

LISTAS

PUC MINAS

ALGORITMOS E ESTRUTURAS DE DADOS II

LISTA LINEAR

- Estrutura de dados básica para **interligar itens** de um conjunto.
- Armazena uma **sequência** de zero ou mais itens:
 - $1^{\circ}, 2^{\circ}, 3^{\circ}, \dots, n\text{-ésimo}$;
 - cada item da lista linear é de um determinado tipo;
 - **n** representa o **tamanho da lista linear**.

LISTA LINEAR

- Principal **propriedade estrutural** envolve as **posições relativas dos itens** em uma dimensão.
- Assumindo $n \geq 1$:
 - item que ocupa a **primeira posição** da lista:
 - primeiro item da lista;
 - item que ocupa a **última posição** da lista:
 - último item da lista;
 - item que ocupa a **i -ésima posição** da lista:
 - i -ésimo item da lista linear;
 - i -ésimo item **precede** $(i+1)$ -ésimo item, para $i = 1, 2, 3, \dots, n-1$
 - i -ésimo item **suced**e $(i-1)$ -ésimo item, para $i = 2, 3, \dots, n$

LISTA LINEAR – EXEMPLOS

- Lista de alunos matriculados em uma turma;
- Gerência de memória em um sistema operacional;
- Índice de palavras de um documento.

LISTA LINEAR – PRINCIPAIS OPERAÇÕES

- **Criar uma lista linear vazia;**
- **Inserir um novo item na lista;**
- **Retirar da lista o item que ocupa a i -ésima posição ou que apresenta o valor v ;**

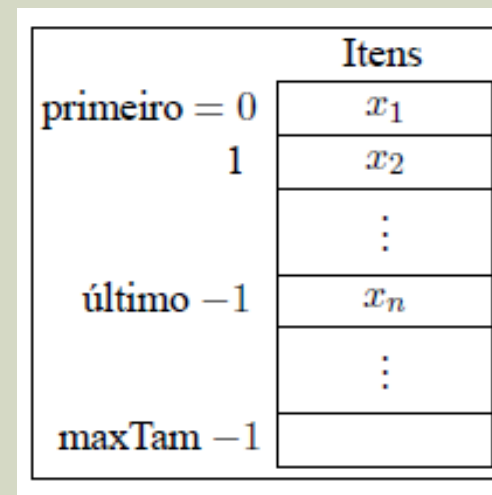
LISTA LINEAR – PRINCIPAIS OPERAÇÕES

- Localizar o i -ésimo item da lista ou o item de valor v ;
- Verificar se a lista está vazia;
- Imprimir o conteúdo de toda a lista.

LISTAS LINEARES E VETORES

- Itens da lista são armazenados em **posições contíguas de memória:**

- cria-se um **vetor com M posições vazias;**
- **variáveis de controle:**
 - **primeiro;**
 - **último.**



- Lista pode ser **percorrida em qualquer direção.**

LISTAS LINEARES E VETORES – OPERAÇÕES

- **Inserir:**
 - no **“final”** da lista;
 - relativamente simples:
 - incrementar **“último”**.
 - em **outras posições** da lista;
 - deslocar itens da lista;
 - a partir da posição em que o novo item será inserido.
 - incrementar **“último”**.

LISTAS LINEARES E VETORES – OPERAÇÕES

- **Retirar:**
 - **percorrer a lista do início até a posição do item que será retirado;**
 - **retirar o item da lista;**
 - **deslocar os itens da lista que ocupam posições posteriores à do item retirado;**
 - **para posições anteriores.**
 - **decrementar “último”.**

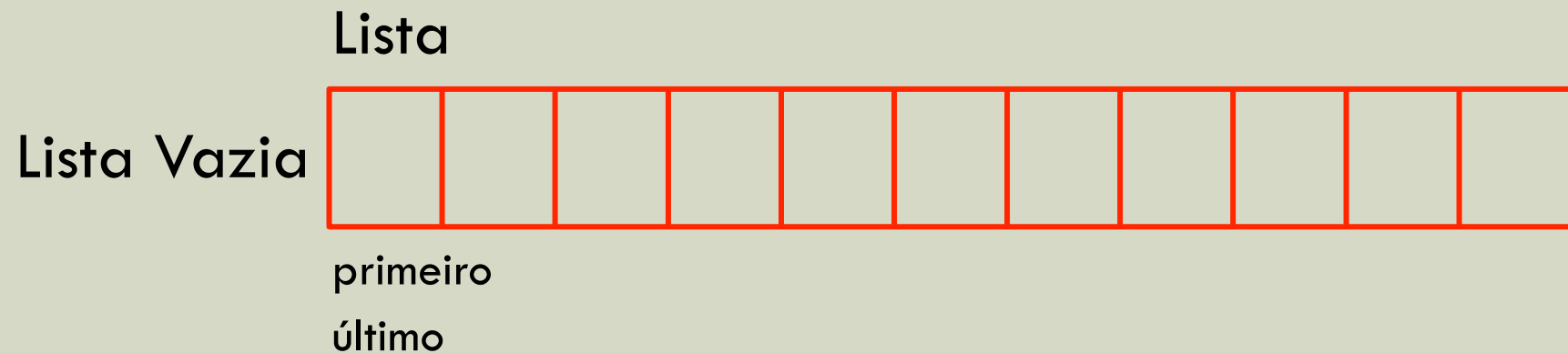
LISTAS LINEARES E VETORES – OPERAÇÕES

- **Localizar:**
 - **percorrer a lista do início até a posição do item desejado;**
 - **ou até o final da lista;**
 - quando o item desejado não é localizado na lista.

LISTAS LINEARES E VETORES – OPERAÇÕES

- **Verificar se a lista está vazia:**
 - **“primeiro” == “último”.**
- **Imprimir todo o conteúdo da lista:**
 - **laço entre “primeiro” e “último”.**

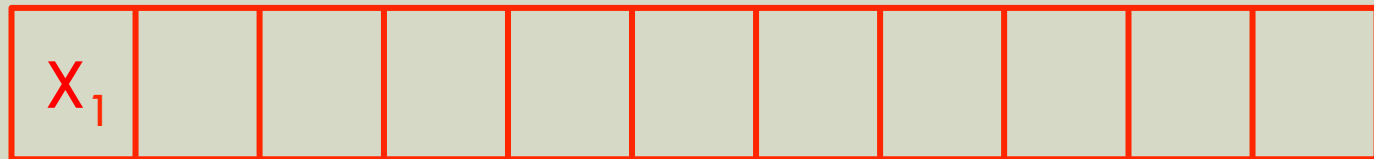
LISTAS LINEARES COM VETORES



LISTAS LINEARES COM VETORES

Inserir no
“final” da
lista

Lista

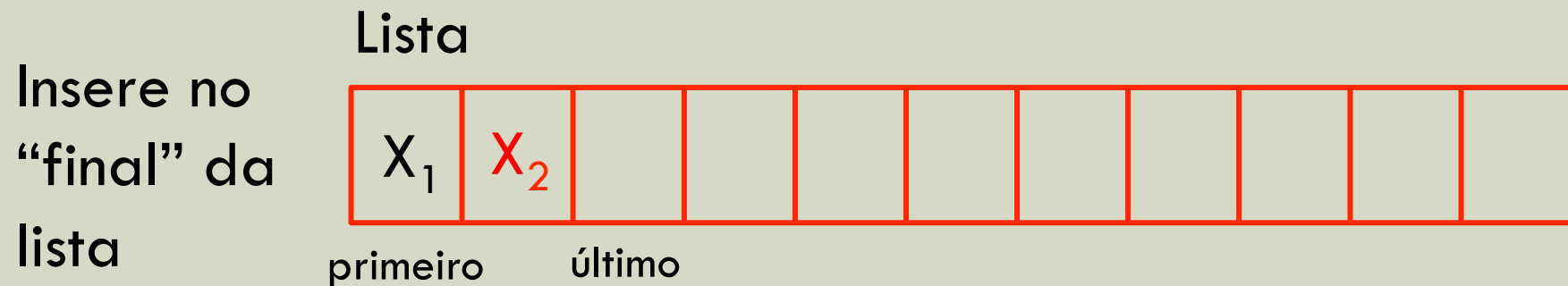


primeiro ↑
último

Inserção padrão na lista linear:
inserção no “final” da lista.

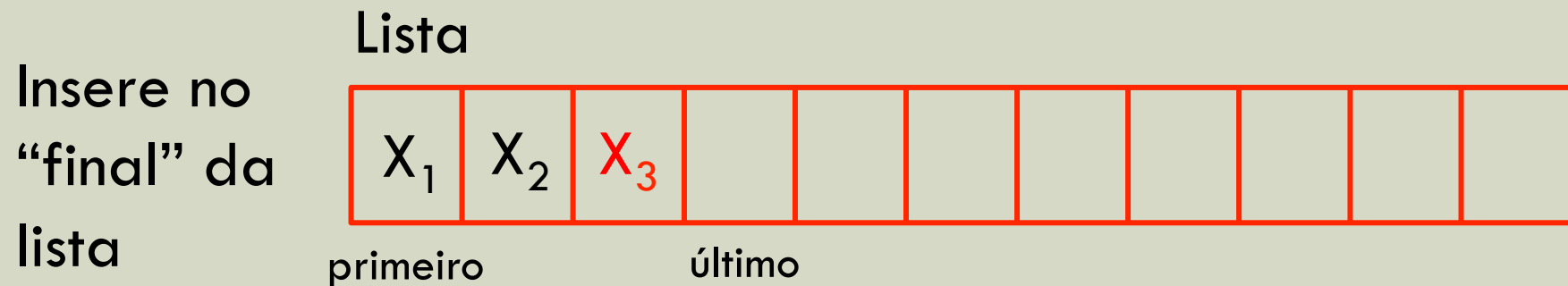
Inserção no “final” da lista linear é igual à operação “enfileirar” da fila.

LISTAS LINEARES COM VETORES



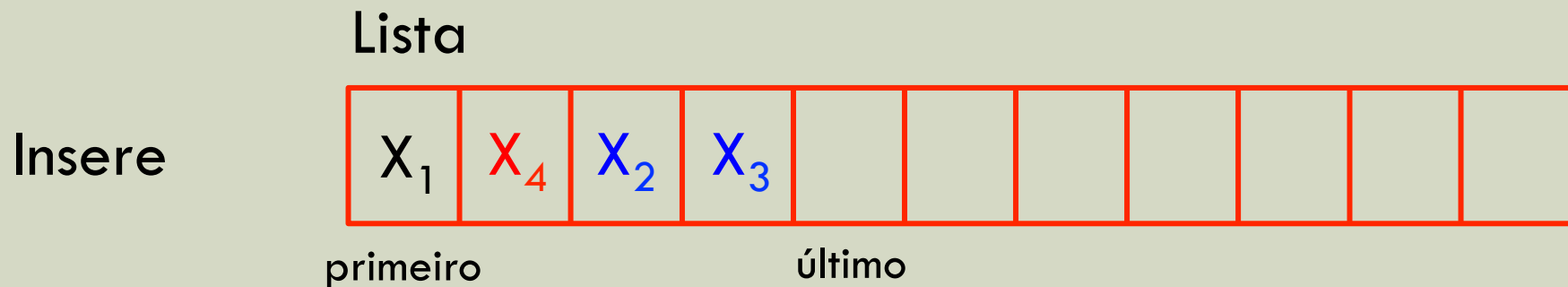
Inserção no “final” da lista linear é igual à operação “enfileirar” da fila.

LISTAS LINEARES COM VETORES



Inserção no “final” da lista linear é igual à operação “enfileirar” da fila.

LISTAS LINEARES COM VETORES

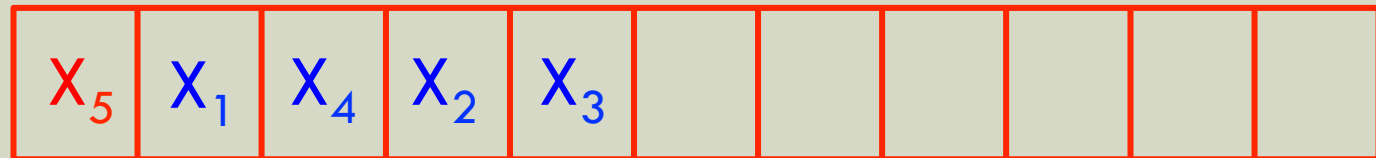


Inserção em outras posições da lista linear requer o **deslocamento de itens** da lista, **a partir da posição em que o novo item foi inserido.**

LISTAS LINEARES COM VETORES

Lista

Inserere

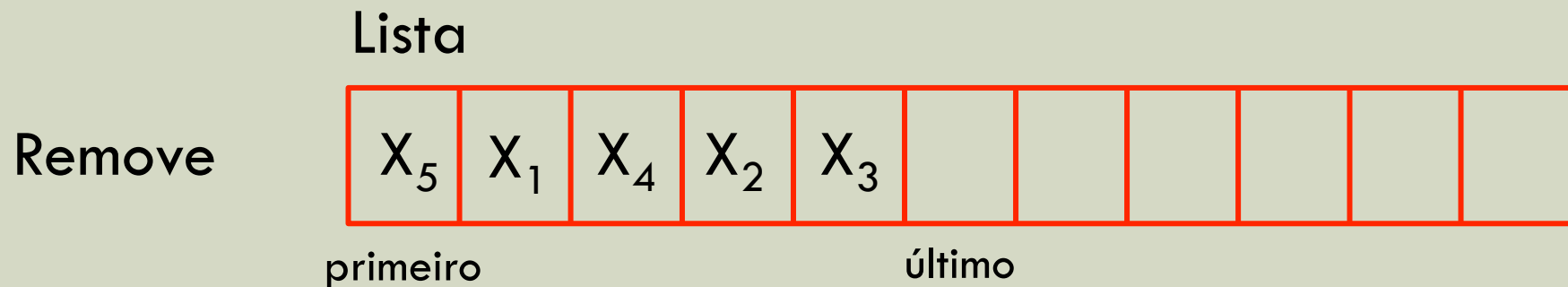


primeiro

último

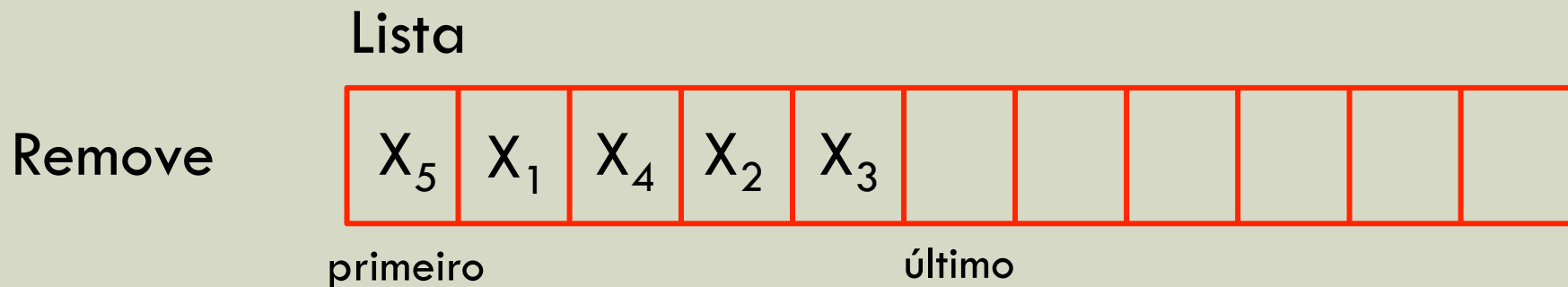
Inserção em outras posições da lista linear requer o **deslocamento de itens** da lista, a partir da posição em que o novo item foi inserido.

LISTAS LINEARES COM VETORES



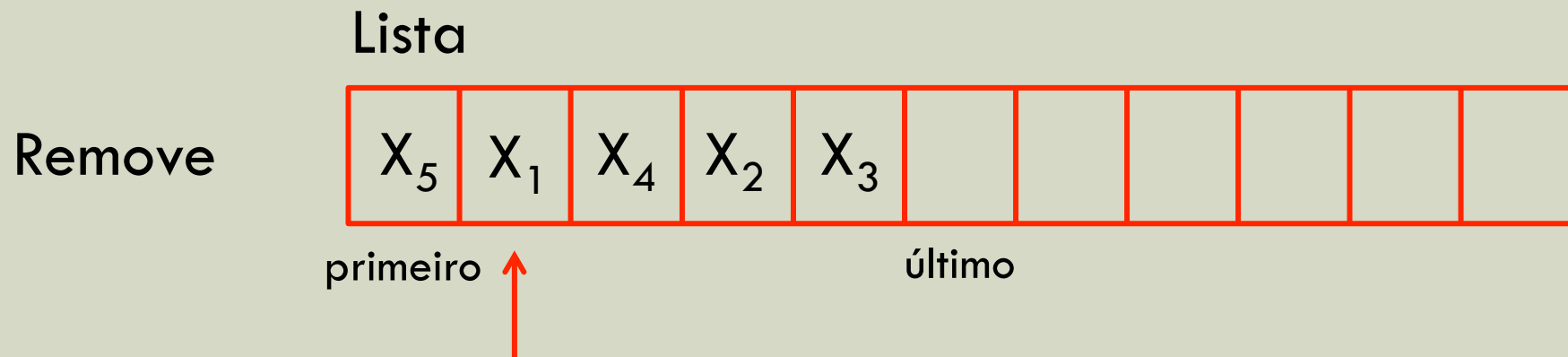
Remover: item " X_4 "

LISTAS LINEARES COM VETORES



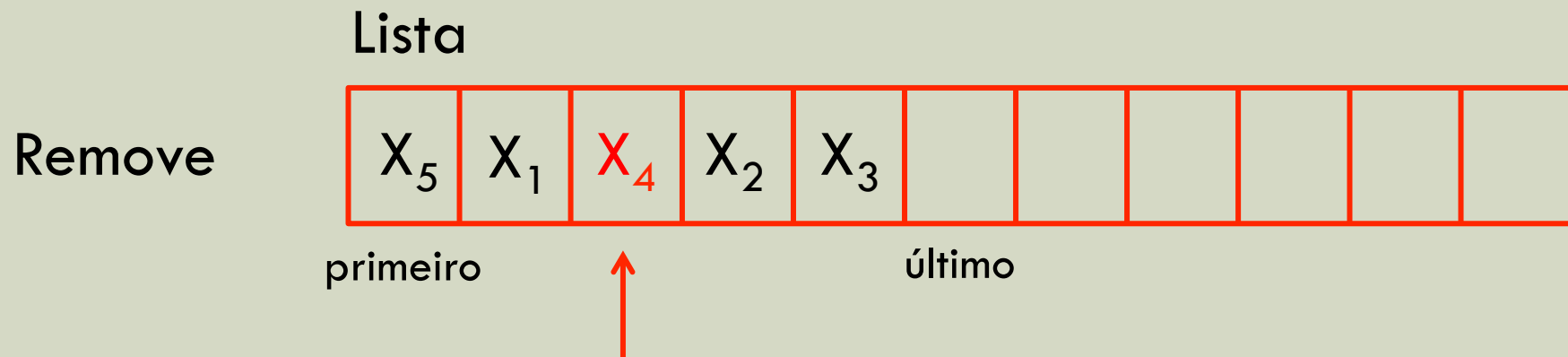
Percorre a lista do início até encontrar o item “ X_4 ”.

