# BCC202 - Estruturas de Dados I

## Aula 10: Listas (Parte II)

**Pedro Silva**

Universidade Federal de Ouro Preto, UFOP
Departamento de Computação, DECOM
Email: **silvap@edu.ufop.br**

2021

## Conteúdo

## Conteúdo

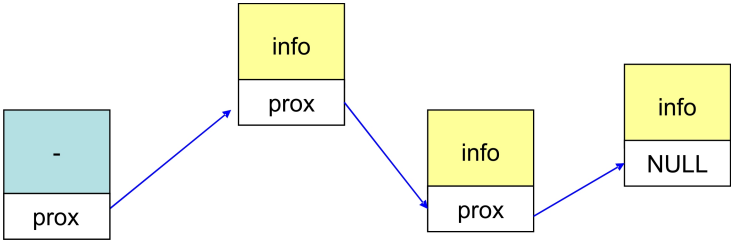
## Sobre Listas

- **Na última aula** (Parte 1):
  - Dois tipos de listas: implementadas por ARRAY e implementadas por PONTEIRO.
  - Exemplos de implementação de listas por ARRAY e operações relacionadas à implementação por PONTEIRO.
  - **Implementação por PONTEIRO** também é denominada de **Lista Encadeada** (ou **Lista Simplesmente Encadeada**).
- **Na aula de hoje** (Parte 2):
  - Três variações de Lista Encadeada: **COM Cabeça**, **SEM cabeça** e **Duplamente Encadeada**.
  - Exemplos de código de listas COM e SEM cabeça.
  - Conceitos de lista Duplamente Encadeada.

## Conteúdo

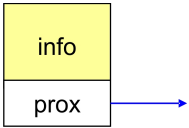
## Lista Encadeada COM cabeça: Características

- Tamanho da lista não é pré-definido.
- Cada elemento (célula) guarda quem é o próximo.
- Elementos não estão contíguos na memória.



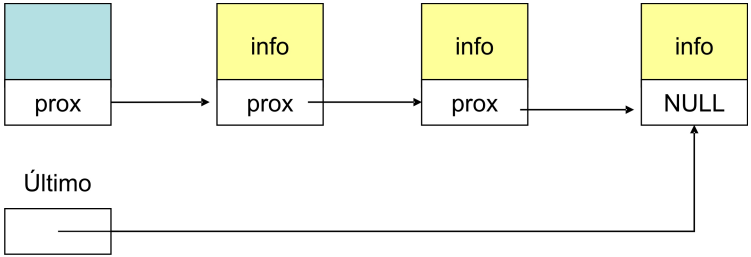
## Lista Encadeada COM cabeça: Elementos

- **Elemento da lista (Célula)**:
  - Armazena as informações sobre cada elemento.
  - Aponta para o próximo elemento.
- Assim, é definido como uma estrutura que possui:
  - Campos representando as informações do elemento.
  - Ponteiro para o próximo elemento.



## Lista Encadeada COM cabeça: Elementos

- Uma lista pode ter uma célula **cabeça**, antecedendo o primeiro elemento.
- Pode possuir também um apontador para o **último** elemento.



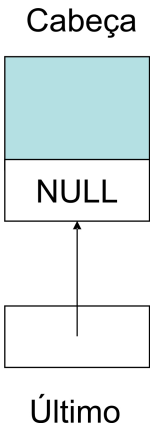
# Lista Encadeada COM cabeça: Estruturas básicas

```
1  typedef struct {
2    /* Componentes de um item: "info" */
3  } TItem;
4
5  typedef struct celula {
6    struct celula *pProx;
7    TItem item;
8  } TCelula;
9
10 typedef struct {
11   TCelula *pPrimeiro, *pUltimo;
12 } TLista;
```

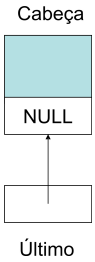
# Lista Encadeada COM cabeça: Operações básicas

```
14 /* Procedimentos e funções basicas da TAD */
15 void TLista_Inicia(TLista *pLista);
16 int TLista_EhVazia(TLista *pLista);
17 int TLista_Insere(TLista *pLista, TItem x);
18 int TLista_RetiraPrimeiro(TLista *pLista, TItem *pX);
19 void TLista_Imprime(TLista *pLista);
```

