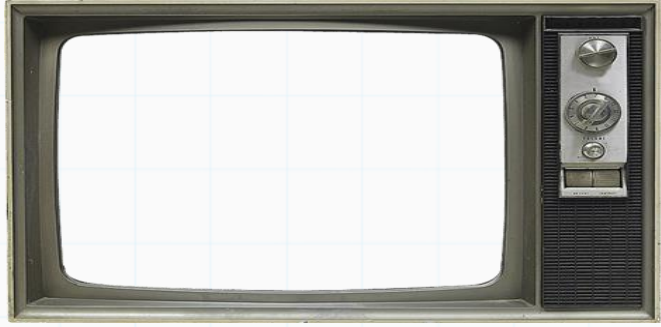
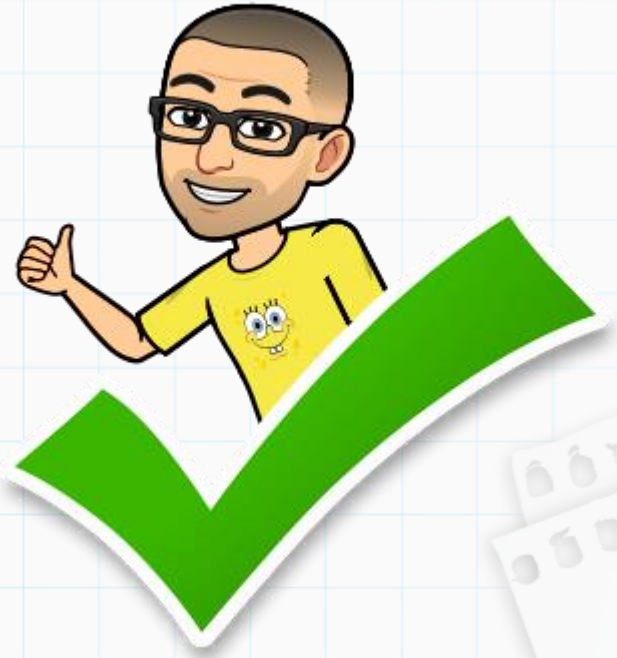
Programação Estruturada



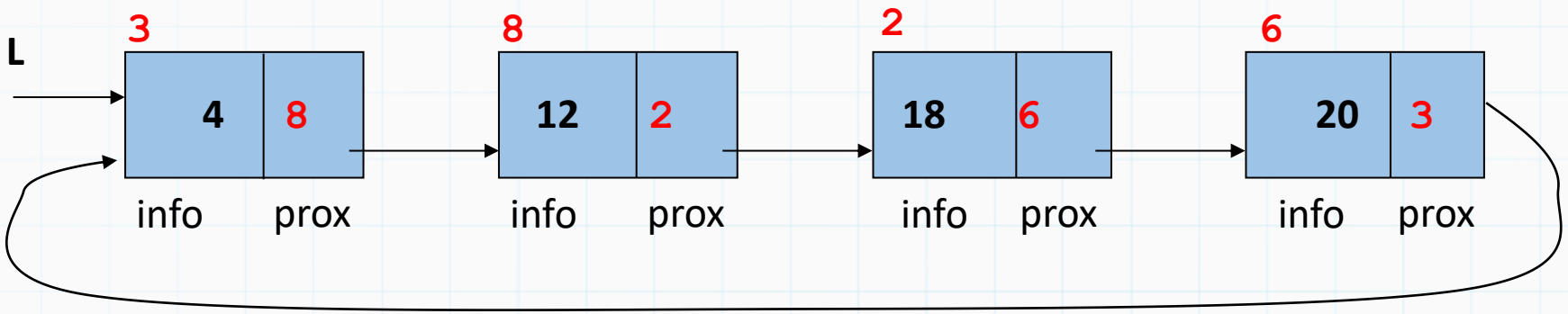
Professor : Yuri Frota

yuri@ic.uff.br



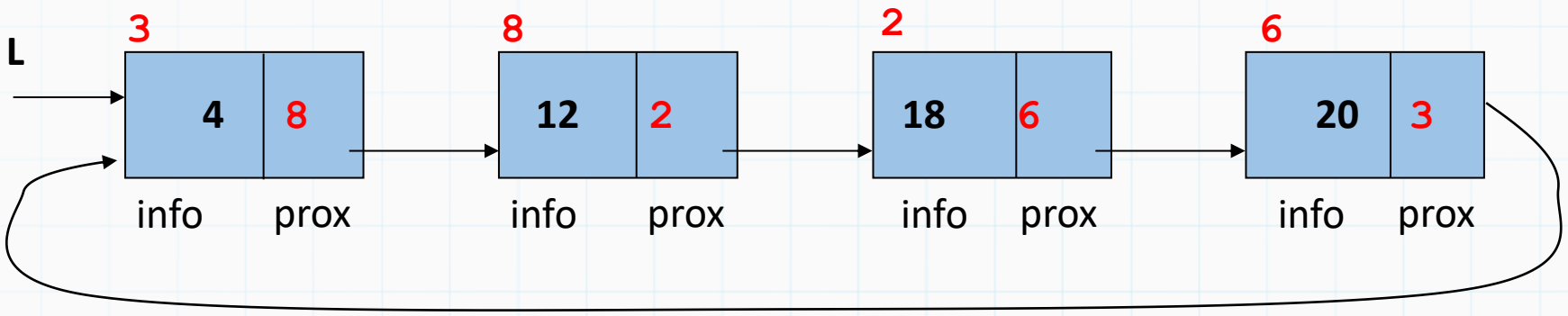
Listas Circulares

É uma lista circular encadeada, o último nó da lista aponta para o primeiro (na verdade não existe nem último nem primeiro pois é circular) Dizemos que o ponteiro aponta para a cabeça da lista, e não para o inicio.



Listas Circulares

É uma lista circular encadeada, o último nó da lista aponta para o primeiro (na verdade não existe nem último nem primeiro pois é circular) Dizemos que o ponteiro aponta para a cabeça da lista, e não para o inicio.

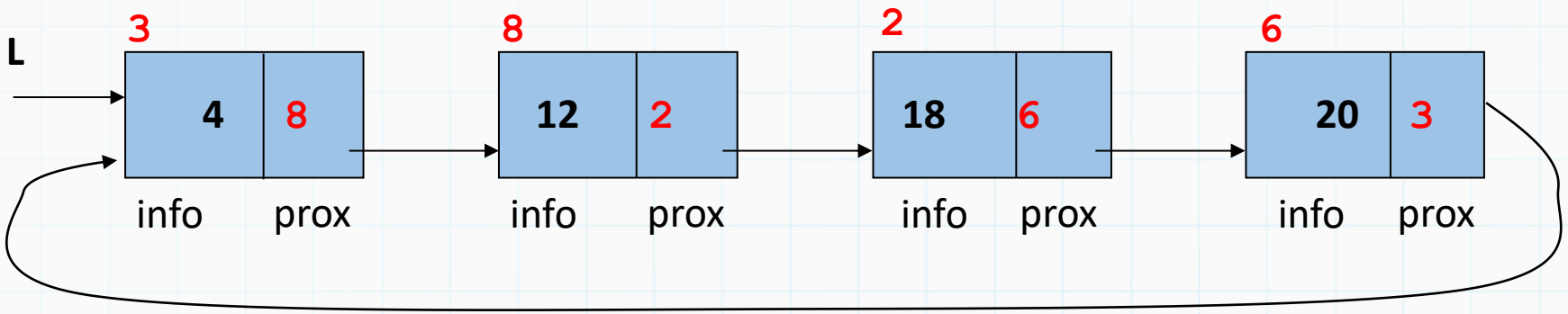


Vantagens:

- São vantajosas para operações onde o fim e o inicio coincidem, e métodos que precisam ficar ciclando em grupos de elementos:
  - Ex: atribuição de tarefas a um processador, onde se uma tarefa não foi processada por não está pronta, ela tem que esperar a próxima rodada

Listas Circulares

É uma lista circular encadeada, o último nó da lista aponta para o primeiro (na verdade não existe nem último nem primeiro pois é circular) Dizemos que o ponteiro aponta para a cabeça da lista, e não para o inicio.



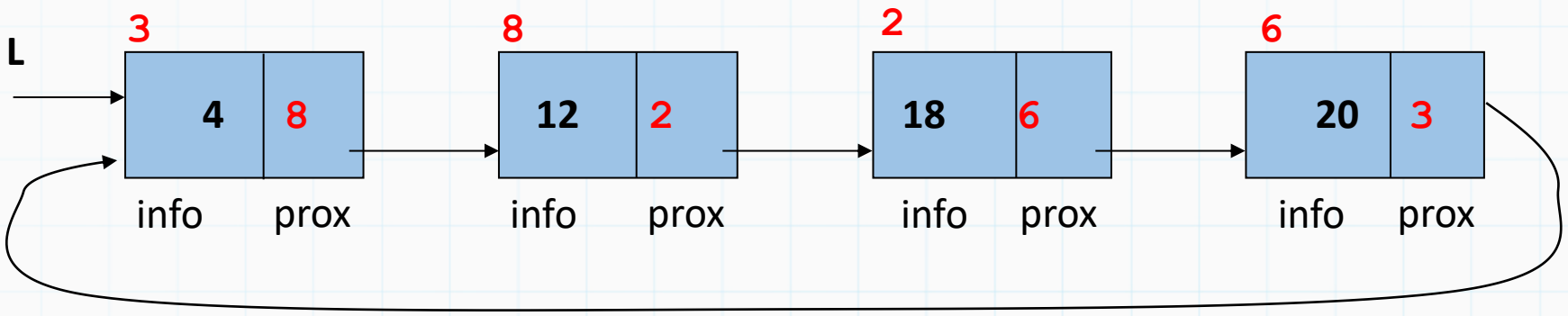
Vantagens:

- São vantajosas para operações onde o fim e o inicio coincidem, e métodos que precisam ficar ciclando em grupos de elementos:
  - Ex: atribuição de tarefas a um processador, onde se uma tarefa não foi processada por não está pronta, ela tem que esperar a próxima rodada

- Desvantagens:
  - São mais complexas

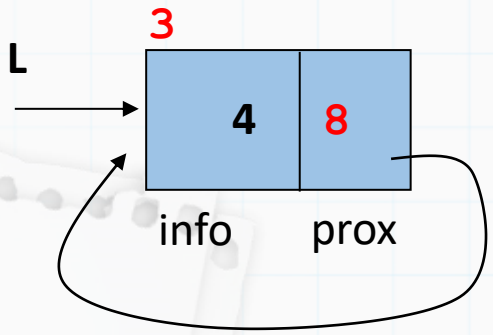
Listas Circulares

É uma lista circular encadeada, o último nó da lista aponta para o primeiro (na verdade não existe nem último nem primeiro pois é circular) Dizemos que o ponteiro aponta para a cabeça da lista, e não para o inicio.

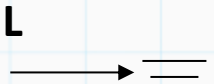


Exemplos:

Lista com um elemento

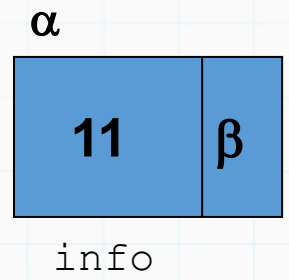


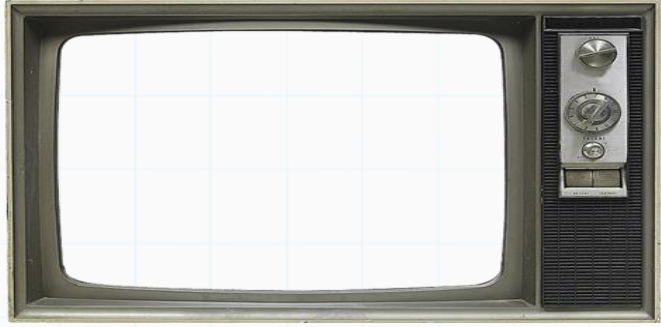
Lista vazia



Listas Circulares

A estrutura da lista não muda, apenas sua manipulação

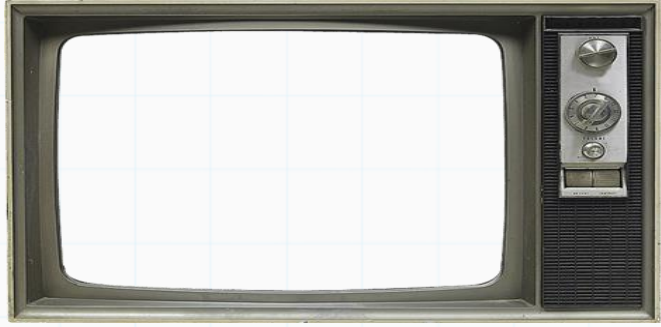




```
struct NO {
      int info;
      struct NO *prox;
}
typedef struct NO lista;


...
lista *L;
L = (lista*) malloc(sizeof(lista));
L->prox = L;
```

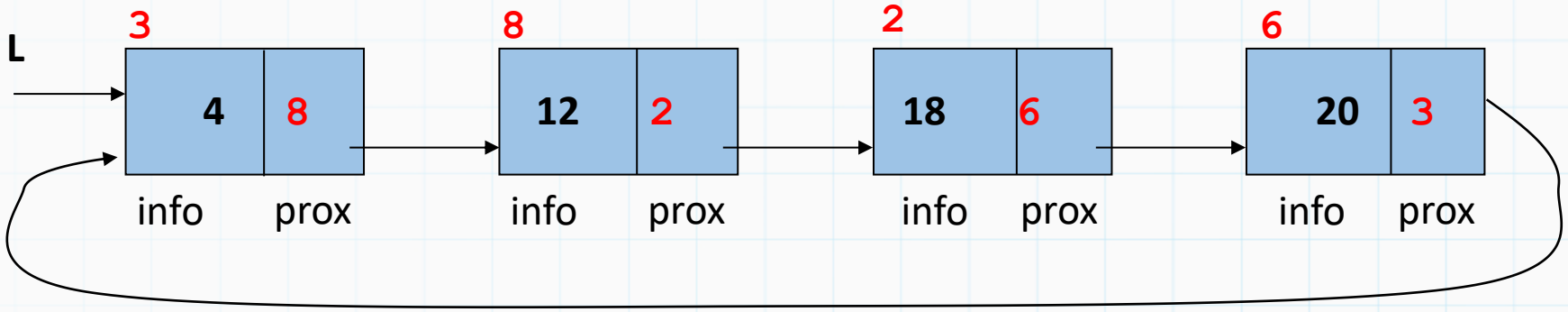
Tratamento especial para o primeiro elemento alocado: ele aponta para ele mesmo

Listas Circulares

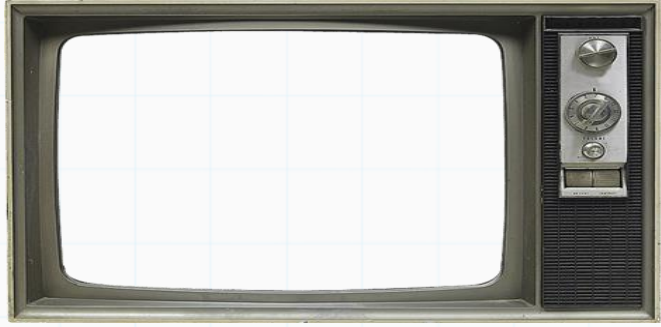


Percorrer: o que mudaria na função de imprimir a lista em uma lista circular ?

```
lista *no;
no =L;
while (no != NULL)
{
   printf("%d, ", no->info);
   no = no->prox;
}
```



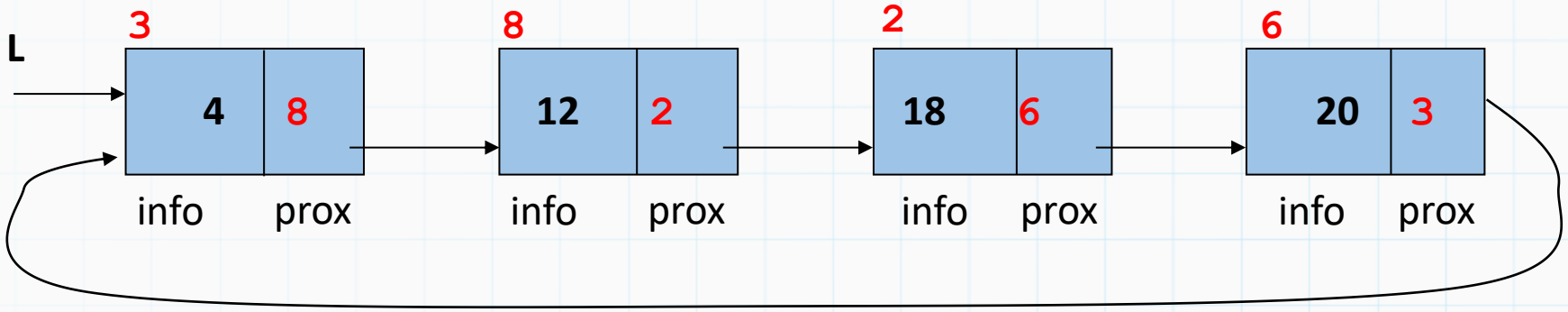
Listas Circulares



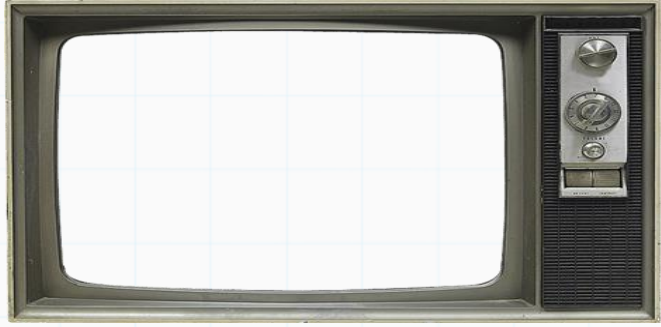
Percorrer: o que mudaria na função de imprimir a lista em uma lista circular ?

```
lista *no;
no =L;
while (no != L)
{
    printf("%d, ", no->info);
    no = no->prox;
}
```

Da para fazer assim ?



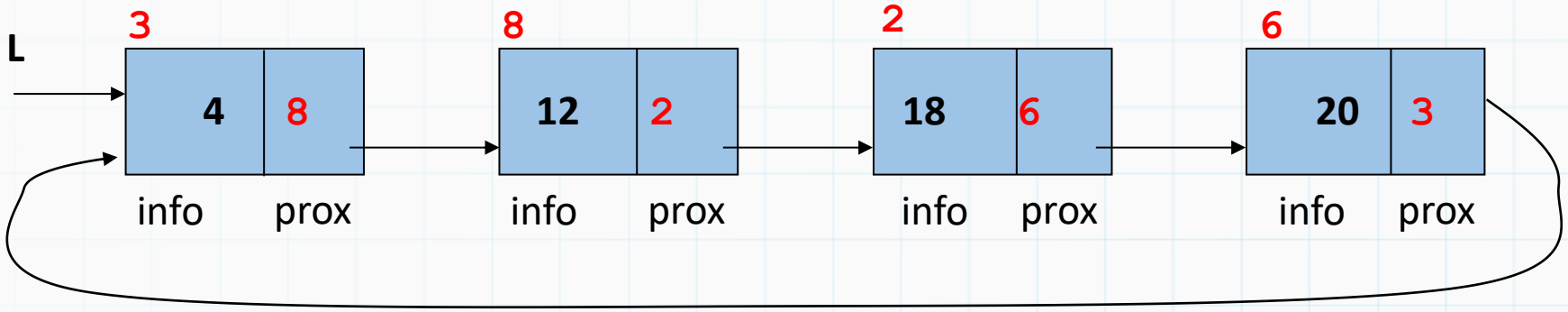
Listas Circulares



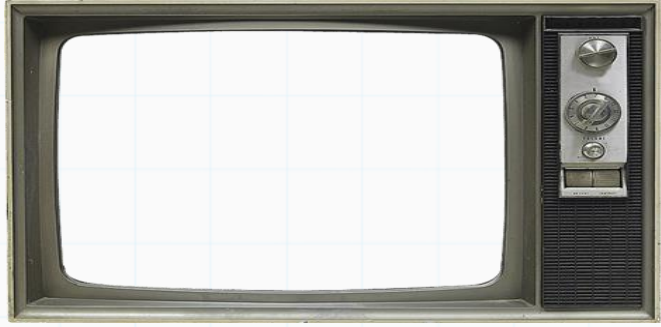
Percorrer: o que mudaria na função de imprimir a lista em uma lista circular ?

```
lista *no;
no =L;
while (no != L)
{
    printf("%d, ", no->info);
    no = no->prox;
}
```

nem vai entrar



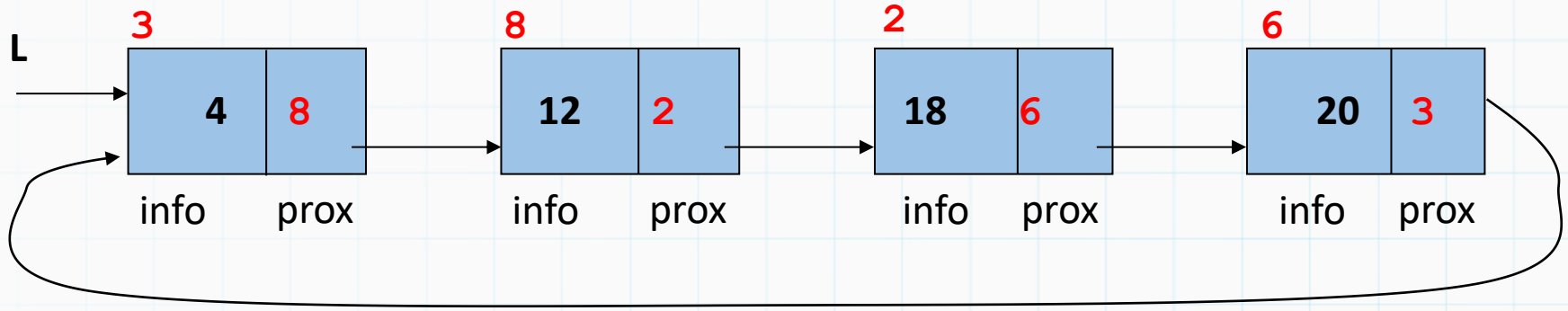
Listas Circulares



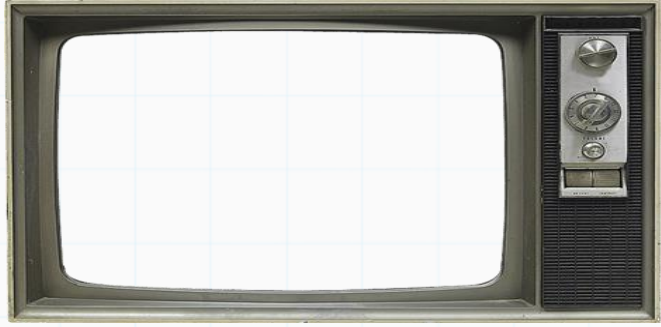
Percorrer: o que mudaria na função de imprimir a lista em uma lista circular ?

```
lista *no;
no =L;
do
{
    printf("%d, ", no->info);
    no = no->prox;
} while (no != L);
```

Da para fazer assim ?



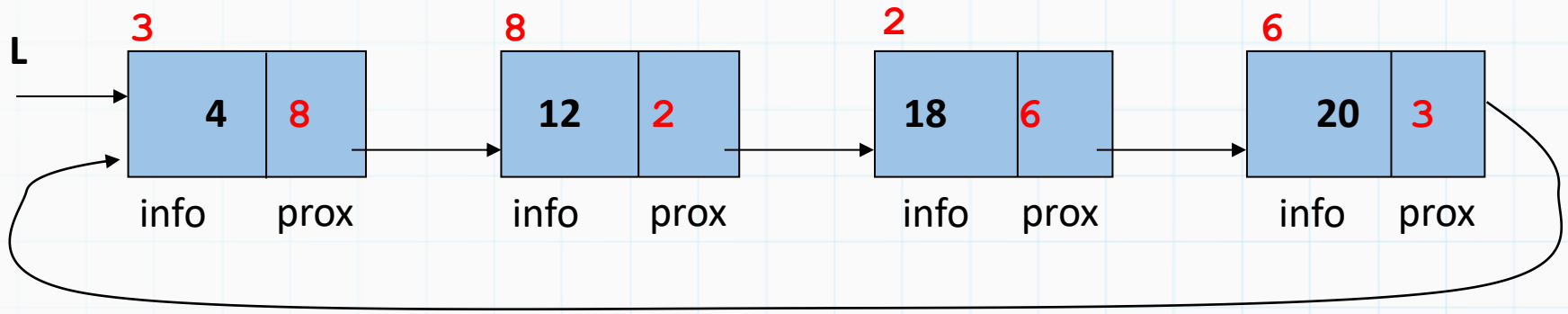
Listas Circulares



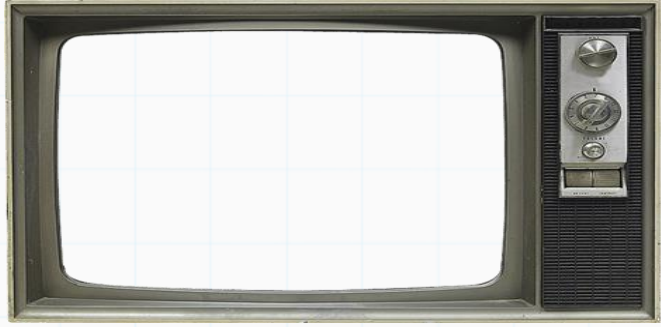
Percorrer: o que mudaria na função de imprimir a lista em uma lista circular ?

```
lista *no;
no =L;
do
{
    printf("%d, ", no->info);
    no = no->prox;
} while (no != L);
```

mas e se L vazia ?

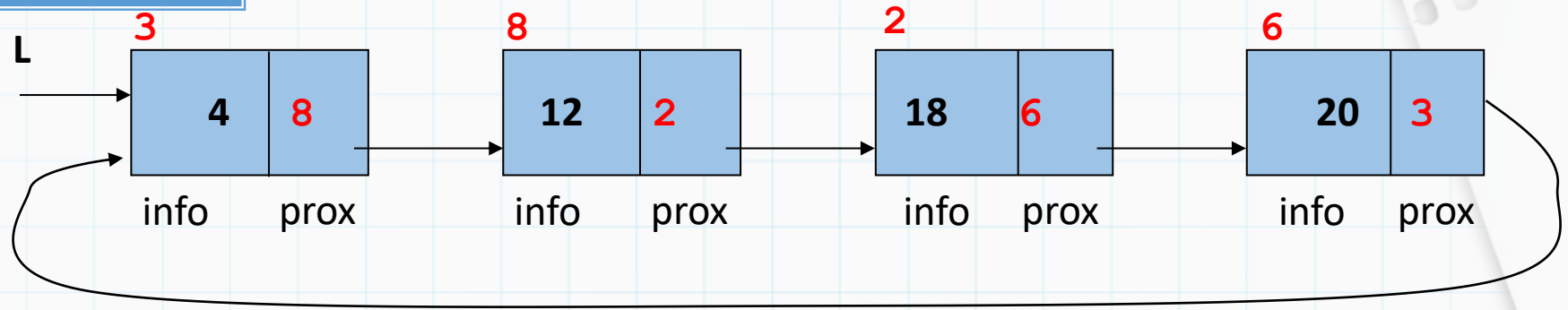


Listas Circulares

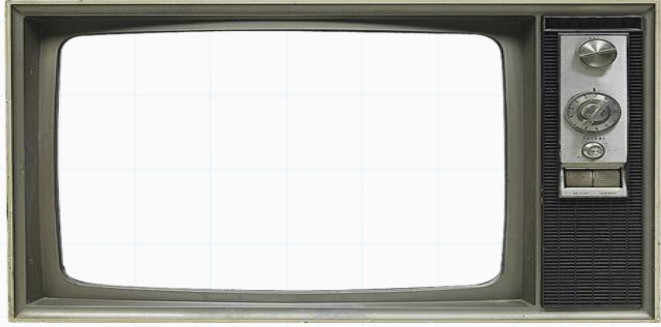


Percorrer: o que mudaria na função de imprimir a lista em uma lista circular ?

```
lista *no;
no =L;

if (L == NULL)
{
   printf("L = vazio");
   return;
}

do
{
   printf("%d, ", no->info);
   no = no->prox;
} while (no != L);
```

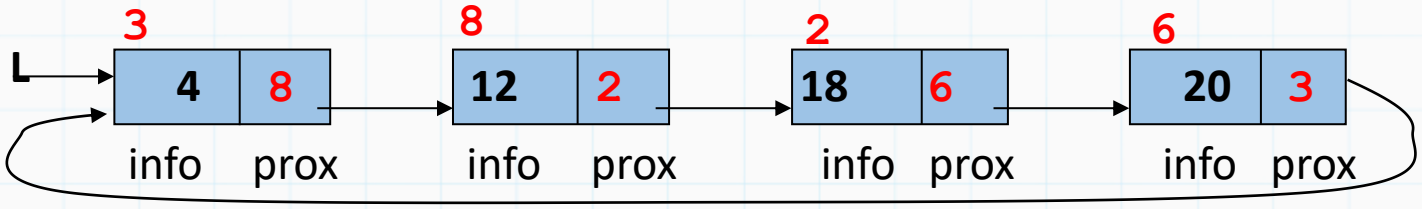


Listas Circulares

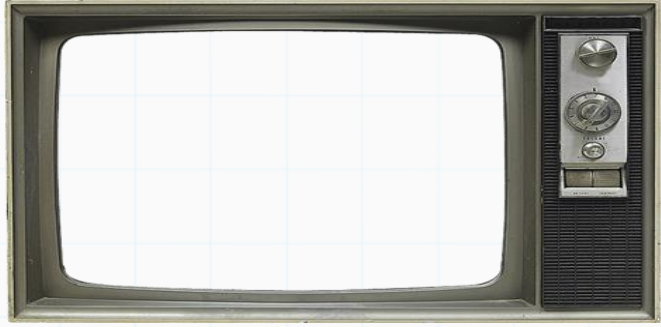


Outro exemplo de percorrer: Vamos percorrer para contar quantos elementos ?

```
int tamanho(lista* L)
{
    if (L == NULL)
        return 0;

    lista* no = L;
    int   tam = 0;
    do
    {
        tam++;
        no = no->prox;

    }while(no != L);

    return tam;
}
```

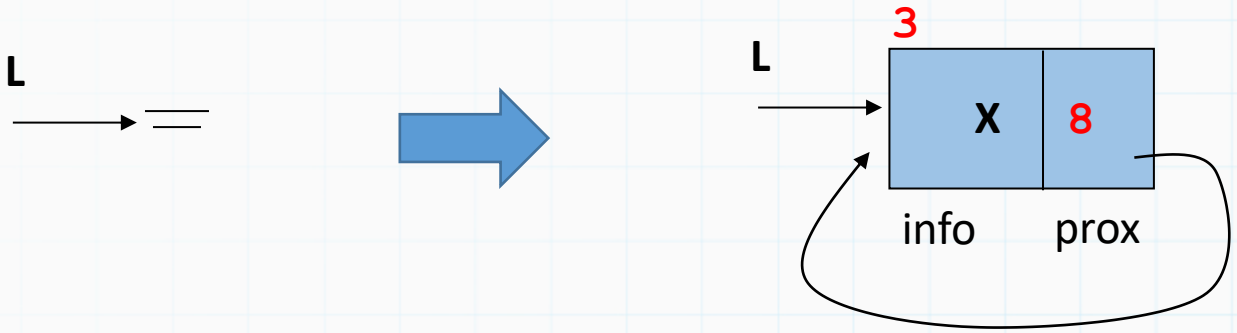


Listas Circulares



Inserir: A inserção de um elemento X numa posição específica pos={0, 1, 2, ...,n}

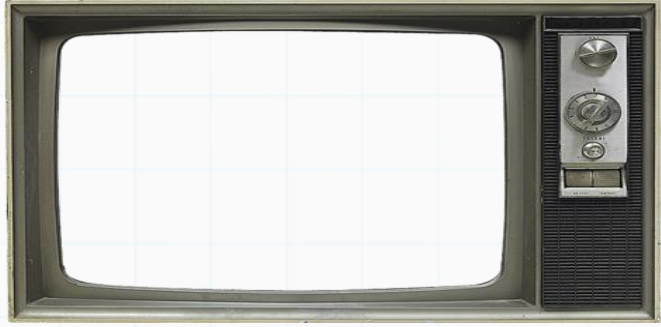
Se L vazio é fácil




```
// novo elemento
lista *novo;
novo       = aloca_no();
novo->info = el;
novo->prox = novo;

// Lista vazia
if (L == NULL)
    return novo;
```