LISTAS LINEARES COM VETORES



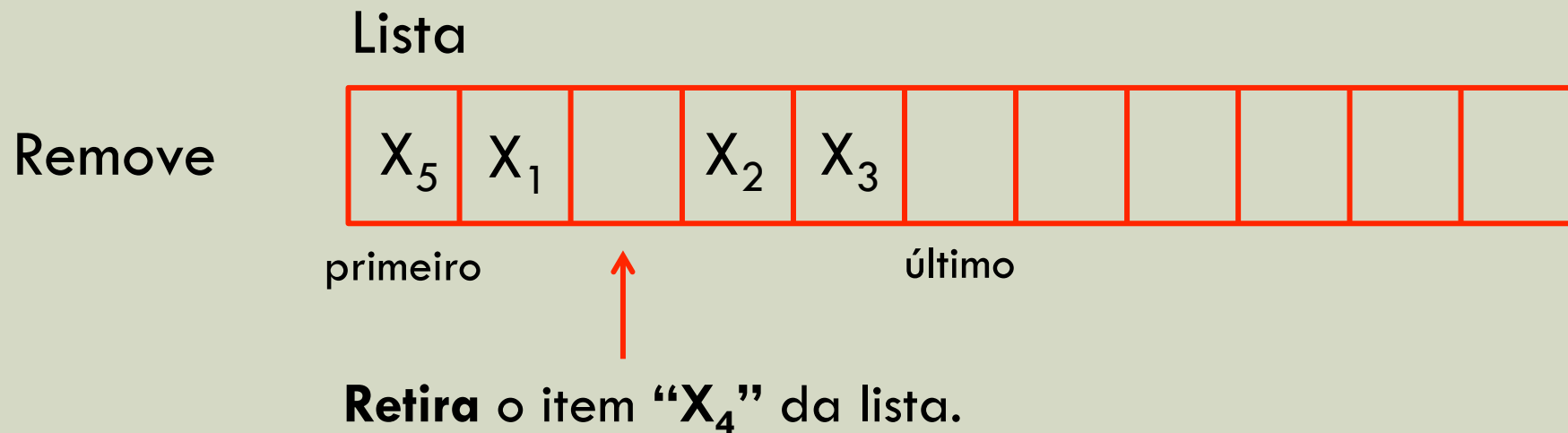
Percorre a lista do início até encontrar o item “ X_4 ”.

LISTAS LINEARES COM VETORES

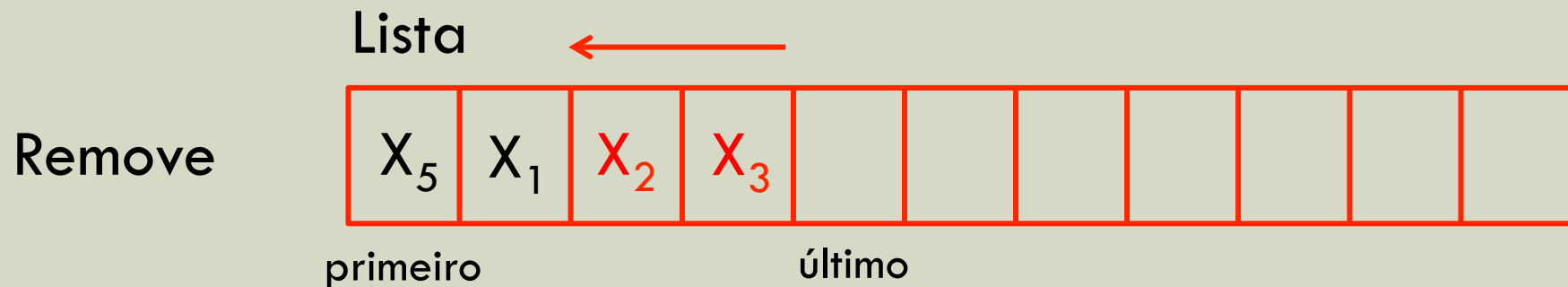


Percorre a lista do início até encontrar o item “ X_4 ”.

LISTAS LINEARES COM VETORES



LISTAS LINEARES COM VETORES



Desloca os itens da lista que ocupam posições posteriores à do item “ X_4 ” para posições anteriores e decrementa “último”.

LISTAS LINEARES COM VETORES

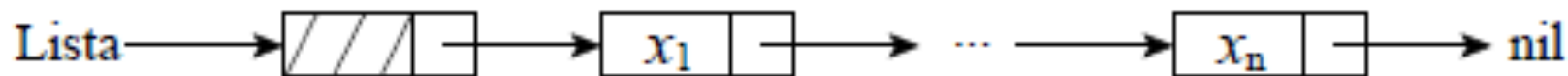
- **Vantagem:**
 - **economia de memória;**
 - apontadores implícitos.
- **Desvantagens:**
 - **custo para inserir ou retirar itens da lista.**
 - Pior caso: deslocamento de todos os demais itens da lista.
 - aplicações em que **não existe previsão** em relação ao **crescimento da lista;**
 - exige-se **realocação de memória.**

LISTAS LINEARES IMPLEMENTADAS POR MEIO DE ESTRUTURAS AUTO-REFERENCIADAS

- Também chamadas de **listas encadeadas**.
- Estruturas **flexíveis**:
 - podem **crescer ou diminuir de tamanho** durante a **execução** de um **programa**;
 - têm **tamanho “infinito”**;
 - permitem utilizar **posições não contínuas de memória**;
 - **cada célula da lista contém informação** necessária para **alcançar-se a próxima célula**;
 - **pode-se inserir uma nova célula sempre que necessário**;
 - **e apontar para ela**.

LISTAS LINEARES IMPLEMENTADAS POR MEIO DE ESTRUTURAS AUTO-REFERENCIADAS

- São adequadas em situações nas quais é difícil prever a demanda por memória para um conjunto de itens:
 - **manipulação de quantidades imprevisíveis de dados.**



LISTAS LINEARES IMPLEMENTADAS POR MEIO DE ESTRUTURAS AUTO-REFERENCIADAS

- **Classe Lista:**
 - **Apontadores de controle:**
 - primeiro e último.
 - **Célula sentinela, nó-cabeça ou nodo-cabeça:**
 - primeiro elemento da lista;
 - serve apenas para controle;
 - para facilitar a implementação das operações inserir e retirar quando a lista está vazia.

LISTAS LINEARES IMPLEMENTADAS POR MEIO DE ESTRUTURAS AUTO-REFERENCIADAS

- Lista implementada por meio de células.
- Cada célula contém:
 - um item da lista;
 - uma referência para a próxima célula.
- Classe Lista contém:
 - referência para a primeira célula da lista;
 - célula sentinela;
 - referência para a última célula da lista.

LISTAS ENCADEADAS – OPERAÇÕES

- **Criar uma lista vazia:**
 - **instanciar célula sentinela;**
 - **inicializar os ponteiros de controle:**
 - **“primeiro” e “último” referenciam a mesma célula:**
 - **célula sentinela.**

LISTAS ENCADEADAS – OPERAÇÕES

■ Inserir:

- no “final” da lista;
 - criar uma célula nova, ligá-la à célula referenciada por “último” e colocar nela o novo item;
 - atualizar “último”.

LISTAS ENCADEADAS – OPERAÇÕES

■ Inserir:

- em **outras posições** da lista;
 - **localizar posição** em que o novo item será inserido;
 - **criar uma célula nova e colocar nela o novo item;**
 - **“ligá-la” às células entre as quais deve ser posicionada, atualizando referências.**

LISTAS ENCADEADAS – OPERAÇÕES

- **Retirar:**
 - **localizar item que será retirado;**
 - **atualizar referências, “ligando” as células entre as quais localiza-se o item retirado;**
 - retirando o item da lista;
 - **se o item retirado for o último da lista;**
 - **atualizar “último”.**

LISTAS ENCADEADAS – OPERAÇÕES

- **Localizar:**

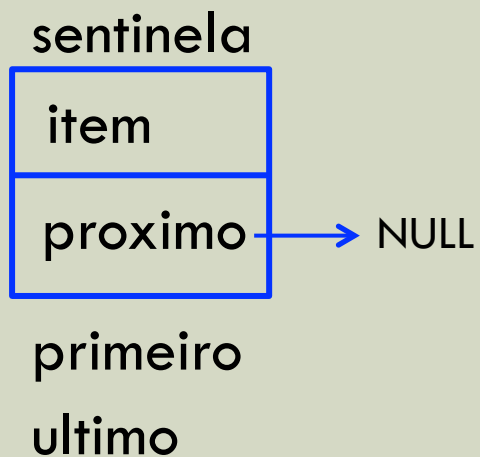
- **percorrer a lista do início até o item desejado;**
- **ou até o final da lista;**
 - quando o item desejado não é localizado na lista.

LISTAS ENCADEADAS – OPERAÇÕES

- **Verificar se a lista está vazia:**
 - “primeiro” == “último”.
- **Imprimir todo o conteúdo da lista:**
 - **laço do início até o final da lista;**
 - imprimindo dados relevantes.

LISTAS ENCADEADAS – OPERAÇÕES

Lista vazia: “primeiro” e “último” referenciam a célula sentinela



LISTAS ENCADEADAS – OPERAÇÕES

sentinela

item

proximo → NULL

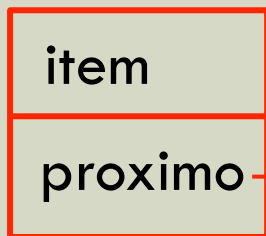
primeiro

ultimo

LISTAS ENCADEADAS – OPERAÇÕES

Inserir no “final” da lista

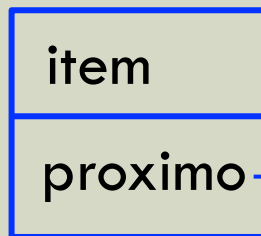
sentinela



primeiro

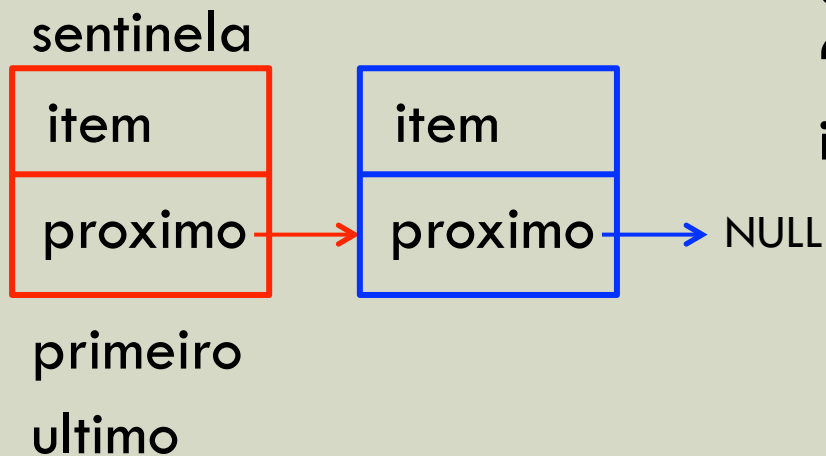
ultimo

Criar uma célula nova, ligá-la à célula referenciada por “último” e colocar nela o novo item



LISTAS ENCADEADAS – OPERAÇÕES

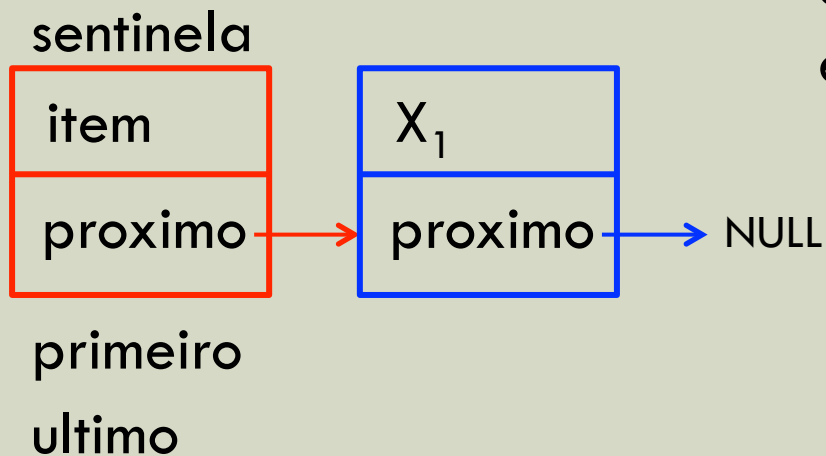
Inserir no “final” da lista



Criar uma célula nova, **ligá-la à célula referenciada por “último”** e colocar nela o novo item

LISTAS ENCADEADAS – OPERAÇÕES

Inserir no “final” da lista

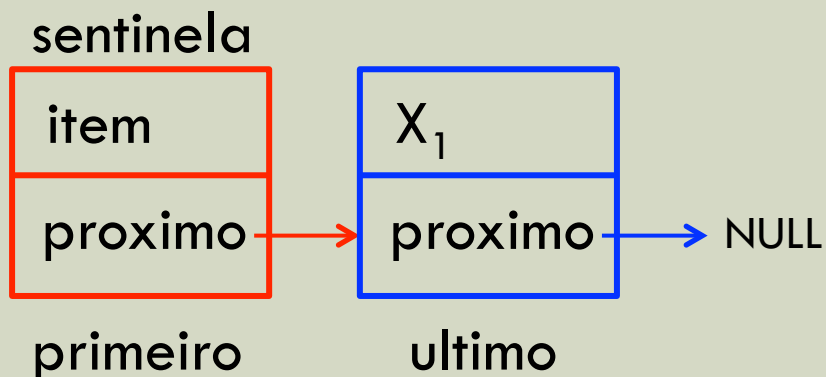


Criar uma célula nova, ligá-la à célula referenciada por “último” e **colocar nela o novo item**

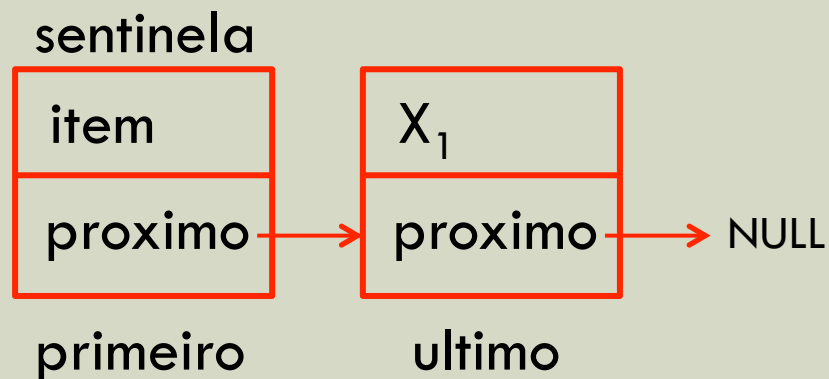
LISTAS ENCADEADAS – OPERAÇÕES

Inserir no “final” da lista

Atualizar “último”

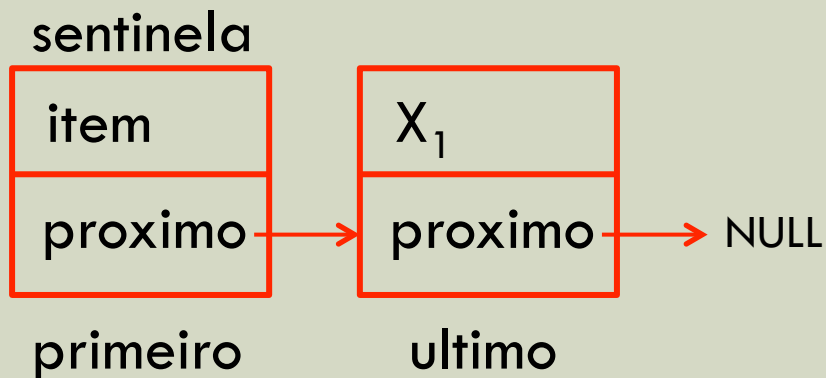


LISTAS ENCADEADAS – OPERAÇÕES

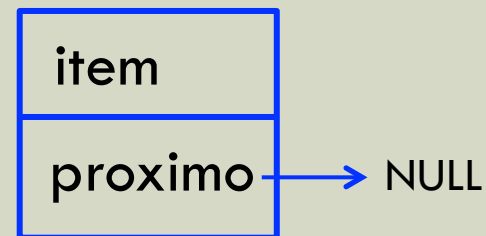


LISTAS ENCADEADAS – OPERAÇÕES

Inserir no “final” da lista

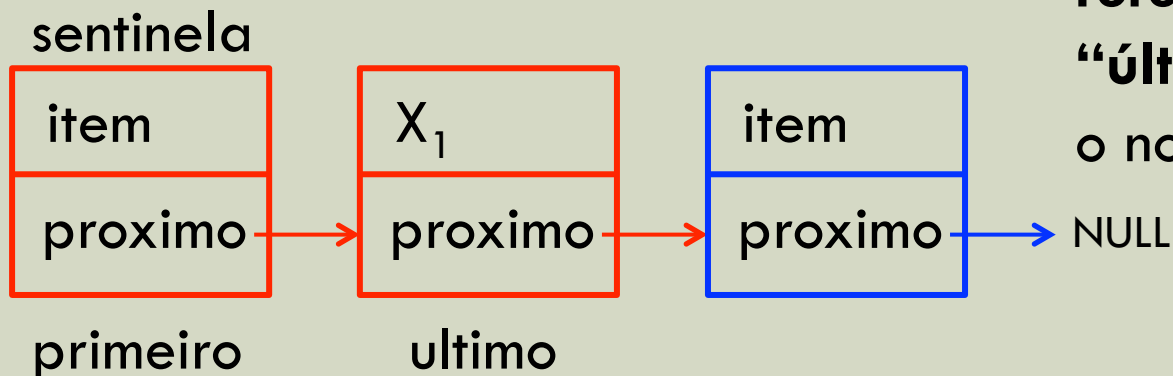


Criar uma célula nova, ligá-la à célula referenciada por “último” e colocar nela o novo item



LISTAS ENCADEADAS – OPERAÇÕES

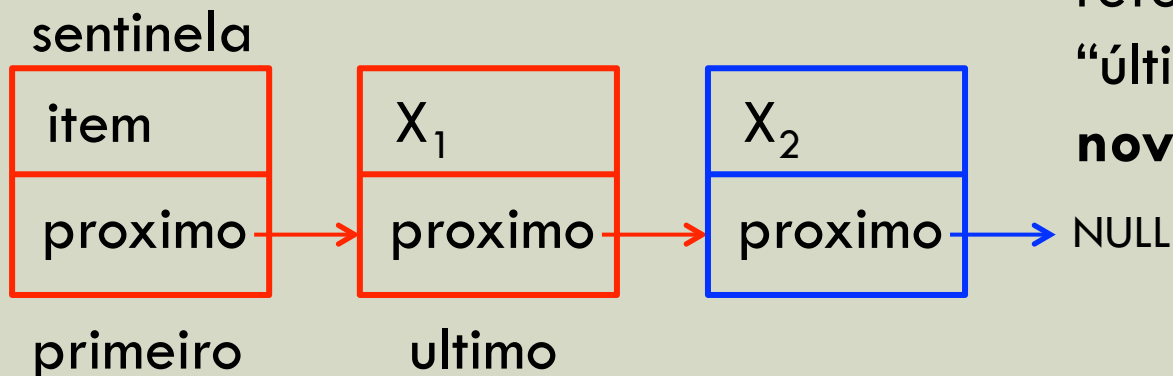
Inserir no “final” da lista



Criar uma célula nova,
ligá-la à célula
referenciada por
“último” e colocar nela
o novo item

LISTAS ENCADEADAS – OPERAÇÕES

Inserir no “final” da lista

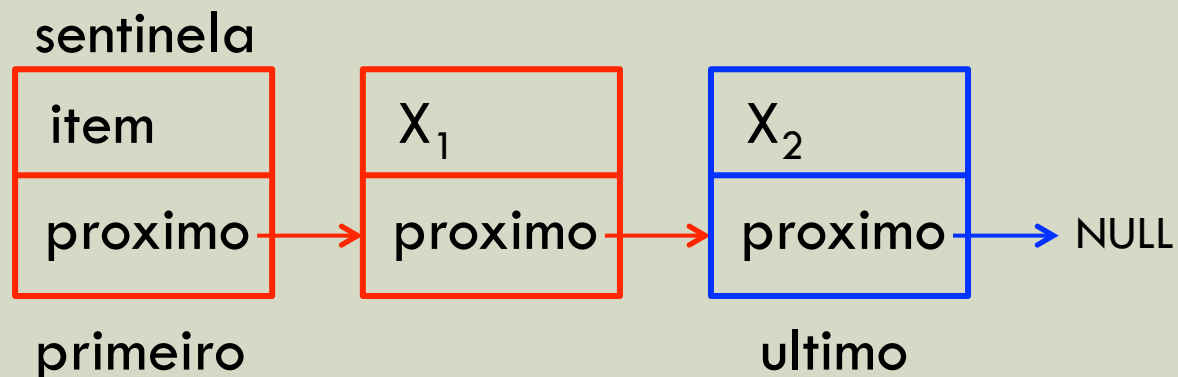


Criar uma célula nova,
ligá-la à célula
referenciada por
“último” e **colocar nela o
novo item**