# Lista Encadeada COM cabeça: Criar Lista Vazia

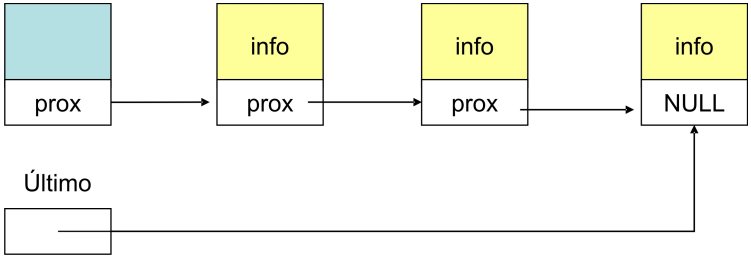


# Lista Encadeada COM cabeça: Lista Vazia



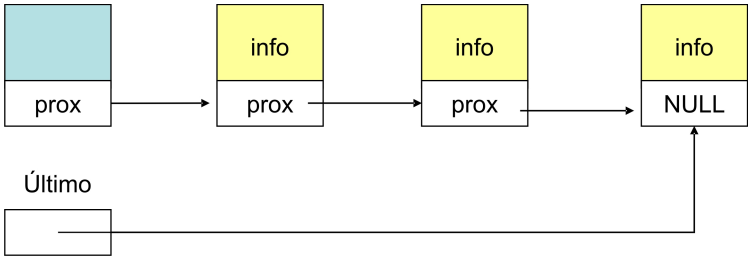

```
21 /* Inicia as variáveis da lista */
22 void TLista_Inicia(TLista *pLista) {
23   pLista->pPrimeiro = (TCelula*) malloc(sizeof(TCelula));
24   pLista->pUltimo = pLista->pPrimeiro;
25   pLista->pPrimeiro->pProx = NULL;
26 }
27
28 /* Retorna se a lista é vazia */
29 int TLista_EhVazia(TLista *pLista) {
30   return (pLista->pPrimeiro == pLista->pUltimo);
31 }
```

# Lista Encadeada COM cabeça: INSERÇÃO de Novos Elementos



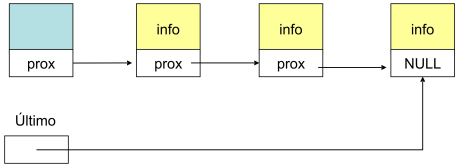

- 3 opções de posição onde se pode inserir:
  - Primeira posição.
  - Última posição.
  - Após um elemento `E`.

# Lista Encadeada COM cabeça: INSERÇÃO de Novos Elementos



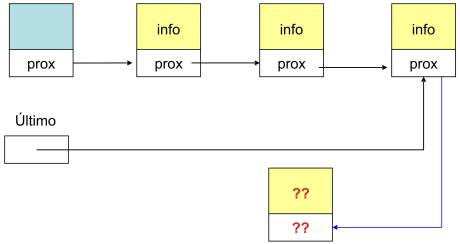

- 3 opções de posição onde se pode inserir:
  - Primeira posição.
  - Última posição.
  - Após um elemento E.

# Lista Encadeada COM cabeça: INSERÇÃO na Última Posição



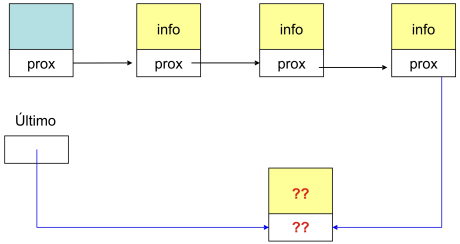

```
33 /* Insere um item no final da lista */
34 int TLista_Insere(TLista *pLista, TItem x) {
35   pLista->pUltimo->pProx=(TCelula*)malloc(sizeof(TCelula));
36   pLista->pUltimo = pLista->pUltimo->pProx;
37   pLista->pUltimo->Item = x;
38   pLista->pUltimo->pProx = NULL;
39   return 1;
40 }
```