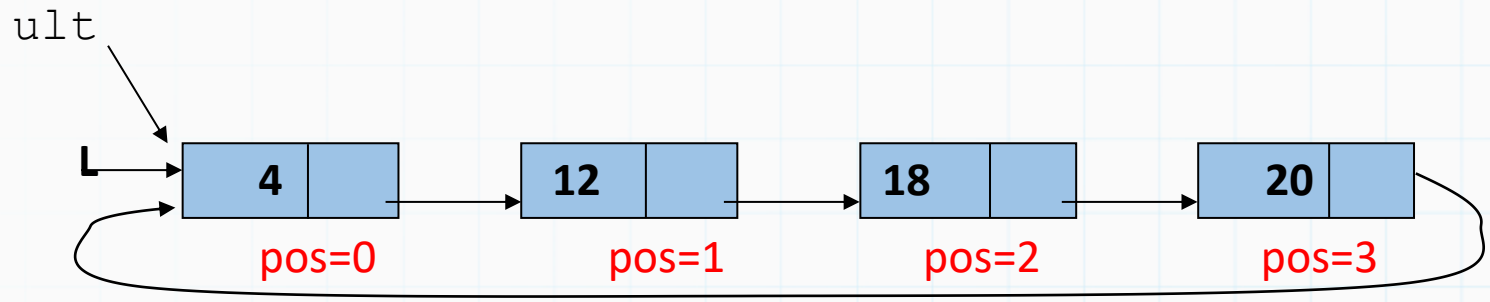
```
lista * aloca_no(void)
{
    lista *aux;
    aux       = (lista *) malloc (sizeof(lista));
    aux->prox = NULL;

    return aux;
}
```

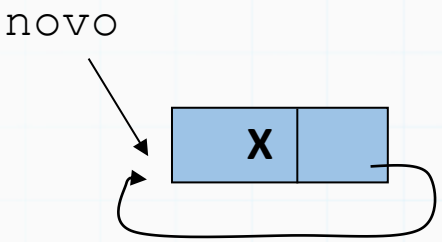
Listas Circulares



Inserir: A inserção de um elemento X numa posição específica pos={0, 1, 2, ...,n}

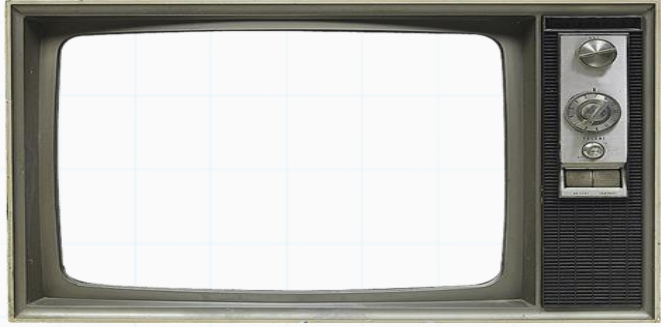
se pos=0, então o elemento vai ser a nova cabeça da lista, vamos achar o ultimo elemento





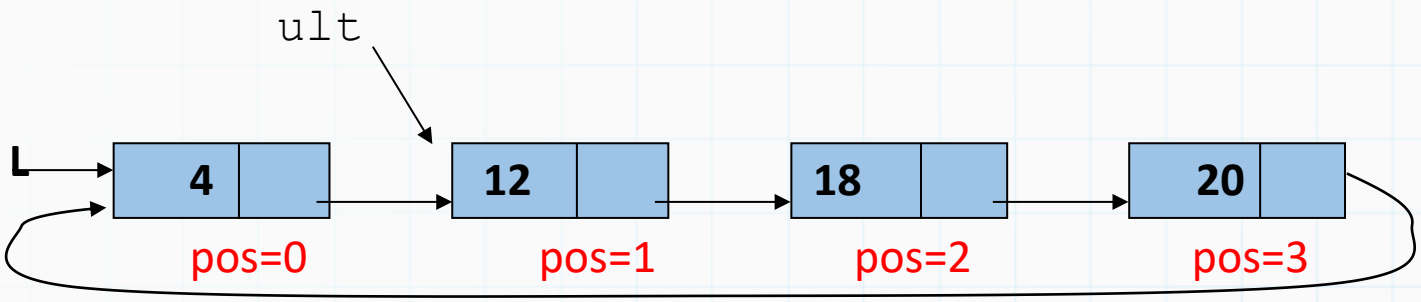

```
if(pos==0)
{
    lista *ultimo = L;

    do ultimo = ultimo->prox;
    while (ultimo->prox != L);

    ultimo->prox = novo;
    novo->prox   = L;
    return novo;
}
```

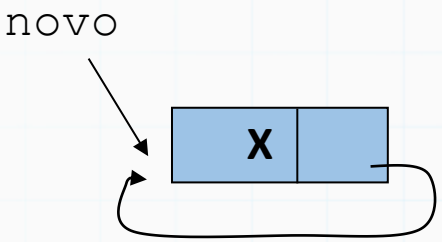
Listas Circulares



Inserir: A inserção de um elemento X numa posição específica pos={0, 1, 2, ...,n}

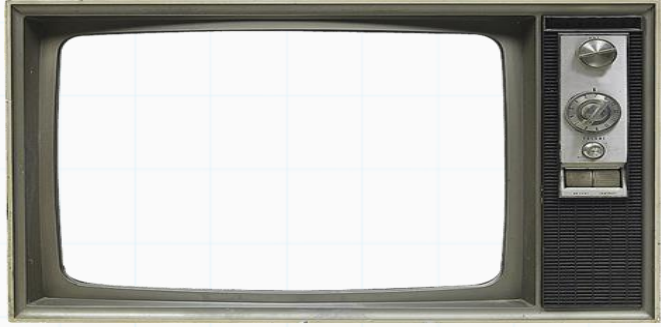
se pos=0, então o elemento vai ser a nova cabeça da lista, vamos achar o ultimo elemento





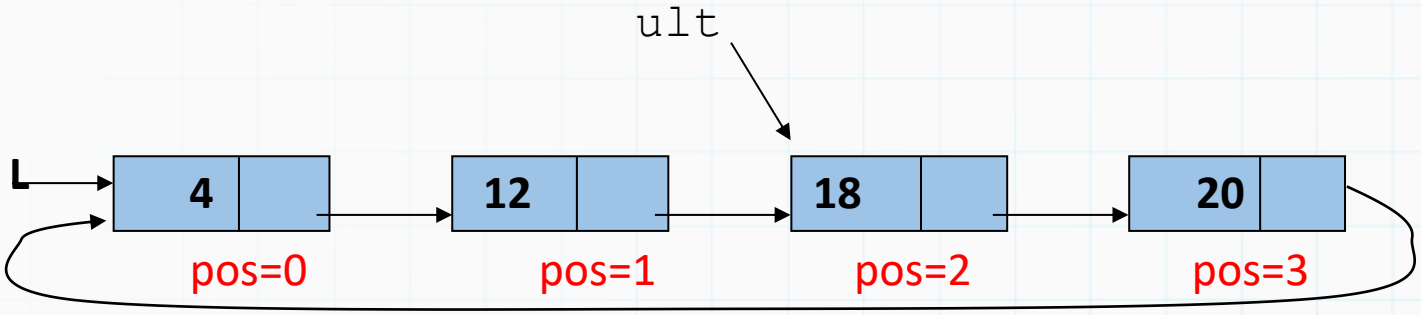

```
if(pos==0)
{
    lista *ultimo = L;

    do ultimo = ultimo->prox;
    while (ultimo->prox != L);

    ultimo->prox = novo;
    novo->prox   = L;
    return novo;
}
```

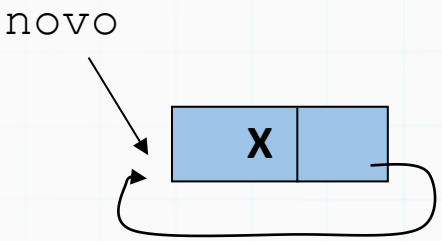
Listas Circulares



Inserir: A inserção de um elemento X numa posição específica pos={0, 1, 2, ...,n}

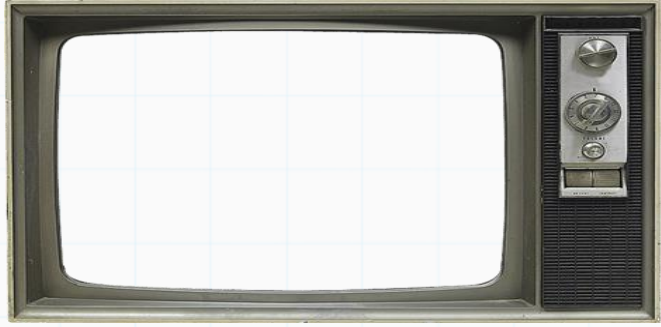
se pos=0, então o elemento vai ser a nova cabeça da lista, vamos achar o ultimo elemento





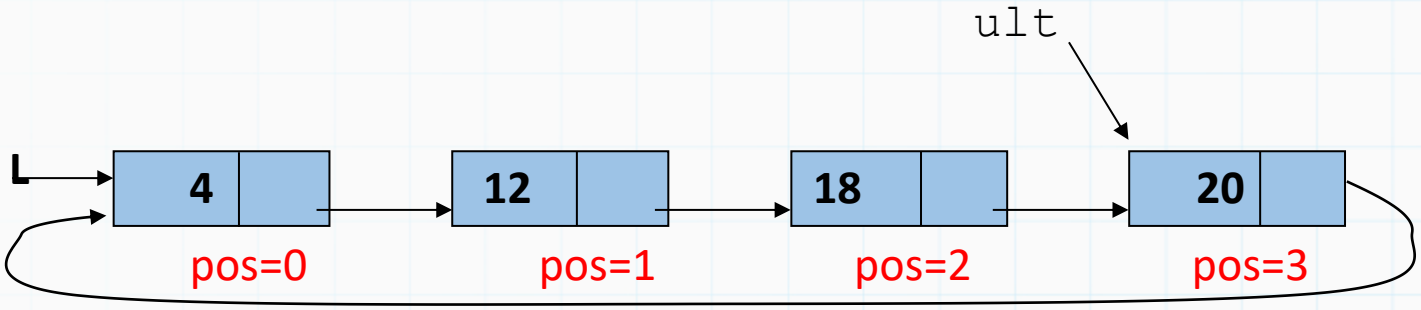

```
if(pos==0)
{
    lista *ultimo = L;

    do ultimo = ultimo->prox;
    while (ultimo->prox != L);

    ultimo->prox = novo;
    novo->prox   = L;
    return novo;
}
```

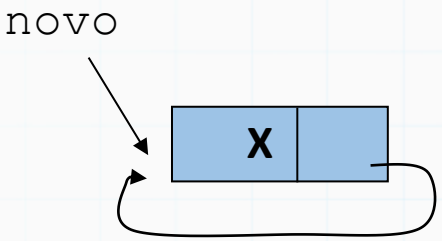
Listas Circulares



Inserir: A inserção de um elemento X numa posição específica pos={0, 1, 2, ...,n}

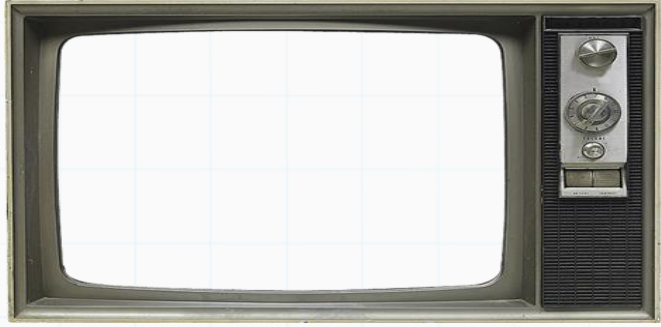
se pos=0, então o elemento vai ser a nova cabeça da lista, vamos achar o ultimo elemento





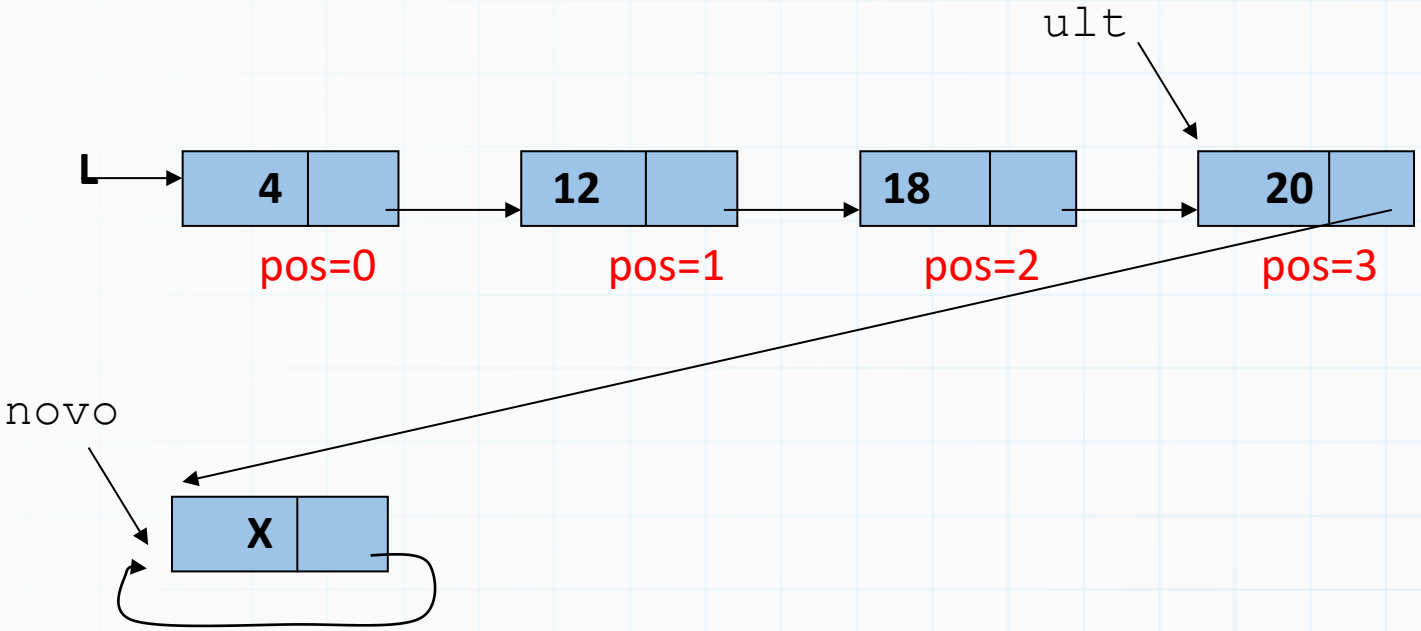

```
if(pos==0)
{
    lista *ultimo = L;

    do ultimo = ultimo->prox;
    while (ultimo->prox != L);

    ultimo->prox = novo;
    novo->prox   = L;
    return novo;
}
```

Listas Circulares



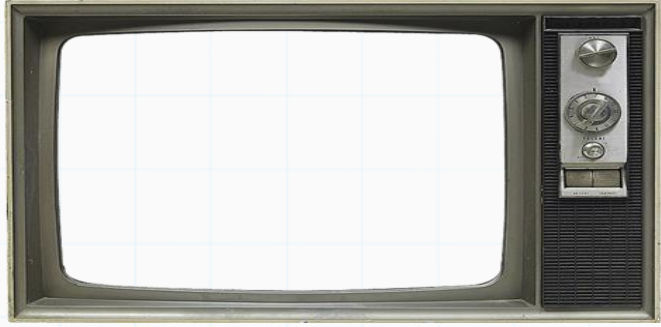
Inserir: A inserção de um elemento X numa posição específica pos={0, 1, 2, ...,n}

se pos=0, então o elemento vai ser a nova cabeça da lista, vamos achar o ultimo elemento



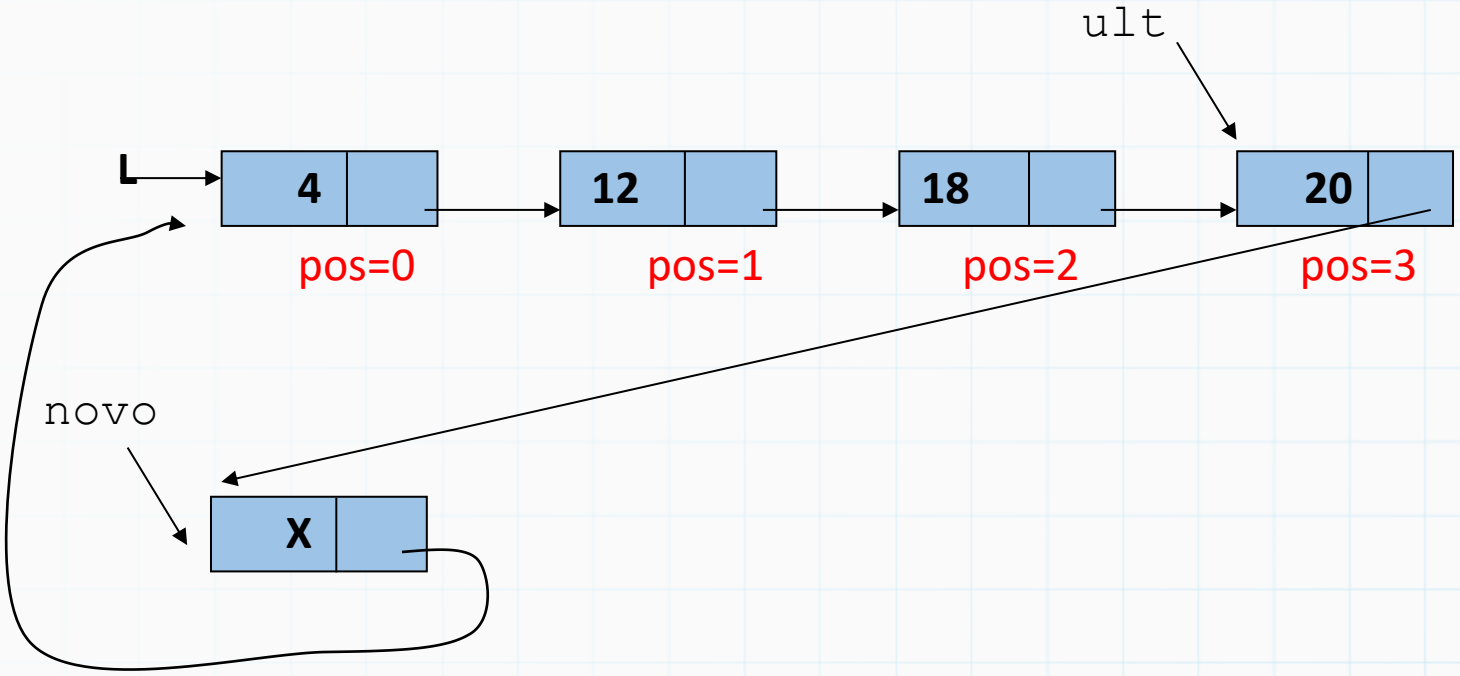

```
if(pos==0)
{
     lista *ultimo = L;

     do ultimo = ultimo->prox;
     while (ultimo->prox != L);

     ultimo->prox = novo;
     novo->prox   = L;
     return novo;
}
```

Listas Circulares



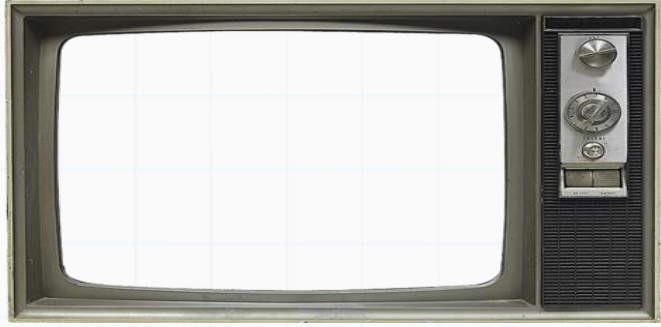
Inserir: A inserção de um elemento X numa posição específica pos={0, 1, 2, ...,n}

se pos=0, então o elemento vai ser a nova cabeça da lista, vamos achar o ultimo elemento



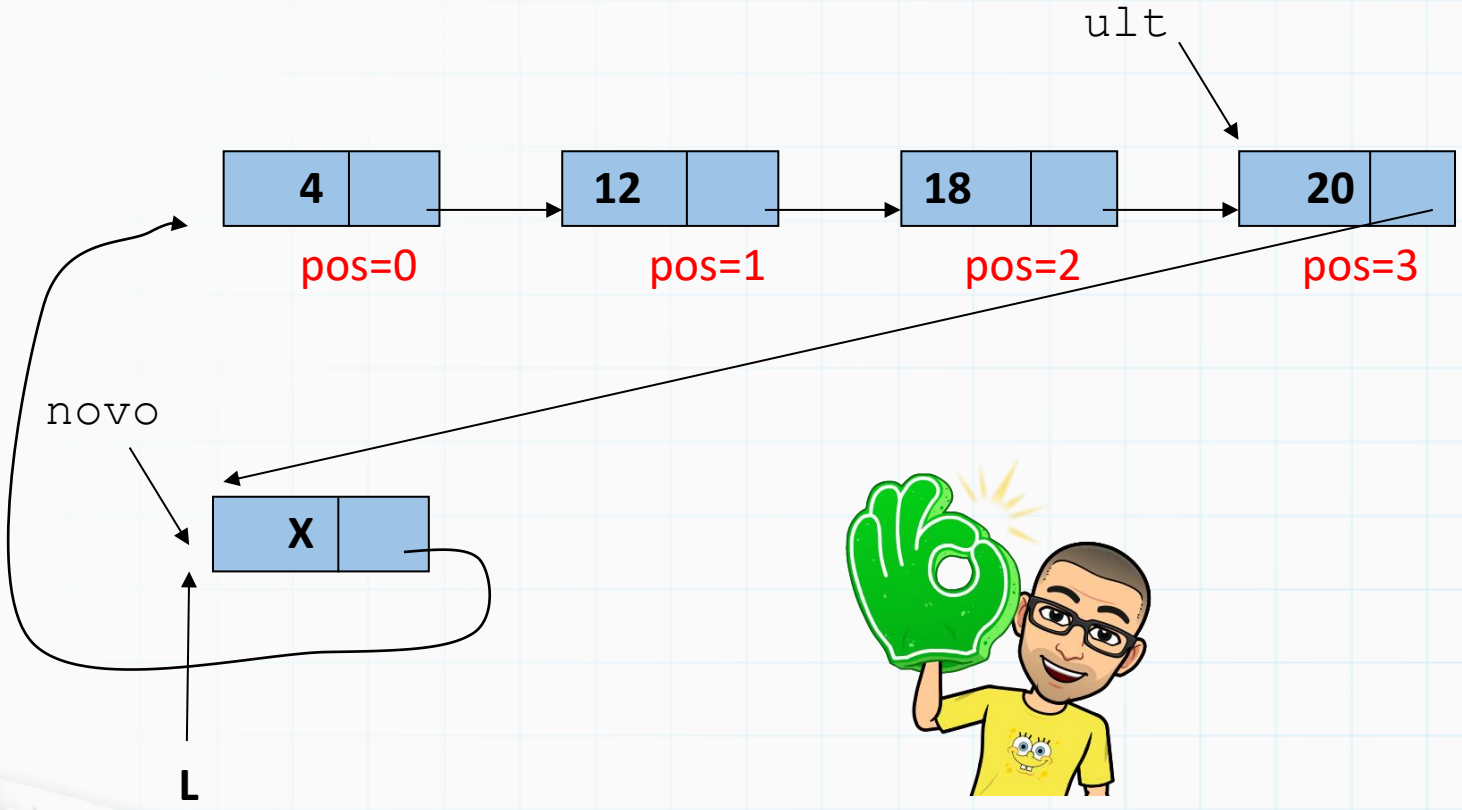

```
if(pos==0)
{
    lista *ultimo = L;

    do ultimo = ultimo->prox;
    while (ultimo->prox != L);

    ultimo->prox = novo;
    novo->prox   = L;
    return novo;
}
```

Listas Circulares



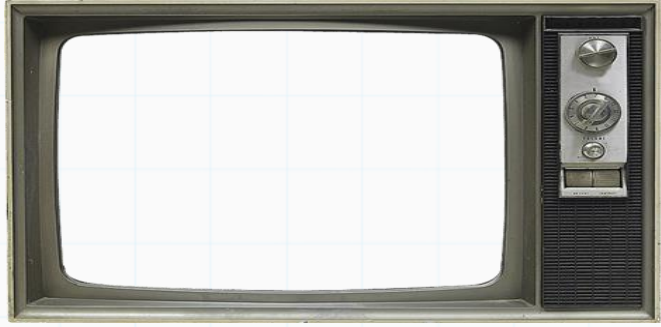
Inserir: A inserção de um elemento X numa posição específica pos={0, 1, 2, ...,n}

se pos=0, então o elemento vai ser a nova cabeça da lista, vamos achar o ultimo elemento



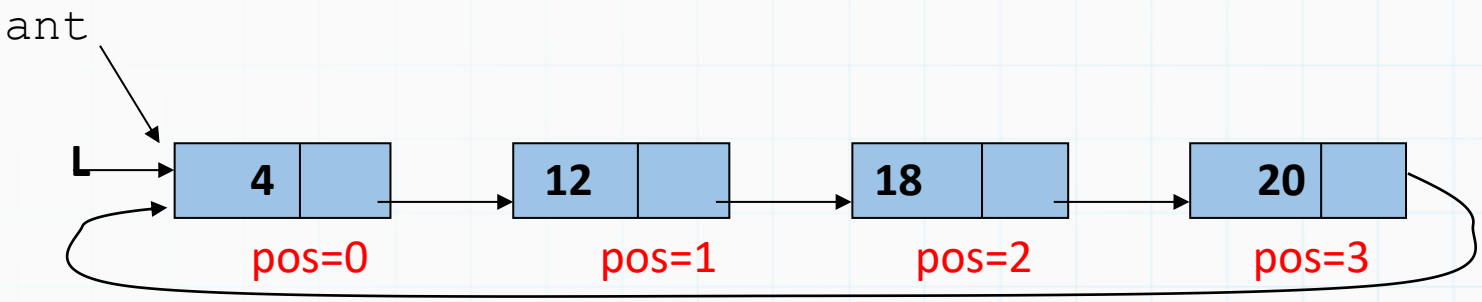

```
if(pos==0)
{
    lista *ultimo = L;

    do ultimo = ultimo->prox;
    while (ultimo->prox != L);

    ultimo->prox = novo;
    novo->prox   = L;
    return novo;
}
```

Listas Circulares

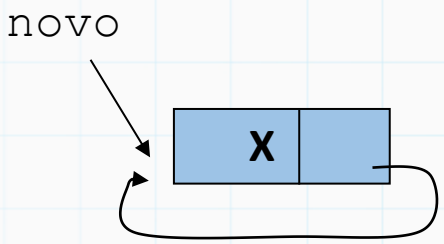


Inserir: A inserção de um elemento X numa posição específica pos={0, 1, 2, ...,n}

se 0<pos<=n, por exemplo, pos=3

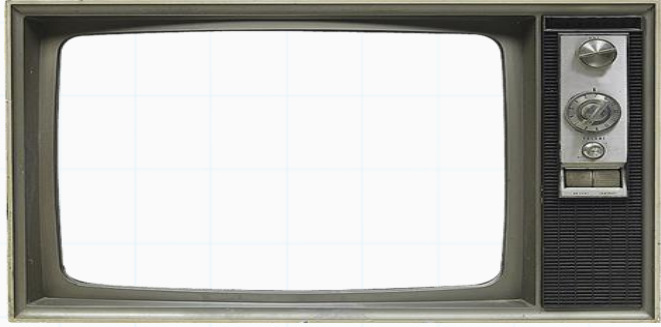


Igual a lista não circular



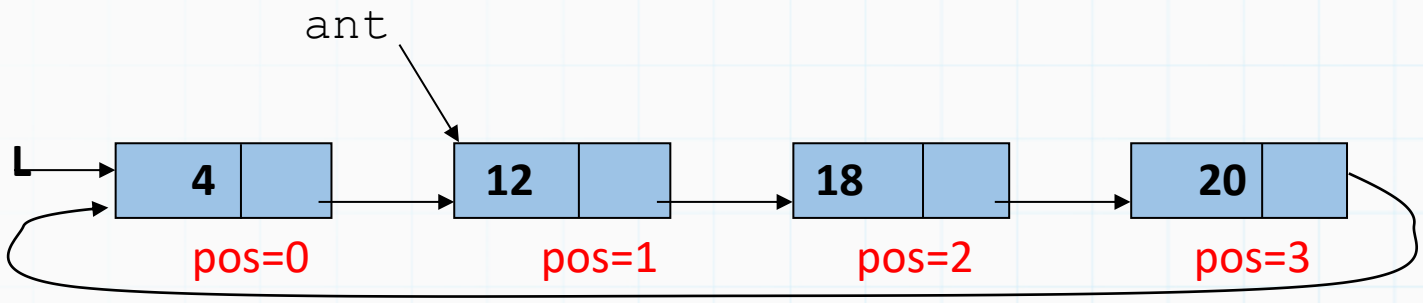

```
lista *anterior = L;
for(int i=0; i<pos-1; i++)
   anterior = anterior->prox;

novo->prox     = anterior->prox;
anterior->prox = novo;

return L;
```

Listas Circulares



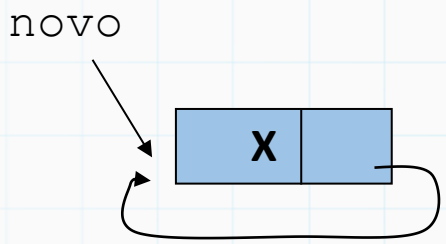
Inserir: A inserção de um elemento X numa posição específica pos={0, 1, 2, ...,n}

se 0<pos<=n, por exemplo, pos=3



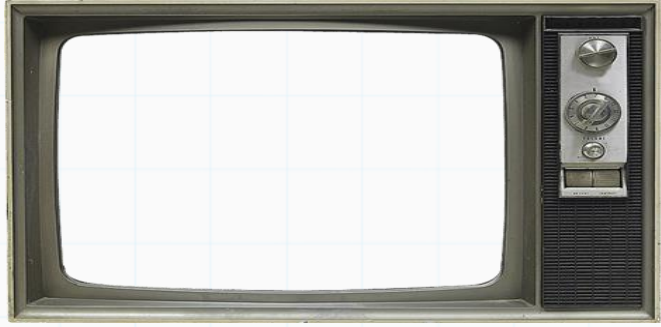
Igual a lista não circular

i=0



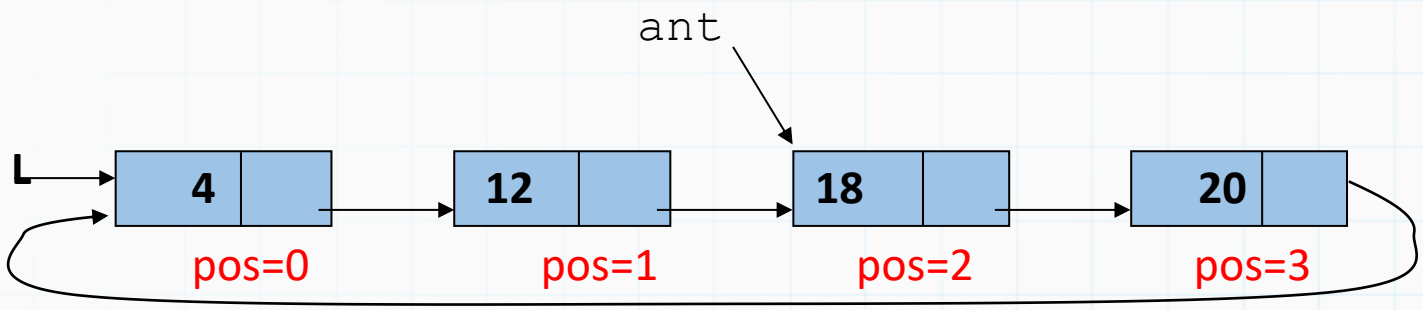

```
lista *anterior = L;
for(int i=0; i<pos-1; i++)
   anterior = anterior->prox;

novo->prox     = anterior->prox;
anterior->prox = novo;

return L;
```