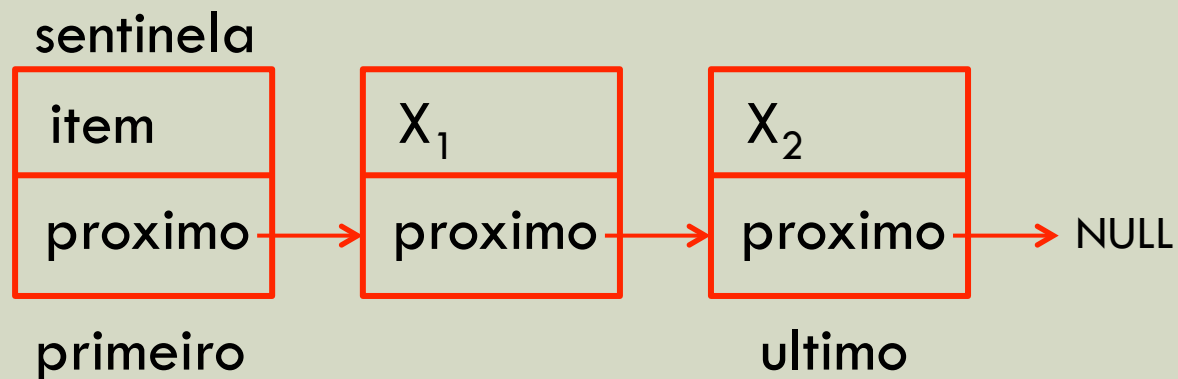
LISTAS ENCADEADAS – OPERAÇÕES

Inserir no “final” da lista

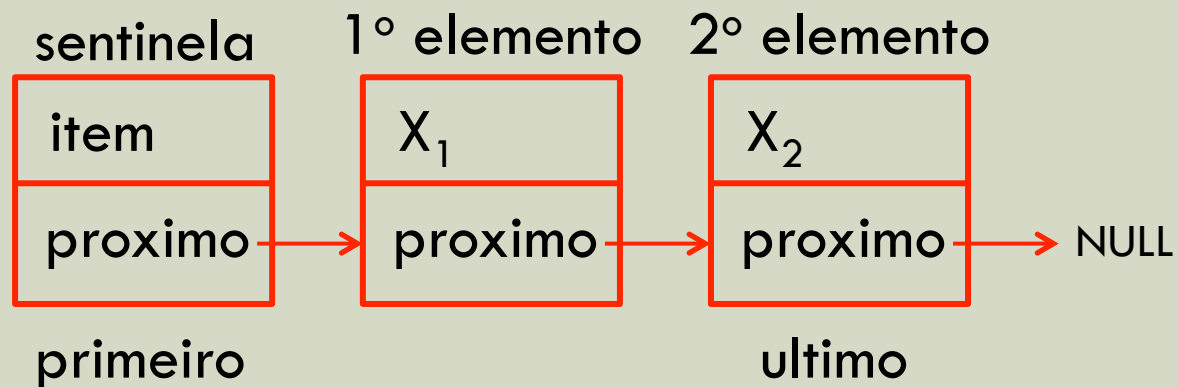
Atualizar “último”



LISTAS ENCADEADAS – OPERAÇÕES



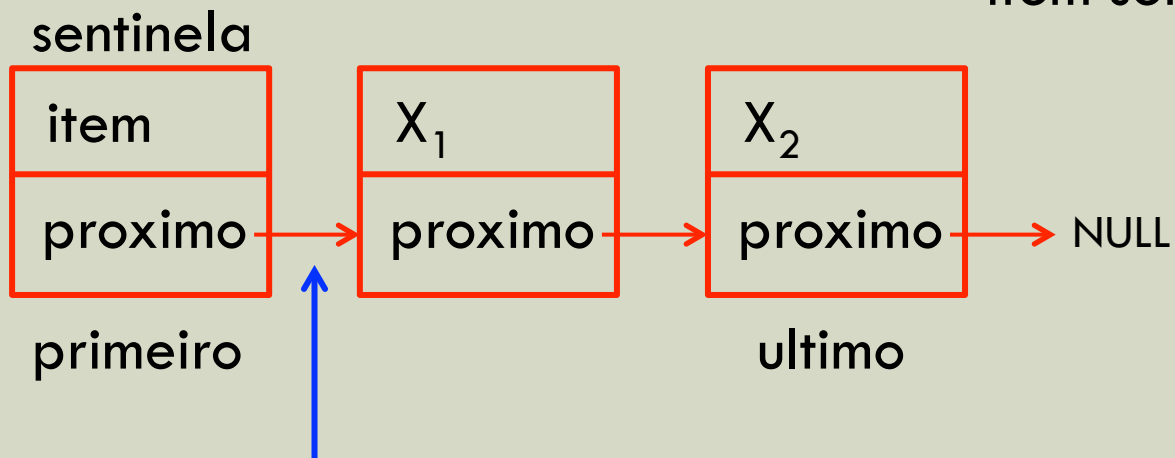
LISTAS ENCADEADAS – OPERAÇÕES



LISTAS ENCADEADAS – OPERAÇÕES

Inserir na 2ª posição da lista

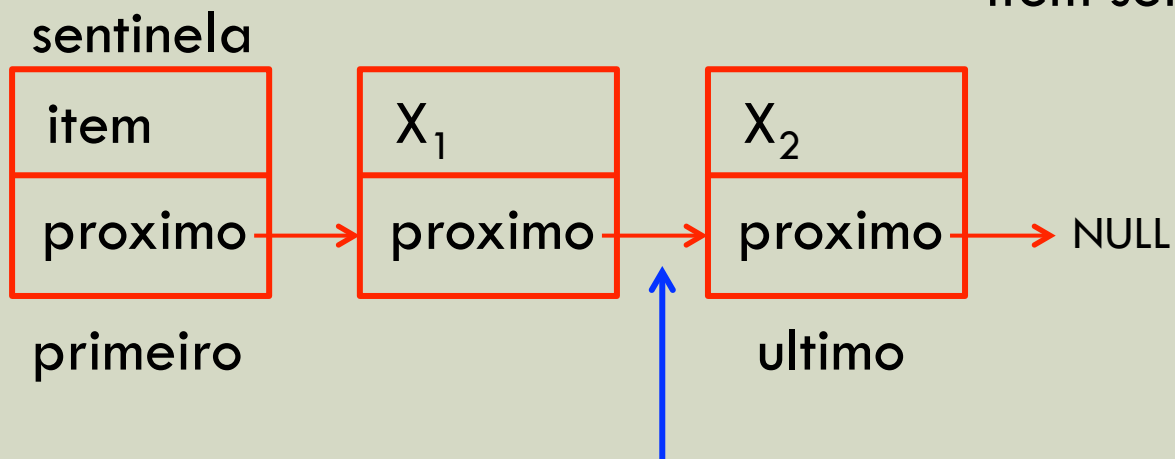
Localizar posição em que o item será inserido



LISTAS ENCADEADAS – OPERAÇÕES

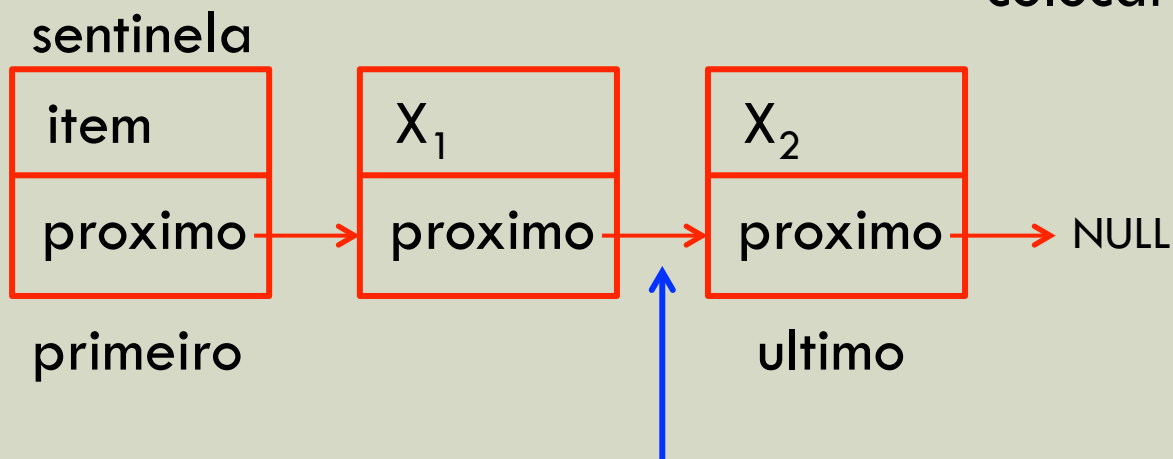
Inserir na 2ª posição da lista

Localizar posição em que o item será inserido

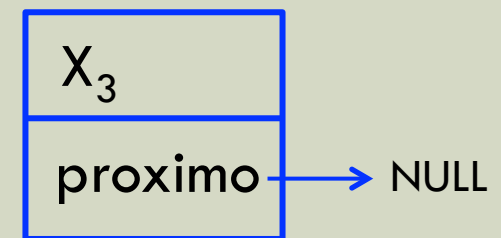


LISTAS ENCADEADAS – OPERAÇÕES

Inserir na 2ª posição da lista



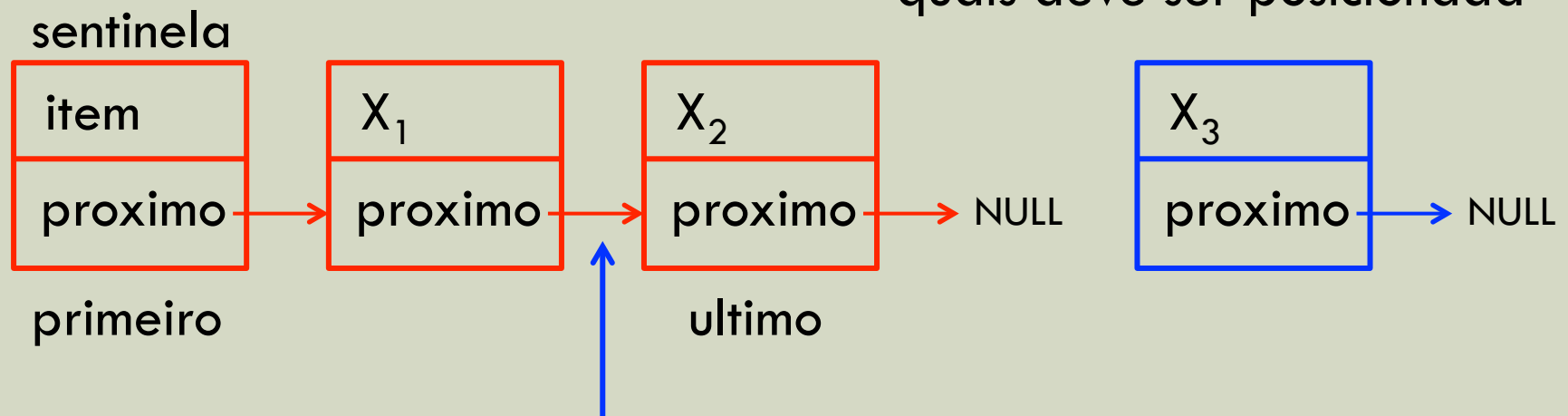
Criar uma célula nova e colocar nela o novo item



LISTAS ENCADEADAS – OPERAÇÕES

Inserir na 2ª posição da lista

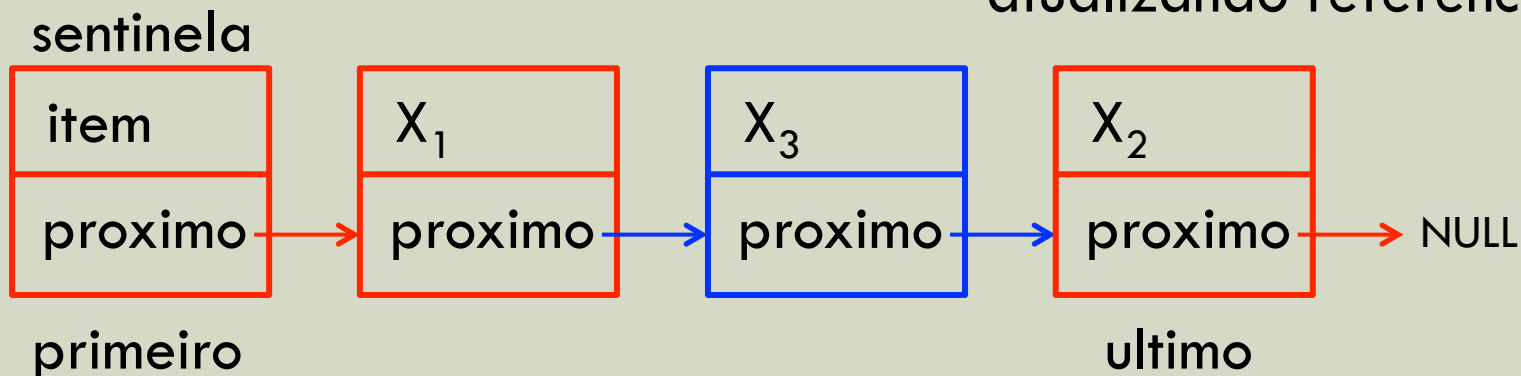
“Ligá-la” às células entre as
quais deve ser posicionada



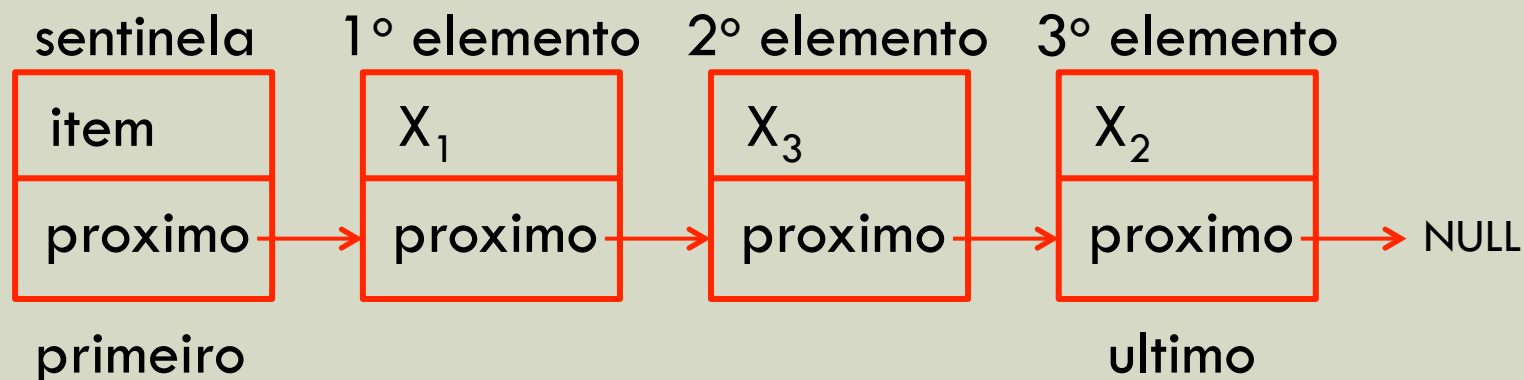
LISTAS ENCADEADAS – OPERAÇÕES

Inserir na 2ª posição da lista

“Ligá-la” às células entre as
quais deve ser posicionada,
atualizando referências



