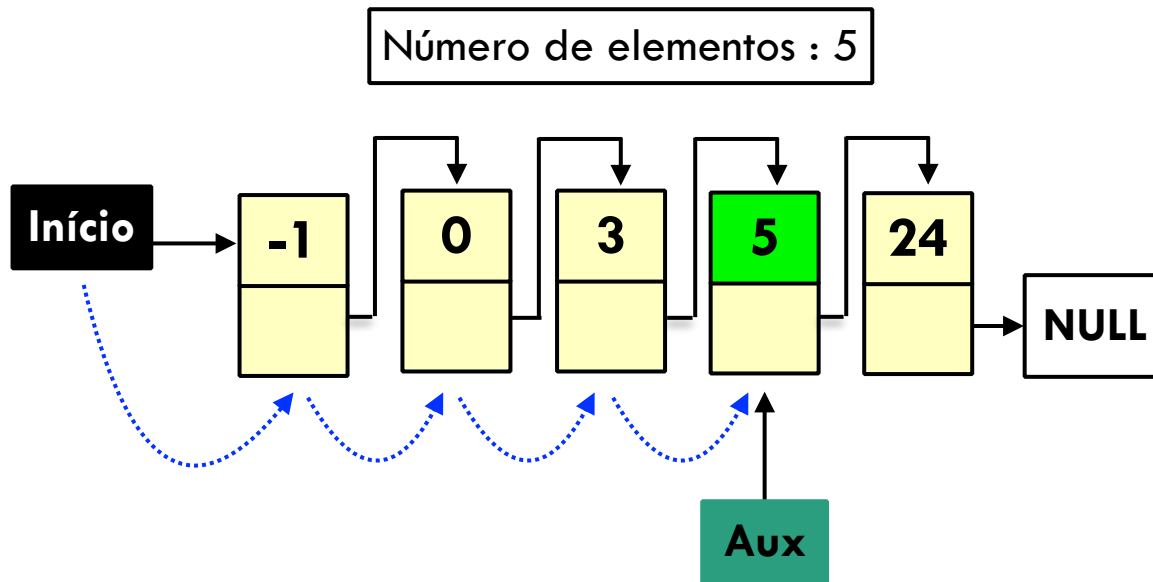
Pesquisa (Search)

□ Search(L, 5) = ?



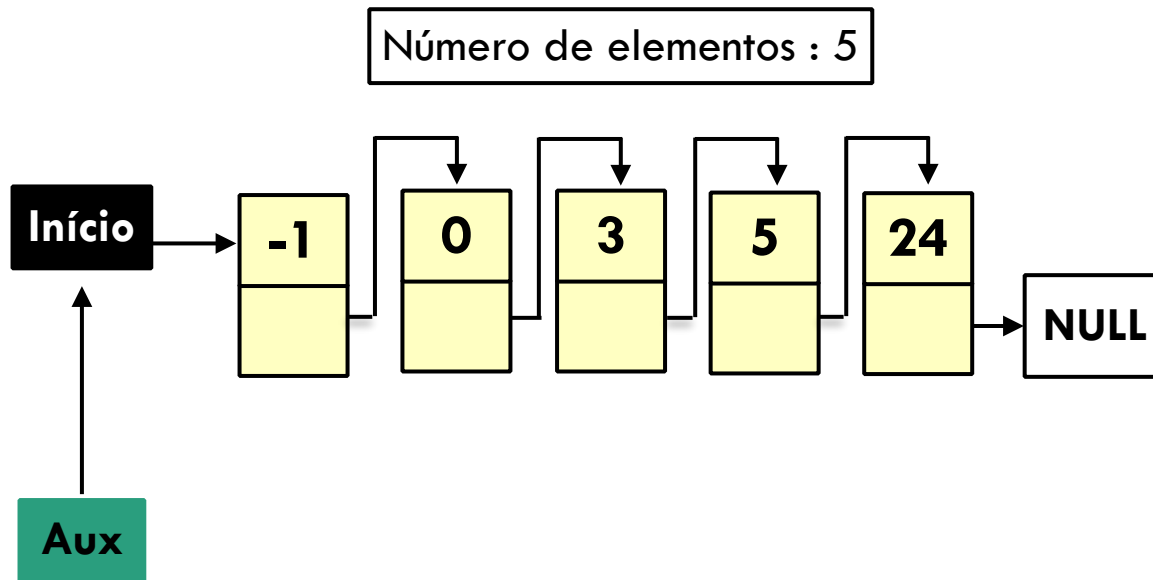
Pesquisa (Search)