Listas Circulares



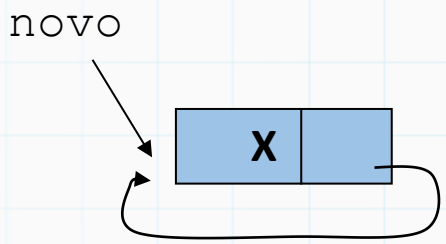
Inserir: A inserção de um elemento X numa posição específica pos={0, 1, 2, ...,n}

se 0<pos<=n, por exemplo, pos=3



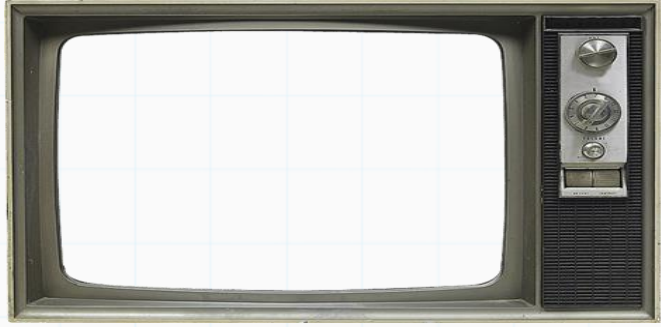
Igual a lista não circular

i=1



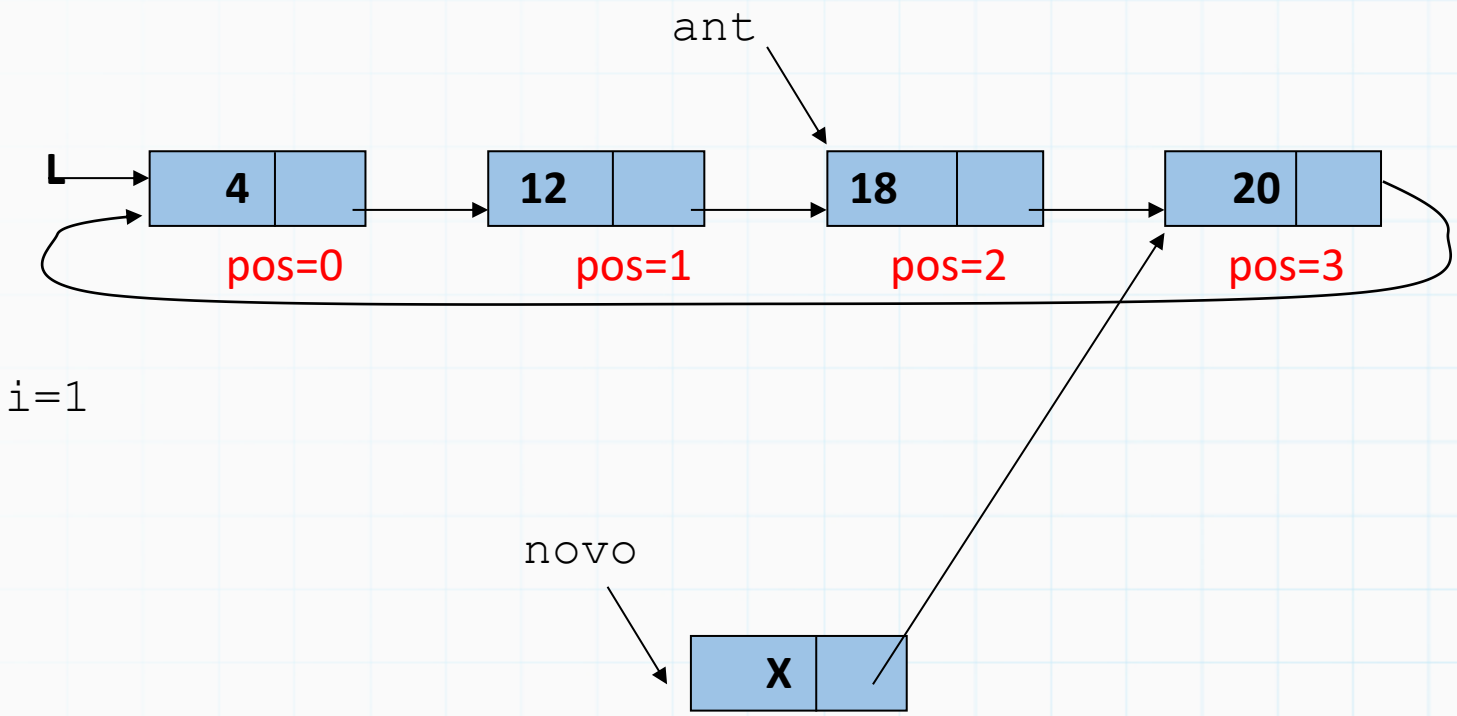

```
lista *anterior = L;
for(int i=0; i<pos-1; i++)
   anterior = anterior->prox;

novo->prox     = anterior->prox;
anterior->prox = novo;

return L;
```

Listas Circulares



Inserir: A inserção de um elemento X numa posição específica pos={0, 1, 2, ...,n}

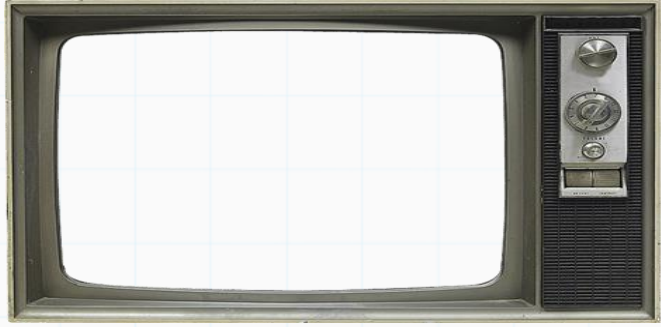
se 0<pos<=n, por exemplo, pos=3



Igual a lista não circular

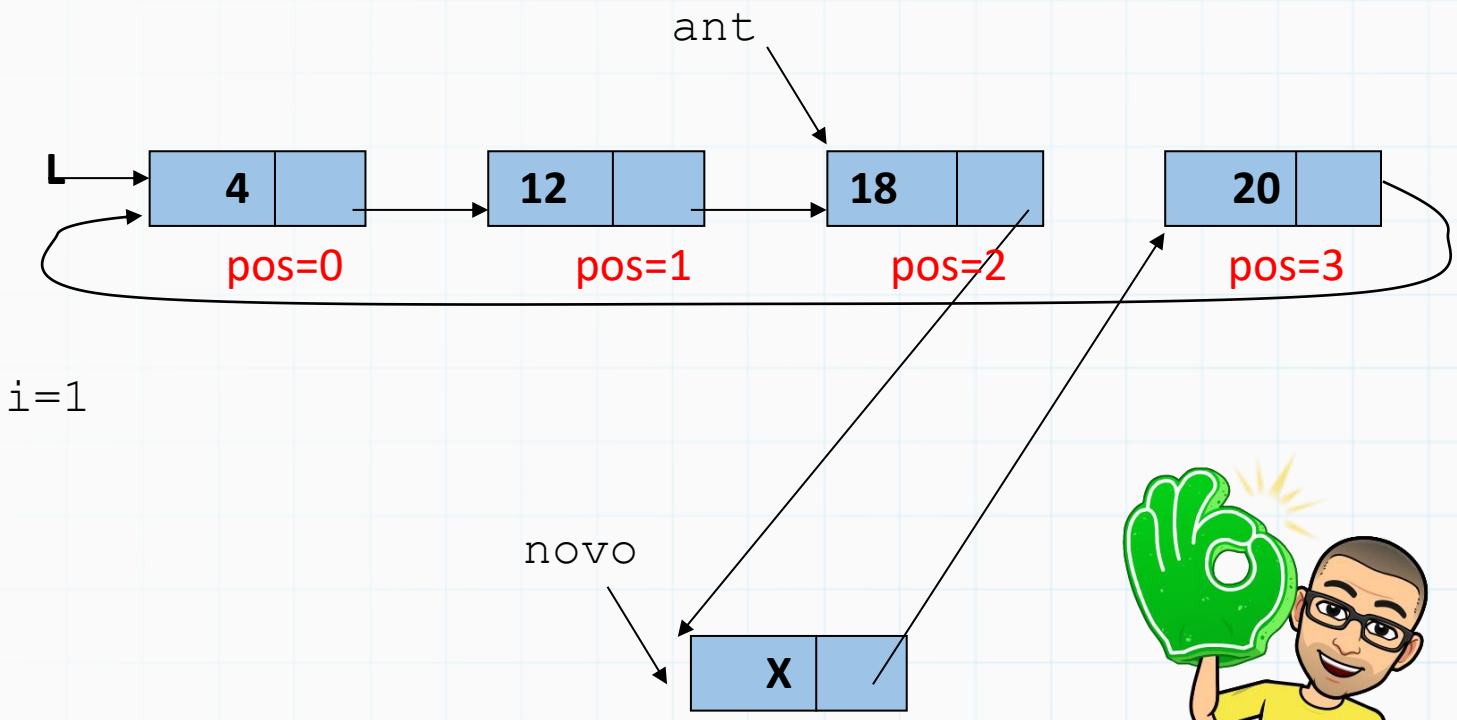
```
lista *anterior = L;
for(int i=0; i<pos-1; i++)
   anterior = anterior->prox;

novo->prox     = anterior->prox;
anterior->prox = novo;

return L;
```

Listas Circulares



Inserir: A inserção de um elemento X numa posição específica pos={0, 1, 2, ...,n}

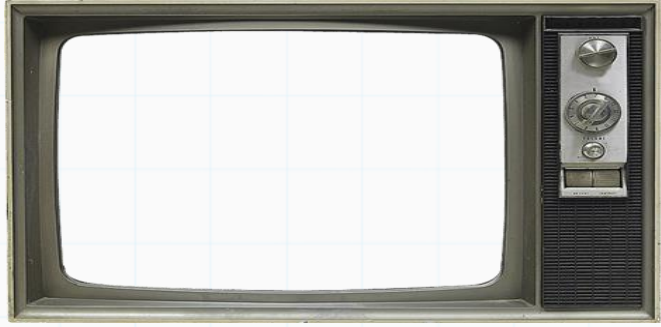
se 0<pos<=n, por exemplo, pos=3



Igual a lista não circular


```
lista *anterior = L;
for(int i=0; i<pos-1; i++)
   anterior = anterior->prox;

novo->prox     = anterior->prox;
anterior->prox = novo;

return L;
```

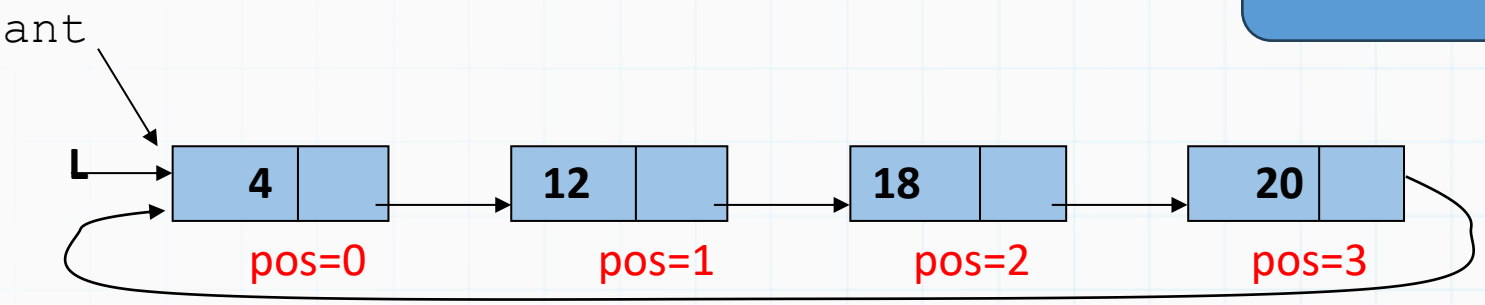
Listas Circulares

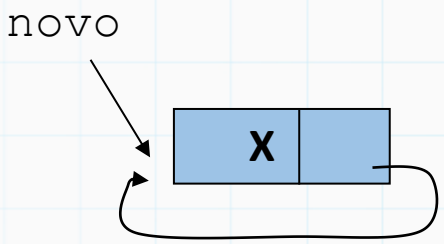


Inserir: A inserção de um elemento X numa posição específica pos={0, 1, 2, ...,n}

se 0<pos<=n, por exemplo, **pos=4 (após o ultimo elemento)**

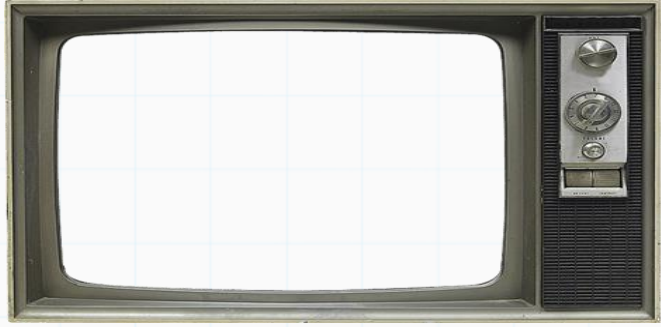
Será que o método ainda funciona ?






```
lista *anterior = L;
for(int i=0; i<pos-1; i++)
   anterior = anterior->prox;

novo->prox     = anterior->prox;
anterior->prox = novo;

return L;
```

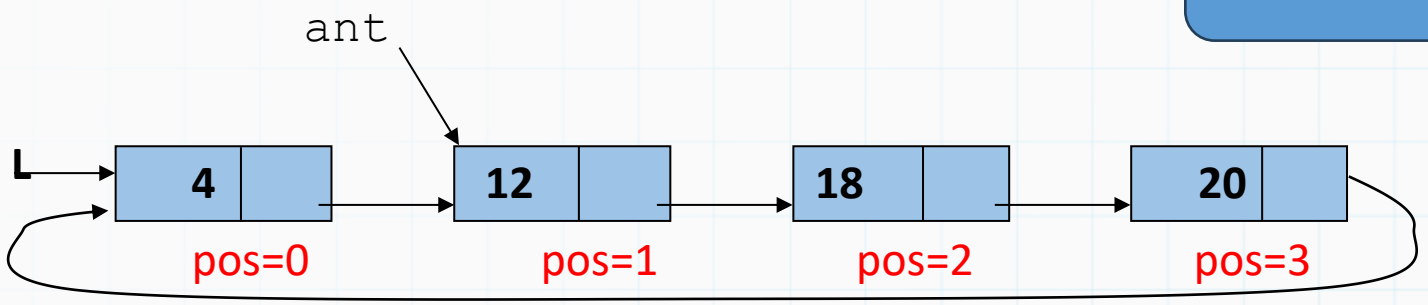
Listas Circulares



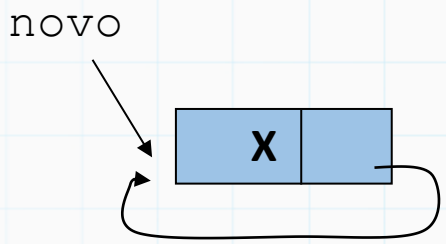
Inserir: A inserção de um elemento X numa posição específica pos={0, 1, 2, ...,n}

se 0<pos<=n, por exemplo, **pos=4 (após o ultimo elemento)**

Será que o método ainda funciona ?

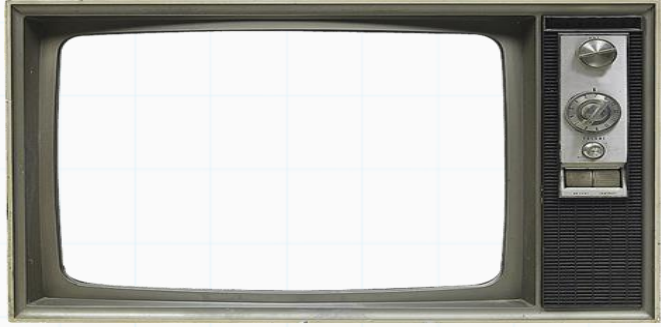


i=0




```
lista *anterior = L;
for(int i=0; i<pos-1; i++)
   anterior = anterior->prox;

novo->prox     = anterior->prox;
anterior->prox = novo;

return L;
```

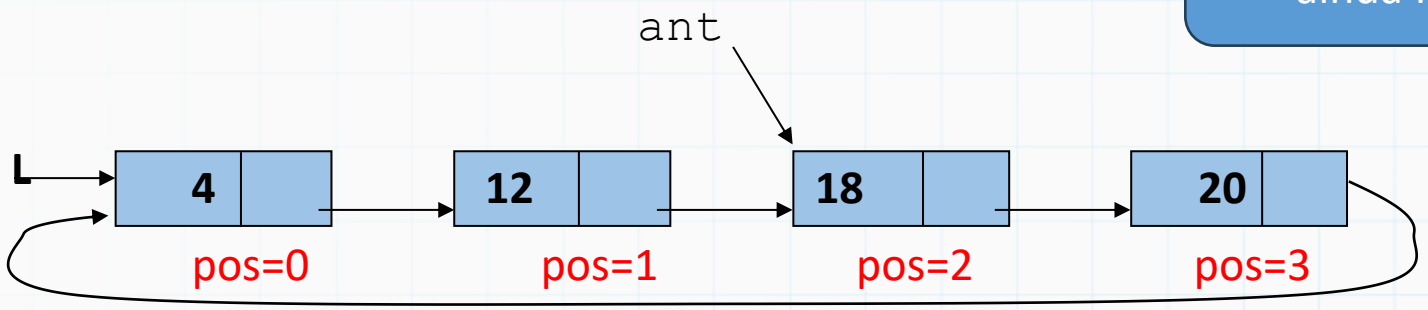
Listas Circulares



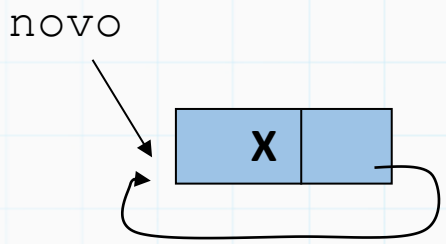
Inserir: A inserção de um elemento X numa posição específica pos={0, 1, 2, ...,n}

se 0<pos<=n, por exemplo, **pos=4 (após o ultimo elemento)**

Será que o método ainda funciona ?

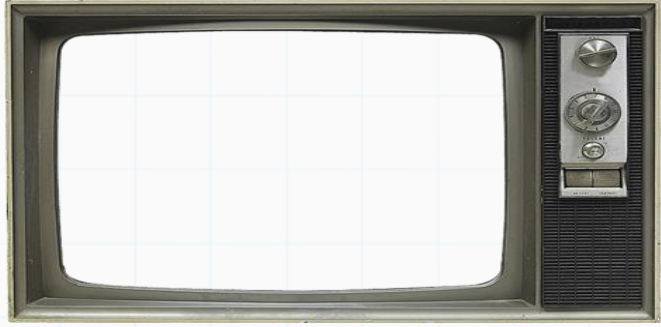


i=1




```
lista *anterior = L;
for(int i=0; i<pos-1; i++)
   anterior = anterior->prox;

novo->prox     = anterior->prox;
anterior->prox = novo;

return L;
```

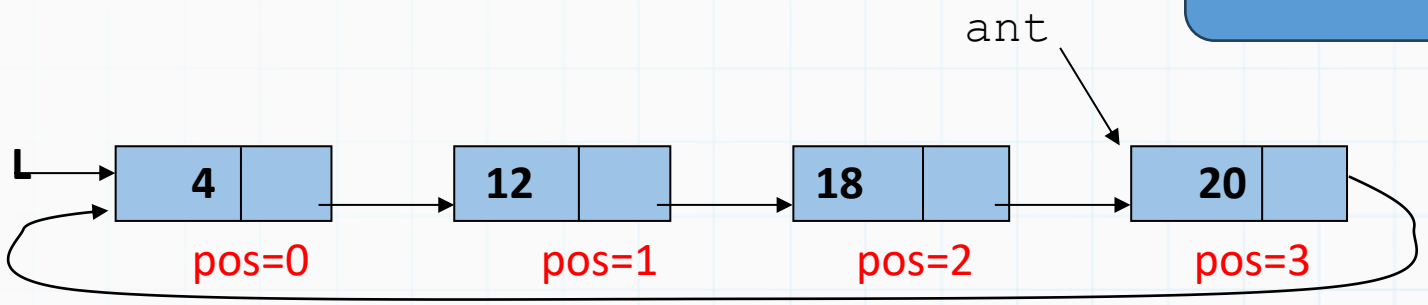
Listas Circulares



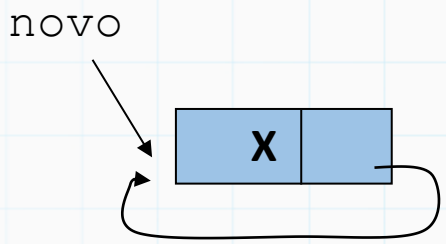
Inserir: A inserção de um elemento X numa posição específica pos={0, 1, 2, ...,n}

se 0<pos<=n, por exemplo, **pos=4 (após o ultimo elemento)**

Será que o método ainda funciona ?

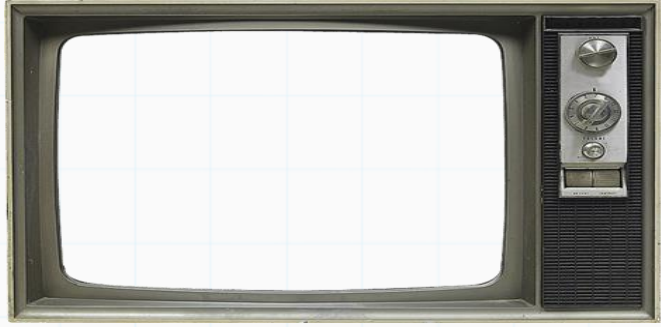


i=2




```
lista *anterior = L;
for(int i=0; i<pos-1; i++)
   anterior = anterior->prox;

novo->prox     = anterior->prox;
anterior->prox = novo;

return L;
```

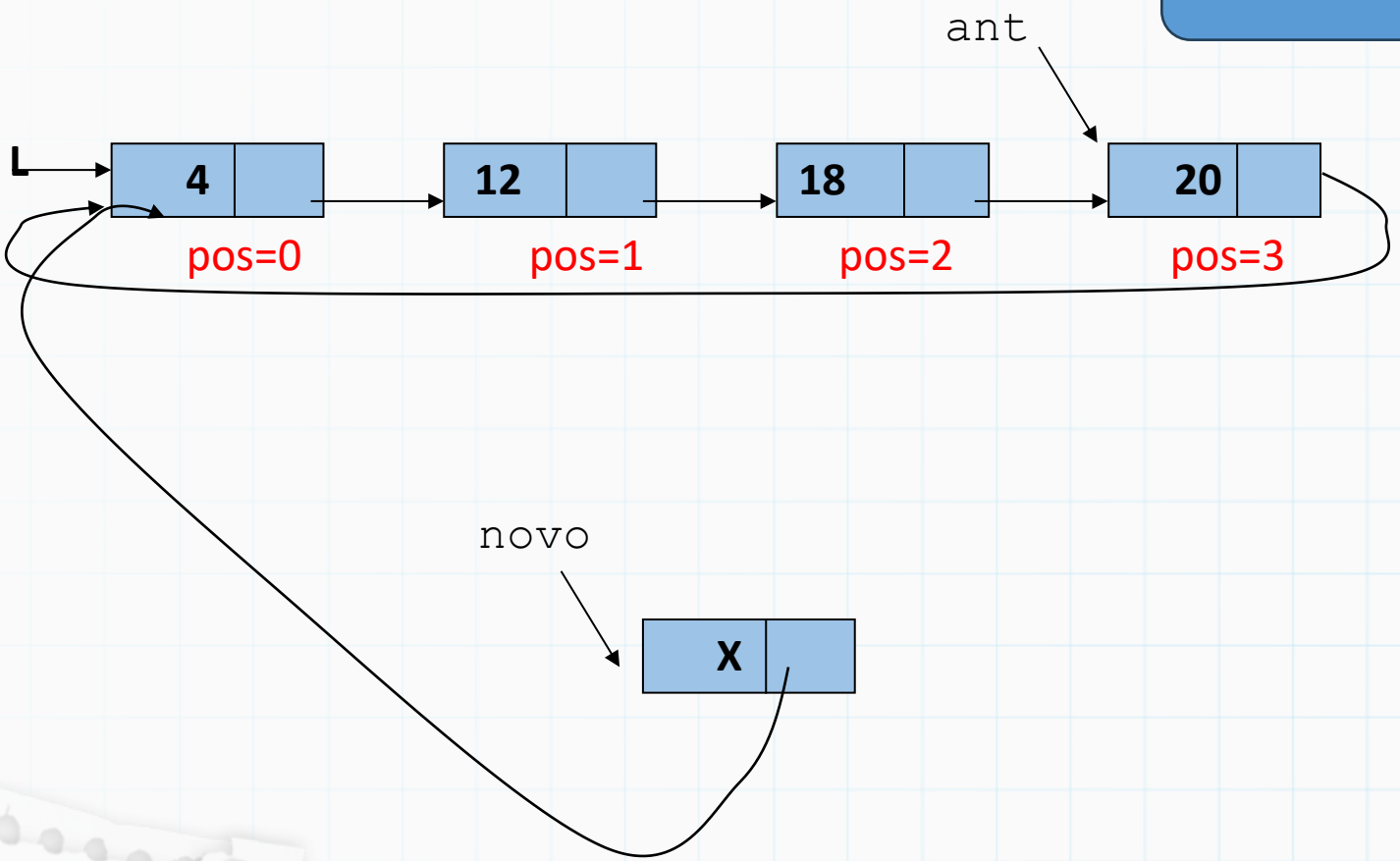
Listas Circulares



Inserir: A inserção de um elemento X numa posição específica pos={0, 1, 2, ...,n}

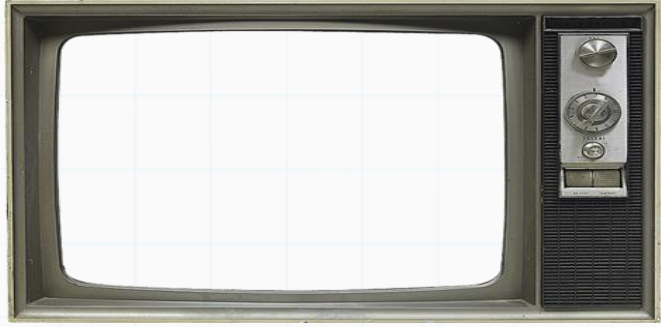
se 0<pos<=n, por exemplo, **pos=4 (após o ultimo elemento)**

Será que o método ainda funciona ?




```
lista *anterior = L;
for(int i=0; i<pos-1; i++)
   anterior = anterior->prox;

novo->prox     = anterior->prox;
anterior->prox = novo;

return L;
```

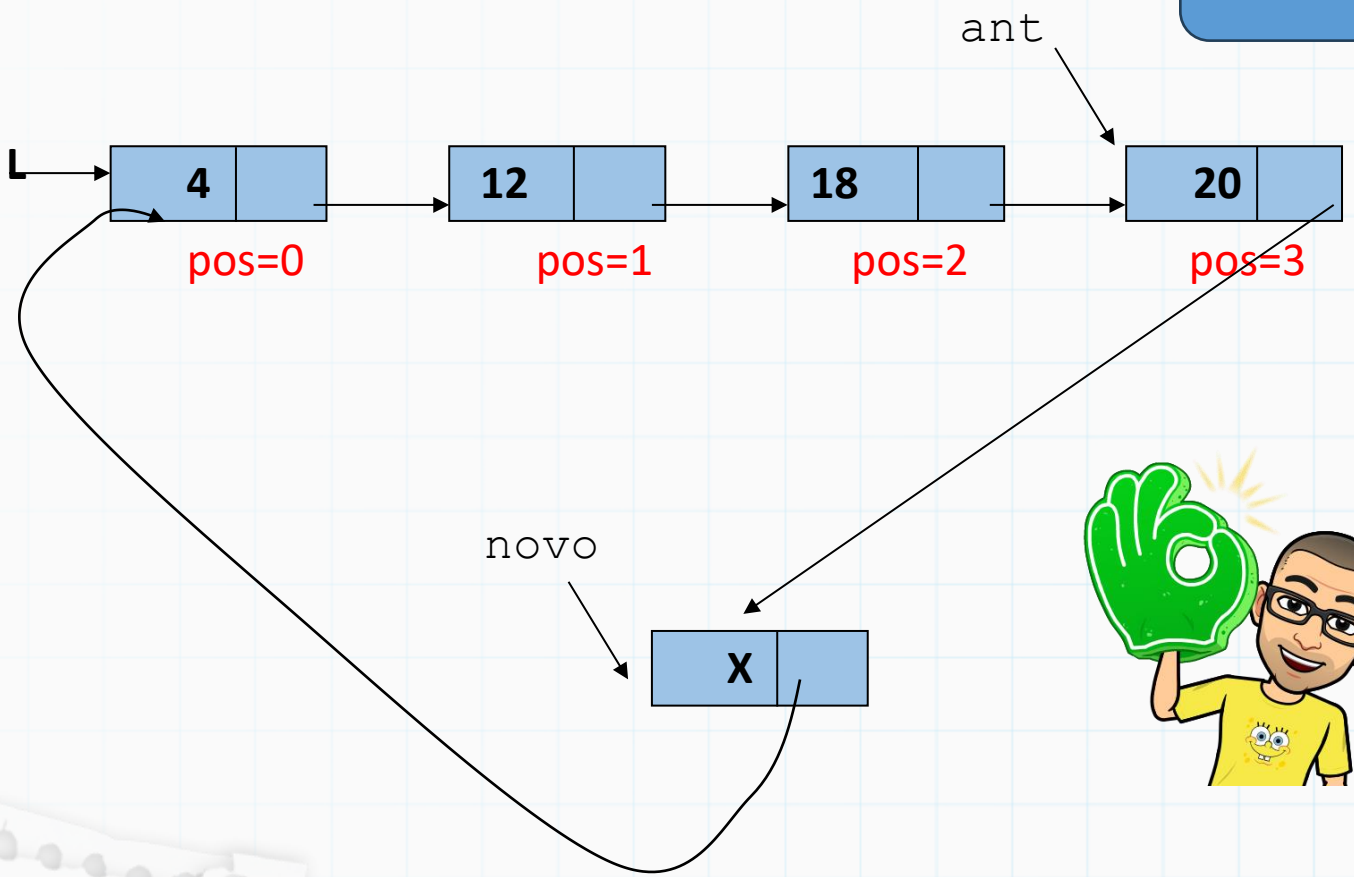
Listas Circulares



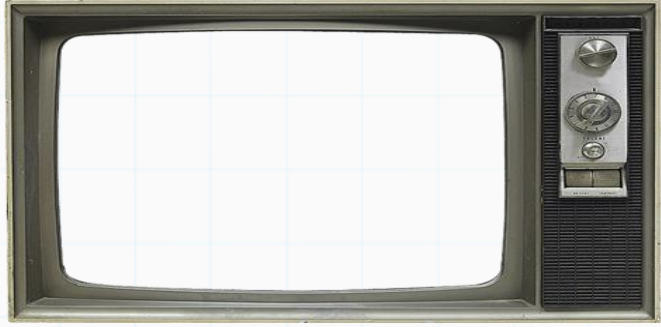
Inserir: A inserção de um elemento X numa posição específica pos={0, 1, 2, ...,n}

se 0<pos<=n, por exemplo, **pos=4 (após o ultimo elemento)**

Será que o método ainda funciona ?