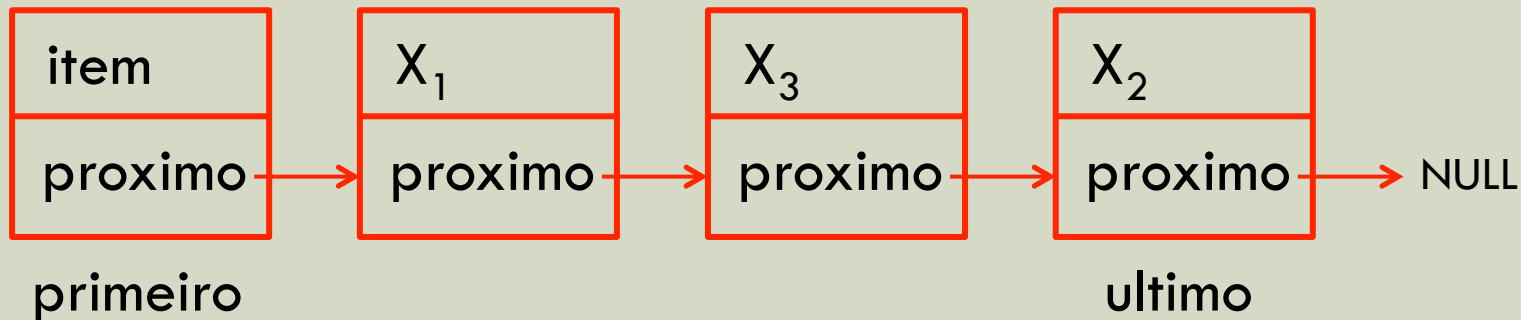
LISTAS ENCADEADAS – OPERAÇÕES



LISTAS ENCADEADAS – OPERAÇÕES

Retirar: X_3

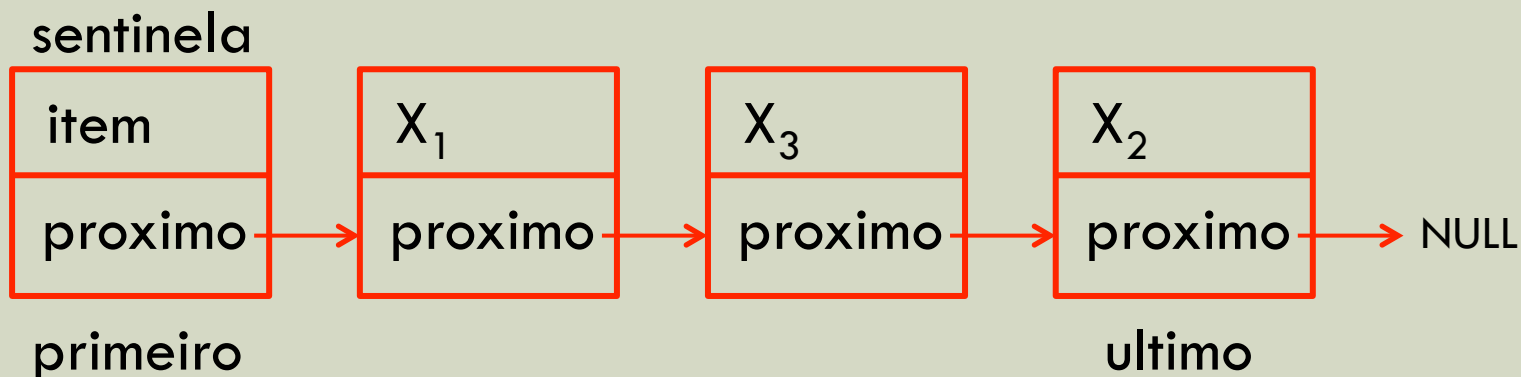
sentinela



LISTAS ENCADEADAS – OPERAÇÕES

Retirar: X_3

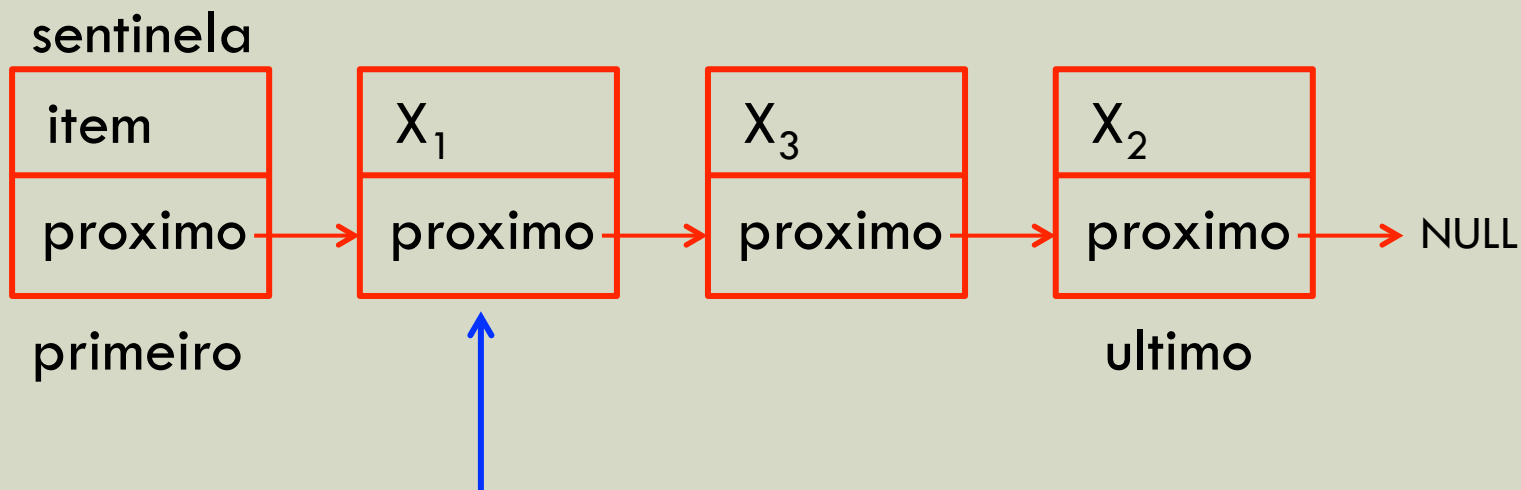
Localizar item que
será retirado



LISTAS ENCADEADAS – OPERAÇÕES

Retirar: X_3

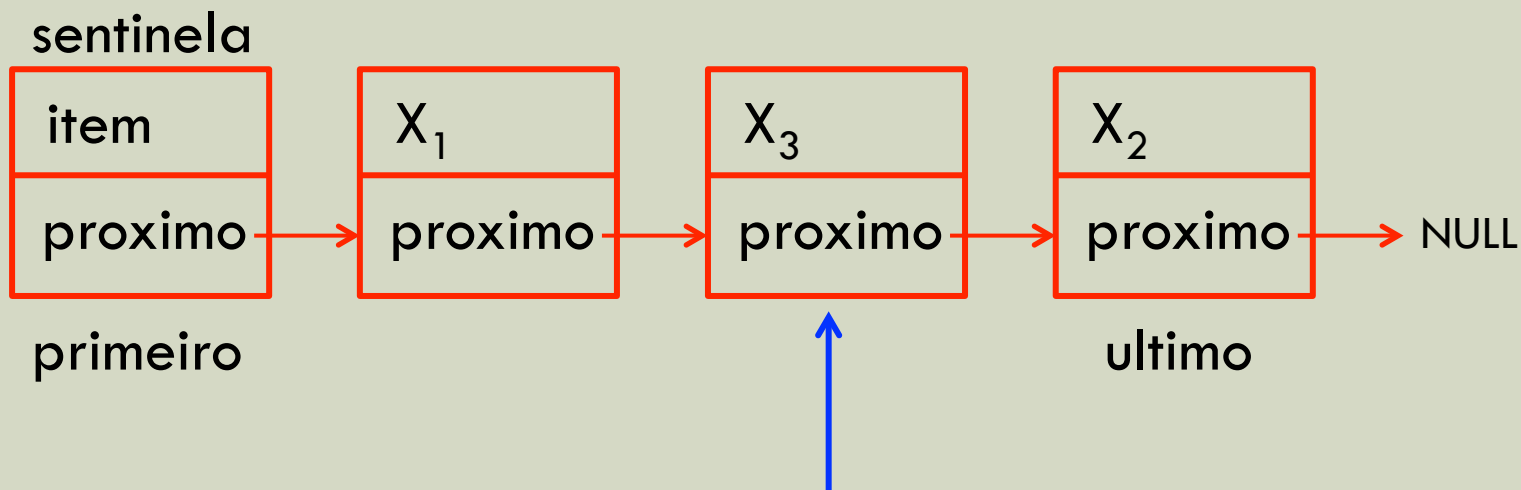
Localizar item que
será retirado



LISTAS ENCADEADAS – OPERAÇÕES

Retirar: X_3

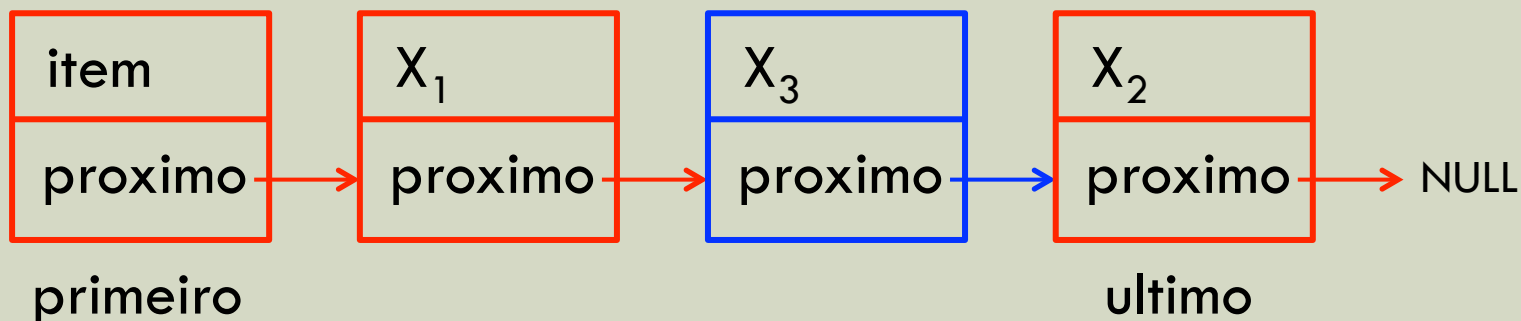
Localizar item que
será retirado



LISTAS ENCADEADAS – OPERAÇÕES

Retirar: X_3

sentinela

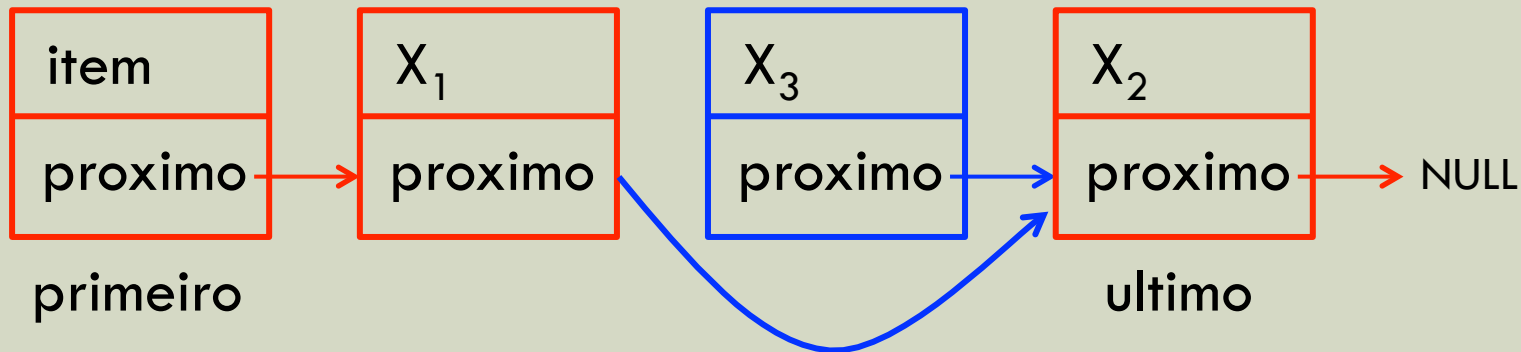


Atualizar referências, “ligando” as células entre as quais localiza-se o item retirado, retirando-o da lista

LISTAS ENCADEADAS – OPERAÇÕES

Retirar: X_3

sentinela

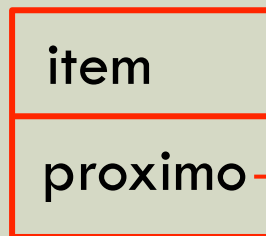


Atualizar referências, “ligando” as células entre as quais localiza-se o item retirado, retirando-o da lista

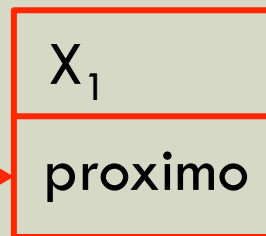
LISTAS ENCADEADAS – OPERAÇÕES

Retirar: X_3

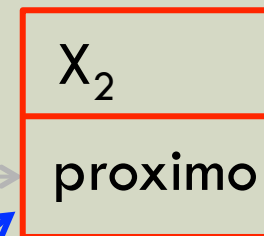
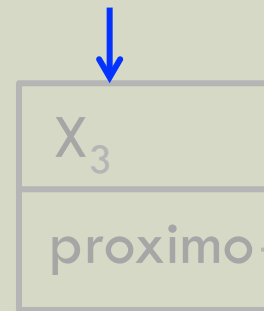
sentinela



primeiro



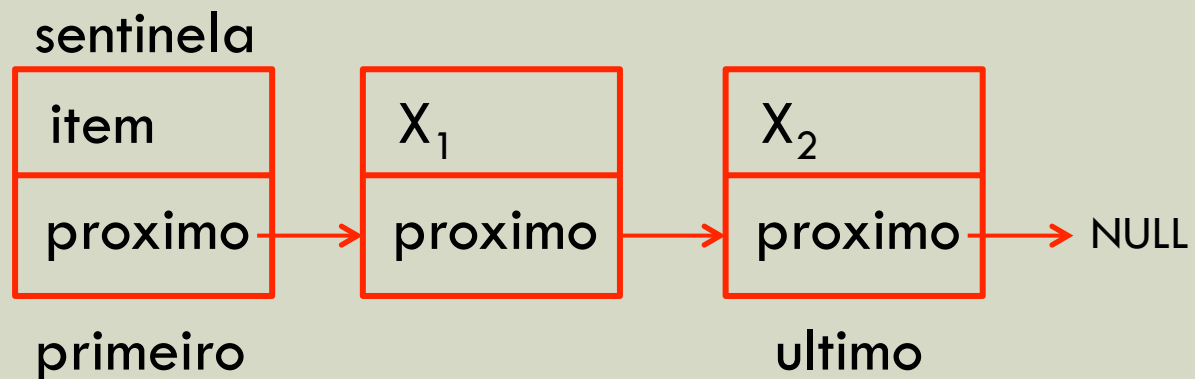
Inacessível a partir da lista



NULL

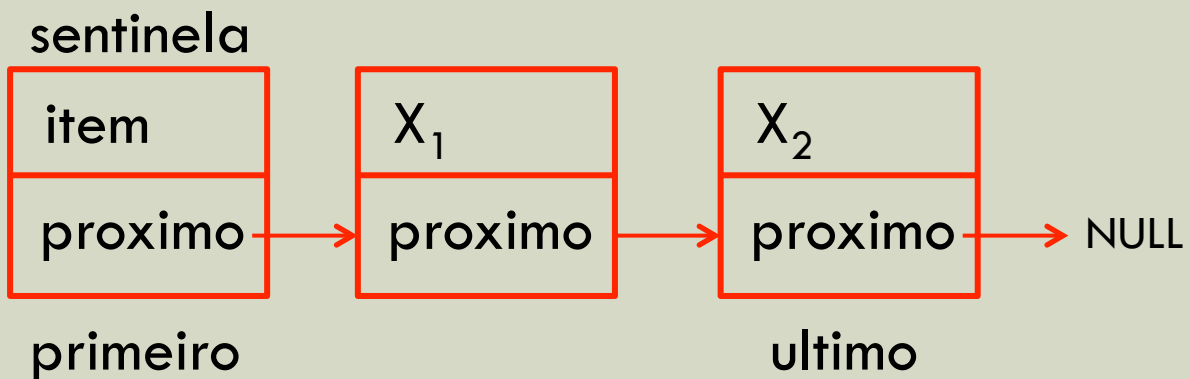
ultimo

LISTAS ENCADEADAS – OPERAÇÕES



LISTAS ENCADEADAS – OPERAÇÕES

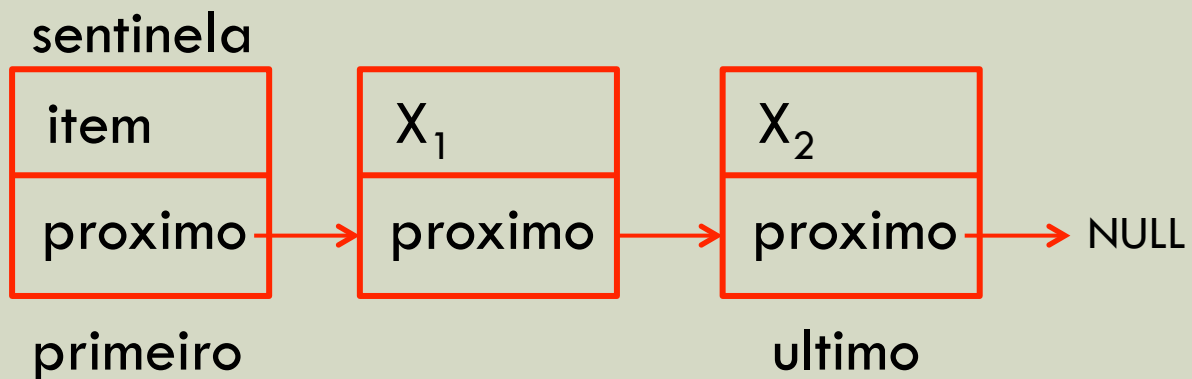
Retirar: X_2



LISTAS ENCADEADAS – OPERAÇÕES

Retirar: X_2

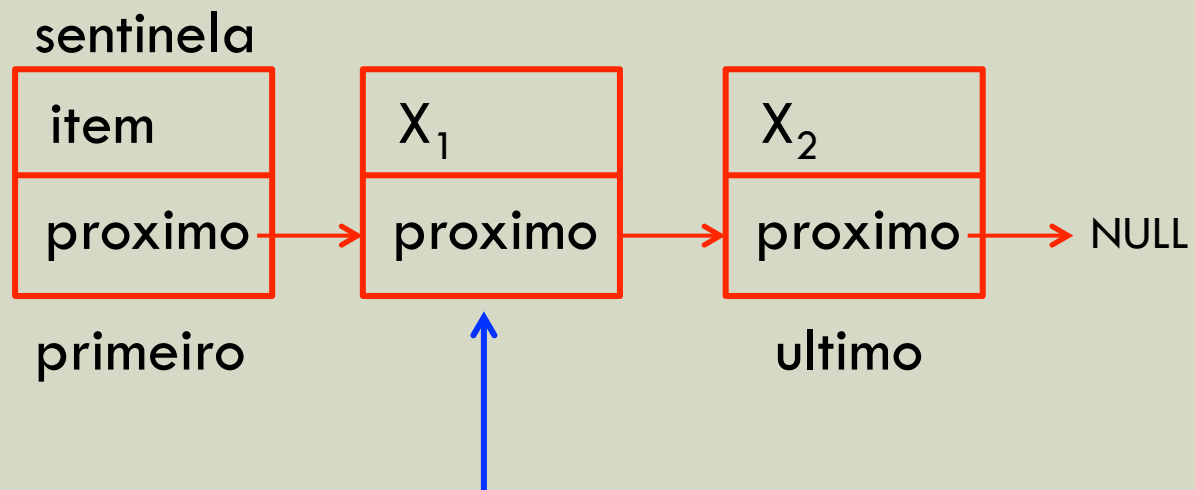
Localizar item que
será retirado



LISTAS ENCADEADAS – OPERAÇÕES

Retirar: X_2

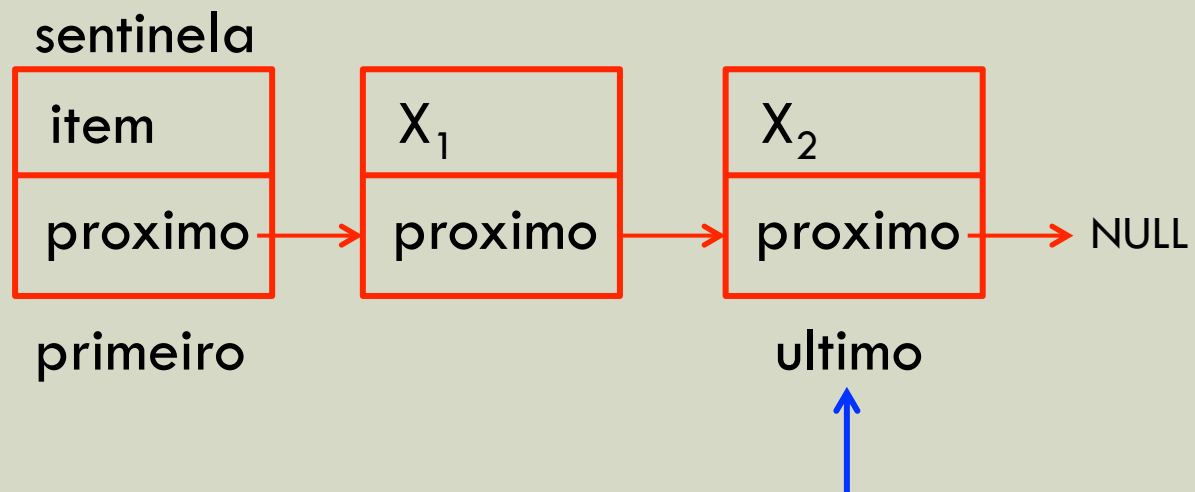
Localizar item que
será retirado



LISTAS ENCADEADAS – OPERAÇÕES

Retirar: X_2

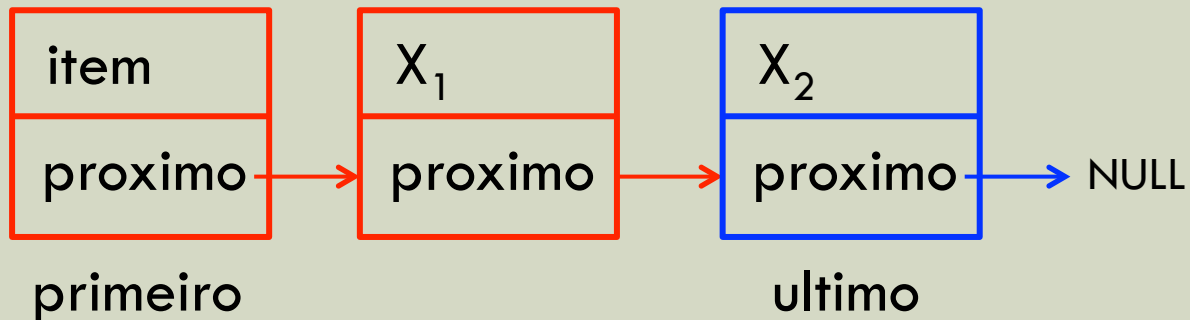
Localizar item que
será retirado



LISTAS ENCADEADAS – OPERAÇÕES

Retirar: X_2

sentinela

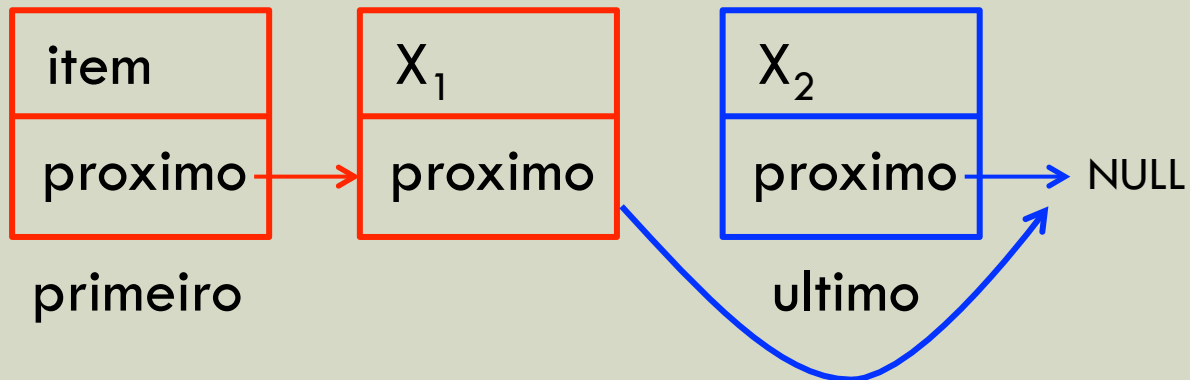


Atualizar referências, “ligando” as células entre as quais localiza-se o item retirado, retirando o item da lista