- Search(L, 5) = **Sucesso** :)



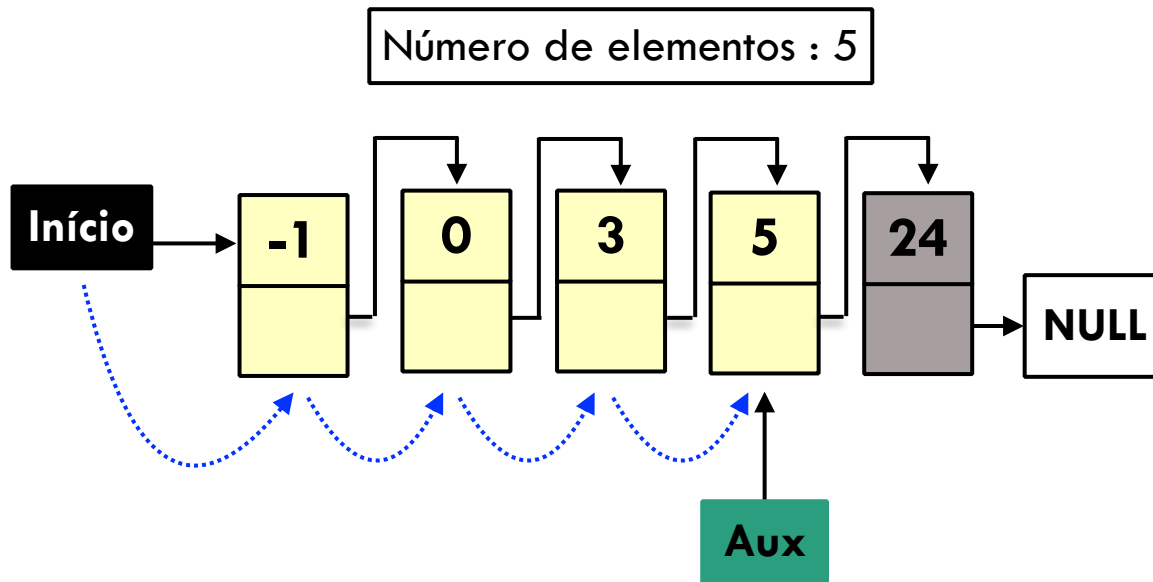
Pesquisa (Search)

□ Search(L, 4) = ?



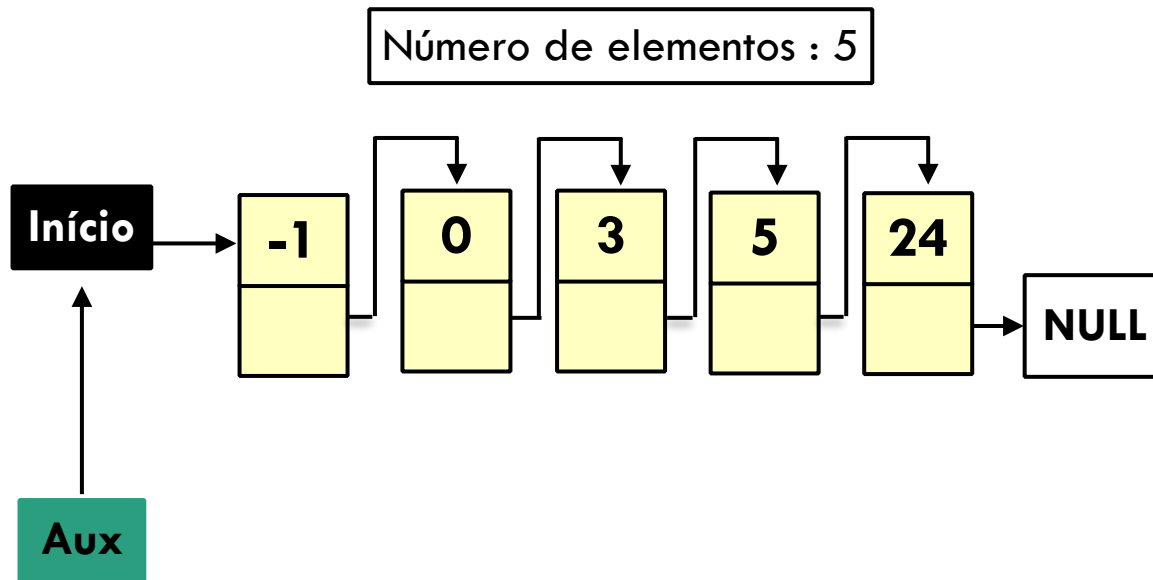
Pesquisa (Search)