# Lista Encadeada COM cabeça: INSERÇÃO na Última Posição



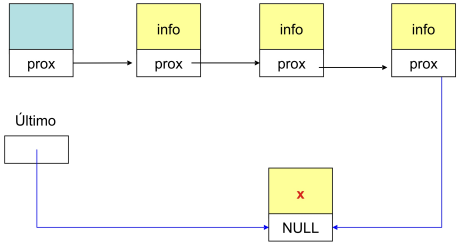

```
33 /* Insere um item no final da lista */
34 int TLista_Insere(TLista *pLista, TItem x) {
35   pLista->pUltimo->pProx=(TCelula*)malloc(sizeof(TCelula));
36   pLista->pUltimo = pLista->pUltimo->pProx;
37   pLista->pUltimo->Item = x;
38   pLista->pUltimo->pProx = NULL;
39   return 1;
40 }
```

# Lista Encadeada COM cabeça: INSERÇÃO na Última Posição



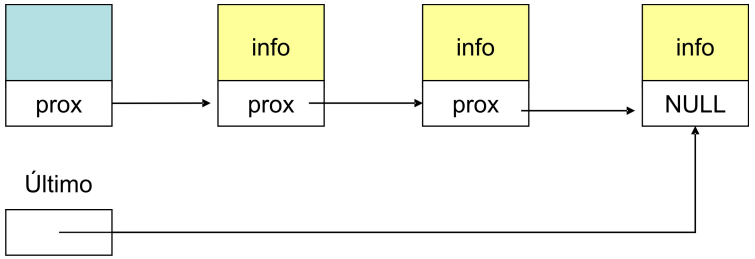

```
33 /* Insere um item no final da lista */
34 int TLista_Insere(TLista *pLista, TItem x) {
35   pLista->pUltimo->pProx=(TCelula*)malloc(sizeof(TCelula));
36   pLista->pUltimo = pLista->pUltimo->pProx;
37   pLista->pUltimo->Item = x;
38   pLista->pUltimo->pProx = NULL;
39   return 1;
40 }
```

# Lista Encadeada COM cabeça: INSERÇÃO na Última Posição



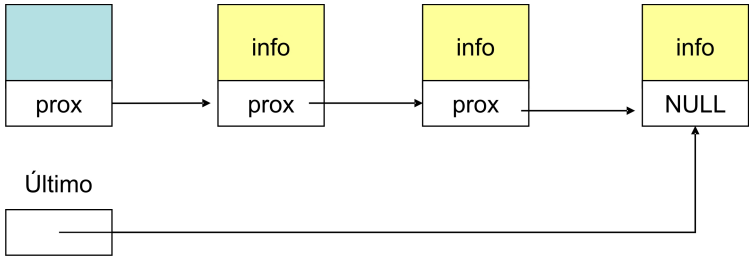

```
33 /* Insere um item no final da lista */
34 int TLista_Insere(TLista *pLista, TItem x) {
35   pLista->pUltimo->pProx=(TCelula*)malloc(sizeof(TCelula));
36   pLista->pUltimo = pLista->pUltimo->pProx;
37   pLista->pUltimo->Item = x;
38   pLista->pUltimo->pProx = NULL;
39   return 1;
40 }
```

# Lista Encadeada COM cabeça: RETIRADA de Elementos



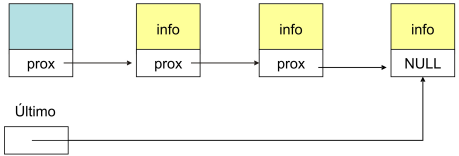

- 3 opções de posição onde se pode retirar:
  - Primeira posição.
  - Última posição.
  - Um elemento E.

# Lista Encadeada COM cabeça: RETIRADA de Elementos



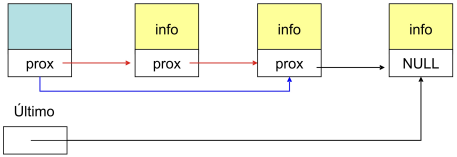

- 3 opções de posição onde se pode retirar:
  - Primeira posição.
  - Última posição.
  - Um elemento E.