LISTAS ENCADEADAS – OPERAÇÕES

Retirar: X_2

sentinela

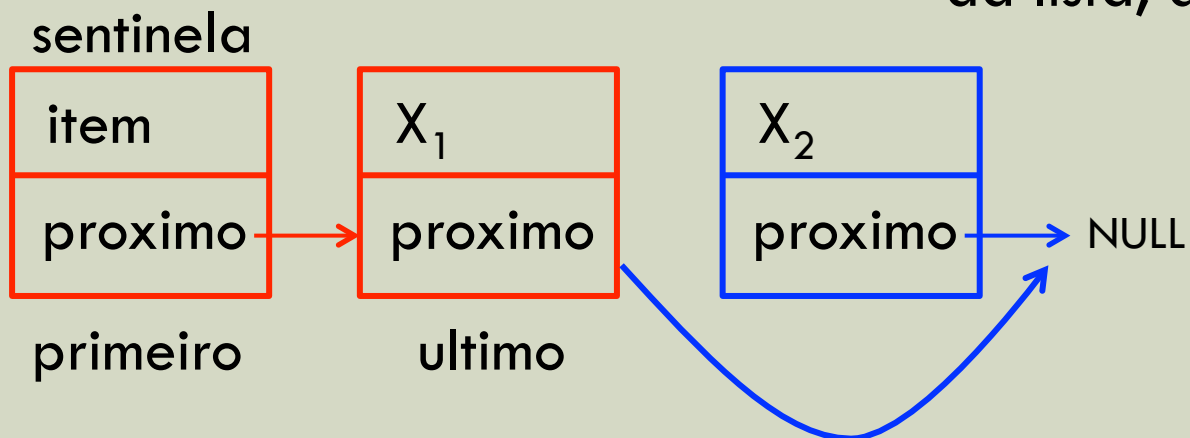


Atualizar referências, “ligando” as células entre as quais localiza-se o item retirado, retirando o item da lista

LISTAS ENCADEADAS – OPERAÇÕES

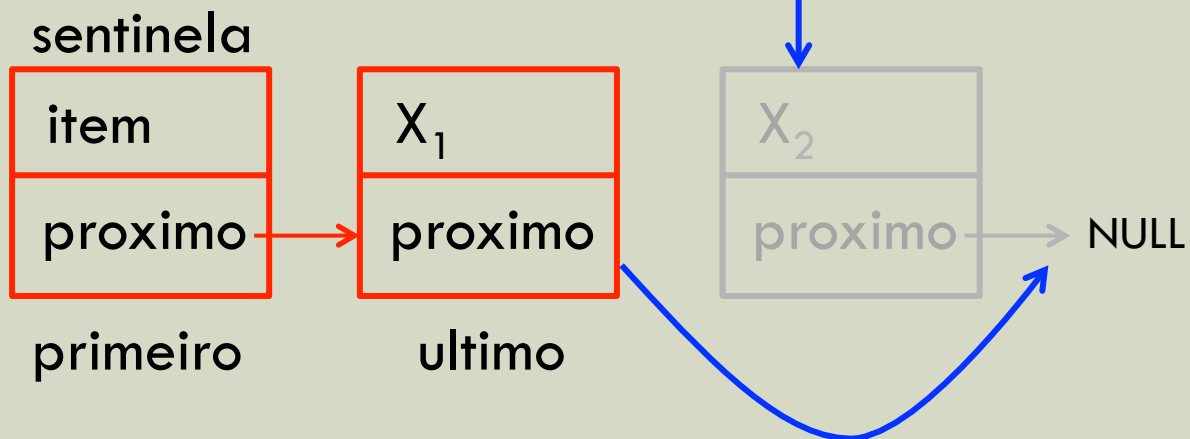
Retirar: X_2

Se o item retirado for o último da lista, atualizar “último”.

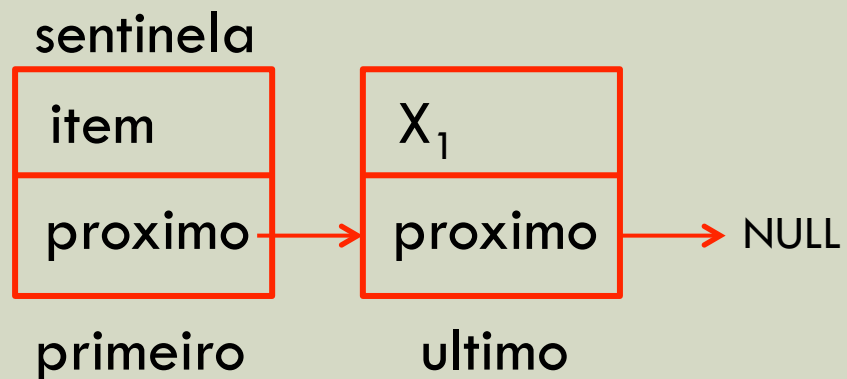


LISTAS ENCADEADAS – OPERAÇÕES

Retirar: X_2



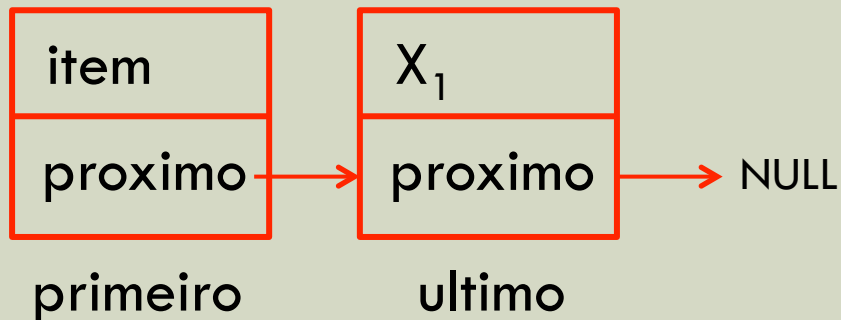
LISTAS ENCADEADAS – OPERAÇÕES



LISTAS ENCADEADAS – OPERAÇÕES

Localizar: X_1

sentinela

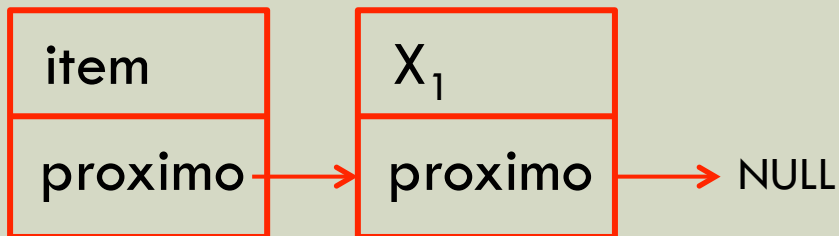


Percorrer a lista do
início até o item
desejado

LISTAS ENCADEADAS – OPERAÇÕES

Localizar: X_1

sentinela



primeiro

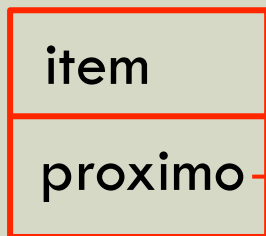
ultimo

Percorrer a lista do
início até o item
desejado

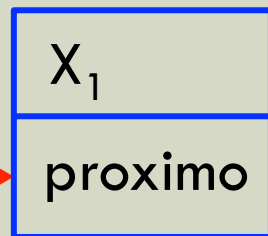
LISTAS ENCADEADAS – OPERAÇÕES

Localizar: X_1

sentinela



primeiro



ultimo

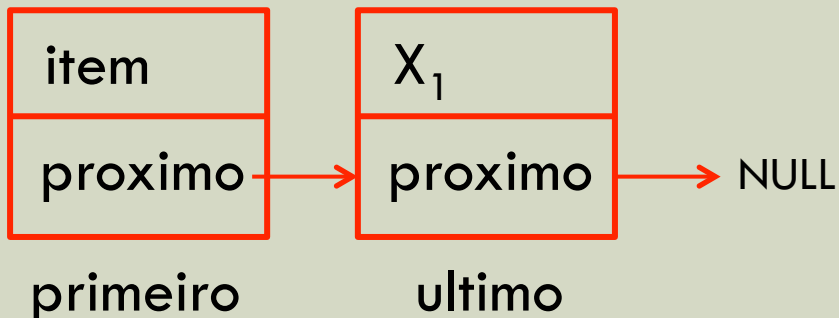
proximo → NULL

Percorrer a lista do início até o item desejado

LISTAS ENCADEADAS – OPERAÇÕES

Localizar: X_2

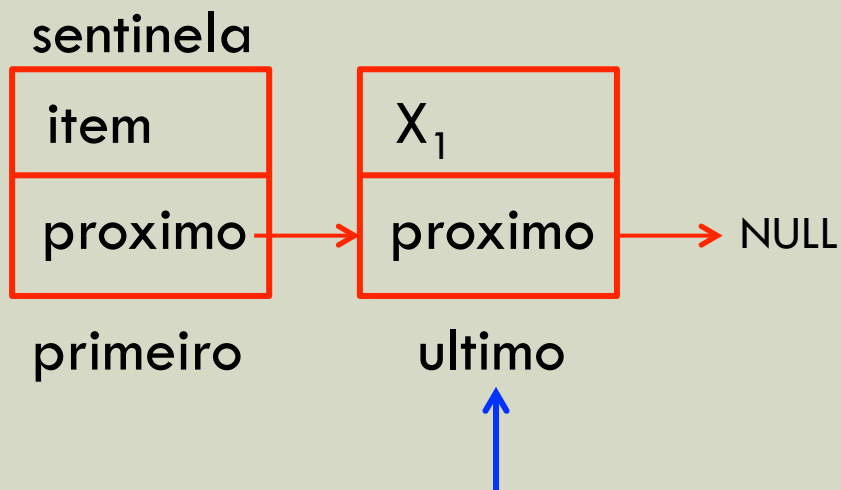
sentinela



Percorrer a lista do início até o item desejado ou até o final da lista, quando o item desejado não é localizado na lista

LISTAS ENCADEADAS – OPERAÇÕES

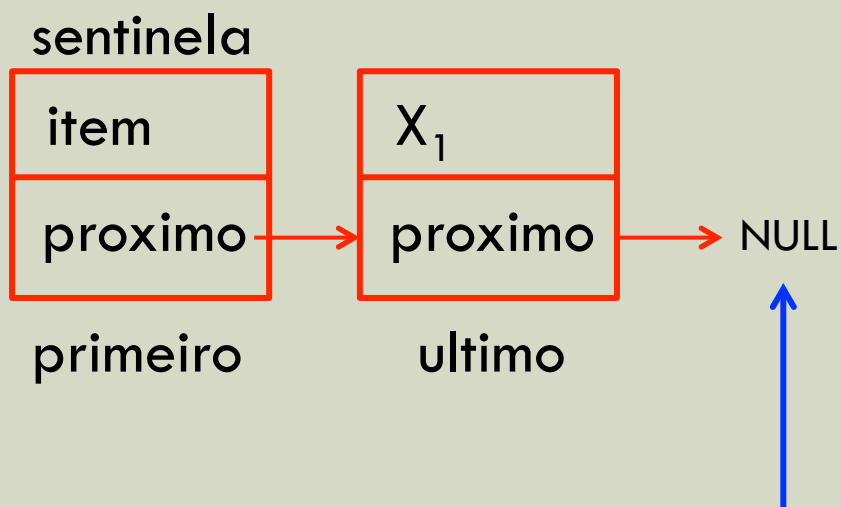
Localizar: X_2



Percorrer a lista do início até o item desejado ou até o final da lista, quando o item desejado não é localizado na lista

LISTAS ENCADEADAS – OPERAÇÕES

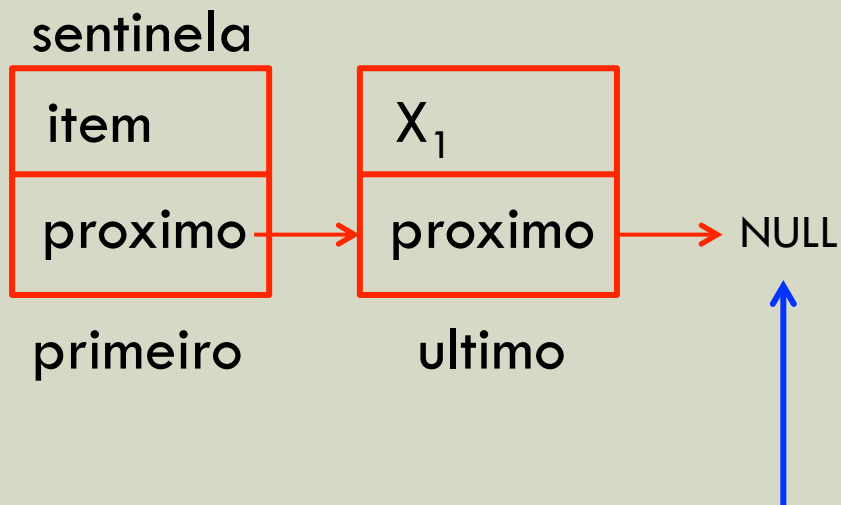
Localizar: X_2



Percorrer a lista do início até o item desejado ou até o final da lista, quando o item desejado não é localizado na lista

LISTAS ENCADEADAS – OPERAÇÕES

Localizar: X_2



Percorrer a lista do início até o item desejado ou até o final da lista, quando o **item desejado não é localizado** na lista

LISTAS ENCADEADAS

■ **Vantagens:**

- **custo para inserir ou retirar itens da lista;**
 - não há necessidade de deslocar os itens seguintes da lista.
- **boas para aplicações em que não existe previsão em relação ao crescimento da lista;**
 - estrutura de tamanho “infinito”.

■ **Desvantagem:**

- utilização de **memória adicional** para **armazenar as referências.**

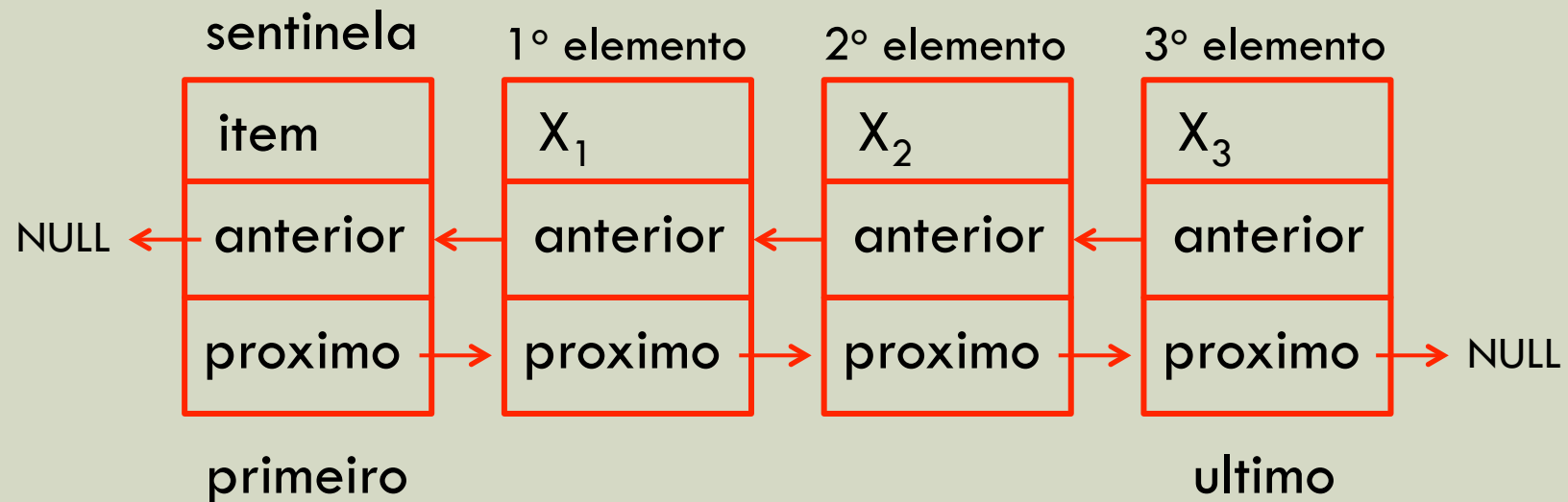
LISTAS ENCADEADAS – DIFICULDADES

- Cada **célula** de uma **lista encadeada** contém **referência apenas para seu sucessor**;
 - não existe acesso imediato a seu predecessor.
- Para **remover a última célula** da lista encadeada;
 - deve-se **percorrer toda a lista até encontrar o penúltimo elemento**.
- Listas encadeadas longas e com muita utilização da operação de remoção da última célula;
 - podem apresentar **respostas lentas**.

LISTAS DUPLAMENTE ENCADEADAS

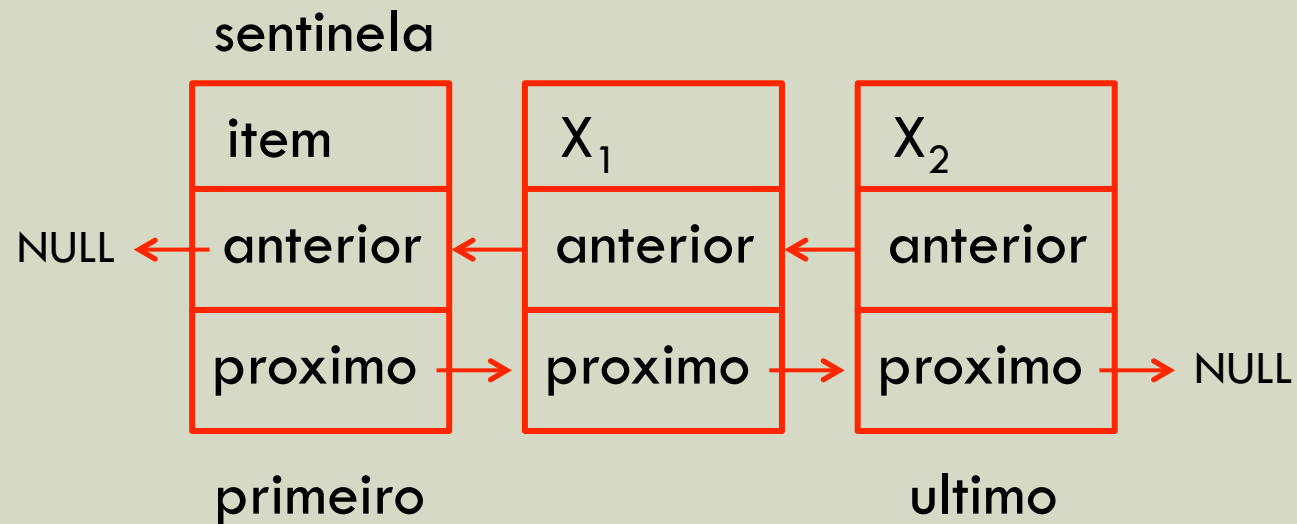
- Cada célula da lista contém duas referências:
 - uma para seu **sucessor**;
 - próximo;
 - igual às listas encadeadas;
 - outra para seu **predecessor**;
 - anterior.
- Possibilitam que a lista seja percorrida nos dois sentidos.
- Permitem também **acessar os vizinhos do elemento atual**.