- Search(L, 4) = **Fail !**



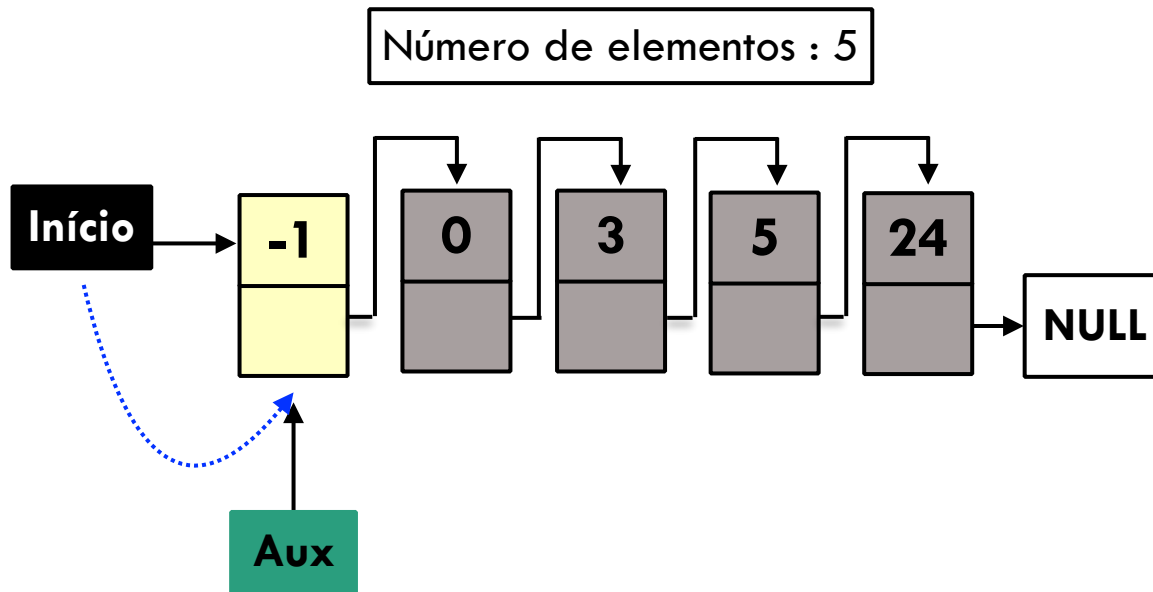
Pesquisa (Search)

- Search(L,-2) = ?