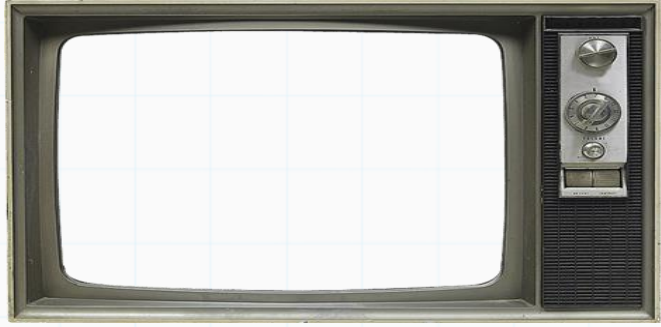

```
lista *anterior = L;
for(int i=0; i<pos-1; i++)
   anterior = anterior->prox;

novo->prox     = anterior->prox;
anterior->prox = novo;

return L;
```



Listas Circulares

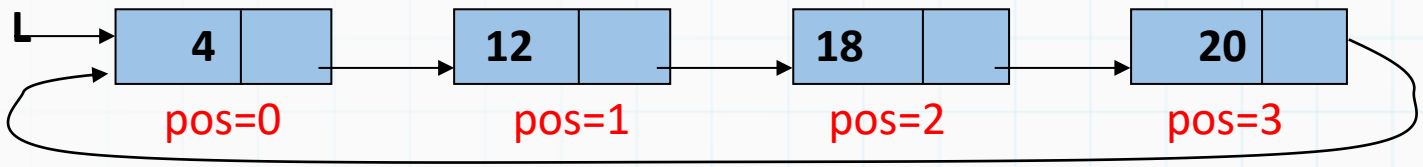
```
lista* insere_lista_C(lista* L, int el, int pos)
{
    if (pos<0 || pos > tamanho(L))
    {
        printf("posicao invalida\n");
        return L;
    }

    // novo elemento
    lista *novo;
    novo       = aloca_no();
    novo->info = el;
    novo->prox = novo;

    // Lista vazia
    if (L == NULL)
        return novo;

    if(pos==0)
    {
        lista *ultimo = L;

        do ultimo = ultimo->prox;
        while (ultimo->prox != L);

        ultimo->prox = novo;
        novo->prox   = L;
        return novo;
    }
    else
    {
        lista *anterior = L;
        for(int i=0; i<pos-1; i++)
            anterior = anterior->prox;

        novo->prox     = anterior->prox;
        anterior->prox = novo;

        return L;
    }
}
```

Listas Circulares



Remover: A remoção de um elemento numa posição específica pos={0, 1, 2, ...,n-1}

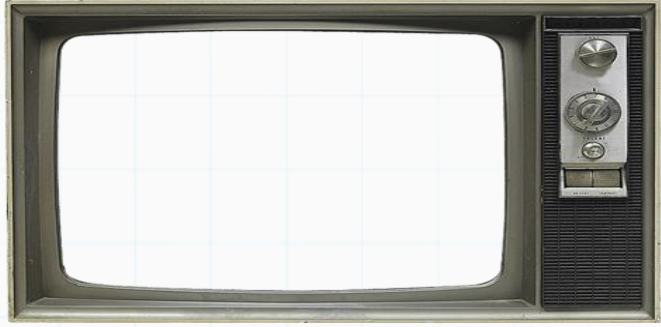
pos=0, remove a cabeça da lista



Temos que achar o ultimo no

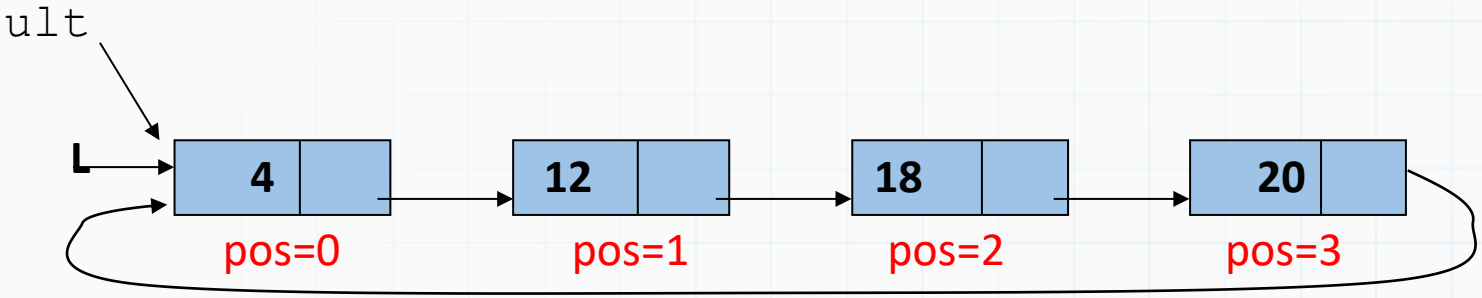
```
if(pos==0)
{
    lista* ultimo = L;
    while(ultimo->prox != L)
       ultimo = ultimo->prox;

    // so tem um elemento
    if(ultimo == L)
    {
       free(L);
       return NULL;
     }
     // tem mais de um elemento
     else
     {
        ultimo->prox = L->prox;
        free(L);
        return ultimo->prox;
      }
}
```

Listas Circulares



Remover: A remoção de um elemento numa posição específica pos={0, 1, 2, ...,n-1}

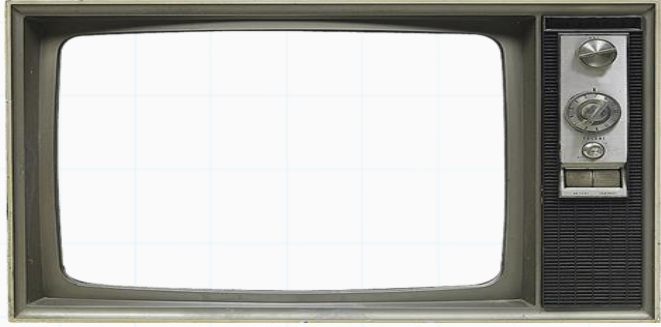
pos=0, remove a cabeça da lista



Temos que achar o ultimo no

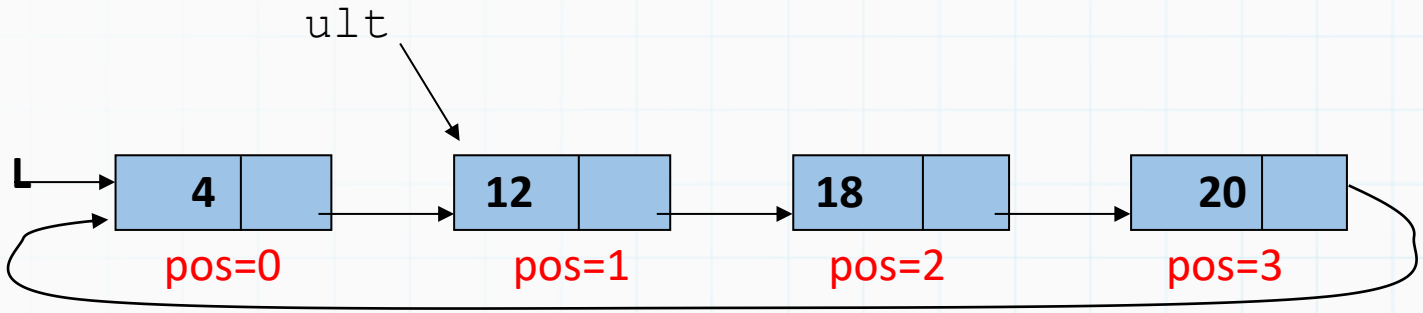
```
if(pos==0)
{
    lista* ultimo = L;
    while(ultimo->prox != L)
       ultimo = ultimo->prox;

    // so tem um elemento
    if(ultimo == L)
    {
       free(L);
       return NULL;
     }
     // tem mais de um elemento
     else
     {
        ultimo->prox = L->prox;
        free(L);
        return ultimo->prox;
      }
}
```

Listas Circulares



Remover: A remoção de um elemento numa posição específica pos={0, 1, 2, ...,n-1}

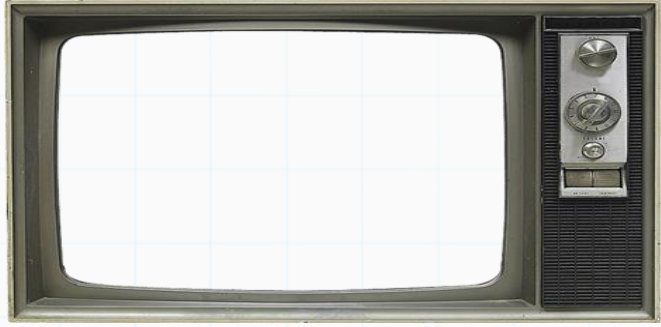
pos=0, remove a cabeça da lista



Temos que achar o ultimo no

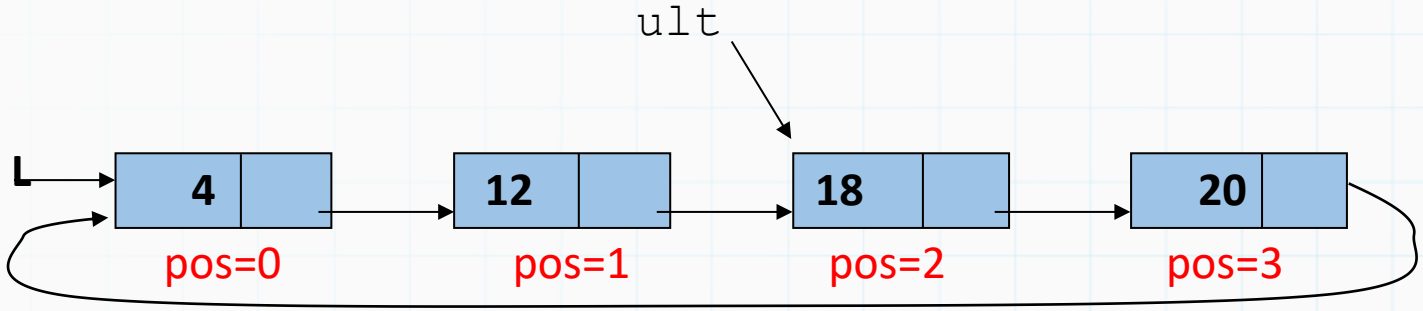
```
if(pos==0)
{
    lista* ultimo = L;
    while(ultimo->prox != L)
       ultimo = ultimo->prox;

    // so tem um elemento
    if(ultimo == L)
    {
       free(L);
       return NULL;
     }
     // tem mais de um elemento
     else
     {
        ultimo->prox = L->prox;
        free(L);
        return ultimo->prox;
      }
}
```

Listas Circulares



Remover: A remoção de um elemento numa posição específica pos={0, 1, 2, ...,n-1}

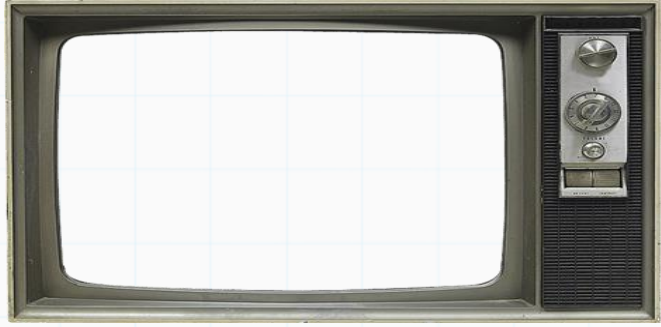
pos=0, remove a cabeça da lista



Temos que achar o ultimo no

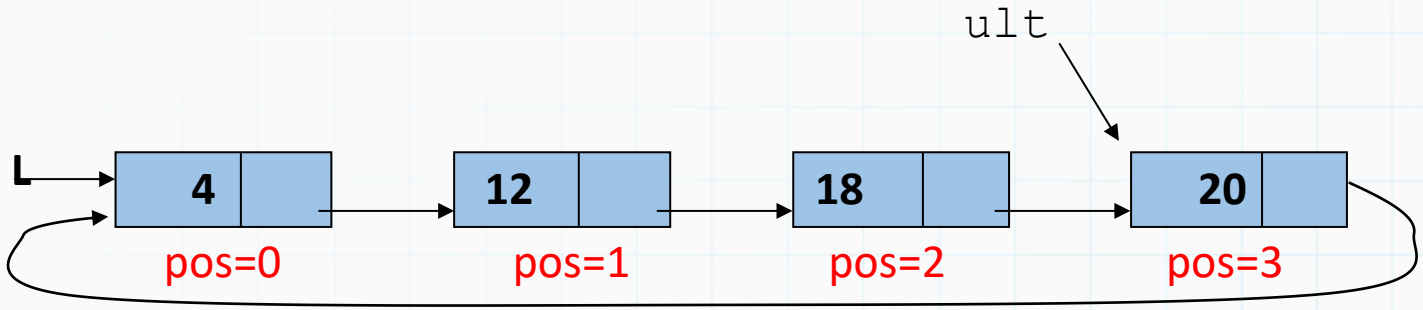
```
if(pos==0)
{
    lista* ultimo = L;
    while(ultimo->prox != L)
       ultimo = ultimo->prox;

    // so tem um elemento
    if(ultimo == L)
    {
       free(L);
       return NULL;
     }
     // tem mais de um elemento
     else
     {
        ultimo->prox = L->prox;
        free(L);
        return ultimo->prox;
      }
}
```

Listas Circulares



Remover: A remoção de um elemento numa posição específica pos={0, 1, 2, ...,n-1}

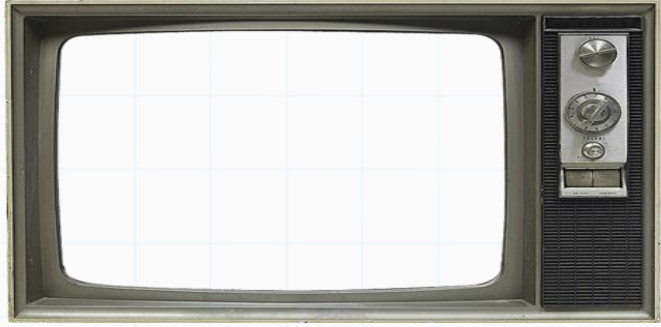
pos=0, remove a cabeça da lista



Temos que achar o ultimo no

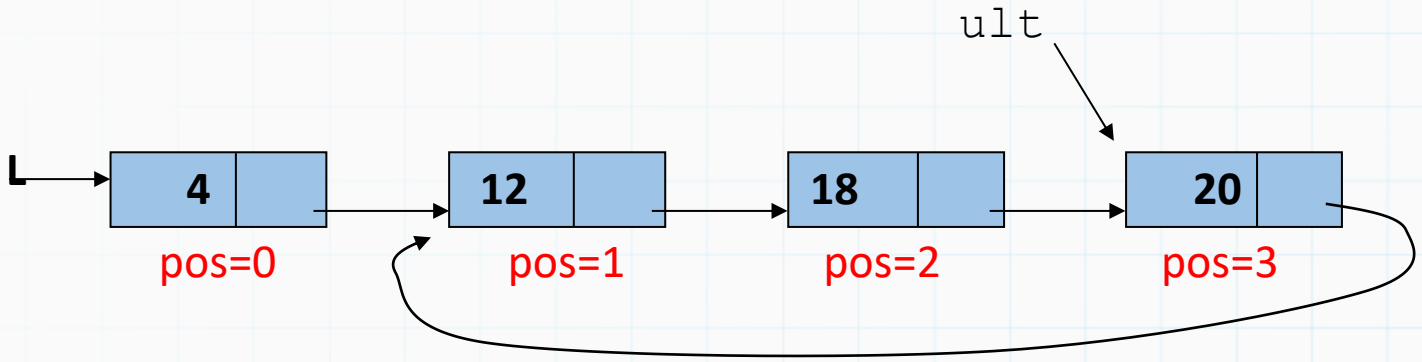
```
if(pos==0)
{
    lista* ultimo = L;
    while(ultimo->prox != L)
       ultimo = ultimo->prox;

    // so tem um elemento
    if(ultimo == L)
    {
       free(L);
       return NULL;
     }
     // tem mais de um elemento
     else
     {
        ultimo->prox = L->prox;
        free(L);
        return ultimo->prox;
      }
}
```

Listas Circulares



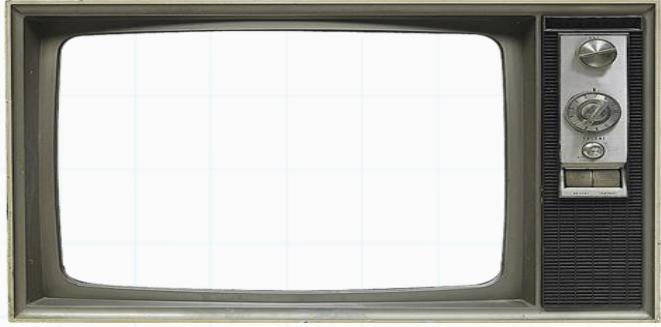
Remover: A remoção de um elemento numa posição específica pos={0, 1, 2, ...,n-1}

pos=0, remove a cabeça da lista



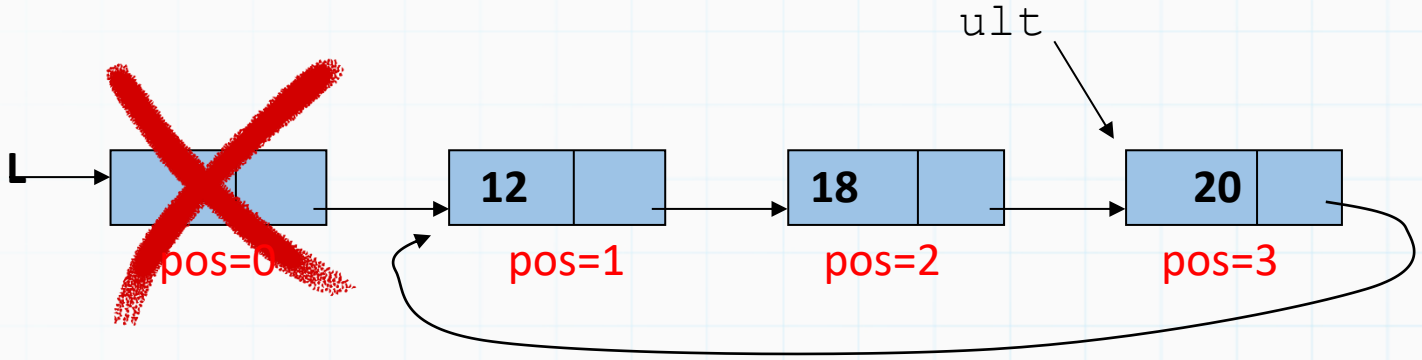

```
if(pos==0)
{
    lista* ultimo = L;
    while(ultimo->prox != L)
       ultimo = ultimo->prox;

    // so tem um elemento
    if(ultimo == L)
    {
       free(L);
       return NULL;
     }
     // tem mais de um elemento
     else
     {
        ultimo->prox = L->prox;
        free(L);
        return ultimo->prox;
      }
}
```

Listas Circulares



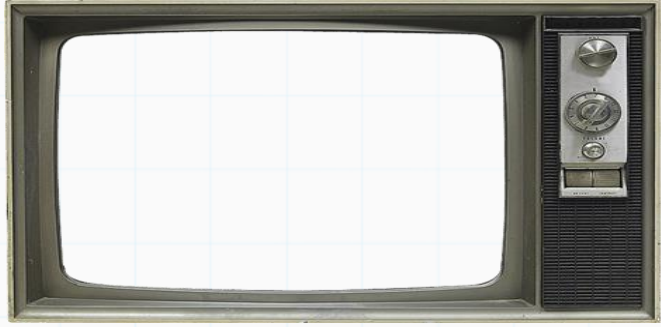
Remover: A remoção de um elemento numa posição específica pos={0, 1, 2, ...,n-1}

pos=0, remove a cabeça da lista



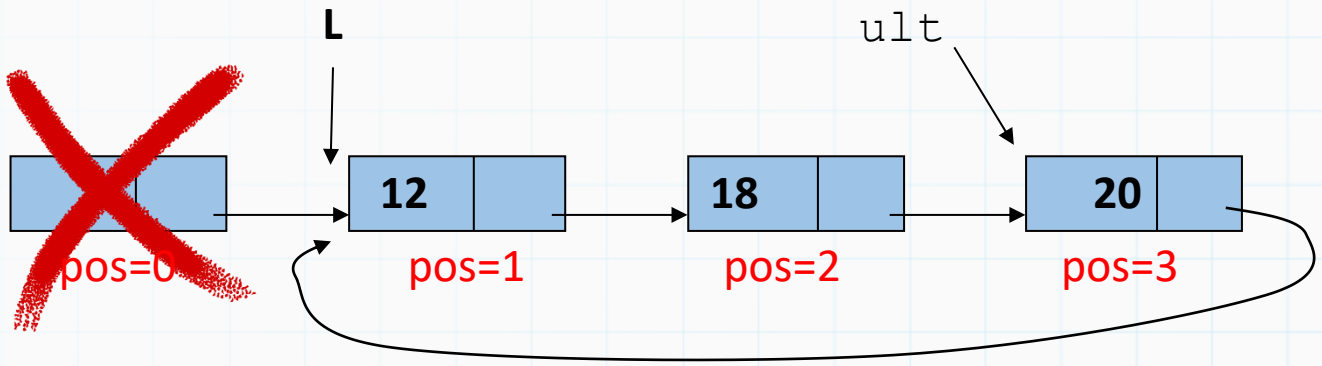

```
if(pos==0)
{
    lista* ultimo = L;
    while(ultimo->prox != L)
       ultimo = ultimo->prox;

    // so tem um elemento
    if(ultimo == L)
    {
       free(L);
       return NULL;
     }
     // tem mais de um elemento
     else
     {
        ultimo->prox = L->prox;
        free(L);
        return ultimo->prox;
      }
}
```

Listas Circulares



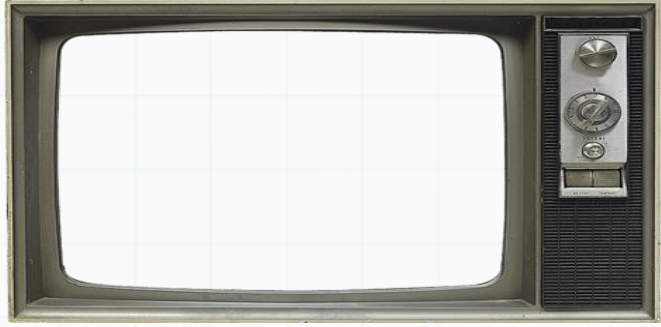
Remover: A remoção de um elemento numa posição específica pos={0, 1, 2, ...,n-1}

pos=0, remove a cabeça da lista



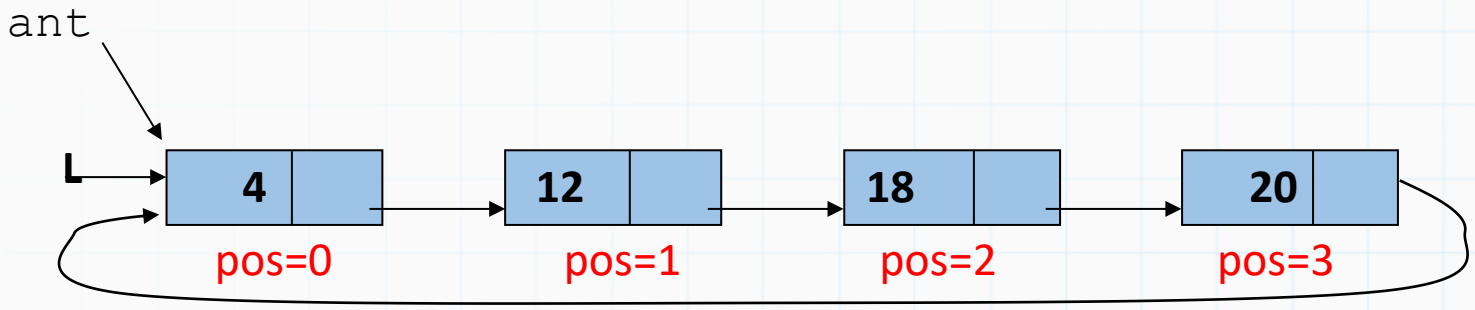

```
if(pos==0)
{
    lista* ultimo = L;
    while(ultimo->prox != L)
       ultimo = ultimo->prox;

    // so tem um elemento
    if(ultimo == L)
    {
       free(L);
       return NULL;
     }
     // tem mais de um elemento
     else
     {
        ultimo->prox = L->prox;
        free(L);
        return ultimo->prox;
      }
}
```

Listas Circulares



Remover: A remoção de um elemento numa posição específica pos={0, 1, 2, ...,n-1}

n-1>=pos>0, por exemplo pos=2

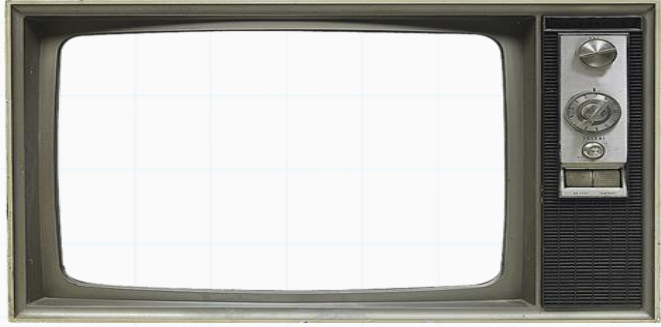


Igual a lista não circular

rem →

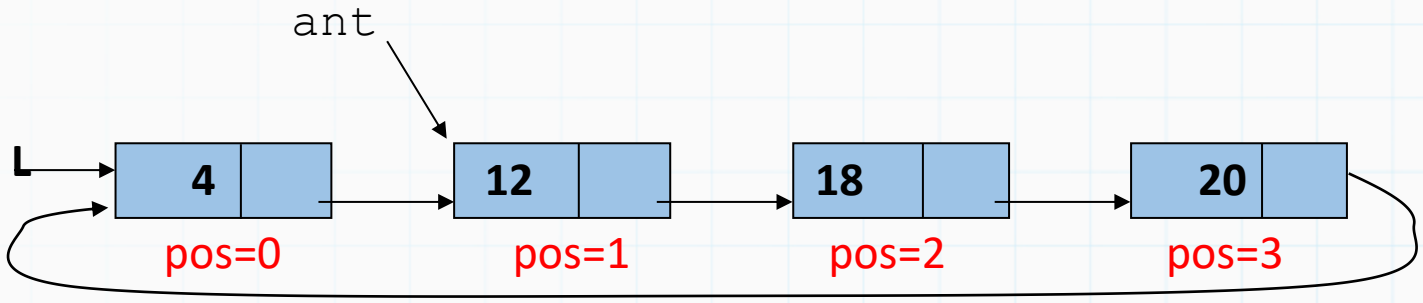
```
lista* anterior = L;
lista* removido;

for(int i=0;i< pos-1; i++)
   anterior = anterior->prox;

removido       = anterior->prox;
anterior->prox = removido->prox;

free(removido);
return L;
```

Listas Circulares



Remover: A remoção de um elemento numa posição específica pos={0, 1, 2, ...,n-1}

n-1>=pos>0, por exemplo pos=2



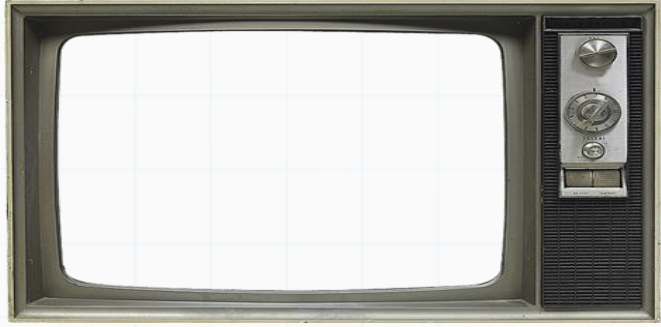
Igual a lista não circular

i=0

rem →

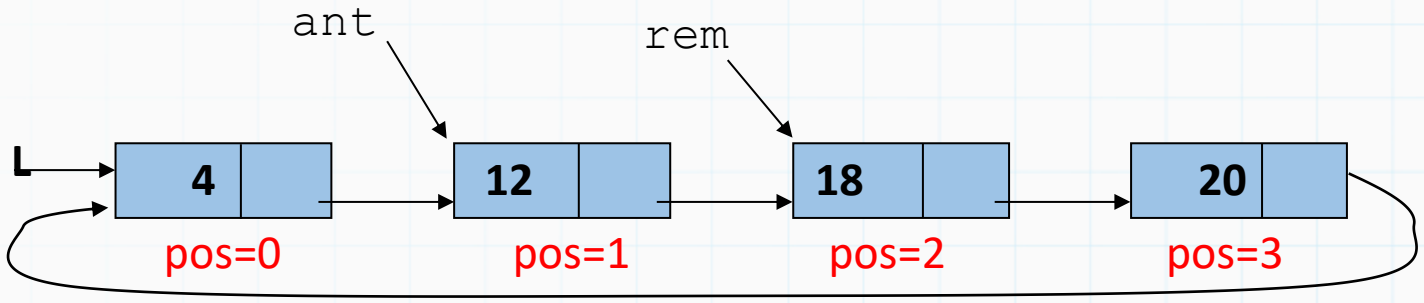
```
lista* anterior = L;
lista* removido;

for(int i=0;i< pos-1; i++)
   anterior = anterior->prox;

removido       = anterior->prox;
anterior->prox = removido->prox;

free(removido);
return L;
```

Listas Circulares



Remover: A remoção de um elemento numa posição específica pos={0, 1, 2, ...,n-1}

n-1>=pos>0, por exemplo pos=2

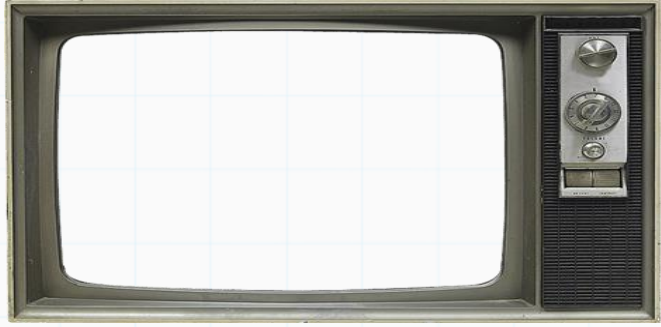


Igual a lista não circular

i=0

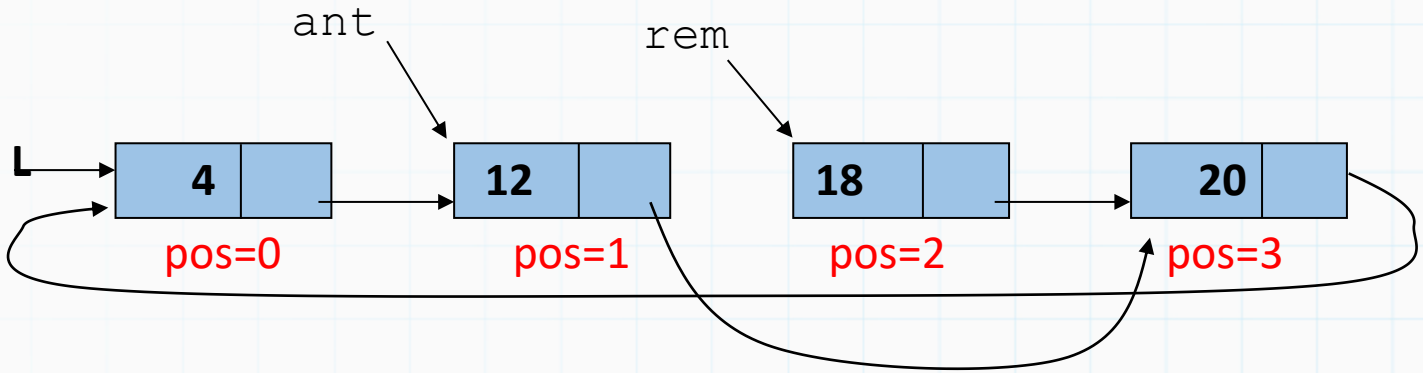
```
lista* anterior = L;
lista* removido;

for(int i=0;i< pos-1; i++)
   anterior = anterior->prox;

removido       = anterior->prox;
anterior->prox = removido->prox;

free(removido);
return L;
```

Listas Circulares



Remover: A remoção de um elemento numa posição específica pos={0, 1, 2, ...,n-1}

n-1>=pos>0, por exemplo pos=2

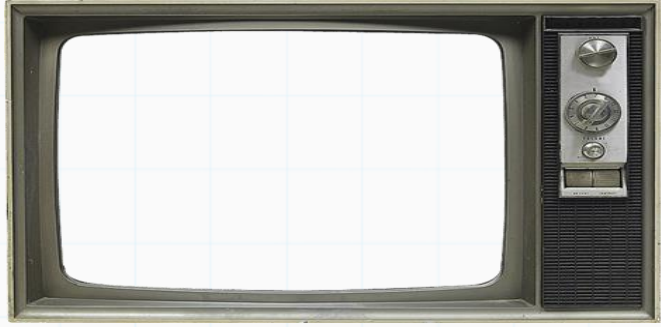


Igual a lista não circular

i=0

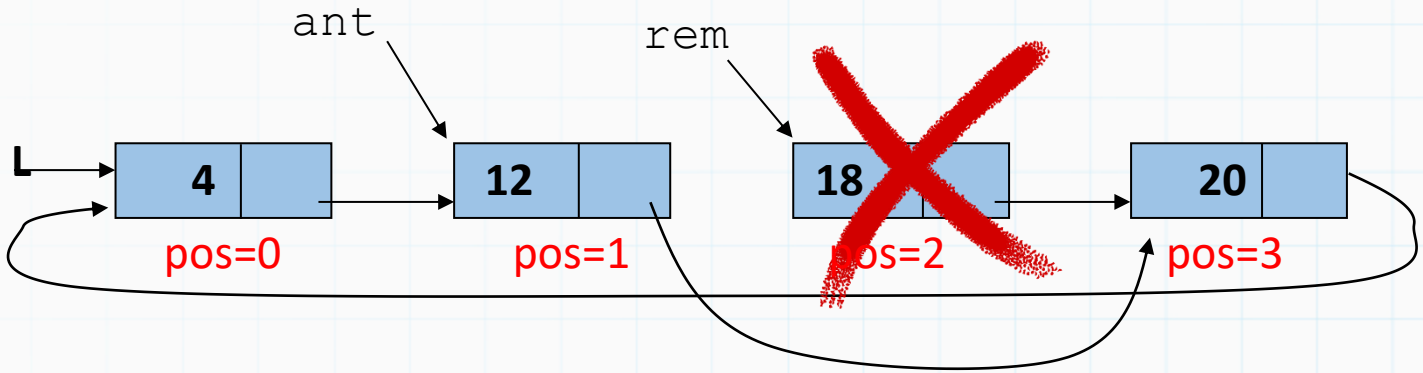
```
lista* anterior = L;
lista* removido;

for(int i=0;i< pos-1; i++)
   anterior = anterior->prox;

removido       = anterior->prox;
anterior->prox = removido->prox;

free(removido);
return L;
```