LISTAS DUPLAMENTE ENCADEADAS



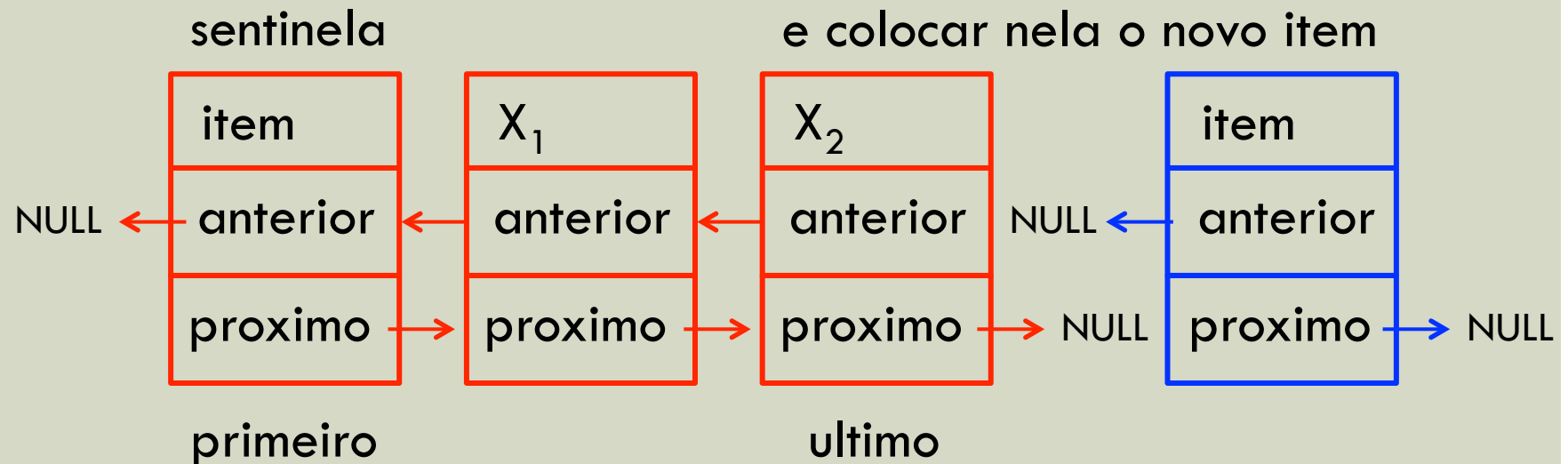
LISTAS DUPLAMENTE ENCADEADAS – OPERAÇÕES

Inserir no “final” da lista



LISTAS DUPLAMENTE ENCADEADAS – OPERAÇÕES

Inserir no “final” da lista

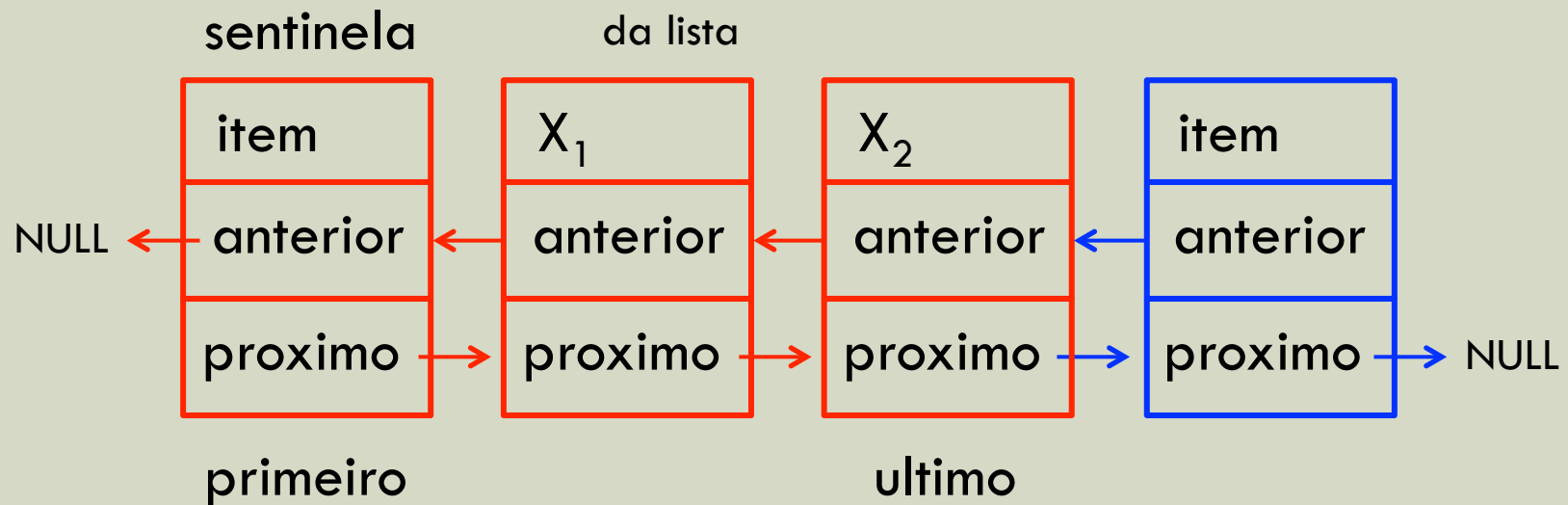


LISTAS DUPLAMENTE ENCADEADAS – OPERAÇÕES

Inserir no “final” da lista

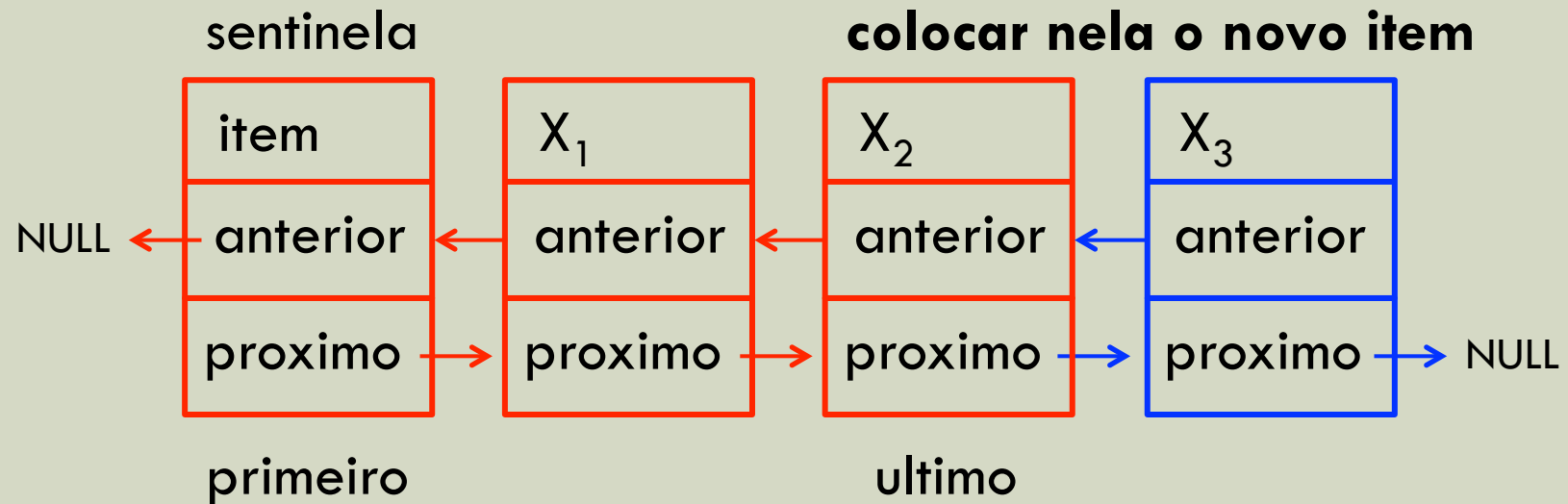
Criar uma célula nova, **ligá-la à célula referenciada por “último”** e colocar nela o novo item

“anterior” referencia o (até então) “último” elemento da lista



LISTAS DUPLAMENTE ENCADEADAS – OPERAÇÕES

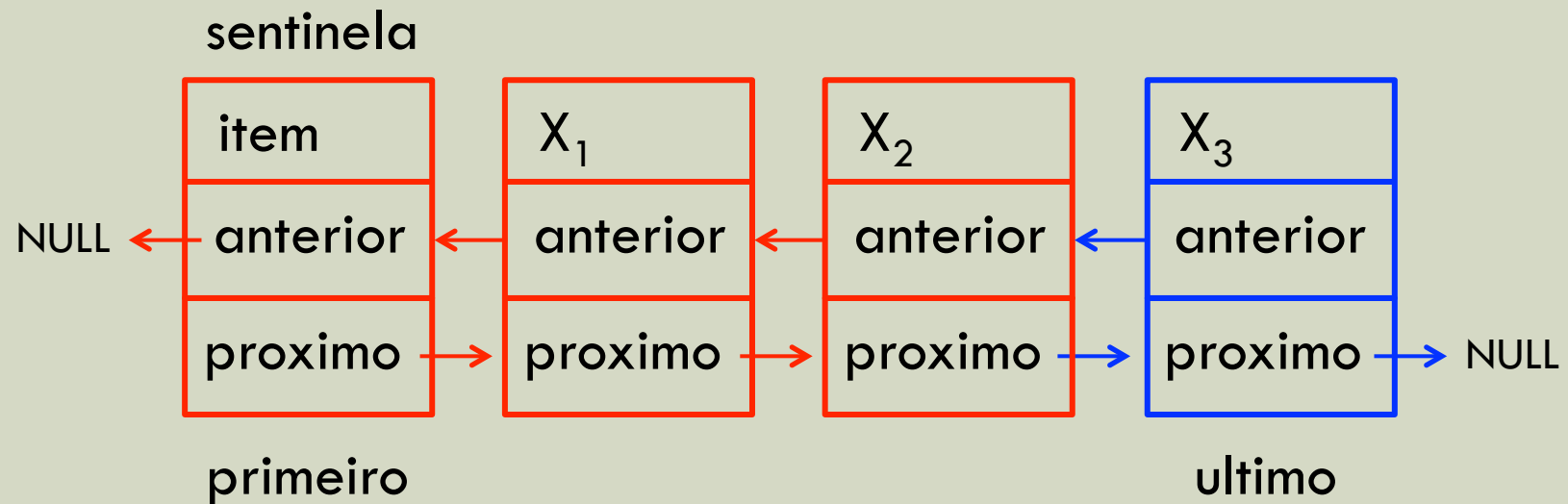
Inserir no “final” da lista



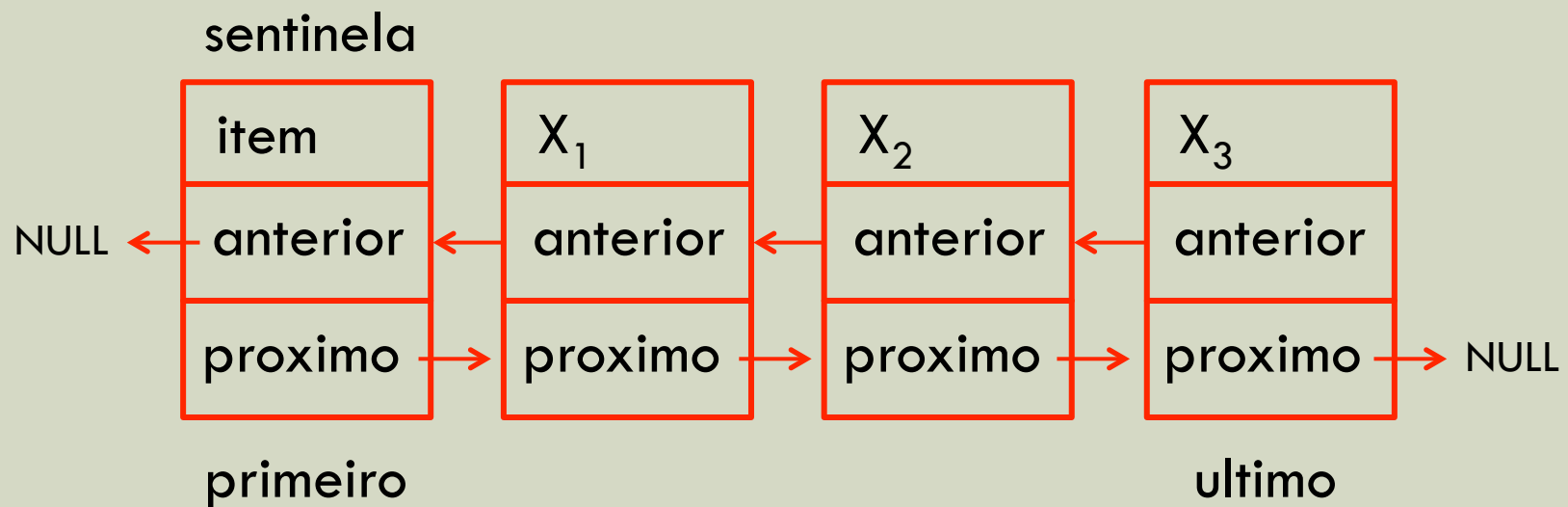
LISTAS DUPLAMENTE ENCADEADAS – OPERAÇÕES

Inserir no “final” da lista

Atualizar “último”



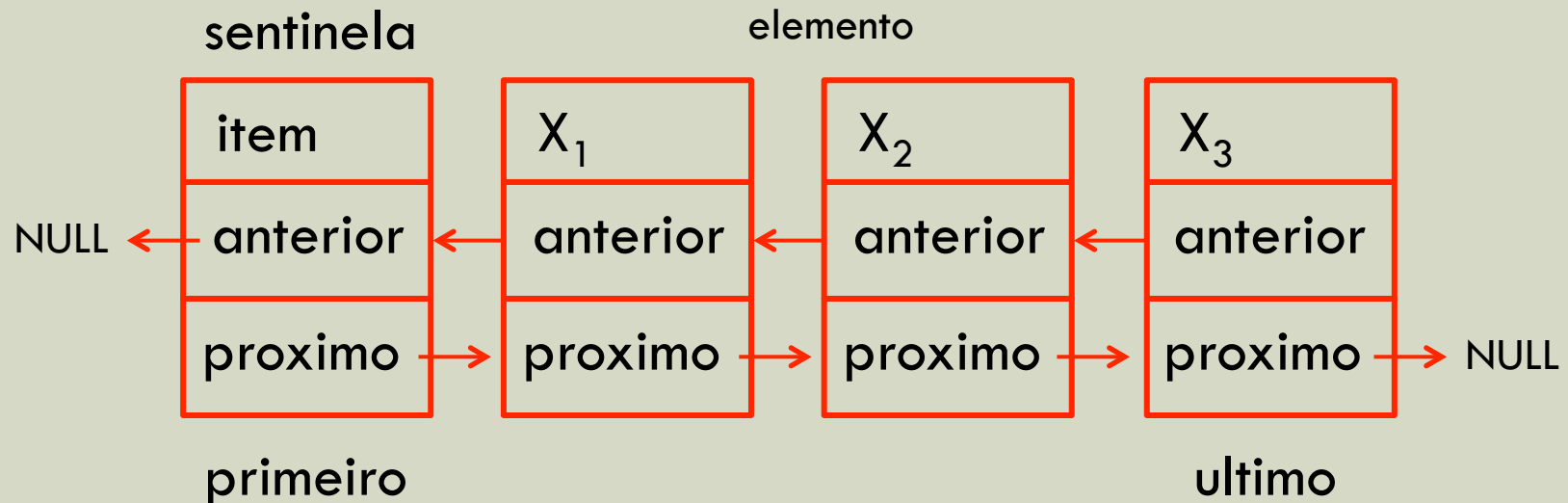
LISTAS DUPLAMENTE ENCADEADAS – OPERAÇÕES



LISTAS DUPLAMENTE ENCADEADAS – OPERAÇÕES

Remover no “final” da lista

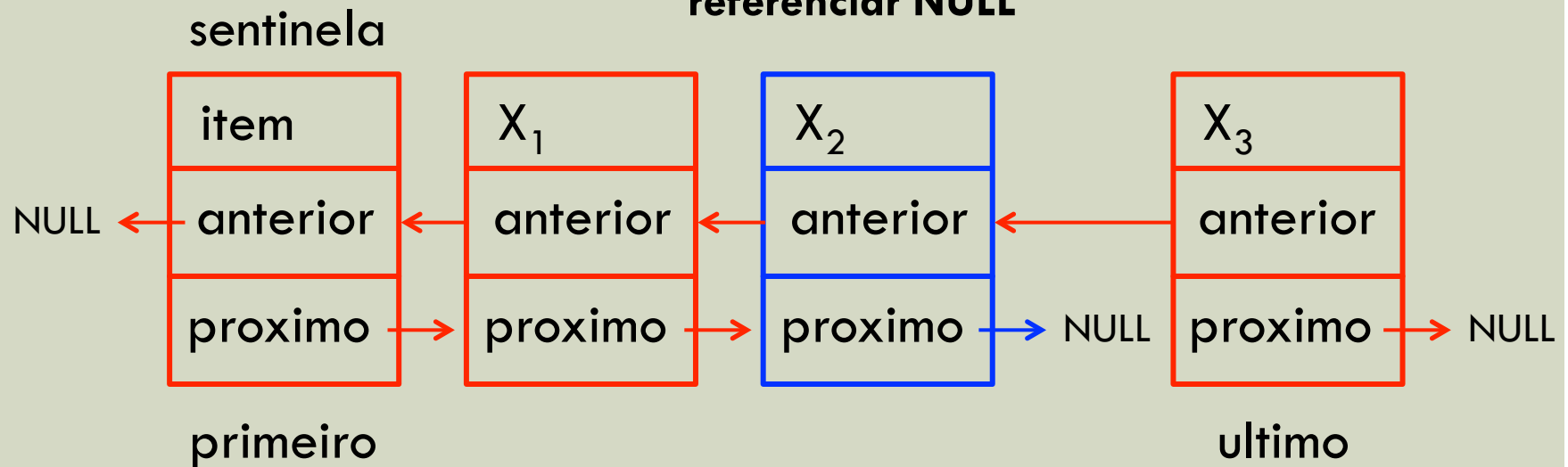
Operação simplificada, pois a **última célula da lista referencia sua predecessora**. Assim, nenhum laço é necessário para a remoção do último elemento



LISTAS DUPLAMENTE ENCADEADAS – OPERAÇÕES

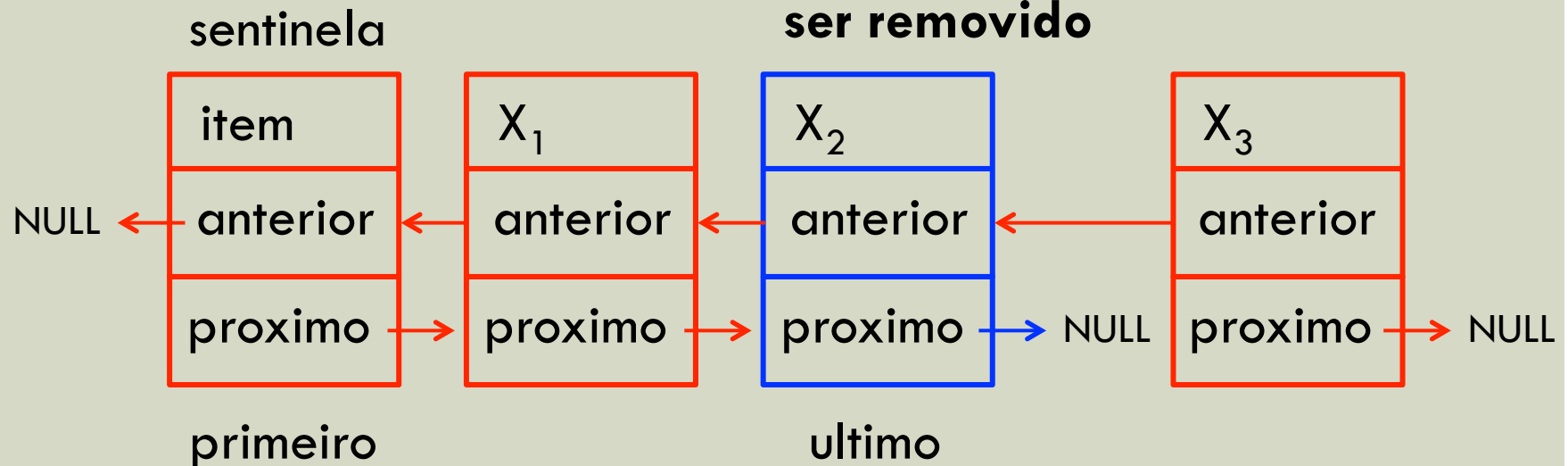
Remover no “final” da lista

Após recuperar o elemento a ser removido,
“**próximo**” do predecessor passa a
referenciar **NULL**