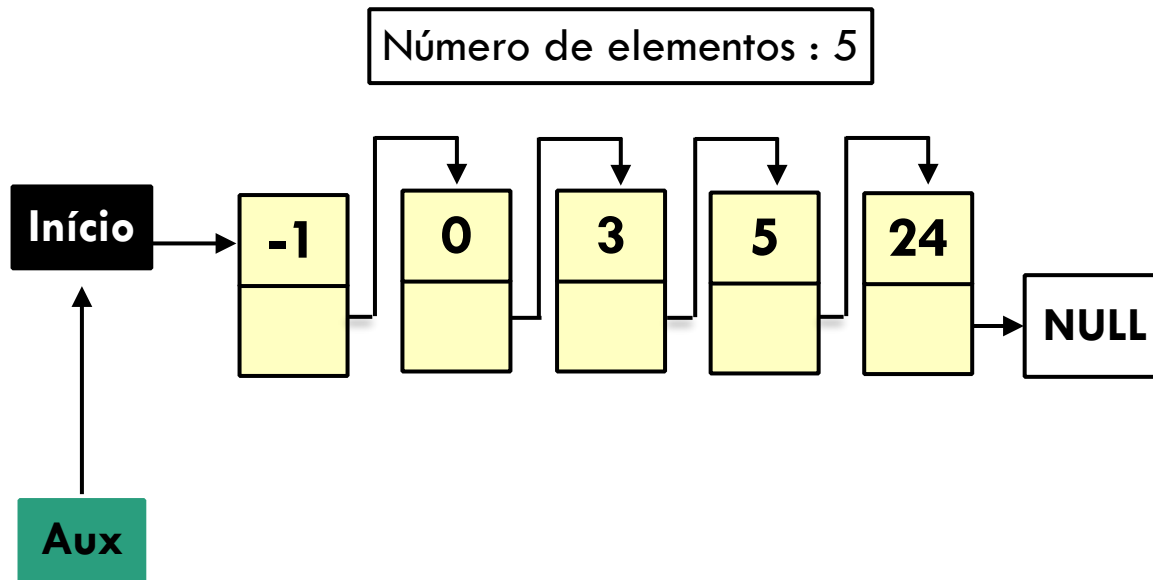
Pesquisa (Search)

- Search(L,-2) = **Fail !**



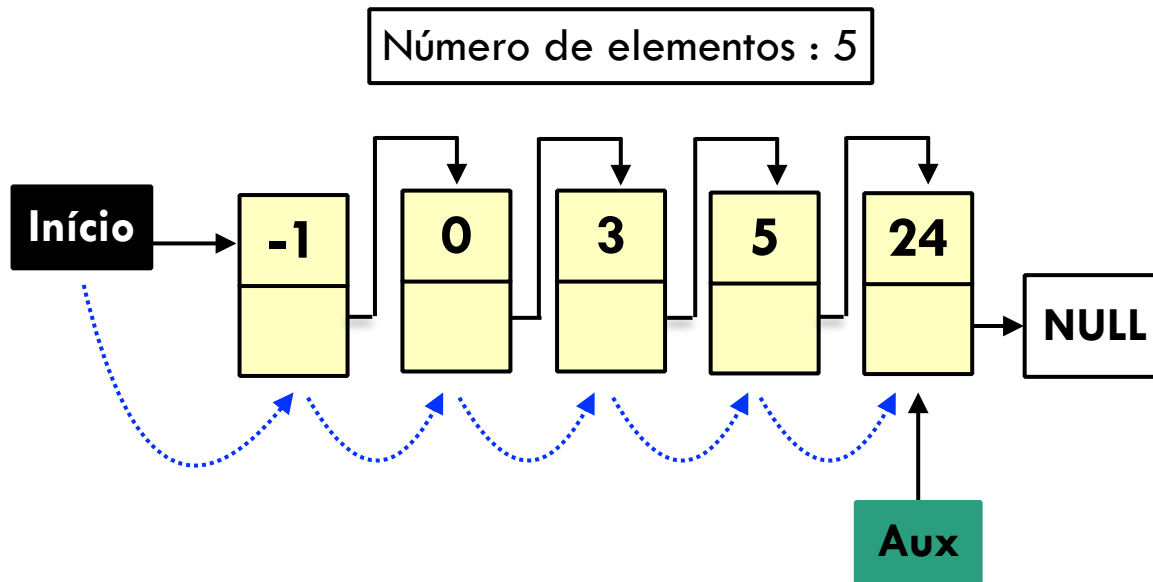
Pesquisa (Search)

□ Search(L, 90) = ?



Pesquisa (Search)

- Search(L, 90) = **Fail !**



Pesquisa (Search)



- Podemos fazer de várias formas

Pesquisa (Search)

- Podemos fazer de várias formas

Pesquisa(L, x)

1. criar ponteiro Aux
2. Repetir (Aux = L->primeiro; Aux != NULL; Aux = Aux->proximo)
3. se Aux->x == x
4. return **True**;
5. return **False**;

Pesquisa (Search)

- Podemos fazer de várias formas

Pesquisa(L, x)

1. criar ponteiro Aux
2. Repetir (Aux = L->primeiro; Aux != NULL; Aux = Aux->proximo)
3. se Aux->x == x
4. return **True**;
5. return **False**;

Boa implementação?