# Lista Encadeada COM cabeça: RETIRADA na Primeira Posição



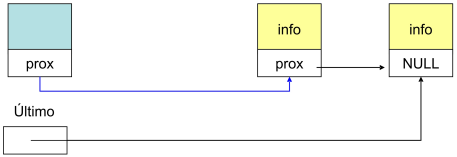

```
41 /* Retira o primeiro item da lista, retornando-o em *px */
42 int TLista_RetiraPrimeiro(TLista *pLista, TItem *pX) {
43   if (TLista_EhVazia(pLista))
44     return 0;
45   TCelula *pAux;
46   pAux = pLista->pPrimeiro->pProx;
47   *pX = pAux->item;
48   pLista->pPrimeiro->pProx = pAux->pProx;
49   free(pAux);
50   return 1;
51 }
```

# Lista Encadeada COM cabeça: RETIRADA na Primeira Posição




```
41 /* Retira o primeiro item da lista, retornando-o em *px */
42 int TLista_RetiraPrimeiro(TLista *pLista, TItem *pX) {
43   if (TLista_EhVazia(pLista))
44     return 0;
45   TCelula *pAux;
46   pAux = pLista->pPrimeiro->pProx;
47   *pX = pAux->item;
48   pLista->pPrimeiro->pProx = pAux->pProx;
49   free(pAux);
50   return 1;
51 }
```

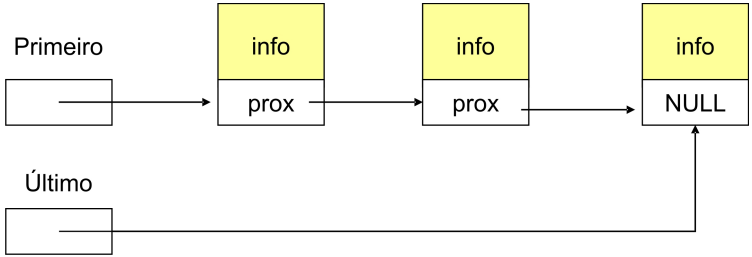
# Lista Encadeada COM cabeça: RETIRADA na Primeira Posição




```
41 /* Retira o primeiro item da lista, retornando-o em *px */
42 int TLista_RetiraPrimeiro(TLista *pLista, TItem *pX) {
43   if (TLista_EhVazia(pLista))
44     return 0;
45   TCelula *pAux;
46   pAux = pLista->pPrimeiro->pProx;
47   *pX = pAux->item;
48   pLista->pPrimeiro->pProx = pAux->pProx;
49   free(pAux);
50   return 1;
51 }
```

## Lista Encadeada SEM cabeça: Características

- Se diferencia da lista COM cabeça apenas pelo fato de que não possui a célula **cabeça**, mas apenas um apontador para o primeiro elemento.



# Lista Encadeada SEM cabeça: Estruturas básicas

```
1  typedef struct {
2    /* Componentes de um item: "info" */
3  } TItem;
4
5  typedef struct celula {
6    struct celula *pProx;
7    TItem item;
8  } TCelula;
9
10 typedef struct {
11   TCelula *pPrimeiro, *pUltimo;
12 } TLista;
```

# Lista Encadeada SEM cabeça: Operações básicas

```
14 /* Procedimentos e funções basicas da TAD */
15 void TLista_Inicia(TLista *pLista);
16 int TLista_EhVazia(TLista *pLista);
17 int TLista_Insere(TLista *pLista, TItem x);
18 int TLista_RetiraPrimeiro(TLista *pLista, TItem *pX);
19 void TLista_Imprime(TLista *pLista);
```

# Lista Encadeada SEM cabeça: Lista Vazia

```
21 /* Inicia as variáveis da lista */
22 void TLista_Inicia(TLista *pLista) {
23   pLista->pPrimeiro = NULL;
24   pLista->pUltimo = NULL;
25 }
26
27 /* Retorna se a lista é vazia */
28 int TLista_EhVazia(TLista *pLista) {
29   return (pLista->pPrimeiro == NULL);
30 }
```