LISTAS DUPLAMENTE ENCADEADAS – OPERAÇÕES

Remover no “final” da lista

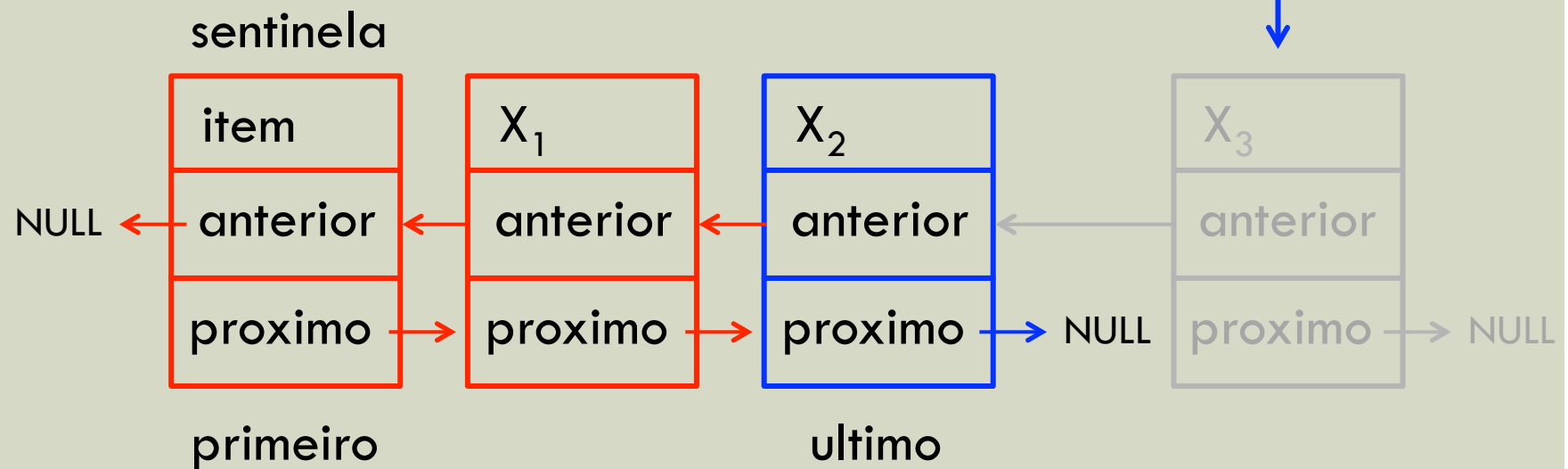


Atualizar “último” que passa a ser o **predecessor do elemento a ser removido**

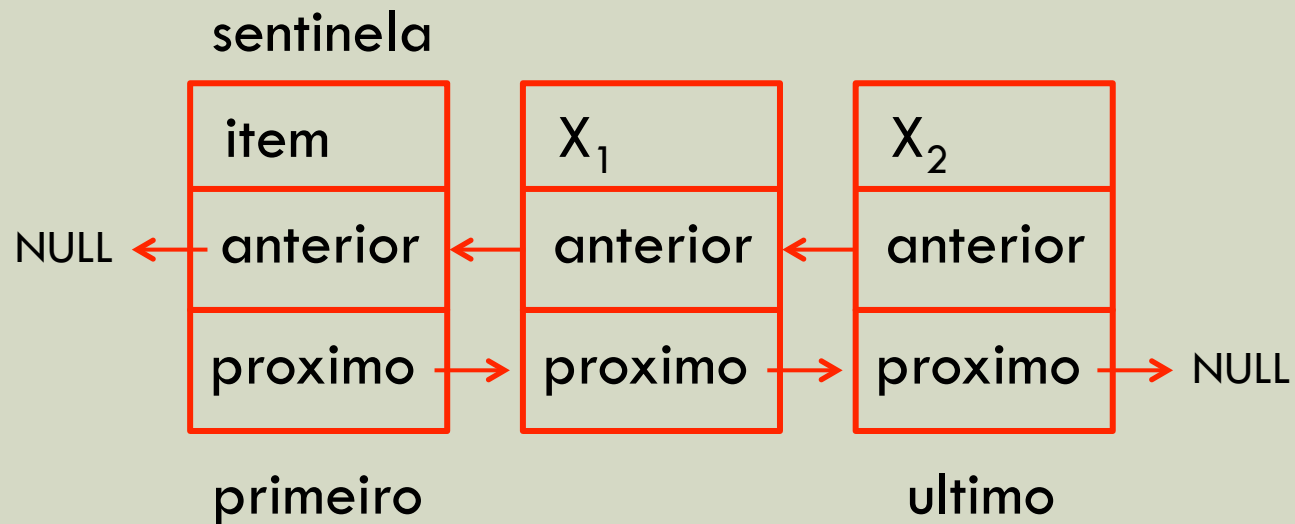
LISTAS DUPLAMENTE ENCADEADAS – OPERAÇÕES

Remover no “final” da lista

Inacessível a partir da lista



LISTAS DUPLAMENTE ENCADEADAS – OPERAÇÕES



LISTAS DUPLAMENTE ENCADEADAS – OPERAÇÕES

- Devido ao **acesso imediato à última célula** de uma lista duplamente encadeada e à **sua predecessora**;
- a operação de **remoção do último elemento** é executada **sem a necessidade de percorrer-se toda a lista**.

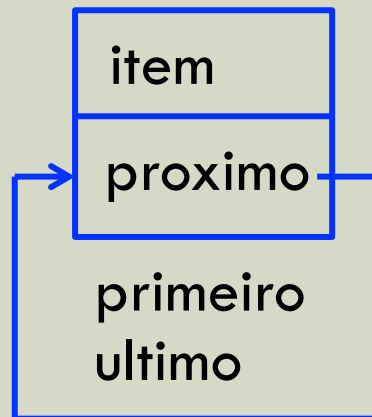
LISTAS CIRCULARES

- Listas cujas **células formam um anel**:
 - cada célula tem um sucessor;
 - o **sucessor do último elemento**;
 - é o **primeiro elemento** da lista.
- Diferença em relação às listas lineares:
 - variável “**próximo**” da **última célula**;
 - **referencia a primeira célula**;
 - ou invés de NULL.

LISTAS CIRCULARES – OPERAÇÕES

Lista circular vazia: “primeiro” e “último” referenciam a célula sentinela

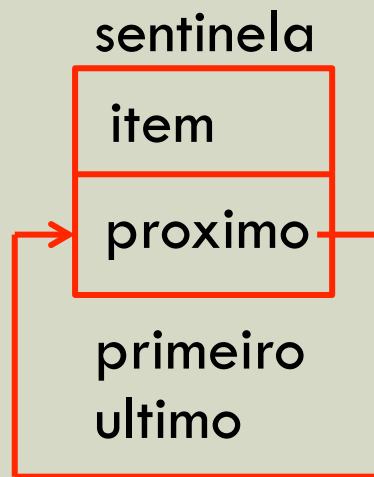
sentinela



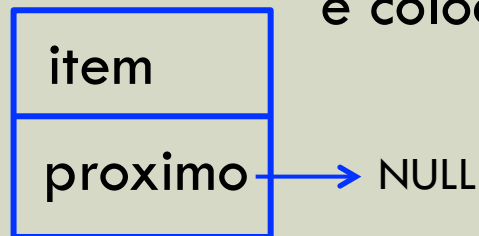
O sucessor do último elemento é o primeiro elemento da lista

LISTAS CIRCULARES – OPERAÇÕES

Inserir no “final” da lista

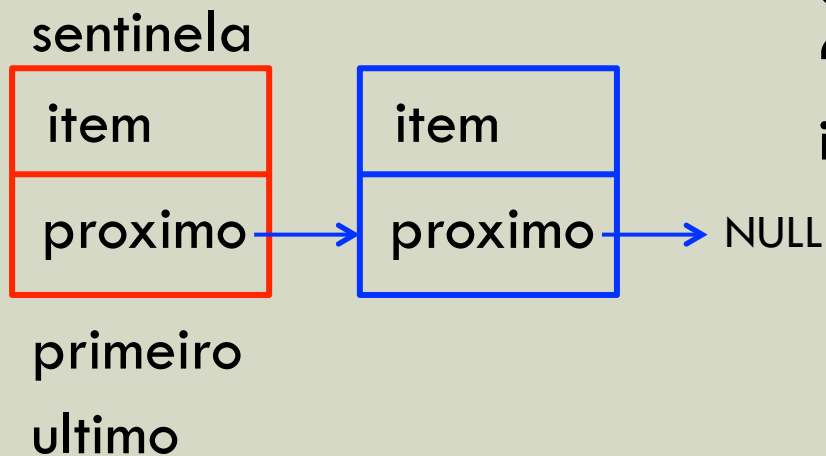


Criar uma célula nova, ligá-la à célula referenciada por “último” e colocar nela o novo item



LISTAS CIRCULARES – OPERAÇÕES

Inserir no “final” da lista

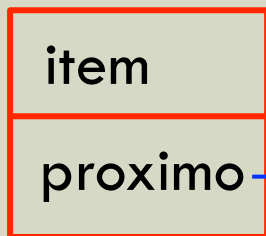


Criar uma célula nova, **ligá-la à célula referenciada por “último”** e colocar nela o novo item

LISTAS CIRCULARES – OPERAÇÕES

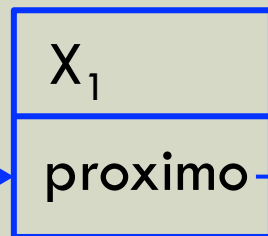
Inserir no “final” da lista

sentinela



primeiro

ultimo



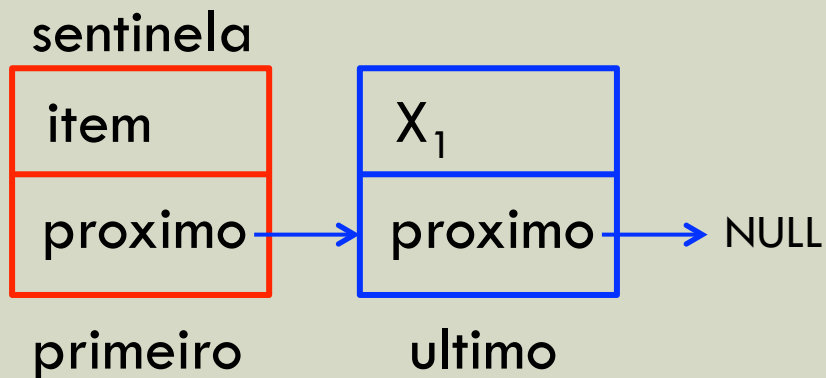
NULL

Criar uma célula nova, ligá-la à célula referenciada por “último” e **colocar nela o novo item**

LISTAS CIRCULARES – OPERAÇÕES

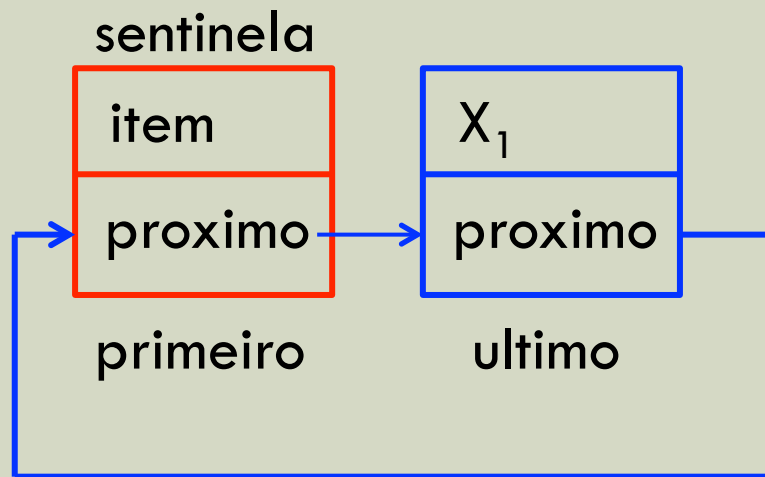
Inserir no “final” da lista

Atualizar “último”



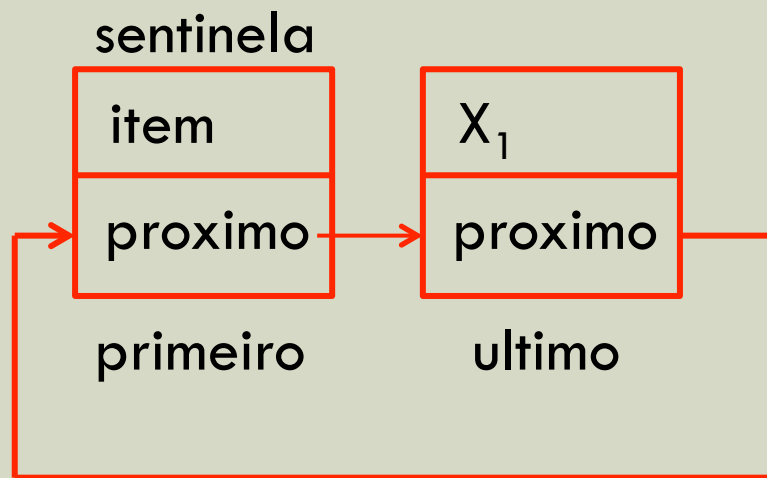
LISTAS CIRCULARES – OPERAÇÕES

Inserir no “final” da lista



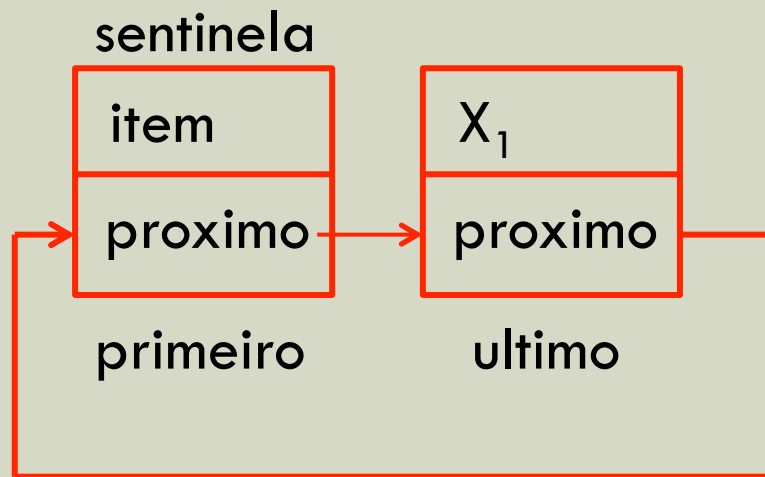
Atualizar o sucessor do último elemento, que passa a ser o primeiro elemento da lista

LISTAS CIRCULARES – OPERAÇÕES

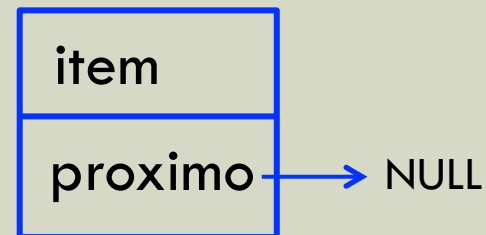


LISTAS CIRCULARES – OPERAÇÕES

Inserir no “final” da lista

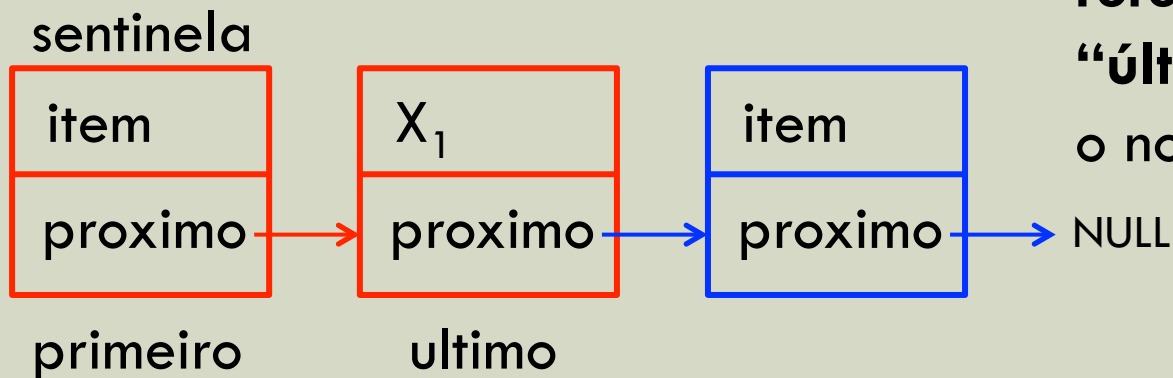


Criar uma célula nova, ligá-la à célula referenciada por “último” e colocar nela o novo item



LISTAS CIRCULARES – OPERAÇÕES

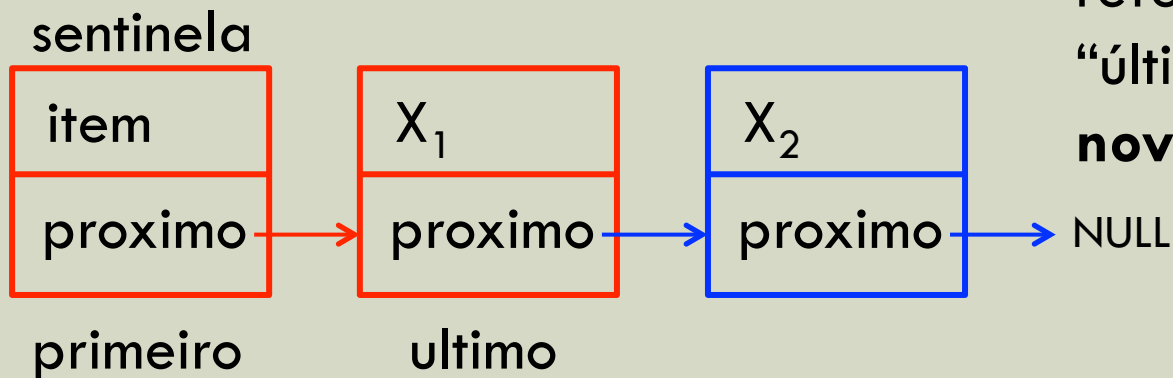
Inserir no “final” da lista



Criar uma célula nova,
ligá-la à célula
referenciada por
“último” e colocar nela
o novo item

LISTAS CIRCULARES – OPERAÇÕES

Inserir no “final” da lista

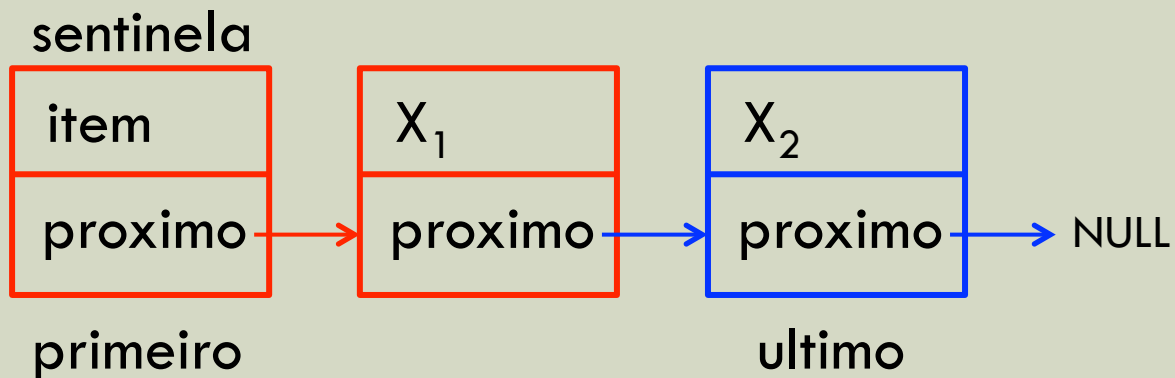


Criar uma célula nova,
ligá-la à célula
referenciada por
“último” e **colocar nela o
novo item**