Listas Circulares



Remover: A remoção de um elemento numa posição específica pos={0, 1, 2, ...,n-1}

n-1>=pos>0, por exemplo pos=2



Igual a lista não circular

i=0

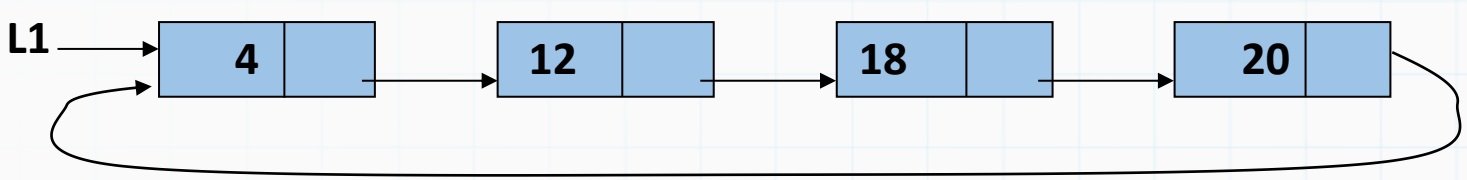
```
lista* anterior = L;
lista* removido;

for(int i=0;i< pos-1; i++)
   anterior = anterior->prox;

removido       = anterior->prox;
anterior->prox = removido->prox;

free(removido);
return L;
```

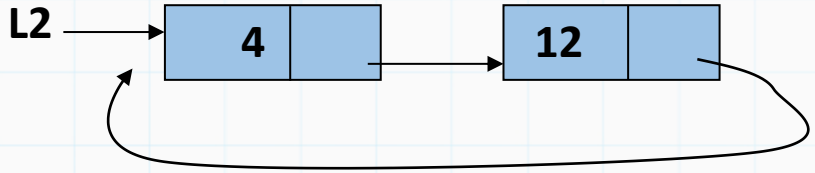
```c
lista* remove_lista_C(lista* L, int pos)
{
    // Lista vazia
    if (L == NULL)
        return L;

    if (pos<0 || pos > tamanho(L)-1)
    {
        printf("posicao invalida\n");
        return L;
    }

    if(pos==0)
    {
        lista* ultimo = L;
        while(ultimo->prox != L)
            ultimo = ultimo->prox;

        // so tem um elemento
        if(ultimo == L)
        {
            free(L);
            return NULL;
        }
        // tem mais de um elemento
        else
        {
            ultimo->prox = L->prox;
            free(L);
            return ultimo->prox;
        }
    }
    else
    {
        lista* anterior = L;
        lista* removido;

        for(int i=0;i< pos-1; i++)
            anterior = anterior->prox;

        removido       = anterior->prox;
        anterior->prox = removido->prox;

        free(removido);
        return L;
    }

}
```

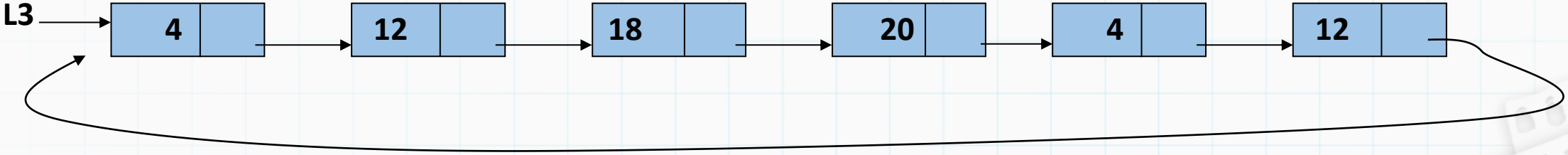
Listas Circulares

Listas Circulares

Exercício 1) Faça uma função que dado 2 listas circulares, concatene elas e retorne um ponteiro para a cabeça dessa lista nova.







Cuidado com os casos de listas vazias

Use só o que aprendemos até hoje

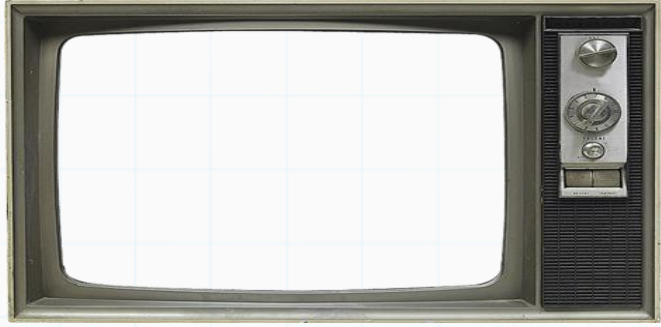
```
struct NO {
        int info;
        struct NO *prox;
}
typedef struct NO lista;
```

Listas encadeadas

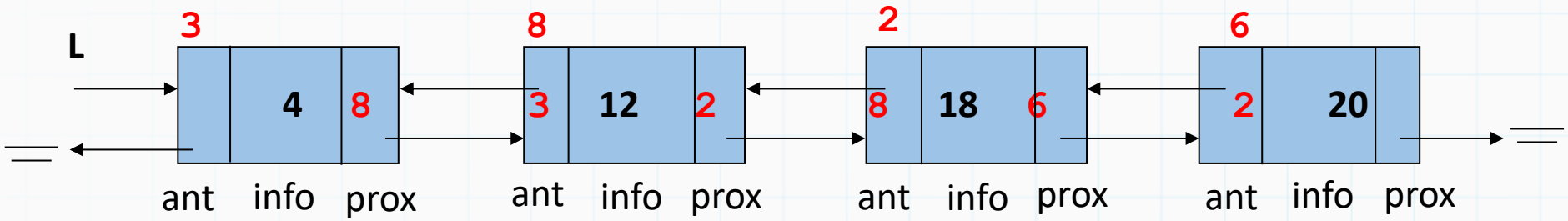
Exercício 1) Faça uma função que dado 2 listas circulares, concatene elas e retorne um ponteiro para a cabeça dessa lista nova.

```
lista * concatena_listas_C (lista* L1, lista* L2)
{
    if (L1 == NULL)
        return L2;

    if (L2 == NULL)
        return L1;

    lista *ultimo = L1;
    do ultimo = ultimo->prox;
    while (ultimo->prox != L1);

    ultimo->prox = L2;

    ultimo = L2;
    do ultimo = ultimo->prox;
    while (ultimo->prox != L2);

    ultimo->prox = L1;

    return L1;
}
```

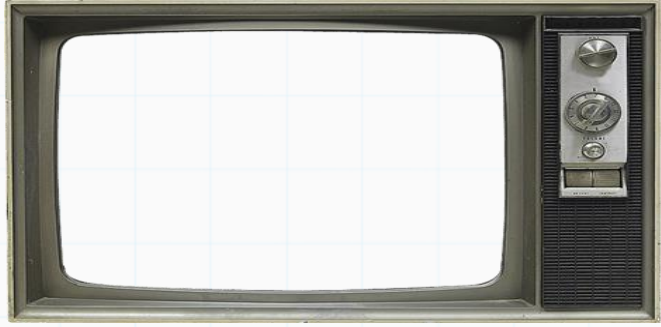
Listas Duplamente Encadeadas



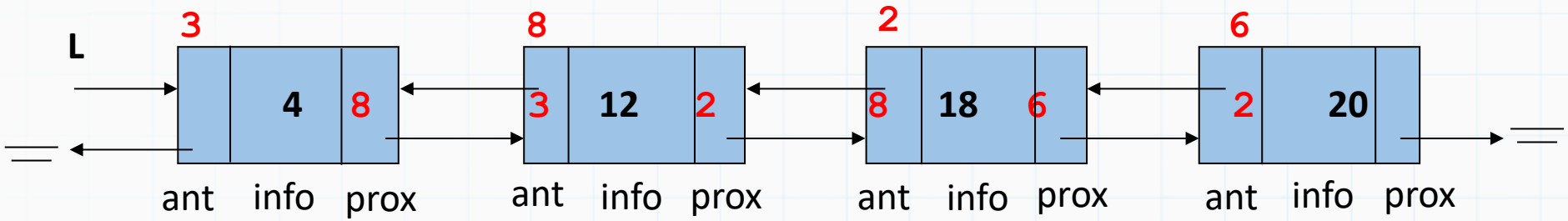
É uma lista duplamente encadeada, cada nó guarda o endereço do próximo e do seu antecessor.



Listas Duplamente Encadeadas



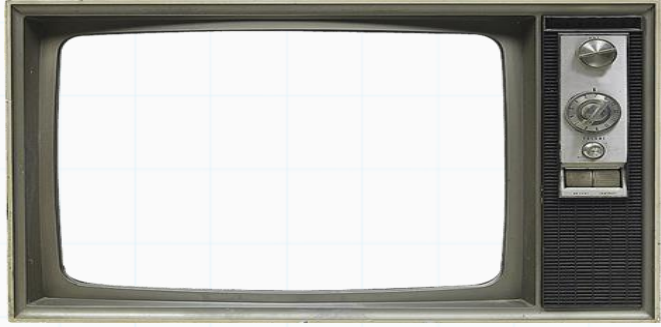
É uma lista duplamente encadeada, cada nó guarda o endereço do próximo e do seu antecessor.



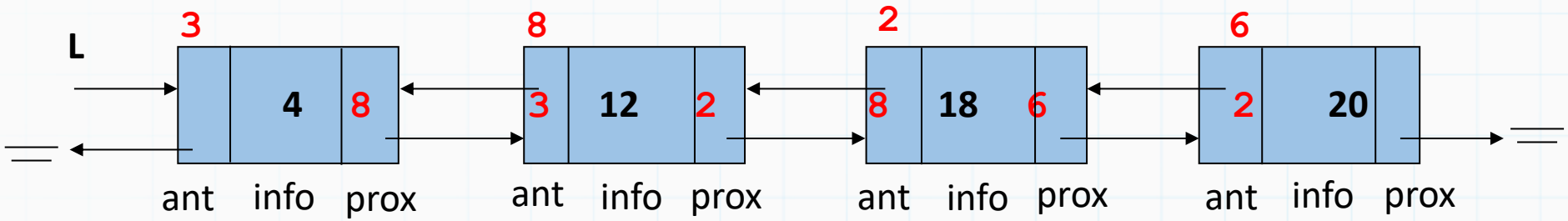
Vantagens:

- Acesso fácil ao elemento anterior, o que facilita em diversas operações

Listas Duplamente Encadeadas



É uma lista duplamente encadeada, cada nó guarda o endereço do próximo e do seu antecessor.



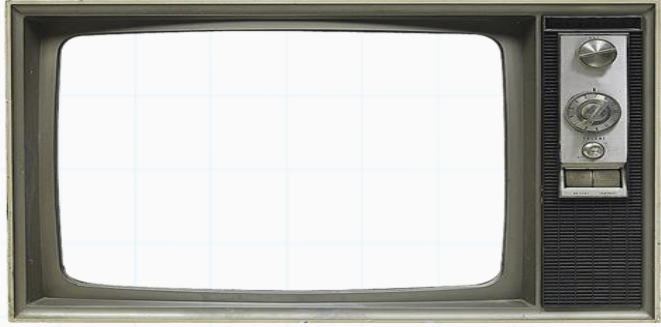
Vantagens:

- Acesso fácil ao elemento anterior, o que facilita em diversas operações

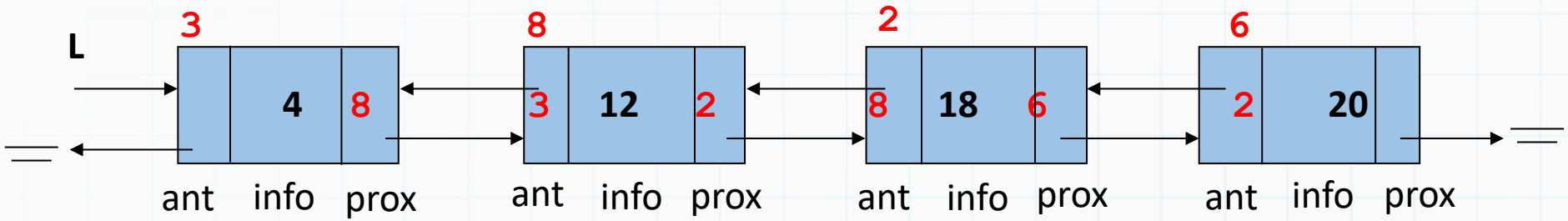
Desvantagens:

- Mais complexo
- Espaço de memória duplica (dobro de ponteiros)

Listas Duplamente Encadeadas

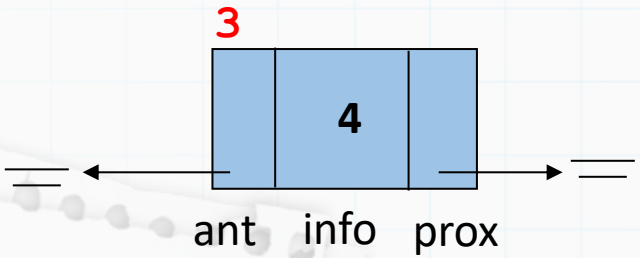


É uma lista duplamente encadeada, cada nó guarda o endereço do próximo e do seu antecessor.

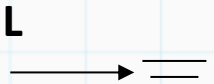


Exemplos:

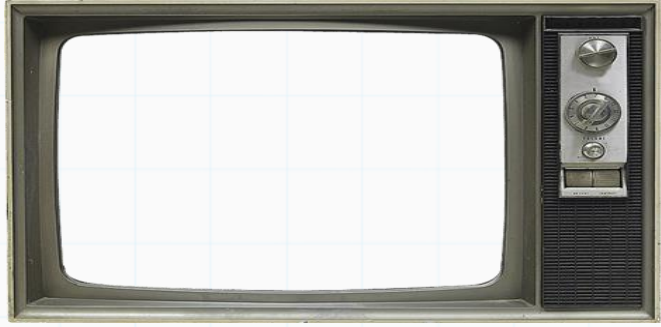
Um elemento



Vazia

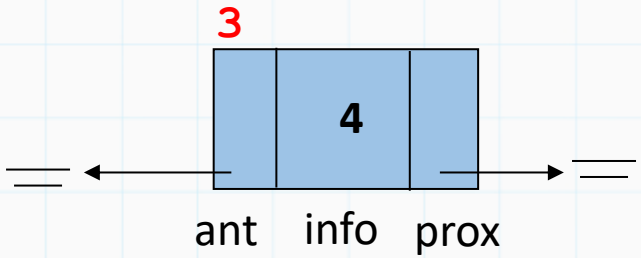


Listas Duplamente Encadeadas

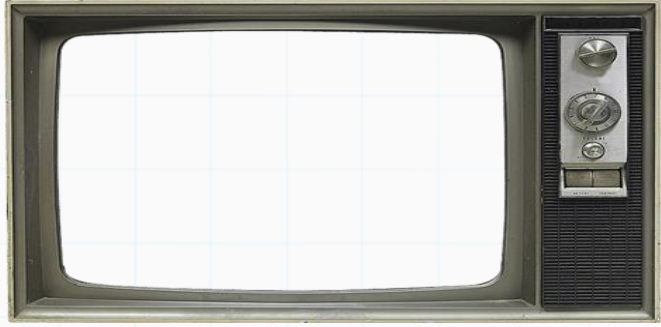


- A estrutura de um nó da lista muda
- A inicialização também muda

```
struct NO {
      int info;
      struct NO *prox, *ant;
}
typedef struct NO lista;
...
lista *L;
L = (lista*) malloc(sizeof(lista));
L->prox = NULL;
L->ant  = NULL;
```



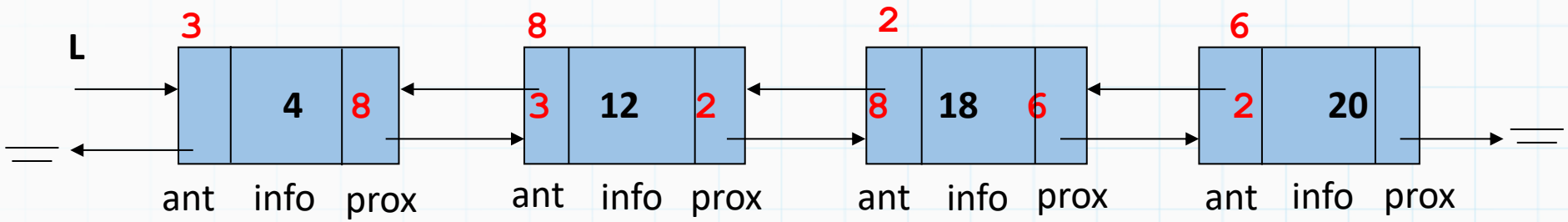
Listas Duplamente Encadeadas



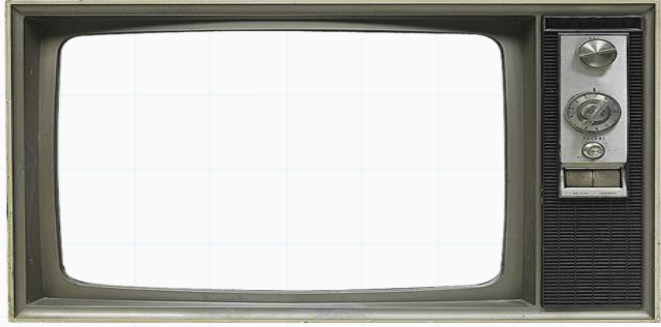
Percorrer: Igual a da lista encadeada

```
lista *no;
no =L;
while (no != NULL)
{
   printf("%d, ", no->info);
   no = no->prox;
}
```

```
struct NO {
        int info;
        struct NO *prox, *ant;
};
typedef struct NO lista;
```

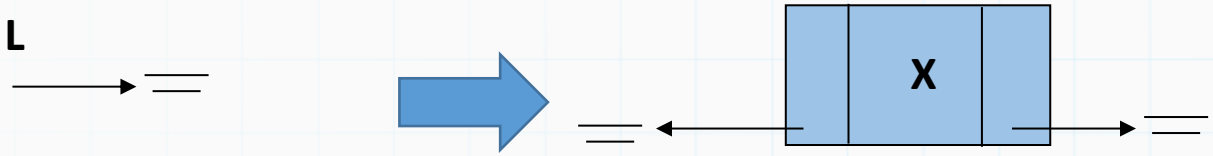


Listas Duplamente Encadeadas

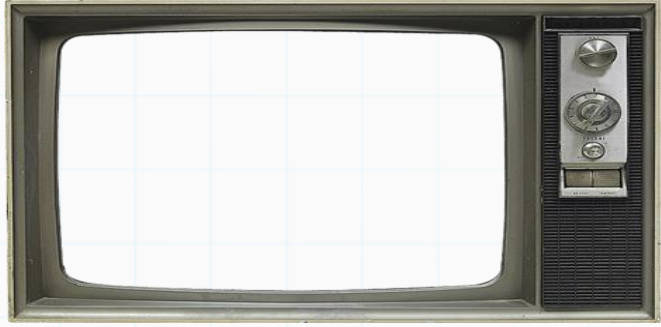


Inserir: A inserção de um elemento X numa posição específica pos={0, 1, 2, ...,n}

Se L vazio é fácil

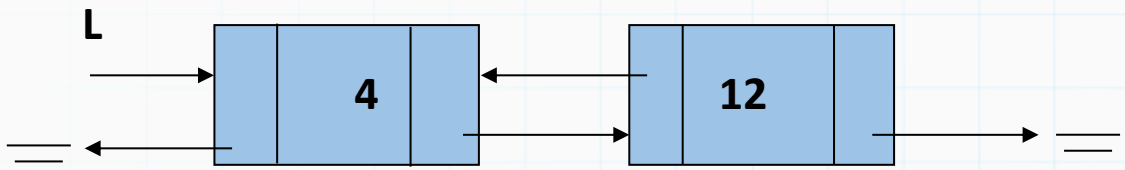


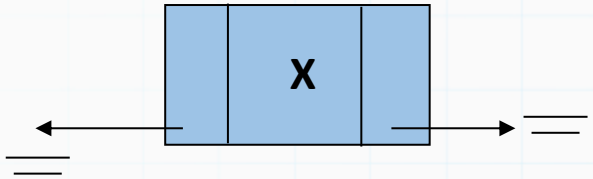
Listas Duplamente Encadeadas



Inserir: A inserção de um elemento X numa posição específica pos={0, 1, 2, ...,n}

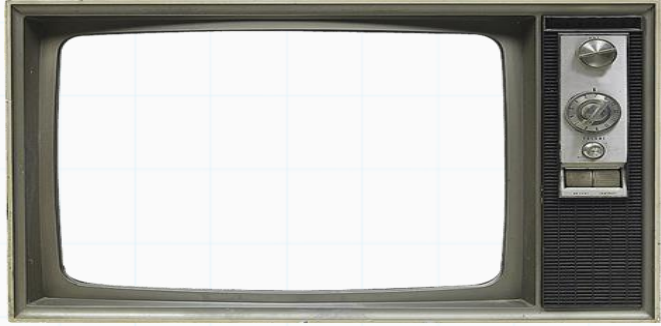
Se L vazio é fácil OU pos=0 é facil





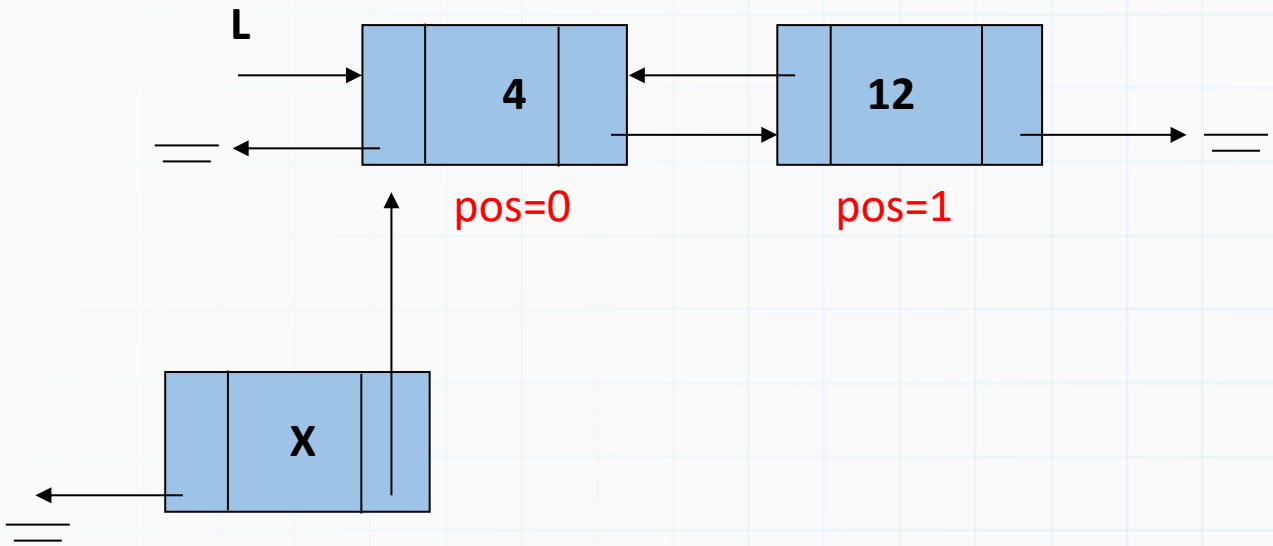

```
if ((pos == 0) || (L == NULL))
{
   lista *no;
   no         = aloca_no();
   no->info   = el;
   no->prox   = L;
   no->ant    = NULL;

   if (L != NULL)
     L->ant    = no;
   return no;
}
```

Listas Duplamente Encadeadas



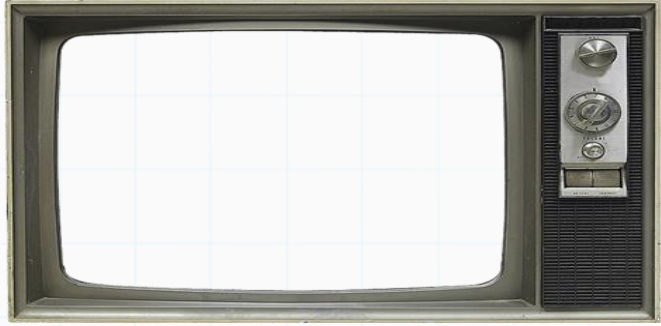
Inserir: A inserção de um elemento X numa posição específica pos={0, 1, 2, ...,n}

Se L vazio é fácil OU pos=0 é facil



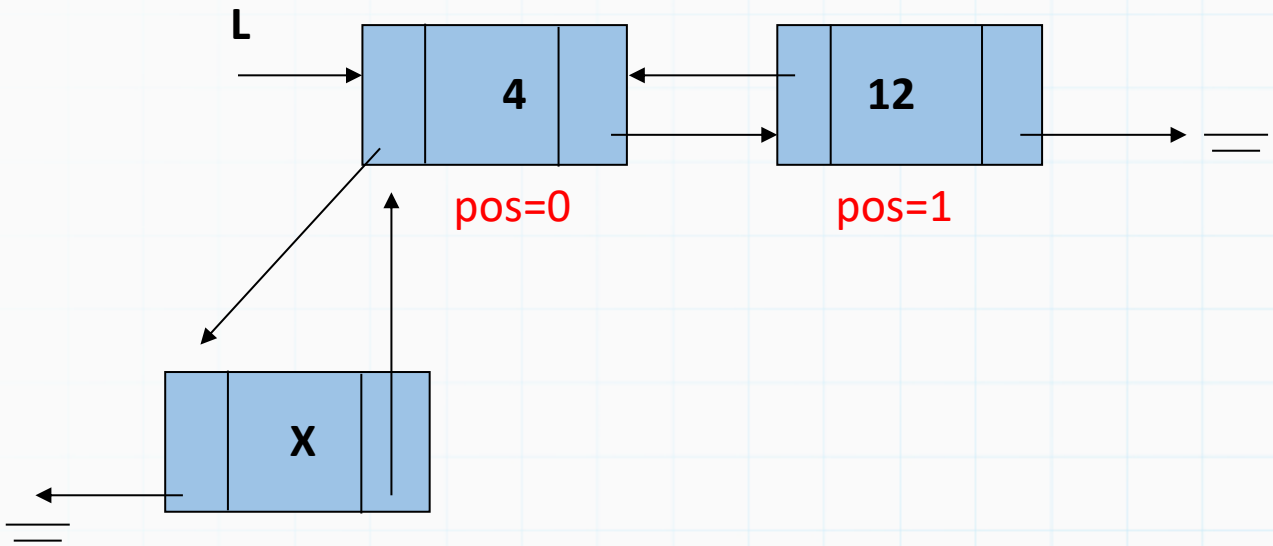

```
if ((pos == 0) || (L == NULL))
{
   lista *no;
   no         = aloca_no();
   no->info   = el;
   no->prox   = L;
   no->ant    = NULL;

   if (L != NULL)
     L->ant     = no;
   return no;
}
```

Listas Duplamente Encadeadas



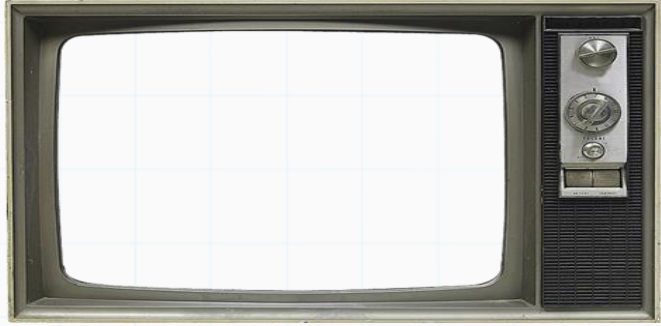
Inserir: A inserção de um elemento X numa posição específica pos={0, 1, 2, ...,n}

Se L vazio é fácil OU pos=0 é facil



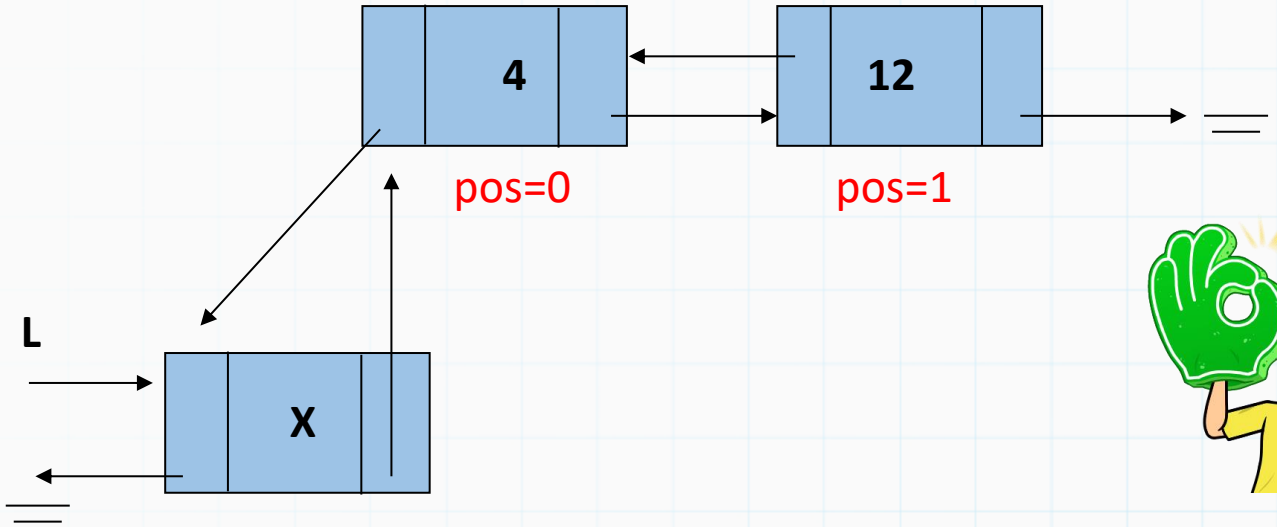

```
if ((pos == 0) || (L == NULL))
{
   lista *no;
   no         = aloca_no();
   no->info   = el;
   no->prox   = L;
   no->ant    = NULL;

   if (L != NULL)
     L->ant     = no;
   return no;
}
```

Listas Duplamente Encadeadas



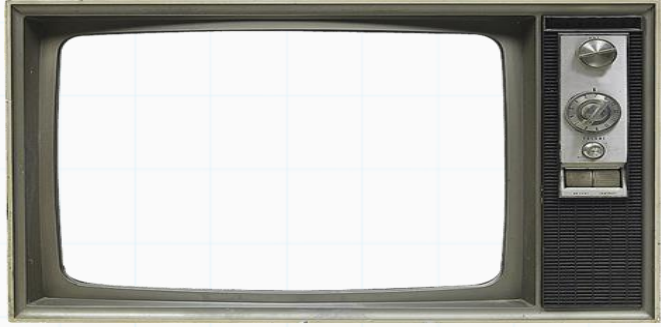
Inserir: A inserção de um elemento X numa posição específica pos={0, 1, 2, ...,n}