Pesquisa (Search)

- Podemos fazer de várias formas

Pesquisa(L, x)

1. criar ponteiro Aux
2. Repetir (Aux = L->primeiro; Aux != NULL; Aux = Aux->proximo)
3. se Aux->x == x
4. return **True**;
5. return **False**;

Boa implementação?

Não, pois percorre todos os elementos no pior caso.

Pesquisa (Search)

- Podemos fazer de várias formas

PesquisaMelhorada (L, x)

1. Se a Lista esta vazia
2. return **False**;
3. criar ponteiro **Aux** = L->primeiro
4. Enquanto (**Aux** != NULL && x > **Aux**->x)
5. **Aux** = **Aux**->next
6. Se **Aux** == NULL || **Aux**->x > x // *não existe elemento*
7. return **False**;
8. return **True**;

Melhor! Evita comparações desnecessárias.

Exercício 03

- Implementar a função de pesquisa de uma lista ordenada

Roteiro

- 1 Listas Ordenadas
- 2 Operações gerais
- 3 Inserção de elementos
- 4 Pesquisa de elementos
- 5 Remoção de elementos
- 6 Referências

Remover (remove)



- 4 casos diferentes para se checar

Remover (remove)

- 4 casos diferentes para se checar

A Lista vazia

Remover (remove)

- 4 casos diferentes para se checar

A Lista vazia

B Elemento a ser removido é menor que o primeiro da lista

Remover (remove)

- 4 casos diferentes para se checar

A Lista vazia

B Elemento a ser removido é menor que o primeiro da lista

C Elemento a ser removido é o primeiro

Remover (remove)

- 4 casos diferentes para se checar

- A** Lista vazia
- B** Elemento a ser removido é menor que o primeiro da lista
- C** Elemento a ser removido é o primeiro
- D** Elemento a ser removido não é o primeiro (percorrer a lista)

Remove (remove)

- 4 casos diferentes para se checar
 - A** Lista vazia
 - B** Elemento a ser removido é menor que o primeiro da lista
 - C** Elemento a ser removido é o primeiro
 - D** Elemento a ser removido não é o primeiro (percorrer a lista)
 - D1** elemento não está na lista depois de percorrer

Remove (remove)

- 4 casos diferentes para se checar
 - A** Lista vazia
 - B** Elemento a ser removido é menor que o primeiro da lista
 - C** Elemento a ser removido é o primeiro
 - D** Elemento a ser removido não é o primeiro (percorrer a lista)
 - D1** elemento não está na lista depois de percorrer
 - D2** elemento está na lista depois de percorrer

Remoção (Remove)

Remove (L, x)

//casos 1 e 2

1. **Se** a lista está vazia OU **x** é menor do que o primeiro elemento:
2. **retorna False**; // NULL
3. **Se** $x ==$ primeiro elemento: *//caso 3*
4. remove o primeiro *// funciona como um dequeue*
5. decrementa o contador
6. **retorna** elemento;
7. *// casos 4 e 5*
8. Percorrer a lista:
9. **Se** achar o elemento:
10. remove o elemento;
11. decrementa o contador
12. **retorna** elemento;
13. **Senão**, chegou até o último elemento e ele o valor não existe
14. **retorna False**; //NULL

Exercício 04



- Implementar a função de remoção de uma lista ordenada

Complexidade das operações

- Custo (O)
 - pesquisa/busca =
 - inserção (ordenada) =
 - remoção do ultimo =
 - remoção do primeiro =
 - remoção de k =