Na lista COM Cabeça tínhamos um código ligeiramente diferente:

```
21 /* Inicia as variáveis da lista */
22 void TLista_Inicia(TLista *pLista) {
23   pLista->pPrimeiro = (TCelula*) malloc(sizeof(TCelula));
24   pLista->pUltimo = pLista->pPrimeiro;
25   pLista->pPrimeiro->pProx = NULL;
26 }
27
28 /* Retorna se a lista é vazia */
29 int TLista_EhVazia(TLista *pLista) {
30   return (pLista->pPrimeiro == pLista->pUltimo);
31 }
```

# Lista Encadeada SEM cabeça: Lista Vazia

```
21 /* Inicia as variáveis da lista */
22 void TLista_Inicia(TLista *pLista) {
23   pLista->pPrimeiro = NULL;
24   pLista->pUltimo = NULL;
25 }
26
27 /* Retorna se a lista é vazia */
28 int TLista_EhVazia(TLista *pLista) {
29   return (pLista->pPrimeiro == NULL);
30 }
```

Na lista COM Cabeça tínhamos um código ligeiramente diferente:

```
21 /* Inicia as variáveis da lista */
22 void TLista_Inicia(TLista *pLista) {
23   pLista->pPrimeiro = (TCelula*) malloc(sizeof(TCelula));
24   pLista->pUltimo = pLista->pPrimeiro;
25   pLista->pPrimeiro->pProx = NULL;
26 }
27
28 /* Retorna se a lista é vazia */
29 int TLista_EhVazia(TLista *pLista) {
30   return (pLista->pPrimeiro == pLista->pUltimo);
31 }
```

# Lista Encadeada SEM cabeça: INSERÇÃO na Última Posição

```
32 /* Insere um item no final da lista */
33 int TLista_Insere(TLista *pLista, TItem x) {
34   TCelula *novo = (TCelula*)malloc(sizeof(TCelula));
35   novo->Item = x;
36   novo->pProx = NULL;
37   if (TLista_EhVazia(pLista)) {
38     pLista->pPrimeiro = novo;
39     pLista->pUltimo = novo;
40   } else {
41     pLista->pUltimo->pProx = novo;
42     pLista->pUltimo = novo;
43   }
44 }
```

Na lista COM Cabeça tínhamos um código muito diferente (mais simples):

```
33 /* Insere um item no final da lista */
34 int TLista_Insere(TLista *pLista, TItem x) {
35   pLista->pUltimo->pProx=(TCelula*)malloc(sizeof(TCelula));
36   pLista->pUltimo = pLista->pUltimo->pProx;
37   pLista->pUltimo->Item = x;
38   pLista->pUltimo->pProx = NULL;
39 }
```

# Lista Encadeada SEM cabeça: INSERÇÃO na Última Posição

```
32 /* Insere um item no final da lista */
33 int TLista_Insere(TLista *pLista, TItem x) {
34   TCelula *novo = (TCelula*)malloc(sizeof(TCelula));
35   novo->Item = x;
36   novo->pProx = NULL;
37   if (TLista_EhVazia(pLista)) {
38     pLista->pPrimeiro = novo;
39     pLista->pUltimo = novo;
40   } else {
41     pLista->pUltimo->pProx = novo;
42     pLista->pUltimo = novo;
43   }
44 }
```

Na lista COM Cabeça tínhamos um código muito diferente (mais simples):

```
33 /* Insere um item no final da lista */
34 int TLista_Insere(TLista *pLista, TItem x) {
35   pLista->pUltimo->pProx=(TCelula*)malloc(sizeof(TCelula));
36   pLista->pUltimo = pLista->pUltimo->pProx;
37   pLista->pUltimo->Item = x;
38   pLista->pUltimo->pProx = NULL;
39 }
```