Se L vazio é fácil OU pos=0 é facil



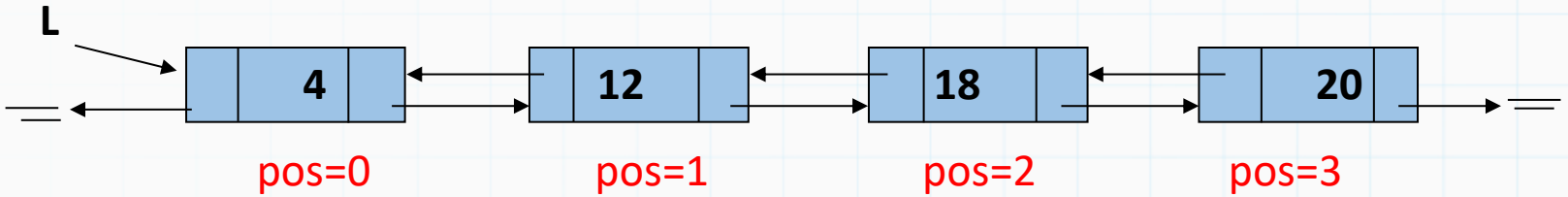

```
if ((pos == 0) || (L == NULL))
{
   lista *no;
   no         = aloca_no();
   no->info   = el;
   no->prox   = L;
   no->ant    = NULL;

   if (L != NULL)
     L->ant     = no;
   return no;
}
```

Listas Duplamente Encadeadas



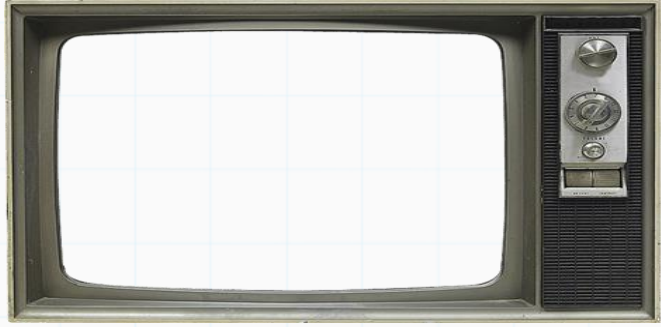
Inserir: A inserção de um elemento X numa posição específica pos={0, 1, 2, ...,n}

Se pos>0, por exemplo pos=2



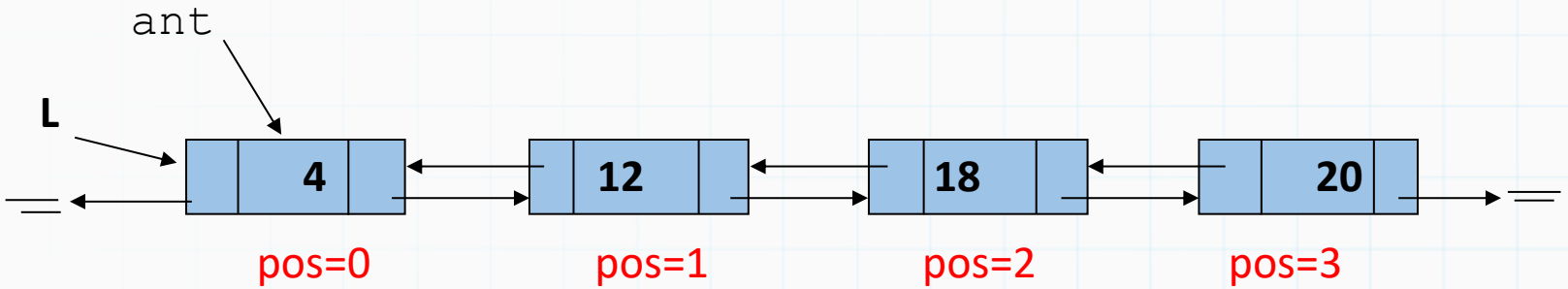

```
lista * anterior = L;

for(int i=0; i<pos-1; i++)
{
  anterior=anterior->prox;
}

lista *novo    = aloca_no();
novo->info     = el;
novo->prox     = anterior->prox;
novo->ant      = anterior;

if (anterior->prox != NULL)
  anterior->prox->ant = novo;

anterior->prox = novo;
return L;
```

Listas Duplamente Encadeadas



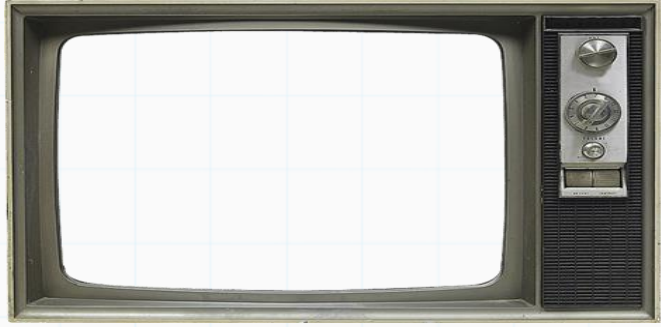
Inserir: A inserção de um elemento X numa posição específica pos={0, 1, 2, ...,n}

Se pos>0, por exemplo pos=2



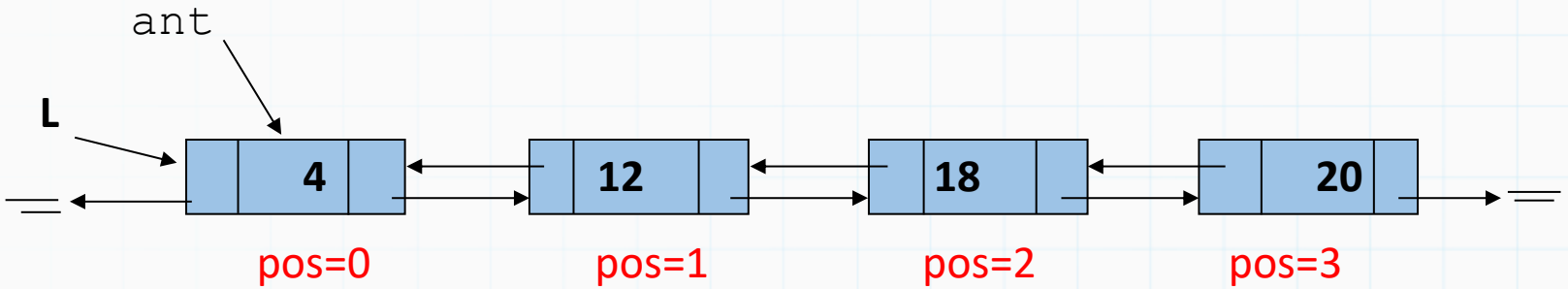

```
lista * anterior = L;

for(int i=0; i<pos-1; i++)
{
  anterior=anterior->prox;
}

lista *novo    = aloca_no();
novo->info     = el;
novo->prox     = anterior->prox;
novo->ant      = anterior;

if (anterior->prox != NULL)
  anterior->prox->ant = novo;

anterior->prox = novo;
return L;
```

Listas Duplamente Encadeadas



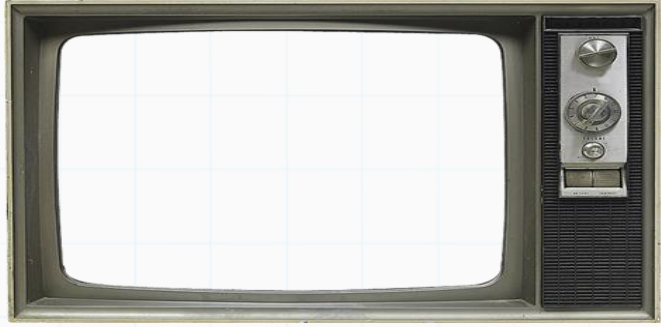
Inserir: A inserção de um elemento X numa posição específica pos={0, 1, 2, ...,n}

Se pos>0, por exemplo pos=2



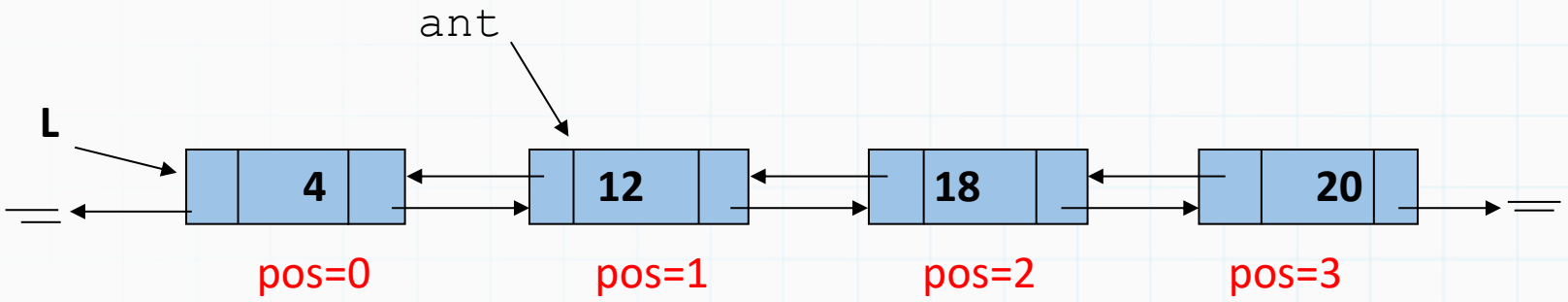

```
lista * anterior = L;

for(int i=0; i<pos-1; i++)
{
  anterior=anterior->prox;
}

lista *novo    = aloca_no();
novo->info     = el;
novo->prox     = anterior->prox;
novo->ant      = anterior;

if (anterior->prox != NULL)
  anterior->prox->ant = novo;

anterior->prox = novo;
return L;
```

Listas Duplamente Encadeadas



Inserir: A inserção de um elemento X numa posição específica pos={0, 1, 2, ...,n}

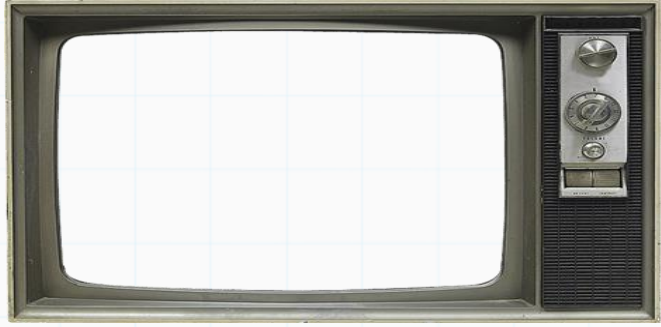
Se pos>0, por exemplo pos=2



i=0

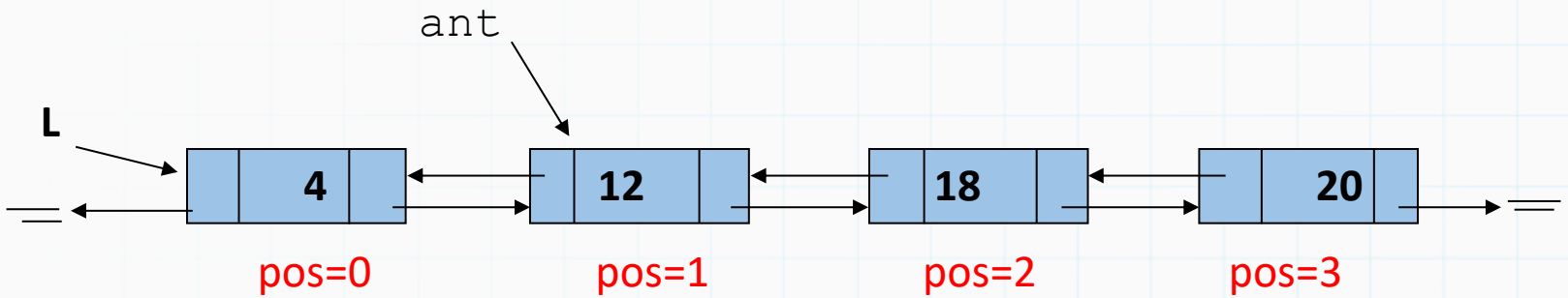
```
lista * anterior = L;

for(int i=0; i<pos-1; i++)
{
  anterior=anterior->prox;
}

lista *novo    = aloca_no();
novo->info     = el;
novo->prox     = anterior->prox;
novo->ant      = anterior;

if (anterior->prox != NULL)
  anterior->prox->ant = novo;

anterior->prox = novo;
return L;
```

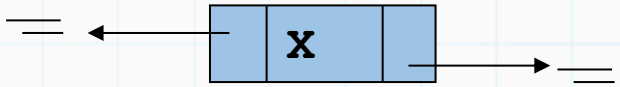
Listas Duplamente Encadeadas



Inserir: A inserção de um elemento X numa posição específica pos={0, 1, 2, ...,n}

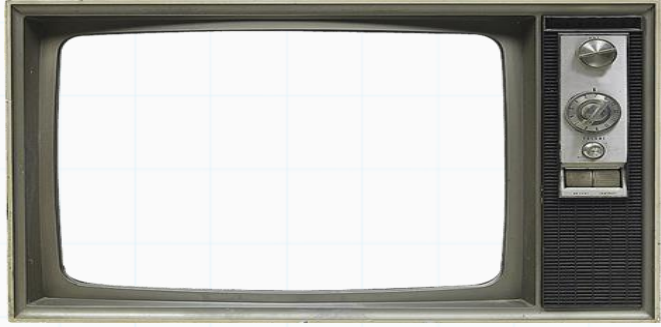
Se pos>0, por exemplo pos=2





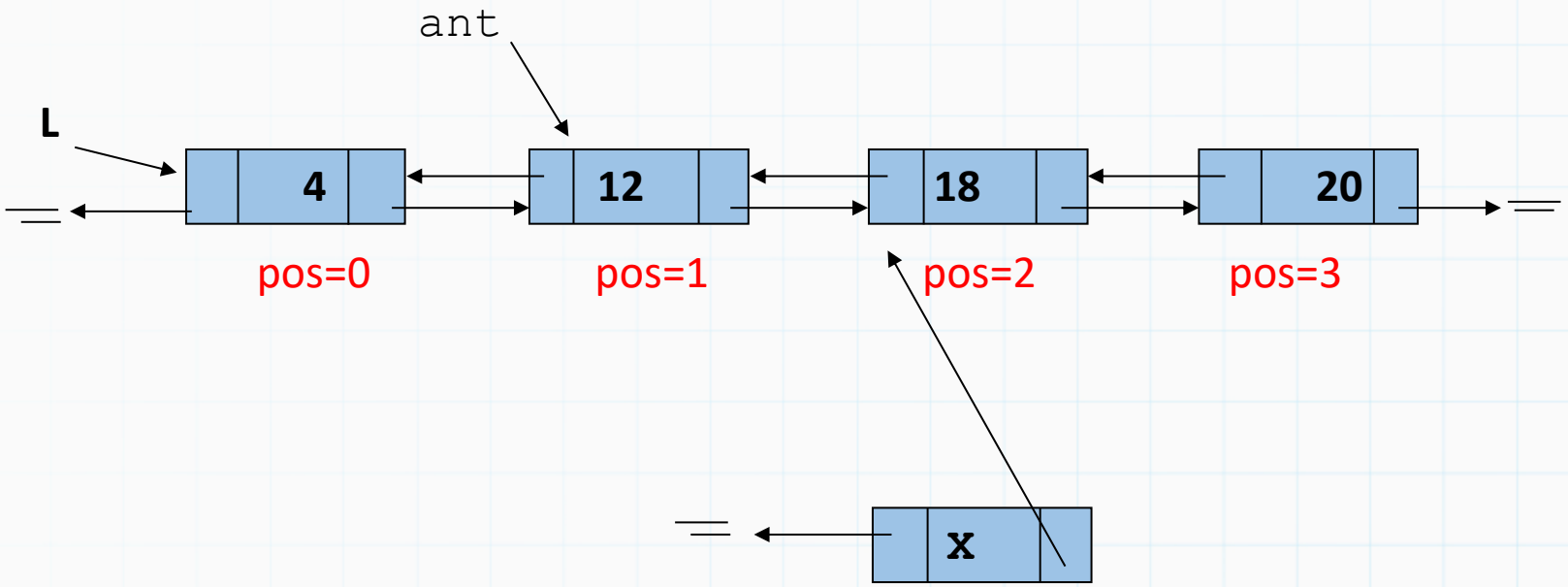

```
lista * anterior = L;

for(int i=0; i<pos-1; i++)
{
  anterior=anterior->prox;
}

lista *novo     = aloca_no();
novo->info      = el;
novo->prox      = anterior->prox;
novo->ant       = anterior;

if (anterior->prox != NULL)
  anterior->prox->ant = novo;

anterior->prox = novo;
return L;
```

Listas Duplamente Encadeadas



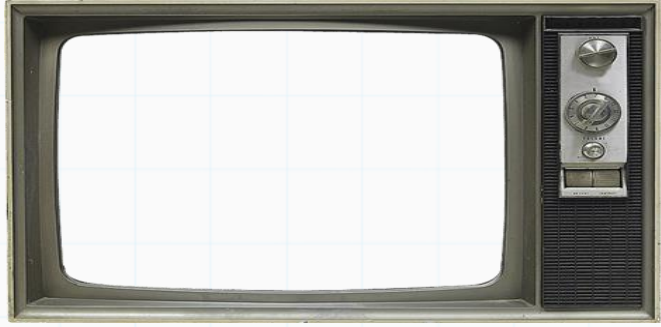
Inserir: A inserção de um elemento X numa posição específica pos={0, 1, 2, ...,n}

Se pos>0, por exemplo pos=2



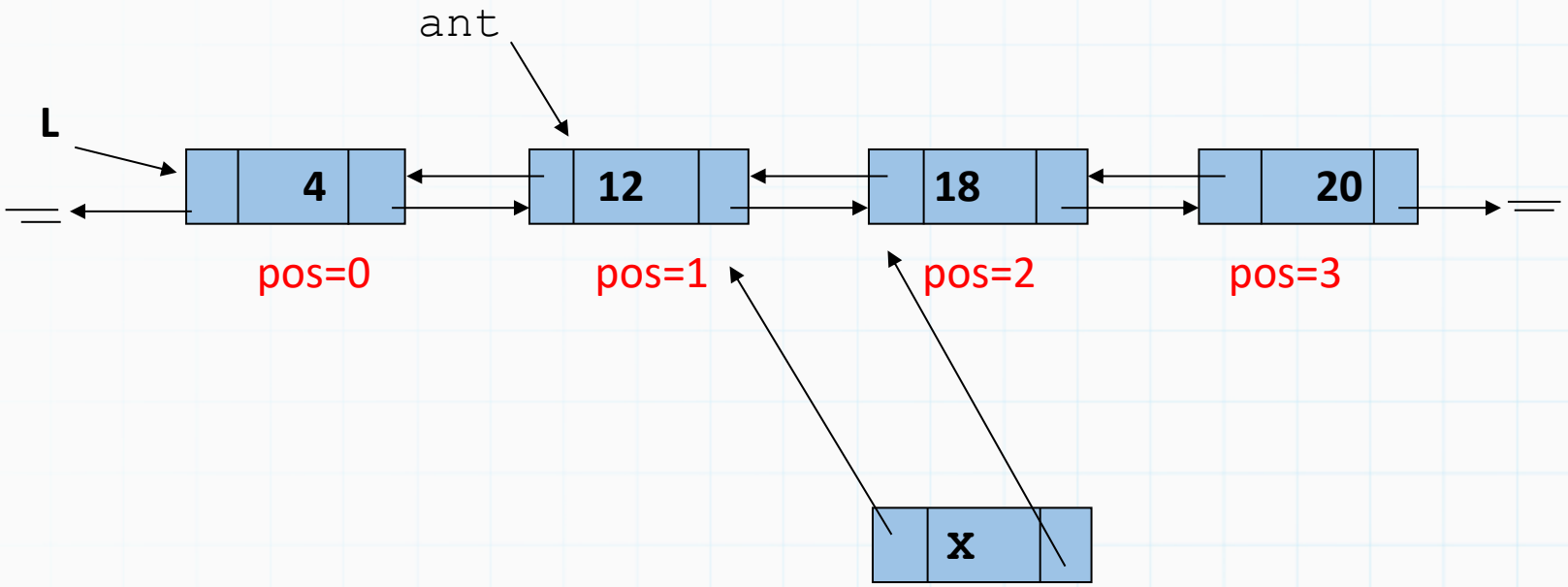

```
lista * anterior = L;

for(int i=0; i<pos-1; i++)
{
  anterior=anterior->prox;
}

lista *novo    = aloca_no();
novo->info     = el;
novo->prox     = anterior->prox;
novo->ant      = anterior;

if (anterior->prox != NULL)
  anterior->prox->ant = novo;

anterior->prox = novo;
return L;
```

Listas Duplamente Encadeadas



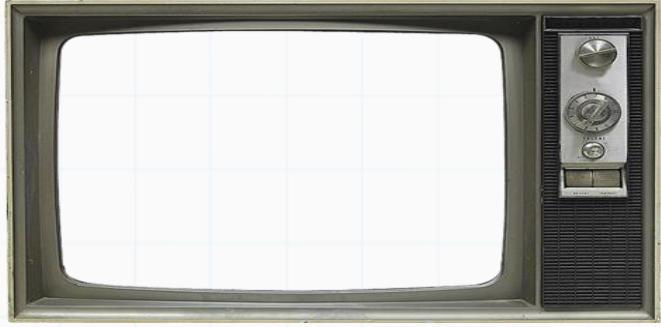
Inserir: A inserção de um elemento X numa posição específica pos={0, 1, 2, ...,n}

Se pos>0, por exemplo pos=2



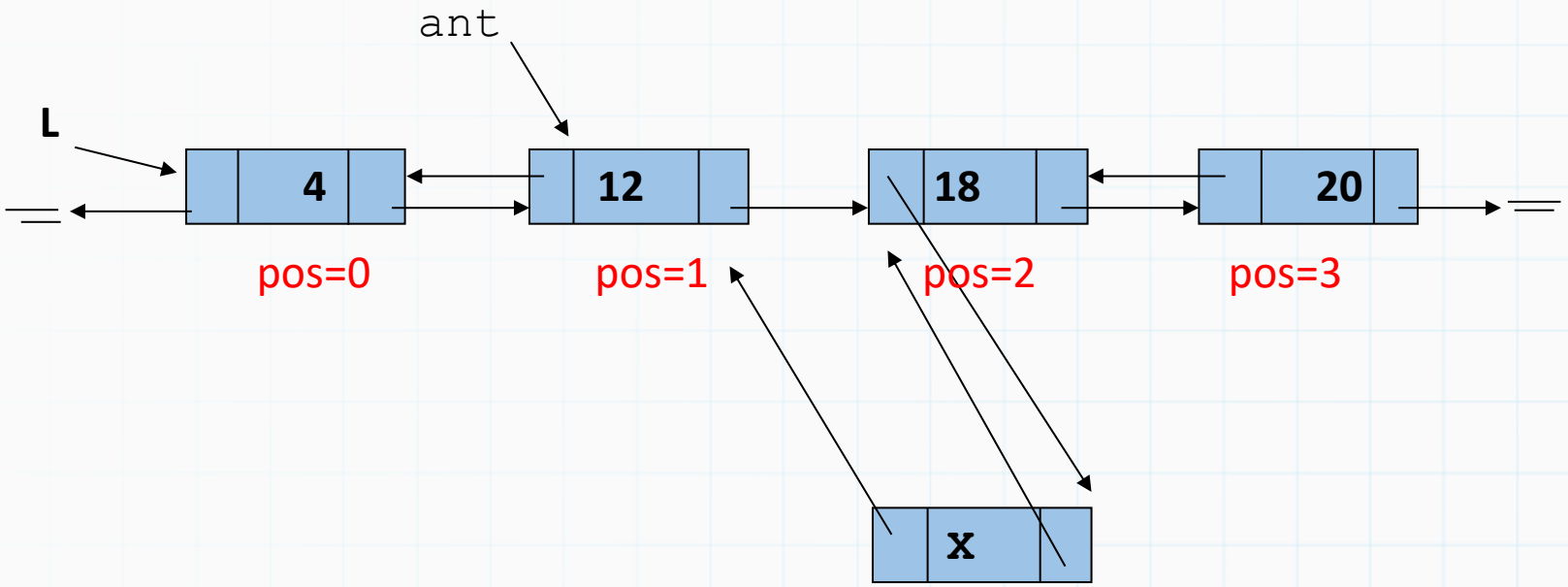

```
lista * anterior = L;

for(int i=0; i<pos-1; i++)
{
  anterior=anterior->prox;
}

lista *novo    = aloca_no();
novo->info     = el;
novo->prox     = anterior->prox;
novo->ant      = anterior;

if (anterior->prox != NULL)
  anterior->prox->ant = novo;

anterior->prox = novo;
return L;
```

Listas Duplamente Encadeadas



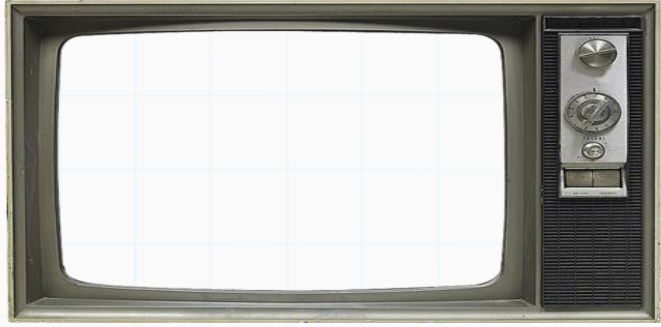
Inserir: A inserção de um elemento X numa posição específica pos={0, 1, 2, ...,n}

Se pos>0, por exemplo pos=2



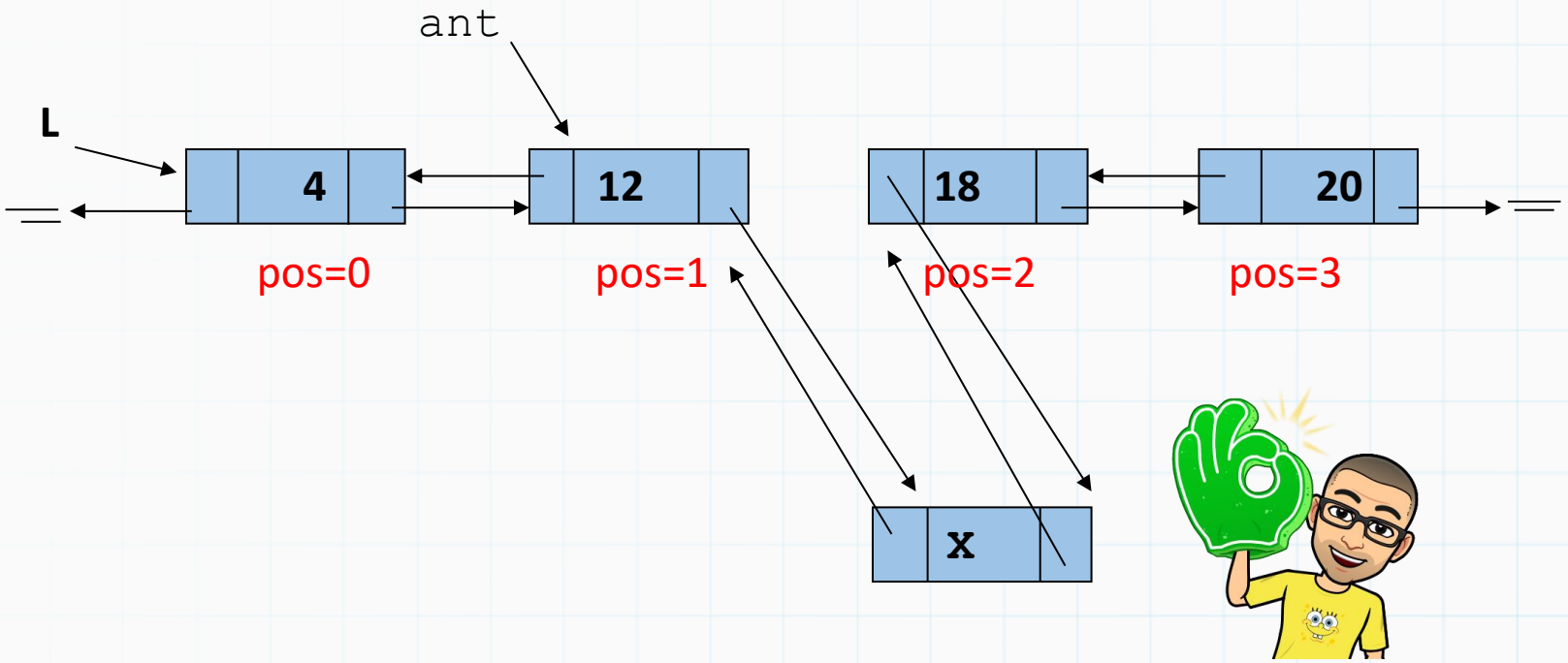

```
lista * anterior = L;

for(int i=0; i<pos-1; i++)
{
  anterior=anterior->prox;
}

lista *novo    = aloca_no();
novo->info     = el;
novo->prox     = anterior->prox;
novo->ant      = anterior;

if (anterior->prox != NULL)
  anterior->prox->ant = novo;

anterior->prox = novo;
return L;
```

Listas Duplamente Encadeadas



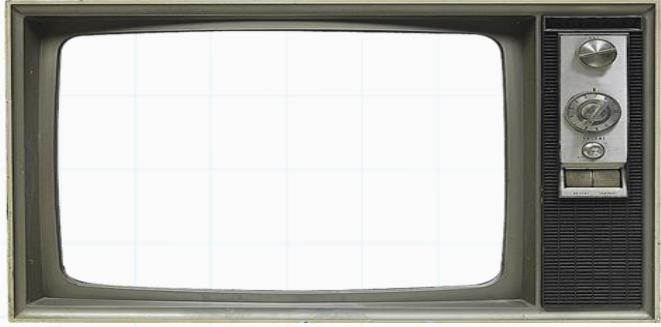
Inserir: A inserção de um elemento X numa posição específica pos={0, 1, 2, ...,n}

Se pos>0, por exemplo pos=2



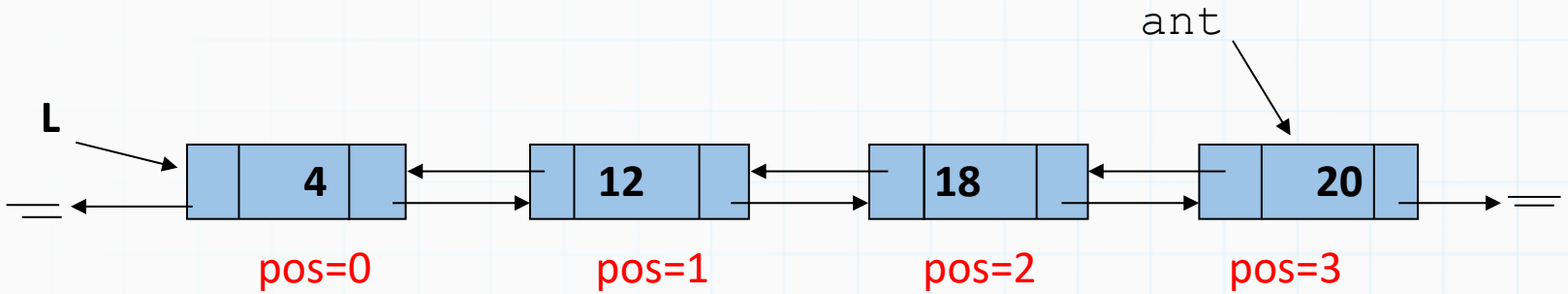

```
lista * anterior = L;

for(int i=0; i<pos-1; i++)
{
  anterior=anterior->prox;
}

lista *novo    = aloca_no();
novo->info     = el;
novo->prox     = anterior->prox;
novo->ant      = anterior;

if (anterior->prox != NULL)
  anterior->prox->ant = novo;

anterior->prox = novo;
return L;
```

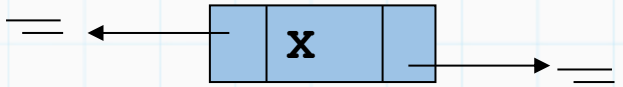
Listas Duplamente Encadeadas



Inserir: A inserção de um elemento X numa posição específica pos={0, 1, 2, ...,n}

Se pos>0, por exemplo pos=4, no fim da lista

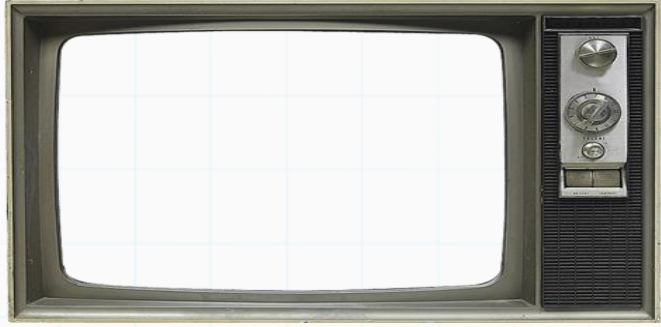




Vai funcionar ?