LISTAS CIRCULARES – OPERAÇÕES

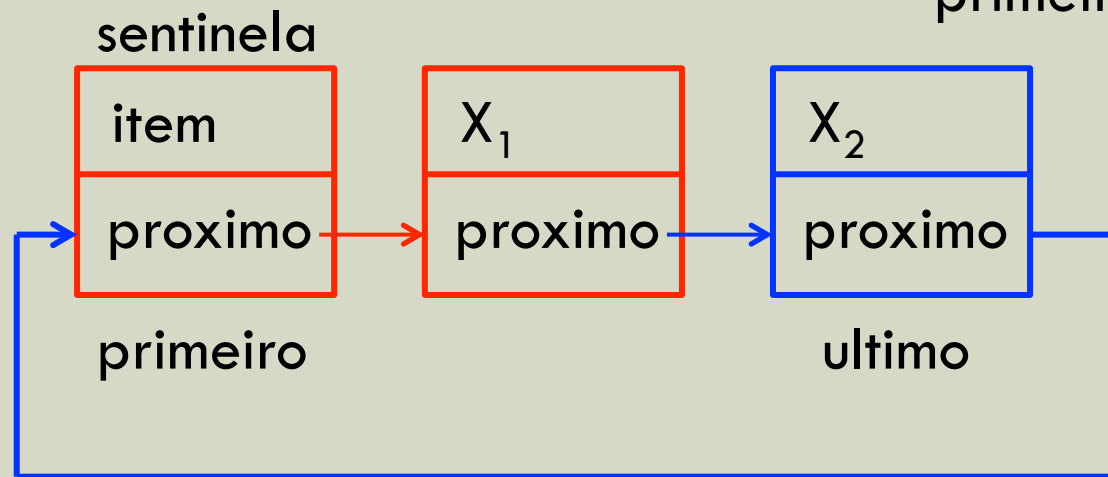
Inserir no “final” da lista

Atualizar “último”



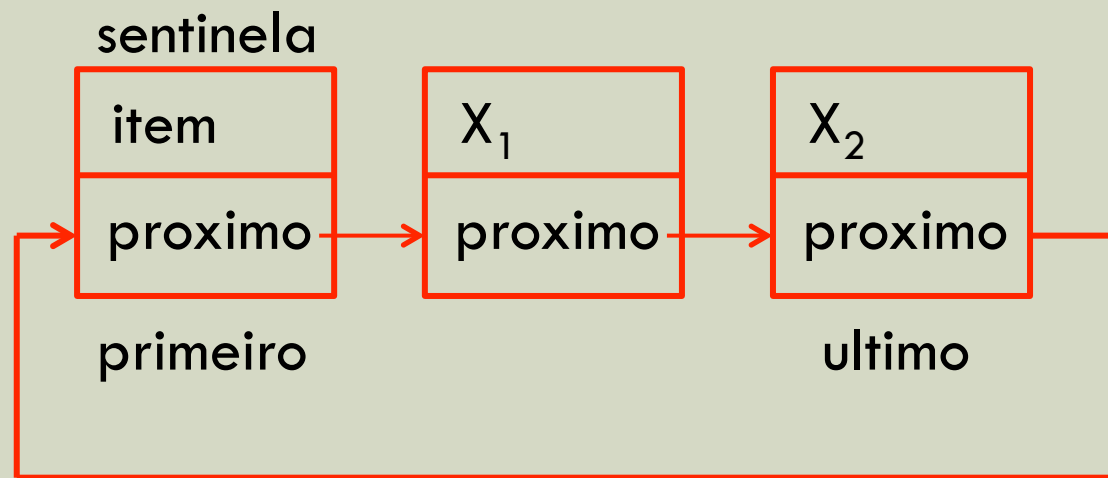
LISTAS CIRCULARES – OPERAÇÕES

Inserir no “final” da lista



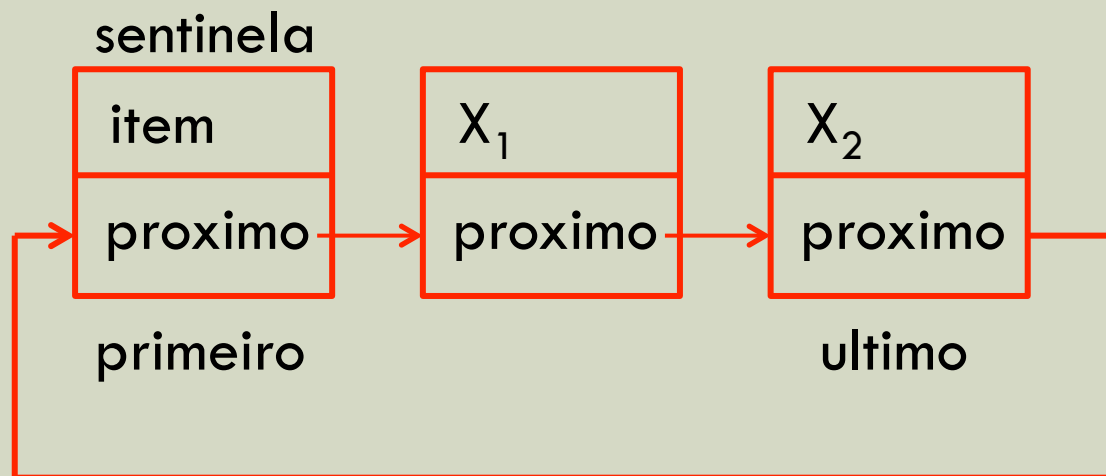
Atualizar o sucessor do último elemento, que passa a ser o primeiro elemento da lista

LISTAS CIRCULARES – OPERAÇÕES



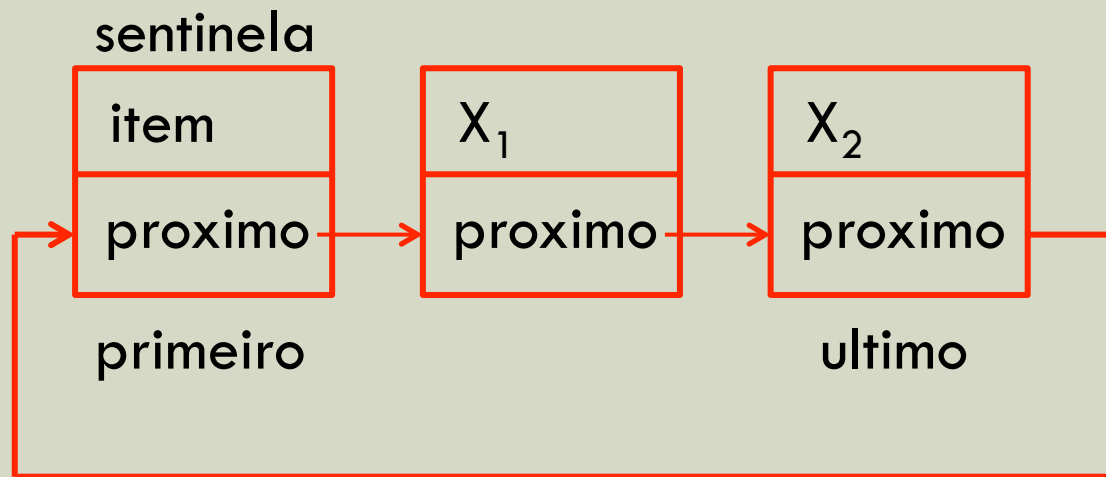
LISTAS CIRCULARES – OPERAÇÕES

Retirar no “final” da lista



LISTAS CIRCULARES – OPERAÇÕES

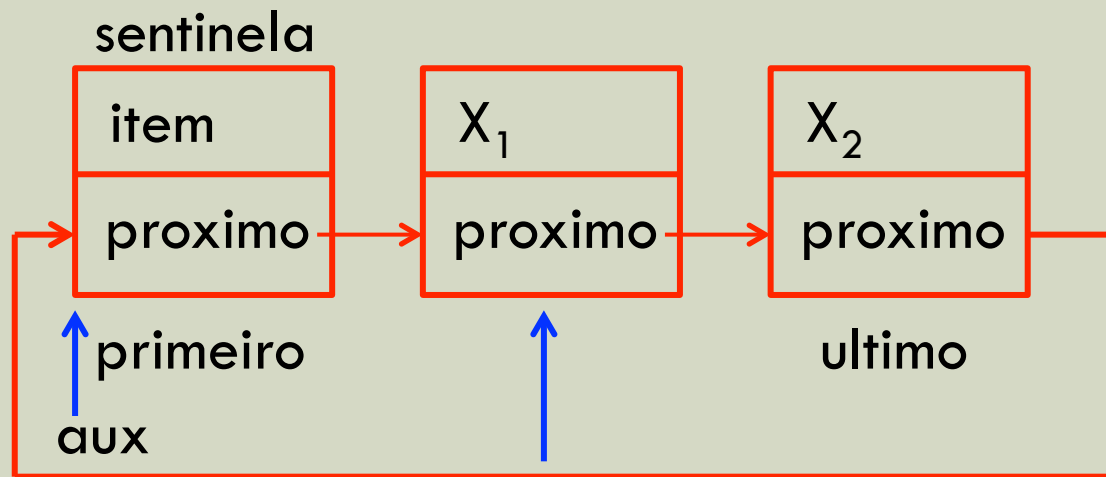
Retirar no “final” da lista



Localizar item que
será retirado e seu
predecessor

LISTAS CIRCULARES – OPERAÇÕES

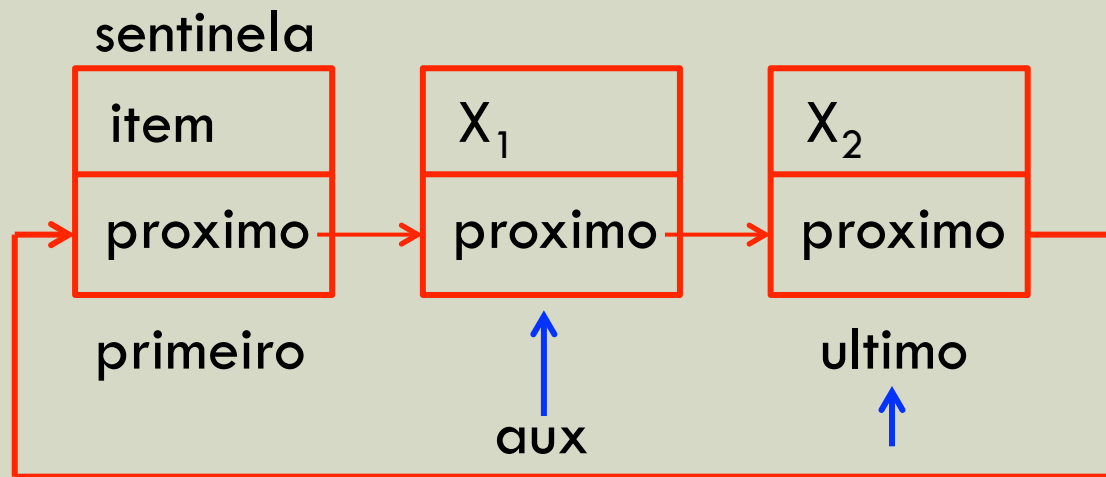
Retirar no “final” da lista



Localizar item que
será retirado e seu
predecessor

LISTAS CIRCULARES – OPERAÇÕES

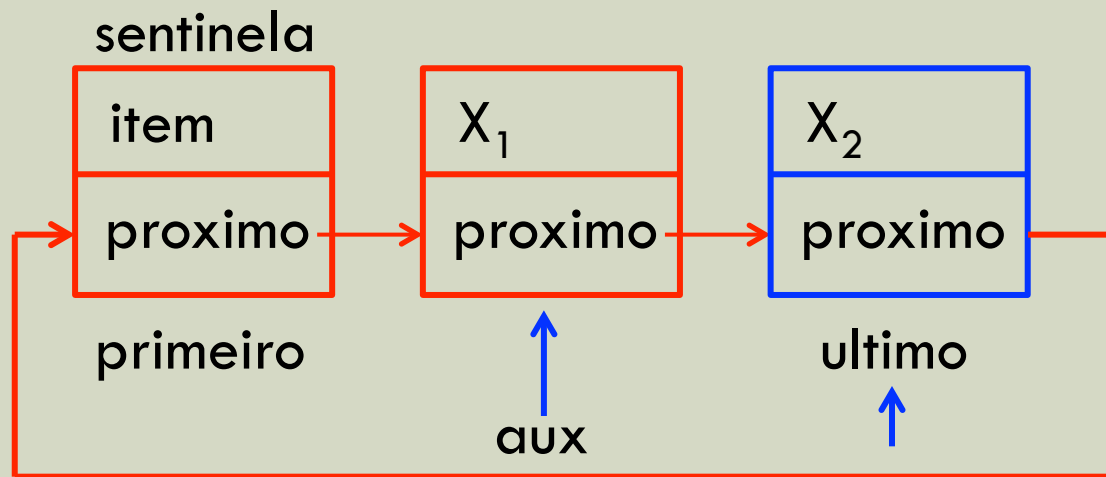
Retirar no “final” da lista



Localizar item que
será retirado e seu
predecessor

LISTAS CIRCULARES – OPERAÇÕES

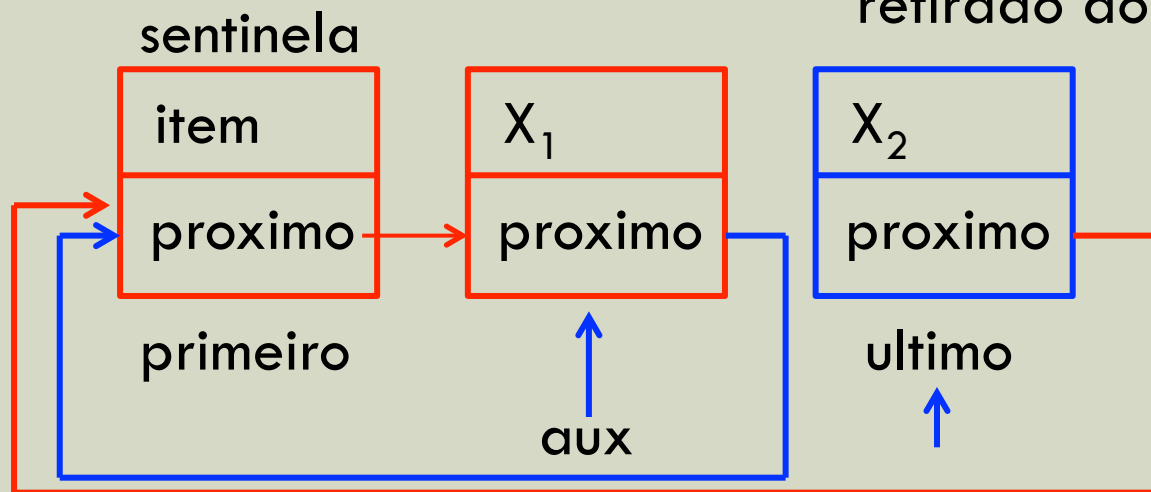
Retirar no “final” da lista



Localizar item que
será retirado e seu
predecessor

LISTAS CIRCULARES – OPERAÇÕES

Retirar no “final” da lista

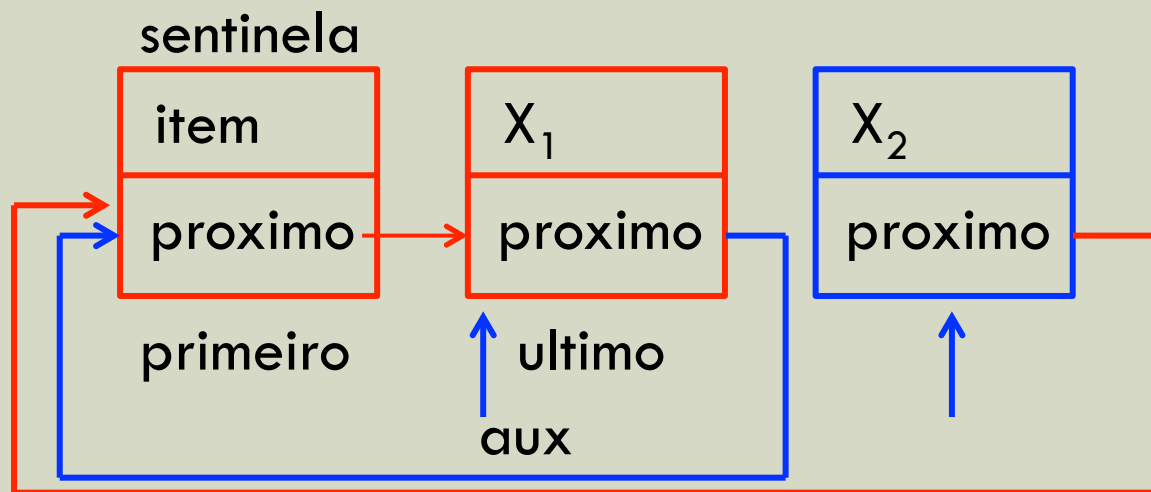


Atualizar referências, “ligando” o predecessor do elemento que será retirado ao primeiro elemento da lista

LISTAS CIRCULARES – OPERAÇÕES

Retirar no “final” da lista

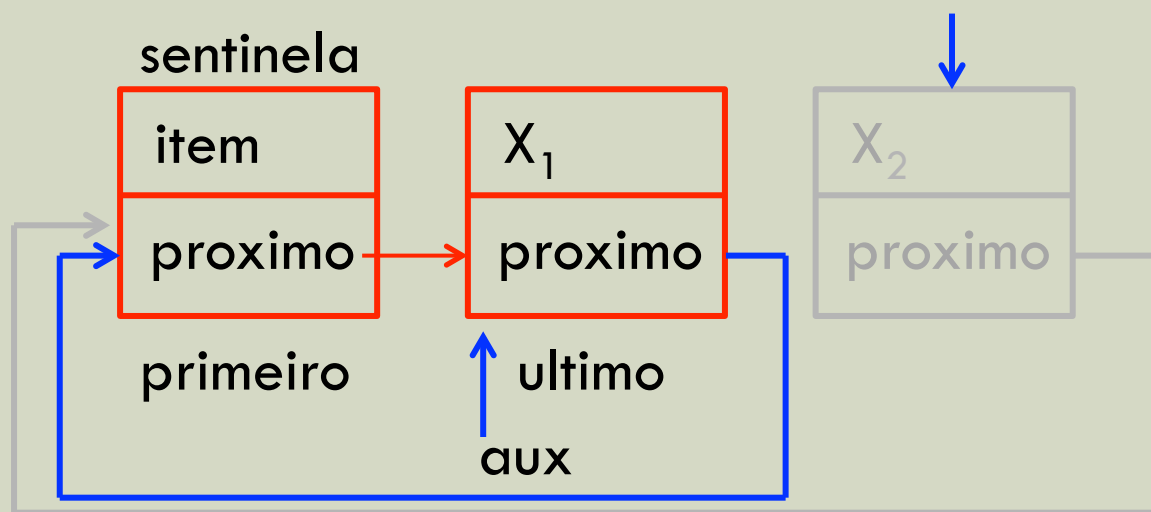
Atualizar “último”



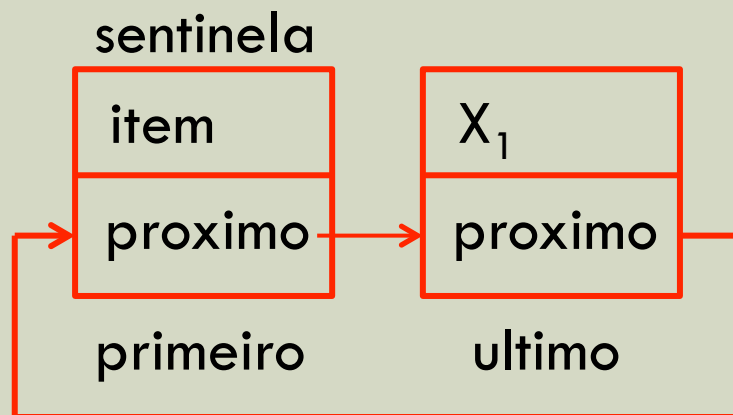
LISTAS CIRCULARES – OPERAÇÕES

Retirar no “final” da lista

Inacessível a partir da lista



LISTAS CIRCULARES – OPERAÇÕES



LISTAS CIRCULARES

- Como nas listas lineares, a **remoção da última célula requer que toda a lista seja percorrida.**
- No entanto, nas listas circulares é **possível acessar qualquer elemento a partir de qualquer posição da lista;**
 - uma vez que a partir do último elemento é possível acessar o primeiro.