# Lista Encadeada SEM cabeça: RETIRADA na Primeira Posição

```
40 /* Retira o primeiro item da lista */
41 int TLista_RetiraPrimeiro(TLista *pLista, TItem *pX) {
42   if (TLista_EhVazia(pLista))
43     return 0;
44   TCelula *pAux;
45   pAux = pLista->pPrimeiro->pProx;
46   *pX = pAux->item;
47   pLista->pPrimeiro->pProx = pAux->pProx;
48   free(pAux);
49   return 1;
50 }
```

Na lista COM Cabeça tínhamos um código exatamente igual:

```
41 /* Retira o primeiro item da lista, retornando-o em *pX */
42 int TLista_RetiraPrimeiro(TLista *pLista, TItem *pX) {
43   if (TLista_EhVazia(pLista))
44     return 0;
45   TCelula *pAux;
46   pAux = pLista->pPrimeiro->pProx;
47   *pX = pAux->item;
48   pLista->pPrimeiro->pProx = pAux->pProx;
49   free(pAux);
50   return 1;
51 }
```

# Lista Encadeada SEM cabeça: RETIRADA na Primeira Posição

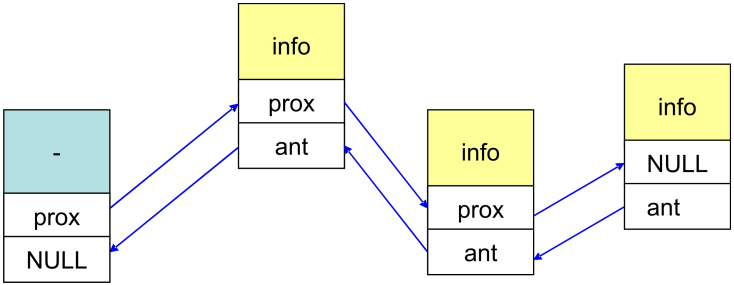
```
40 /* Retira o primeiro item da lista */
41 int TLista_RetiraPrimeiro(TLista *pLista, TItem *pX) {
42   if (TLista_EhVazia(pLista))
43     return 0;
44   TCelula *pAux;
45   pAux = pLista->pPrimeiro->pProx;
46   *pX = pAux->item;
47   pLista->pPrimeiro->pProx = pAux->pProx;
48   free(pAux);
49   return 1;
50 }
```

Na lista COM Cabeça tínhamos um código exatamente igual:

```
41 /* Retira o primeiro item da lista, retornando-o em *px */
42 int TLista_RetiraPrimeiro(TLista *pLista, TItem *pX) {
43   if (TLista_EhVazia(pLista))
44     return 0;
45   TCelula *pAux;
46   pAux = pLista->pPrimeiro->pProx;
47   *pX = pAux->item;
48   pLista->pPrimeiro->pProx = pAux->pProx;
49   free(pAux);
50   return 1;
```

## Lista Duplamente Encadeada: Características

- Se diferencia das anteriores pelo fato de que cada elemento aponta para os elementos anterior e posterior a ele.




- Muito útil quando ocorrem muitas inserções e remoções, principalmente de elementos intermediários.

## Lista Duplamente Encadeada: Variações

- Existem muitas variações da lista duplamente encadeada, muitas delas servem também para a lista encadeada. Alguns exemplos:
  - **Com sentinelas**: possui dois elementos especiais, que não armazenam dados, os **sentinelas**, a **cabeça** da lista (***head***) e a **cauda** (***tail***). O elemento anterior da cabeça aponta sempre para NULL enquanto que no nó cauda quem aponta para NULL é próximo.
  - **Circular**: conhecida como circular pois o primeiro elemento aponta para o último e vice-versa, formando assim um círculo lógico. pode ser implementado com sentinela ou não.

## Conteúdo

## Conclusão

- Nesta aula tivemos contato com novos exemplos de implementação da estrutura de dados **Lista**.
- O entendimento dos conceitos e das implementações apresentadas nas duas aulas sobre este tópico são muito importantes para o entendimento das estruturas de dados que estão por vir.
- *Próxima aula*: Pilhas.
- Dúvidas?

## Conteúdo

## Exercício 01

- Implemente uma TAD Lista Duplamente Encadeada considerando as mesmas operações implementadas para as listas encadeadas.