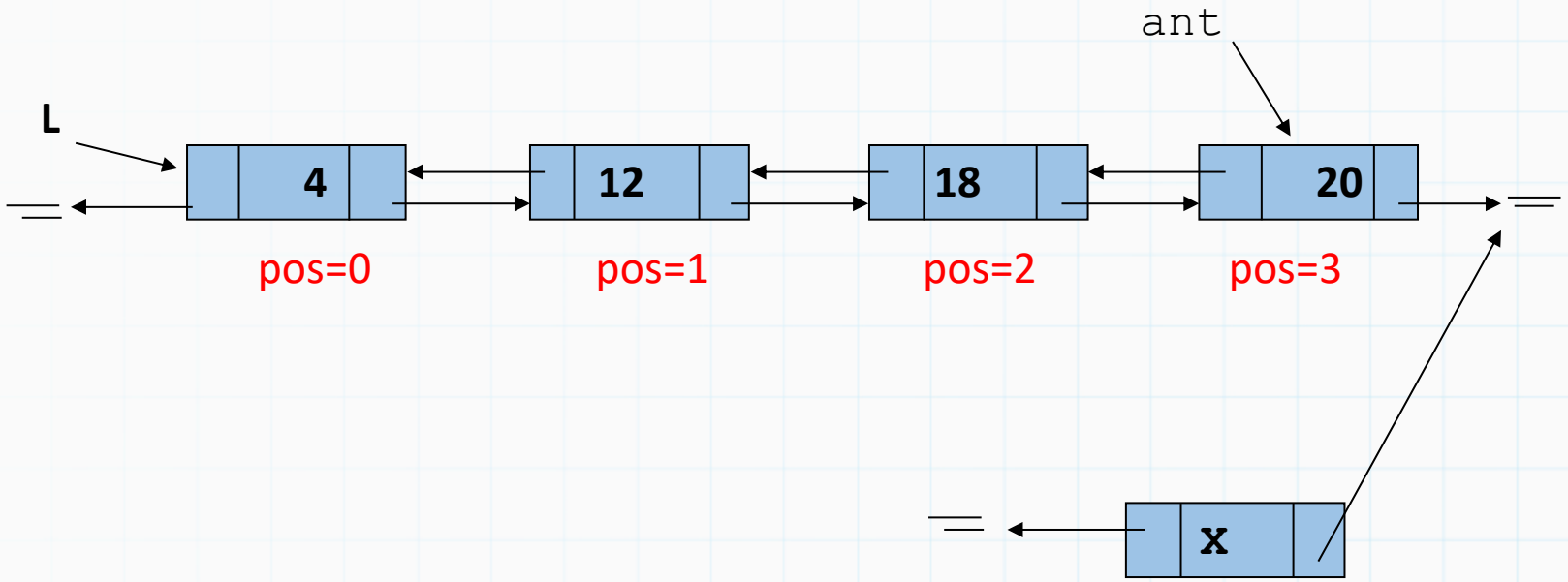
```
lista * anterior = L;

for(int i=0; i<pos-1; i++)
{
  anterior=anterior->prox;
}

lista *novo     = aloca_no();
novo->info      = el;
novo->prox      = anterior->prox;
novo->ant       = anterior;

if (anterior->prox != NULL)
  anterior->prox->ant = novo;

anterior->prox = novo;
return L;
```

Listas Duplamente Encadeadas



Inserir: A inserção de um elemento X numa posição específica pos={0, 1, 2, ...,n}

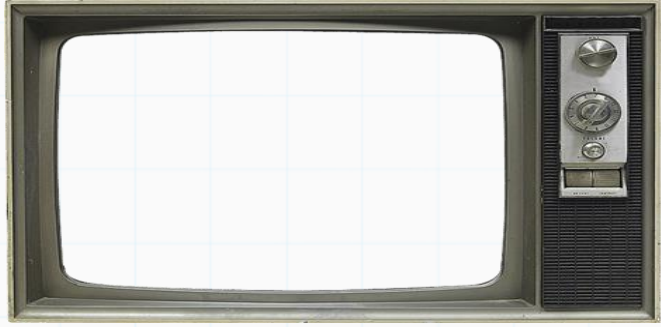
Se pos>0, por exemplo pos=4, no fim da lista



Vai funcionar ?

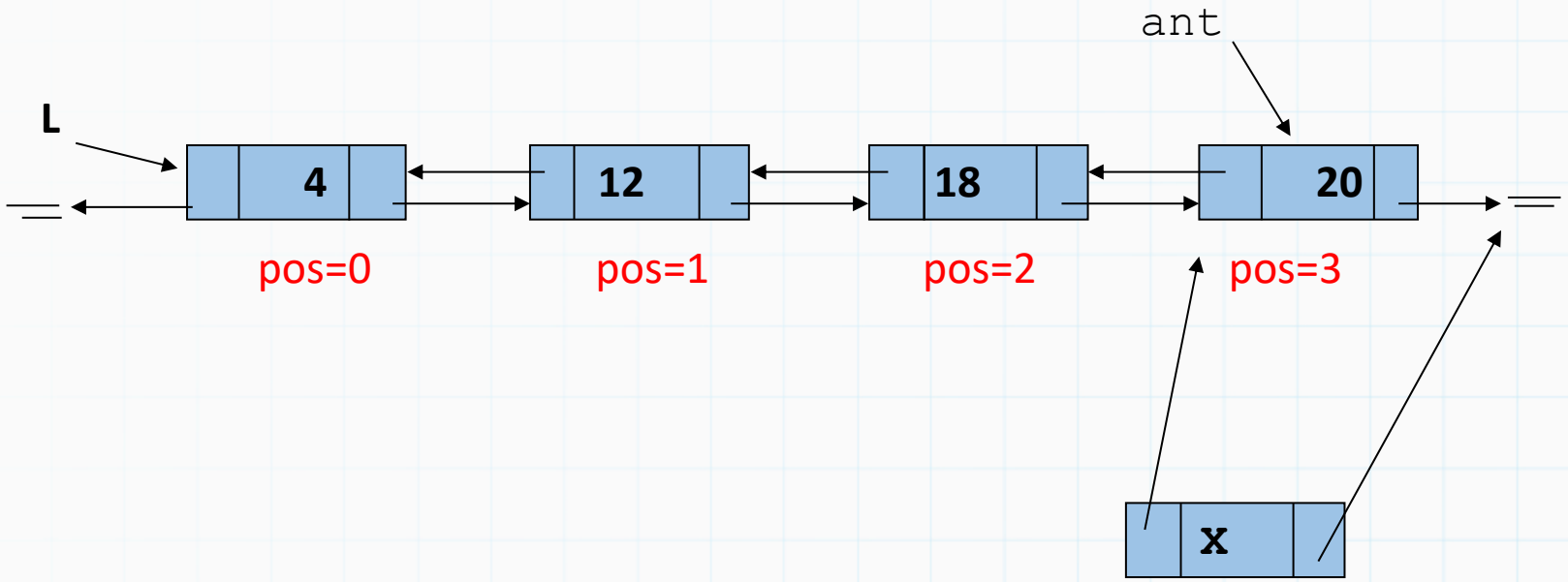
```
lista * anterior = L;

for(int i=0; i<pos-1; i++)
{
  anterior=anterior->prox;
}

lista *novo    = aloca_no();
novo->info     = el;
novo->prox     = anterior->prox;
novo->ant      = anterior;

if (anterior->prox != NULL)
  anterior->prox->ant = novo;

anterior->prox = novo;
return L;
```

Listas Duplamente Encadeadas



Inserir: A inserção de um elemento X numa posição específica pos={0, 1, 2, ...,n}

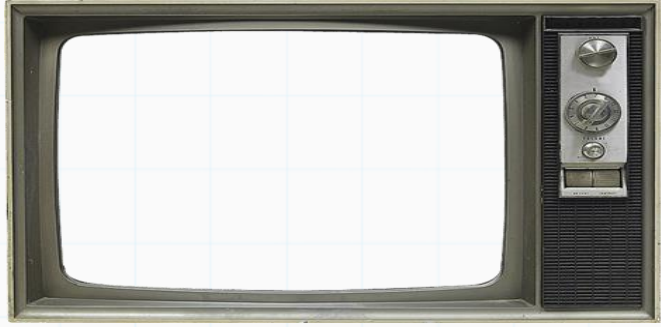
Se pos>0, por exemplo pos=4, no fim da lista



Vai funcionar ?

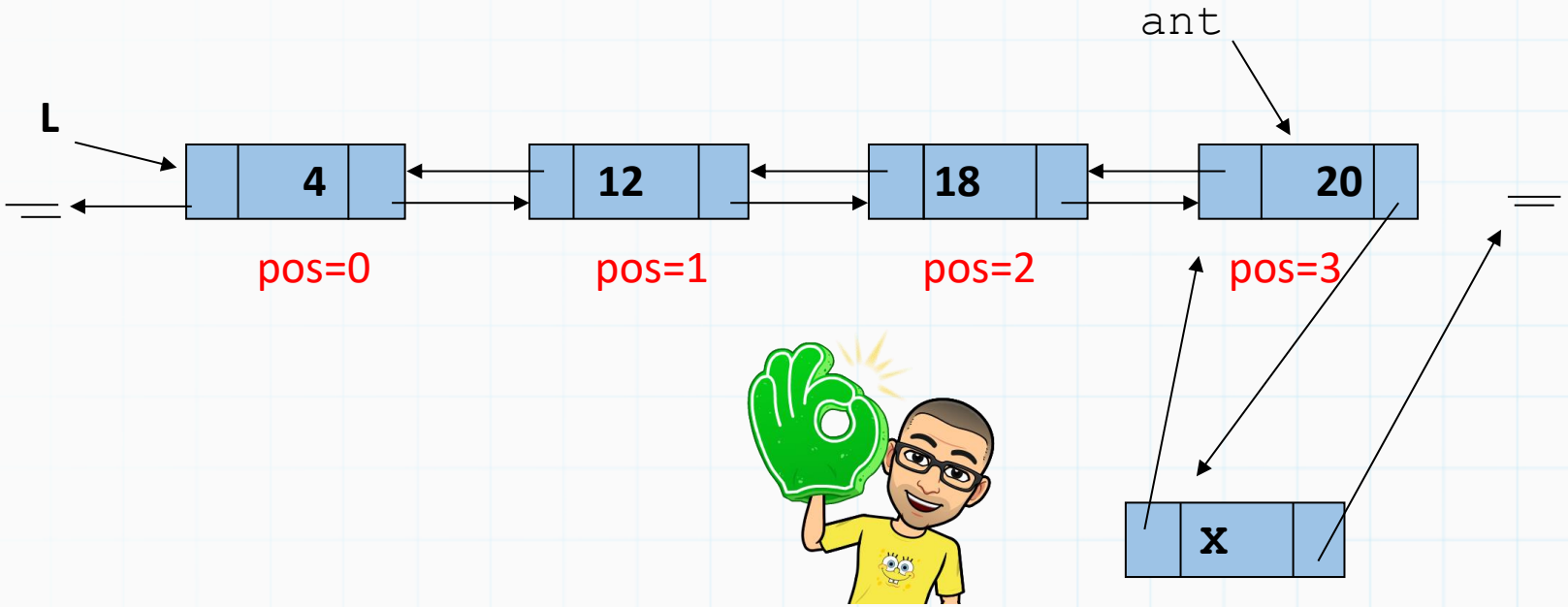
```
lista * anterior = L;

for(int i=0; i<pos-1; i++)
{
  anterior=anterior->prox;
}

lista *novo    = aloca_no();
novo->info     = el;
novo->prox     = anterior->prox;
novo->ant      = anterior;

if (anterior->prox != NULL)
  anterior->prox->ant = novo;

anterior->prox = novo;
return L;
```

Listas Duplamente Encadeadas



Inserir: A inserção de um elemento X numa posição específica pos={0, 1, 2, ...,n}

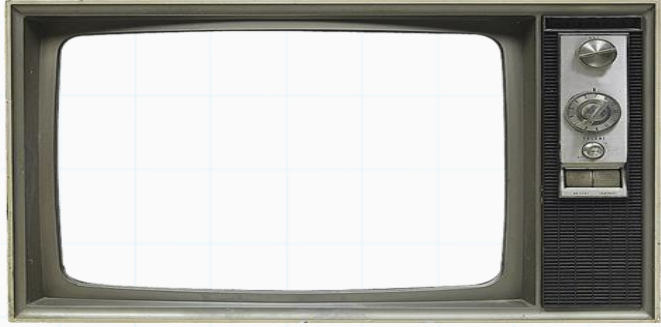
Se pos>0, por exemplo pos=4, no fim da lista



Vai funcionar ?

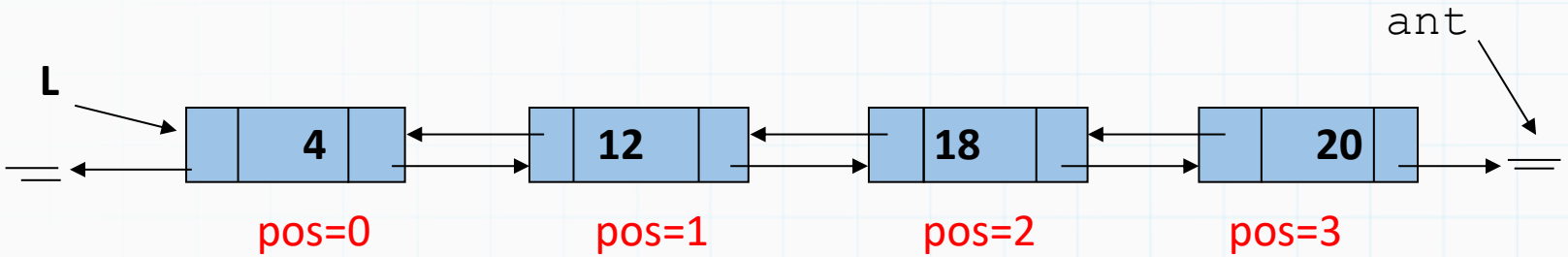
```
lista * anterior = L;

for(int i=0; i<pos-1; i++)
{
  anterior=anterior->prox;
}

lista *novo    = aloca_no();
novo->info     = el;
novo->prox     = anterior->prox;
novo->ant      = anterior;

if (anterior->prox != NULL)
  anterior->prox->ant = novo;

anterior->prox = novo;
return L;
```

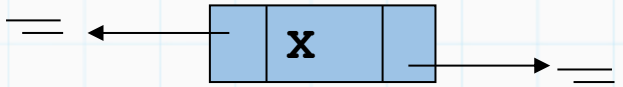
Listas Duplamente Encadeadas



Inserir: A inserção de um elemento X numa posição específica pos={0, 1, 2, ...,n}

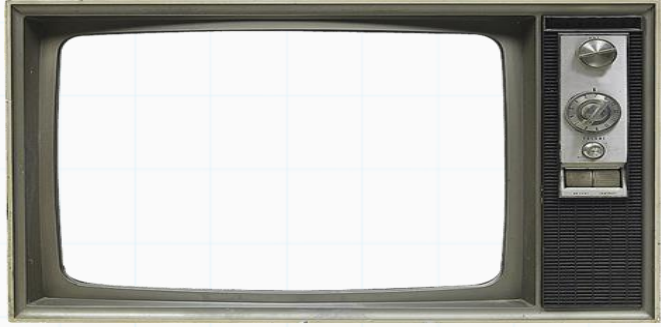
Se pos>0, por exemplo pos=5, além do tamanho da lista





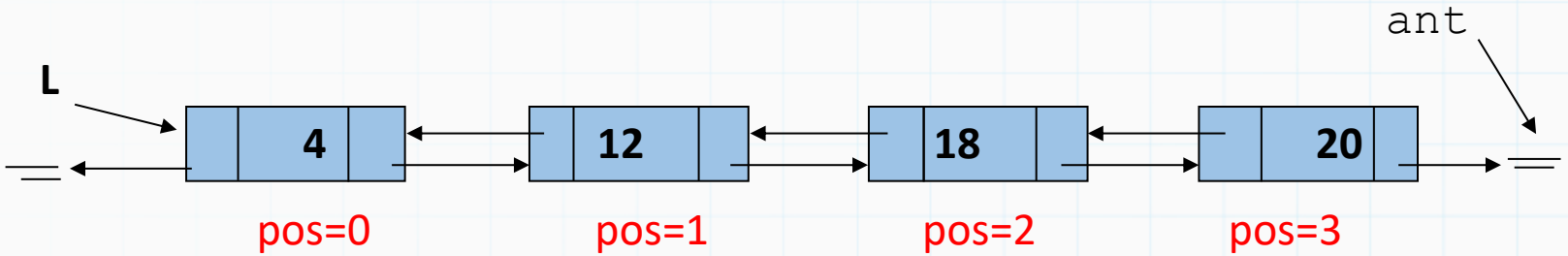

```
lista * anterior = L;

for(int i=0; i<pos-1; i++)
{
  anterior=anterior->prox;
}

lista *novo    = aloca_no();
novo->info     = el;
novo->prox     = anterior->prox;
novo->ant      = anterior;

if (anterior->prox != NULL)
  anterior->prox->ant = novo;

anterior->prox = novo;
return L;
```

Listas Duplamente Encadeadas

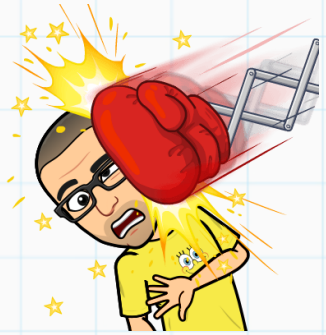


Inserir: A inserção de um elemento X numa posição específica pos={0, 1, 2, ...,n}

Se pos>0, por exemplo pos=5, além do tamanho da lista

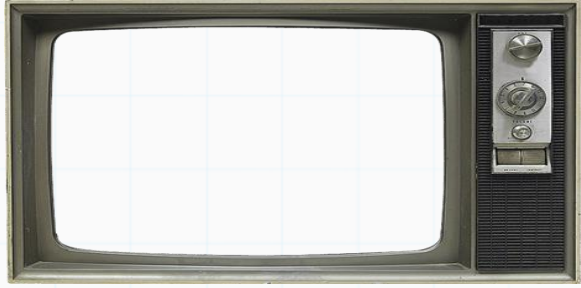


ERRO!



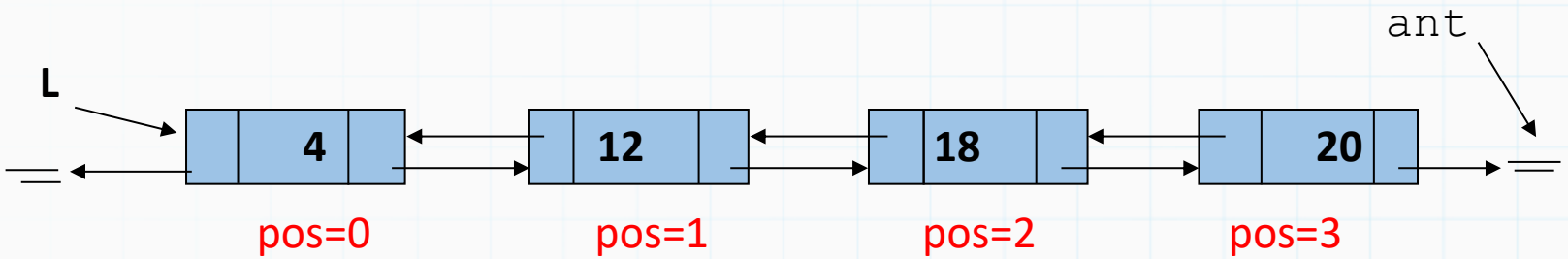
```
lista * anterior = L;

for(int i=0; i<pos-1; i++)
{
  anterior=anterior->prox;
}

lista *novo    = aloca_no();
novo->info     = el;
novo->prox     = anterior->prox;
novo->ant      = anterior;

if (anterior->prox != NULL)
  anterior->prox->ant = novo;

anterior->prox = novo;
return L;
```

Listas Duplamente Encadeadas



Inserir: A inserção de um elemento X numa posição específica pos={0, 1, 2, ...,n}

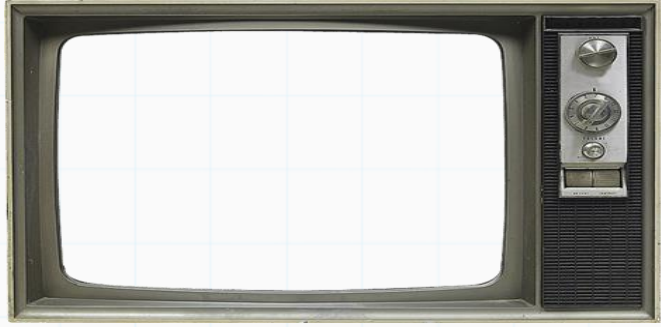
Se pos>0, por exemplo pos=5, além do tamanho da lista



```
lista * anterior = L;

for(int i=0; i<pos-1; i++)
{
  anterior=anterior->prox;

  // passou do fim
  if (anterior == NULL)
  {
    printf("Posicao invalida\n");
    return L;
  }
}

lista *novo    = aloca_no();
novo->info     = el;
novo->prox     = anterior->prox;
novo->ant      = anterior;

if (anterior->prox != NULL)
  anterior->prox->ant = novo;

anterior->prox = novo;
return L;
```

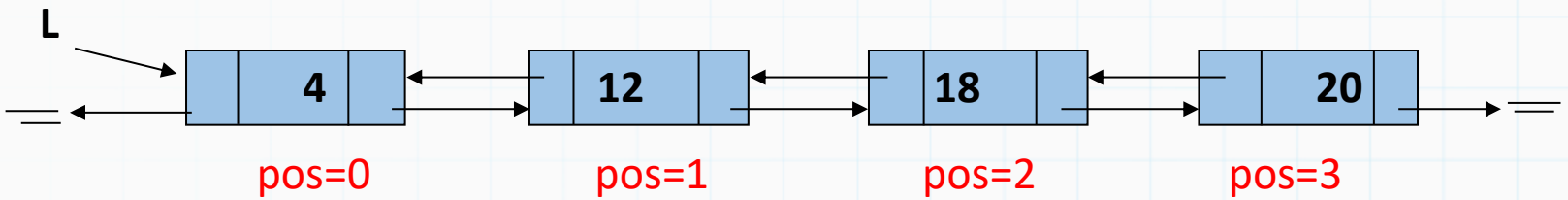
```
lista* insere_lista_pos(lista* L, int el, int pos)
{
    if(pos < 0)
    {
       printf("Posicao invalida\n");
       return L;
    }

    // insercao no inicio
    if ((pos == 0) || (L == NULL))
    {
        lista *no;
        no         = aloca_no();
        no->info   = el;
        no->prox   = L;
        no->ant    = NULL;

        if (L != NULL)
            L->ant     = no;

        return no;
    }

    // demais posicoes
    else
    {
        lista * anterior = L;

        // encontra anterior do elemento (se e
        for(int i=0; i<pos-1; i++)
        {
            anterior=anterior->prox;

            // passou do fim
            if (anterior == NULL)
            {
                printf("Posicao invalida\n");
                return L;
            }
        }

        lista *novo     = aloca_no();
        novo->info      = el;
        novo->prox      = anterior->prox;
        novo->ant       = anterior;

        if (anterior->prox != NULL)
            anterior->prox->ant = novo;

        anterior->prox = novo;
        return L;
    }
}
```

Listas Duplamente Encadeadas



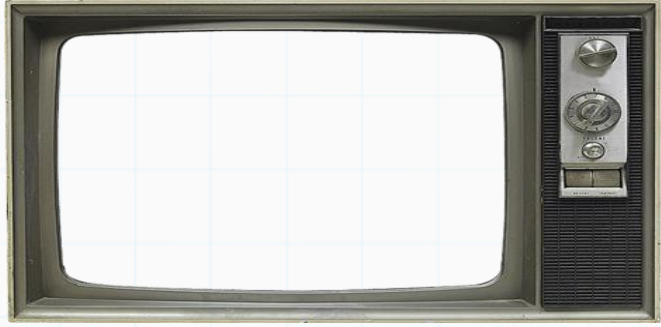
Remover: A remoção de um elemento numa posição específica pos={0, 1, 2, ...,n-1}

pos=0, remove a cabeça da lista



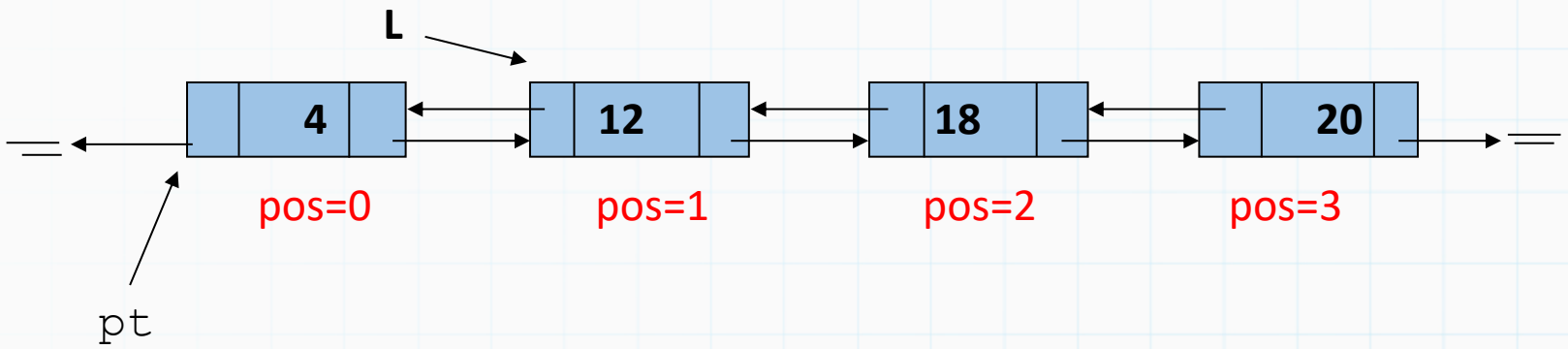

```
if(pos == 0)
{
    pt     = L;
    L      = L->prox;

    if (L != NULL)
      L->ant = NULL;

    free(pt);
    return L;
}
```

Listas Duplamente Encadeadas



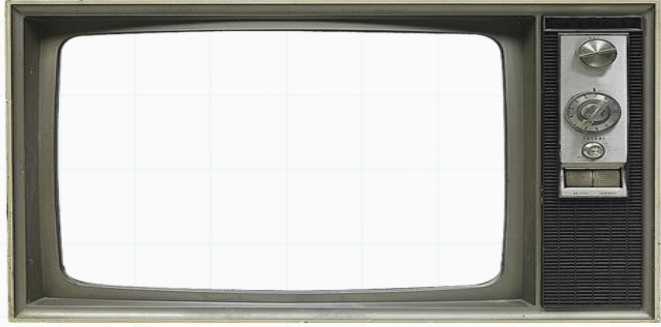
Remover: A remoção de um elemento numa posição específica pos={0, 1, 2, ...,n-1}

pos=0, remove a cabeça da lista



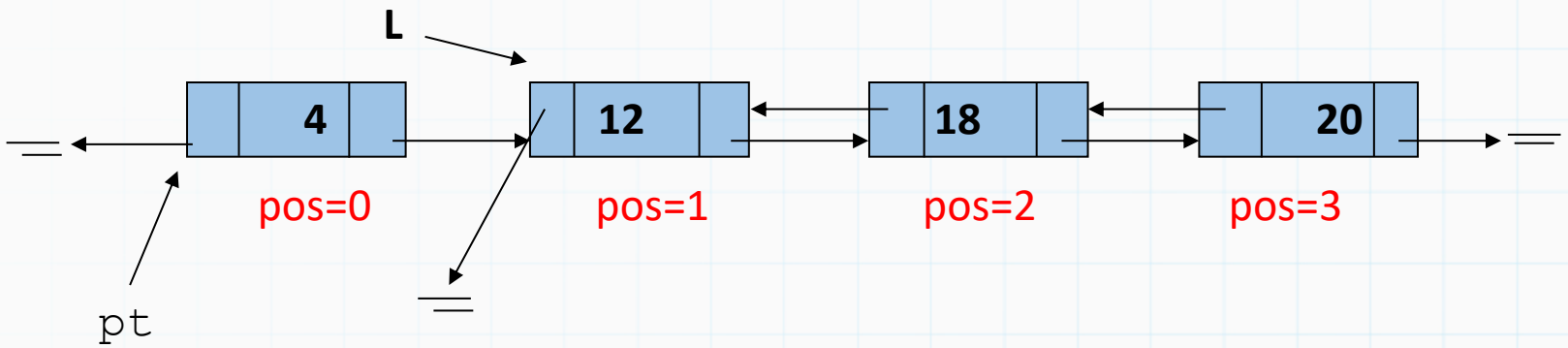

```
if(pos == 0)
{
    pt     = L;
    L      = L->prox;

    if (L != NULL)
      L->ant = NULL;

    free(pt);
    return L;
}
```

Listas Duplamente Encadeadas



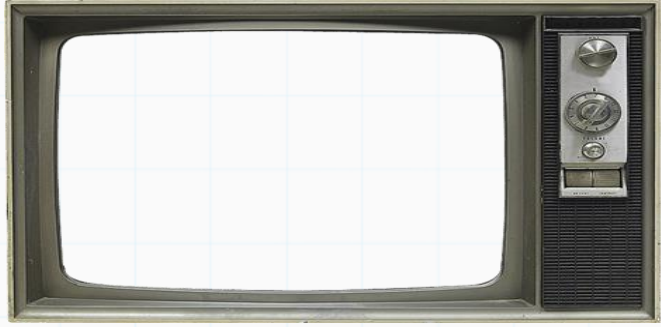
Remover: A remoção de um elemento numa posição específica pos={0, 1, 2, ...,n-1}

pos=0, remove a cabeça da lista



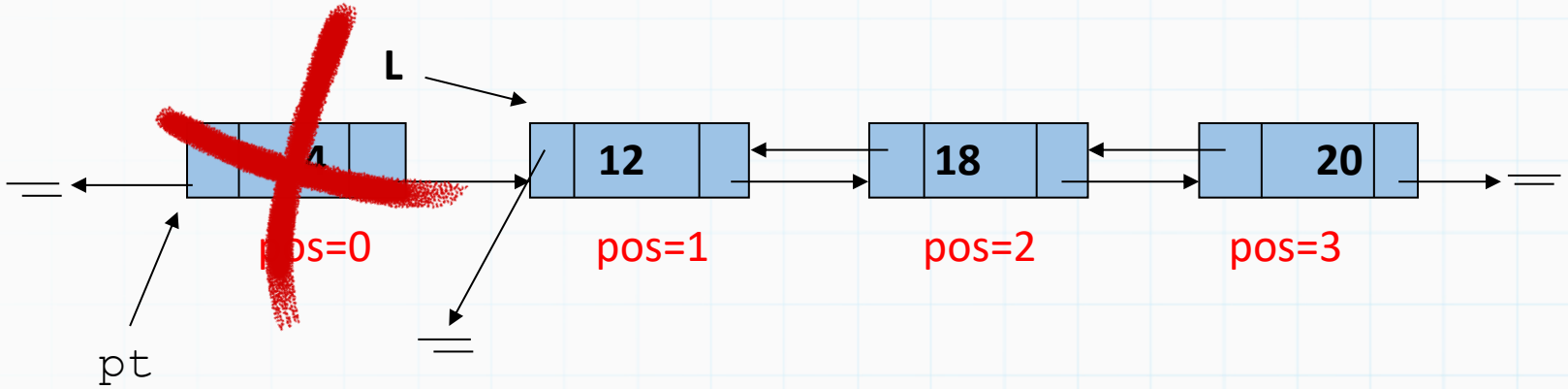

```
if(pos == 0)
{
    pt     = L;
    L      = L->prox;

    if (L != NULL)
      L->ant = NULL;

    free(pt);
    return L;
}
```