Complexidade das operações

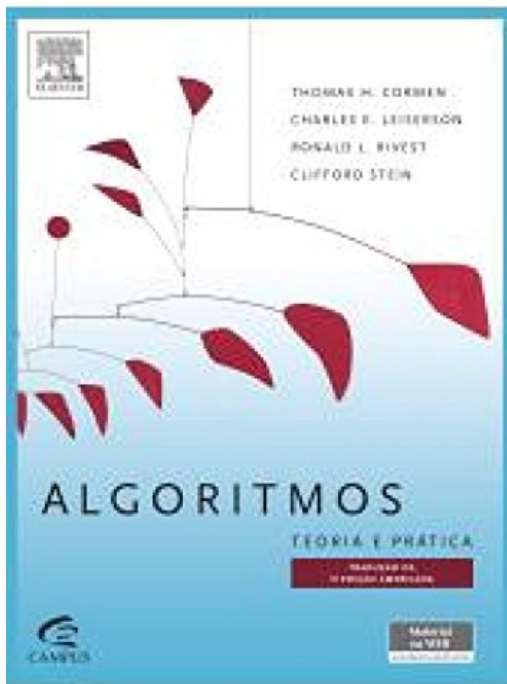
□ Custo (O)

- pesquisa/busca = $O(n)$ // percorrer lista
- inserção (ordenada) = $O(n)$ // percorrer lista
- remoção do ultimo = $O(n)$ // percorrer lista
- remoção do primeiro = $O(1)$ // como na fila
- remoção de k = $O(n)$ // percorrer lista

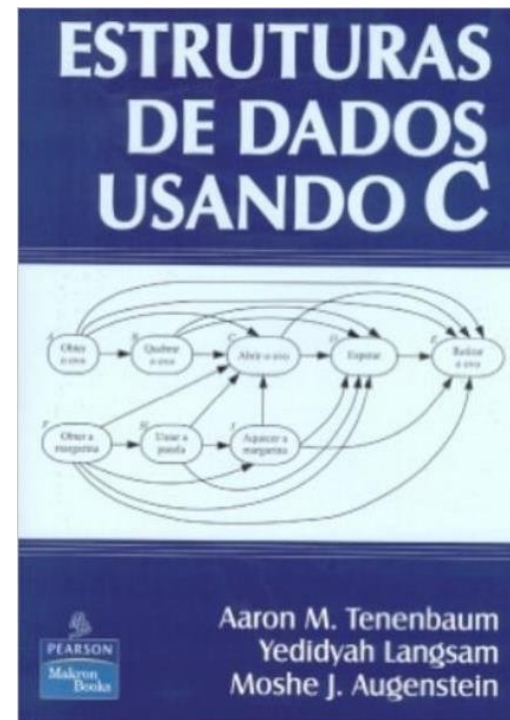
Roteiro

- 1 Introdução
- 2 Filas
- 3 Operações gerais
- 4 Inserção de elementos
- 5 Remoção de elementos
- 6 Referências

Referências sugeridas

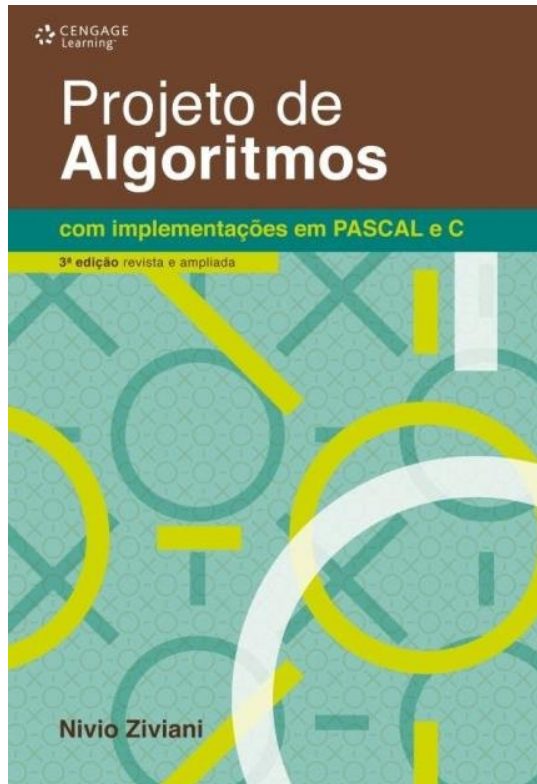


[Cormen et al, 2018]



[Tenenbaum et al, 1995]

Referências sugeridas



[Ziviani, 2010]



[Drozdek, 2017]

Perguntas?

Prof. Rafael G. **Mantovani**

rafaelmantovani@utfpr.edu.br