Listas Duplamente Encadeadas



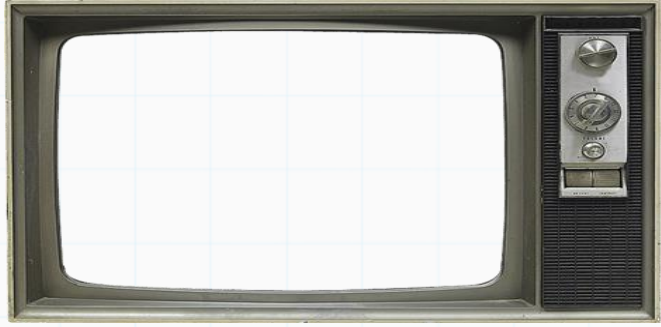
Remover: A remoção de um elemento numa posição específica pos={0, 1, 2, ...,n-1}

pos=0, remove a cabeça da lista



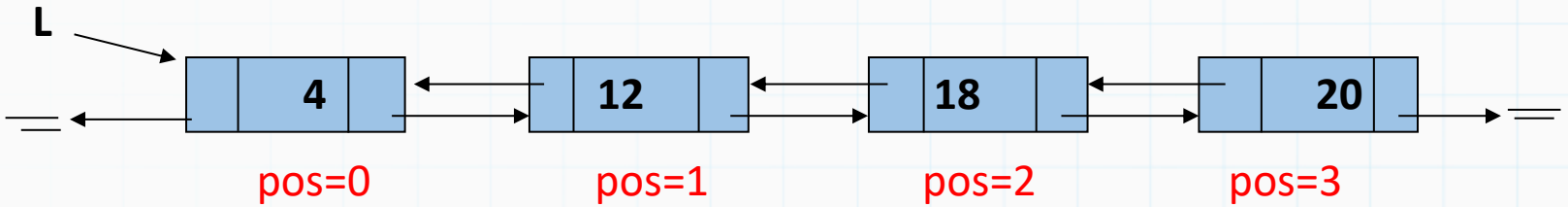

```
if(pos == 0)
{
    pt     = L;
    L      = L->prox;

    if (L != NULL)
      L->ant = NULL;

    free(pt);
    return L;
}
```

Listas Duplamente Encadeadas



Remover: A remoção de um elemento numa posição específica pos={0, 1, 2, ...,n-1}

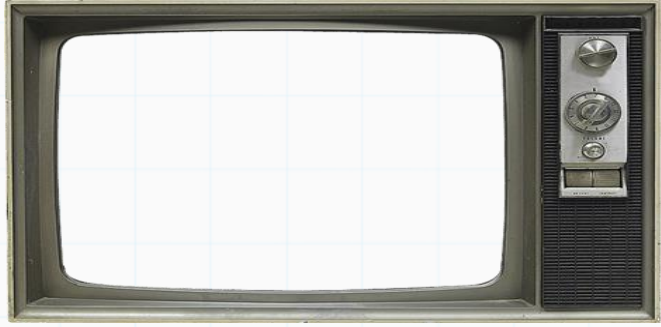
pos>0, (encontra a posição) Ex: Queremos remover na pos = 2




```
pt = L;
for(int i=0; i<pos; i++)
{
   pt        = pt->prox;
}

if (pt->ant != NULL)
  pt->ant->prox = pt->prox;

if (pt->prox != NULL)
  pt->prox->ant = pt->ant;

free(pt);
return L;
```

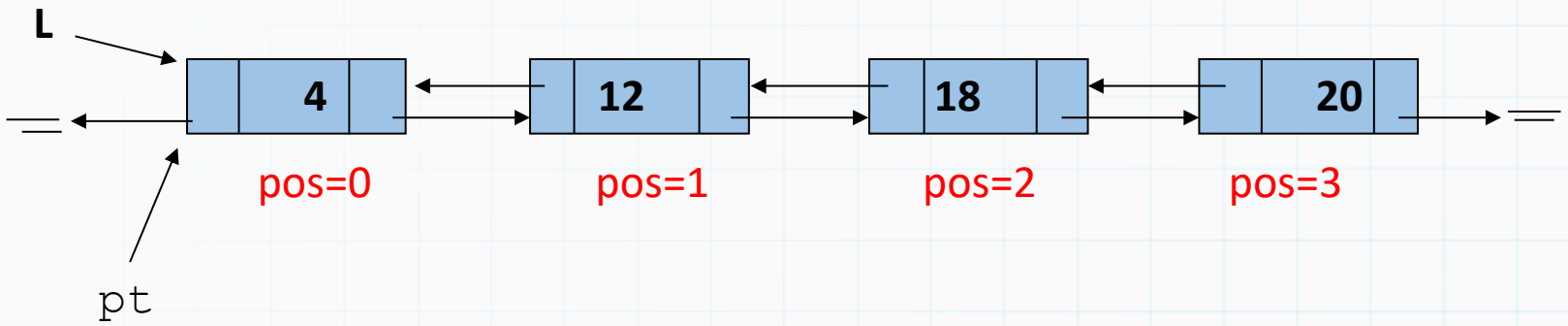
Veja que agora que a lista é duplamente encadeada, não precisamos mais encontrar o anterior, apenas o elemento a ser removido

Listas Duplamente Encadeadas



Remover: A remoção de um elemento numa posição específica pos={0, 1, 2, ...,n-1}

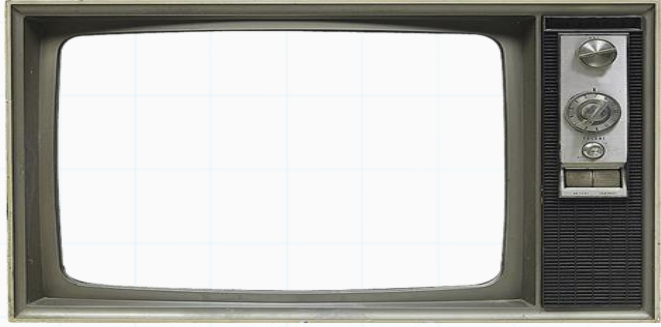
pos>0, (encontra a posição) Ex: Queremos remover na pos = 2




```
pt = L;
for(int i=0; i<pos; i++)
{
   pt        = pt->prox;
}

if (pt->ant != NULL)
  pt->ant->prox = pt->prox;

if (pt->prox != NULL)
  pt->prox->ant = pt->ant;

free(pt);
return L;
```

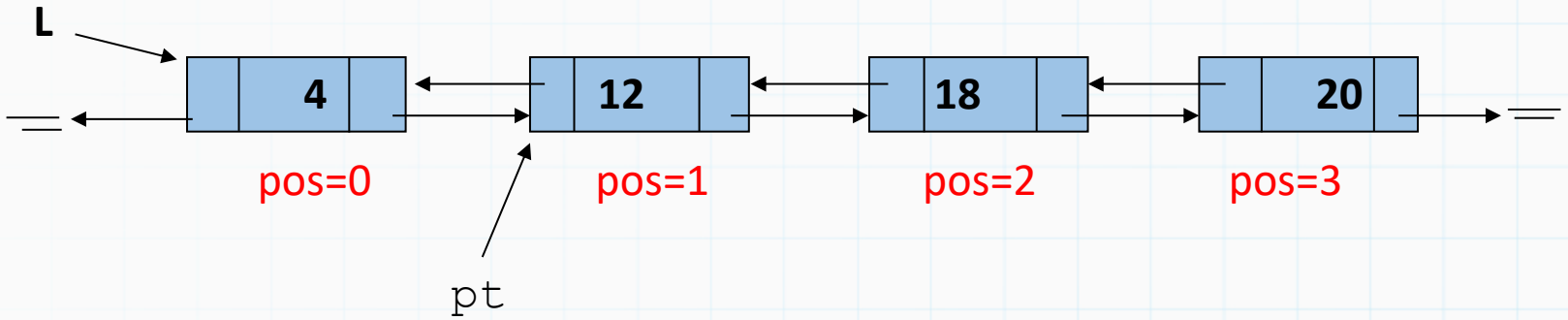
Veja que agora que a lista é duplamente encadeada, não precisamos mais encontrar o anterior, apenas o elemento a ser removido

Listas Duplamente Encadeadas



Remover: A remoção de um elemento numa posição específica pos={0, 1, 2, ...,n-1}

pos>0, (encontra a posição) Ex: Queremos remover na pos = 2

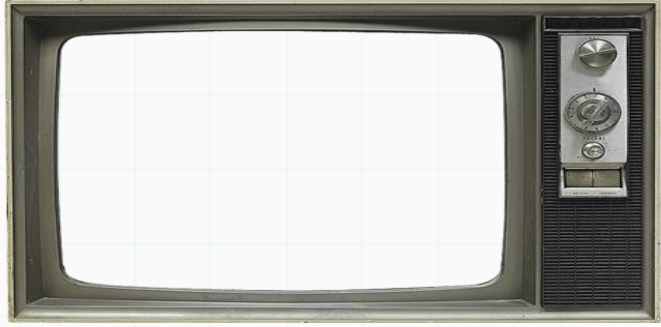


i=0

Veja que agora que a lista é duplamente encadeada, não precisamos mais encontrar o anterior, apenas o elemento a ser removido

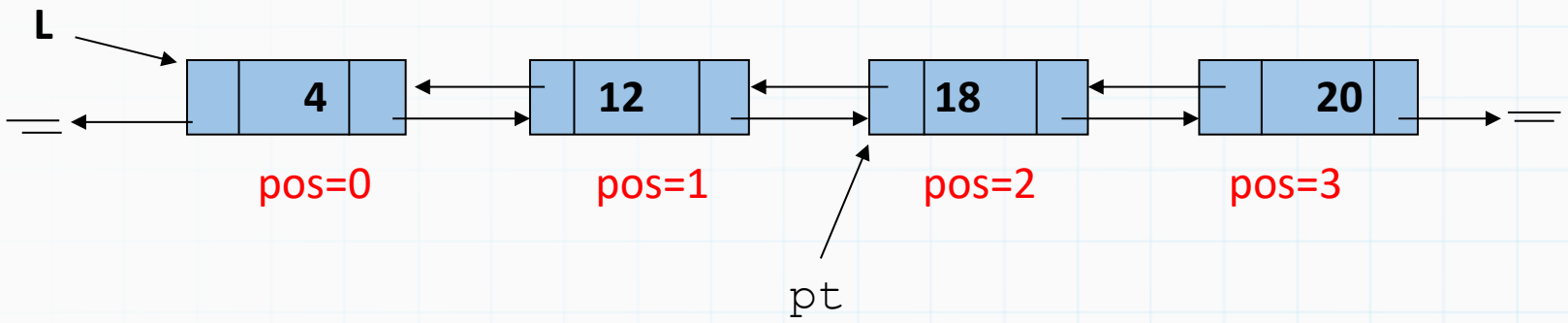
```
pt = L;
for(int i=0; i<pos; i++)
{
   pt       = pt->prox;
}

if (pt->ant != NULL)
  pt->ant->prox = pt->prox;

if (pt->prox != NULL)
  pt->prox->ant = pt->ant;

free(pt);
return L;
```

Listas Duplamente Encadeadas



Remover: A remoção de um elemento numa posição específica pos={0, 1, 2, ...,n-1}

pos>0, (encontra a posição) Ex: Queremos remover na pos = 2

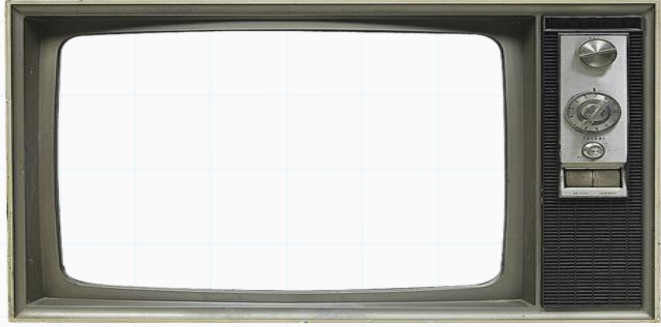


i=1

Veja que agora que a lista é duplamente encadeada, não precisamos mais encontrar o anterior, apenas o elemento a ser removido

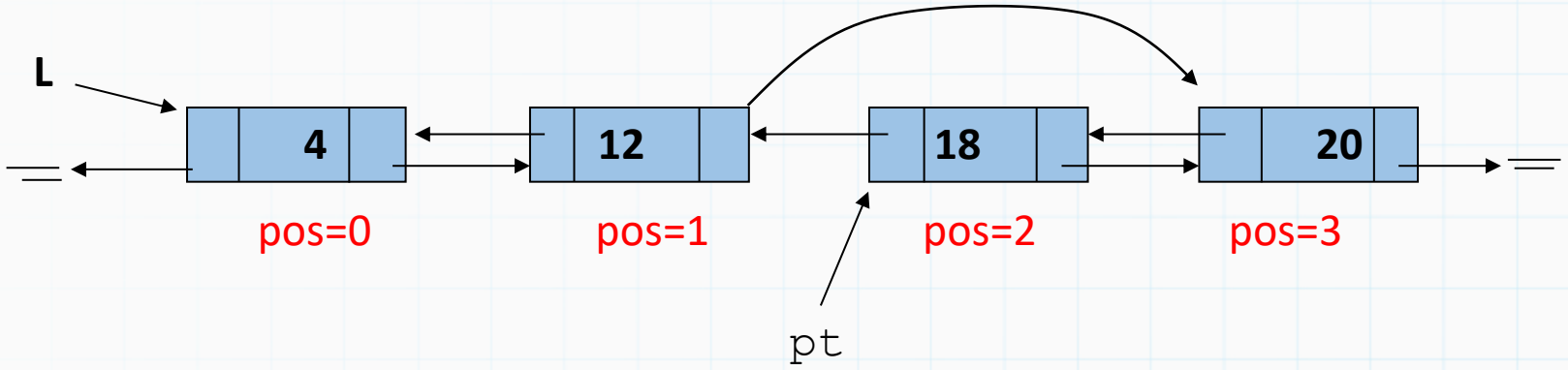
```
pt = L;
for(int i=0; i<pos; i++)
{
   pt       = pt->prox;
}

if (pt->ant != NULL)
  pt->ant->prox = pt->prox;

if (pt->prox != NULL)
  pt->prox->ant = pt->ant;

free(pt);
return L;
```

Listas Duplamente Encadeadas



Remover: A remoção de um elemento numa posição específica pos={0, 1, 2, ...,n-1}

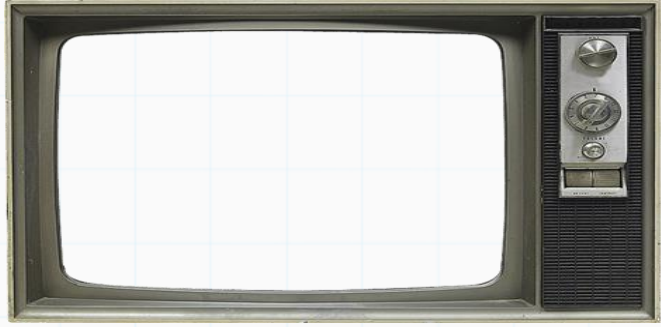
pos>0, (encontra a posição) Ex: Queremos remover na pos = 2




```
pt = L;
for(int i=0; i<pos; i++)
{
   pt        = pt->prox;
}

if (pt->ant != NULL)
  pt->ant->prox = pt->prox;

if (pt->prox != NULL)
  pt->prox->ant = pt->ant;

free(pt);
return L;
```

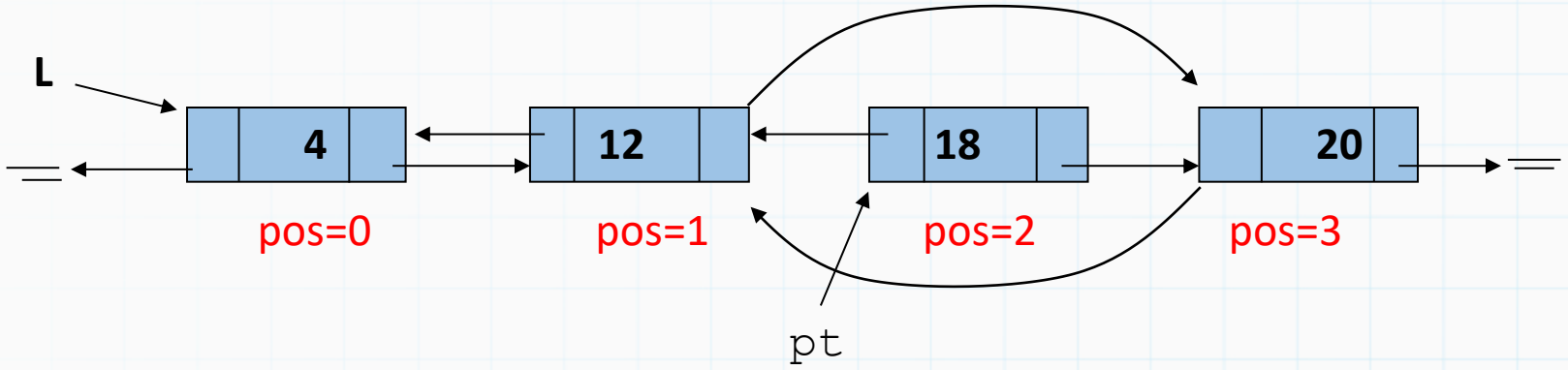
Veja que agora que a lista é duplamente encadeada, não precisamos mais encontrar o anterior, apenas o elemento a ser removido

Listas Duplamente Encadeadas



Remover: A remoção de um elemento numa posição específica pos={0, 1, 2, ...,n-1}

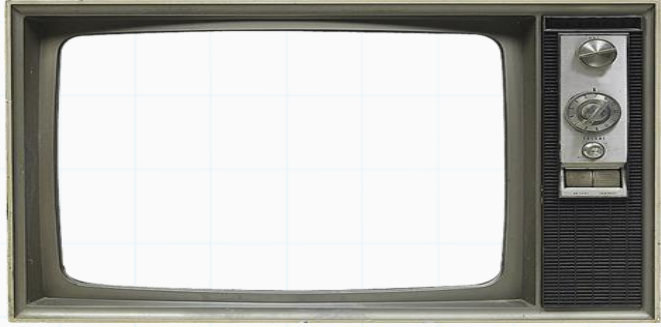
pos>0, (encontra a posição) Ex: Queremos remover na pos = 2




```
pt = L;
for(int i=0; i<pos; i++)
{
   pt        = pt->prox;
}

if (pt->ant != NULL)
  pt->ant->prox = pt->prox;

if (pt->prox != NULL)
  pt->prox->ant = pt->ant;

free(pt);
return L;
```

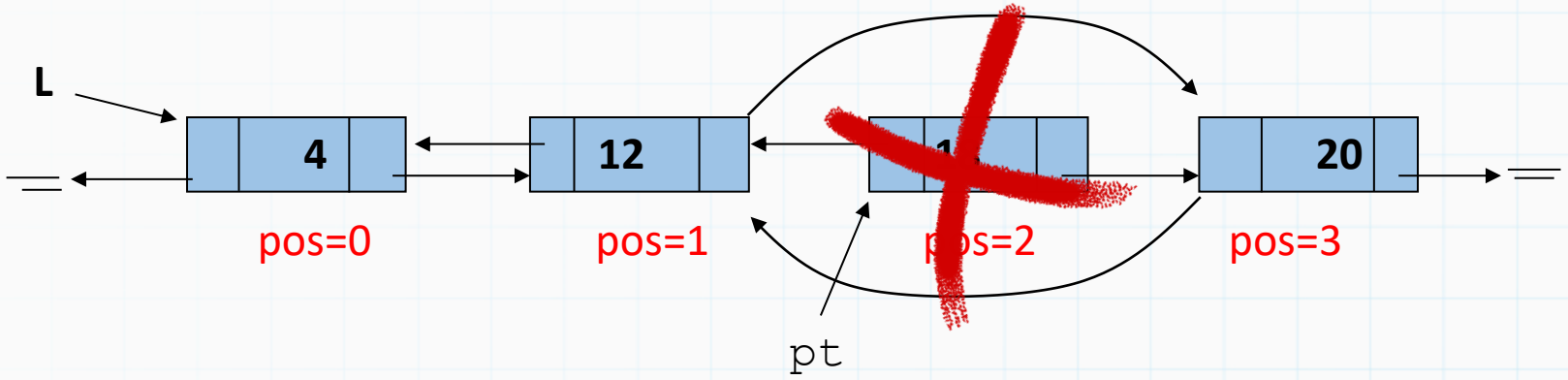
Veja que agora que a lista é duplamente encadeada, não precisamos mais encontrar o anterior, apenas o elemento a ser removido

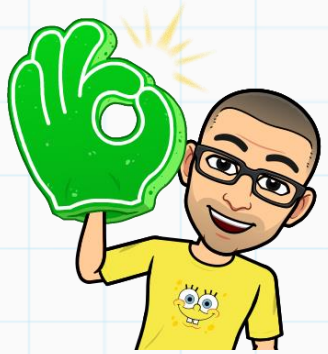
Listas Duplamente Encadeadas



Remover: A remoção de um elemento numa posição específica pos={0, 1, 2, ...,n-1}

pos>0, (encontra a posição) Ex: Queremos remover na pos = 2

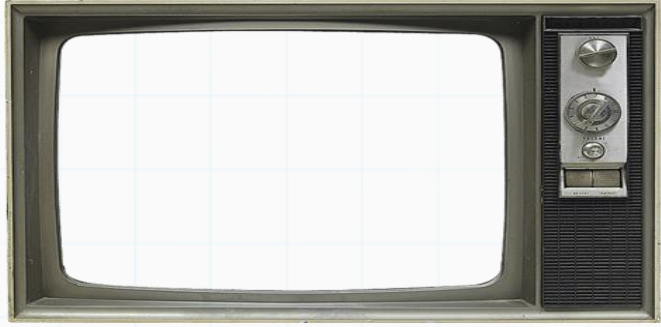




```
pt = L;
for(int i=0; i<pos; i++)
{
   pt        = pt->prox;
}

if (pt->ant != NULL)
  pt->ant->prox = pt->prox;

if (pt->prox != NULL)
  pt->prox->ant = pt->ant;

free(pt);
return L;
```

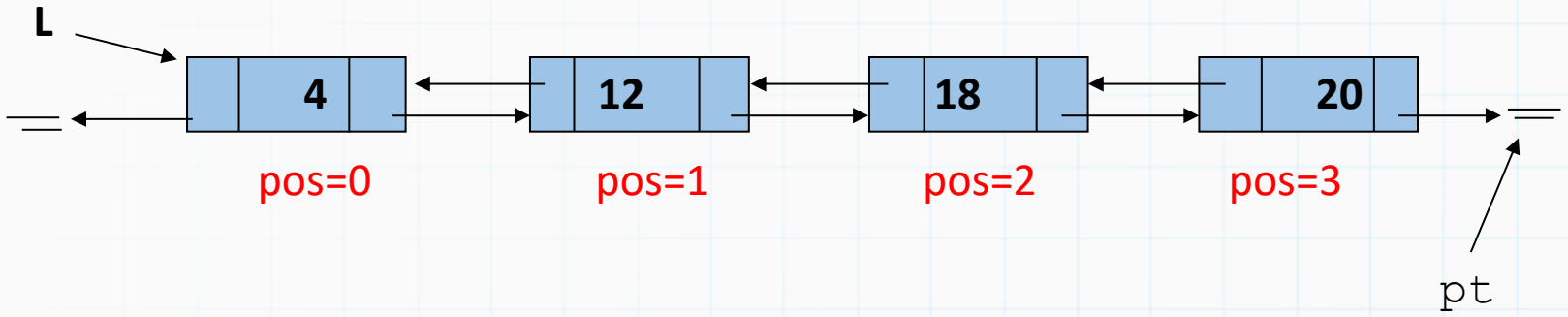
Veja que agora que a lista é duplamente encadeada, não precisamos mais encontrar o anterior, apenas o elemento a ser removido

Listas Duplamente Encadeadas



Remover: A remoção de um elemento numa posição específica pos={0, 1, 2, ...,n-1}

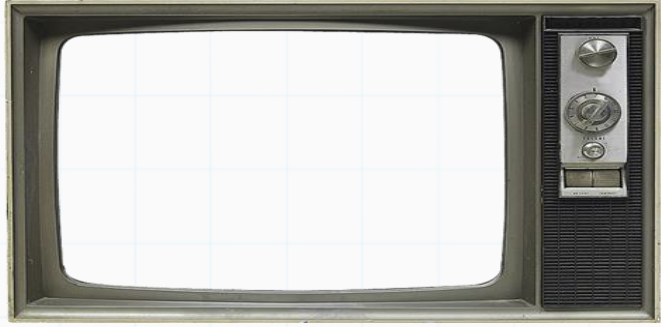
pos>n-1, Ex: Queremos remover na pos = 4



Tentar remover uma posição que não existe

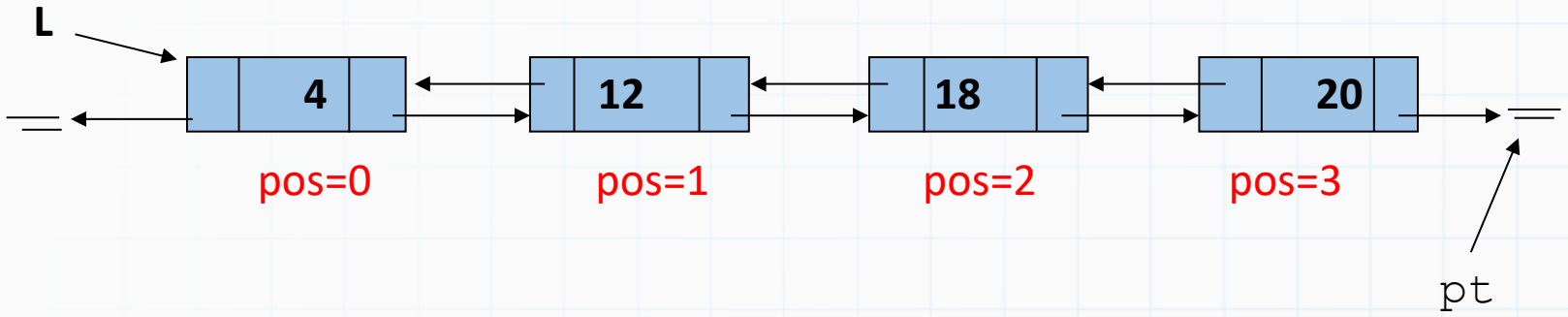
```
pt = L;
for(int i=0; i<pos; i++)
{
   pt       = pt->prox;
}

if (pt->ant != NULL)
  pt->ant->prox = pt->prox;

if (pt->prox != NULL)
  pt->prox->ant = pt->ant;

free(pt);
return L;
```

Listas Duplamente Encadeadas

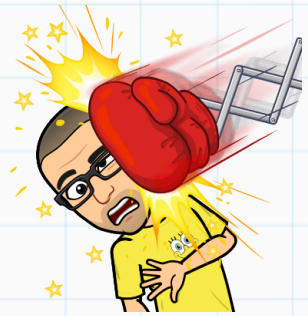


Remover: A remoção de um elemento numa posição específica pos={0, 1, 2, ...,n-1}

pos>n-1, Ex: Queremos remover na pos = 4



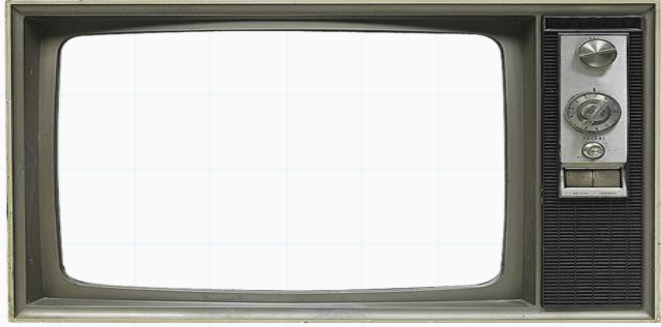
Tentar remover uma posição que não existe



ERRO !

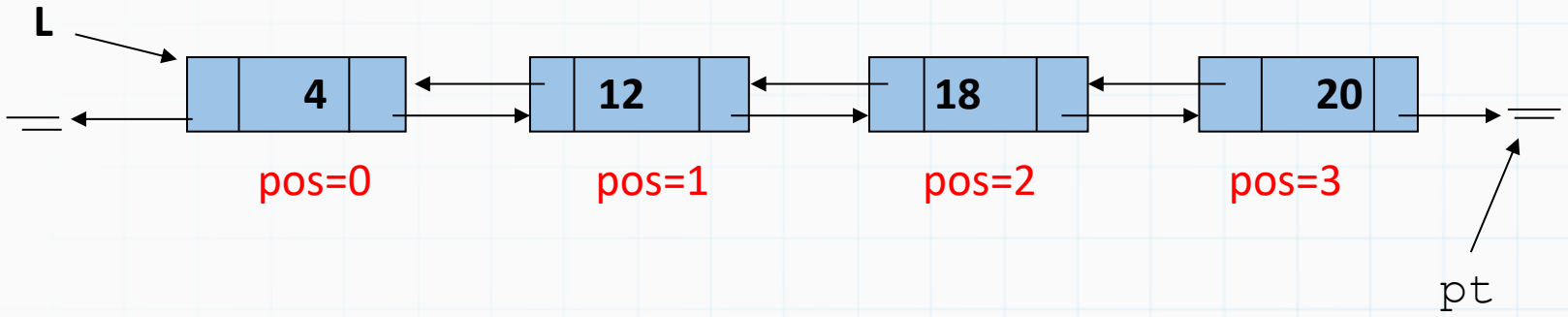
```
pt = L;
for(int i=0; i<pos; i++)
{
   pt        = pt->prox;
}

if (pt->ant != NULL)
  pt->ant->prox = pt->prox;

if (pt->prox != NULL)
  pt->prox->ant = pt->ant;

free(pt);
return L;
```

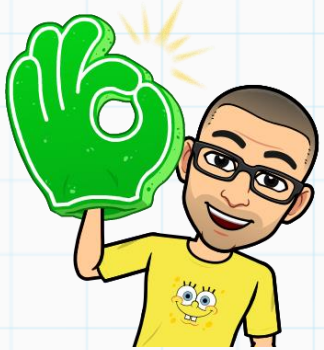
Listas Duplamente Encadeadas



Remover: A remoção de um elemento numa posição específica pos={0, 1, 2, ...,n-1}

pos>n-1, Ex: Queremos remover na pos = 4





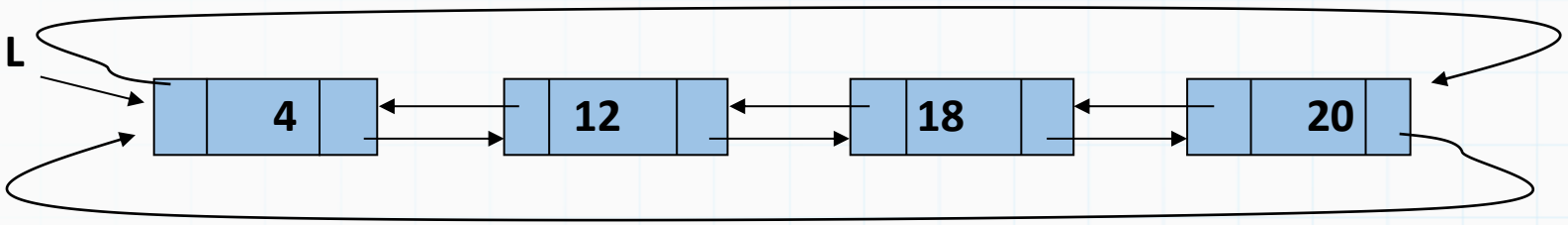
```
pt = L;
for(int i=0; i<pos; i++)
{
    pt        = pt->prox;

    // passou do fim
    if (pt == NULL)
    {
        printf("Posicao invalida\n");
        return L;
    }
}

if (pt->ant != NULL)
  pt->ant->prox = pt->prox;

if (pt->prox != NULL)
  pt->prox->ant = pt->ant;

free(pt);
return L;
```

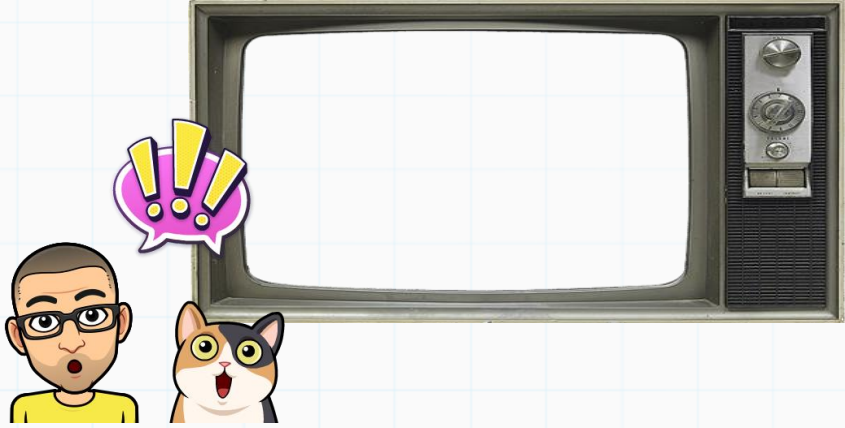
```
lista* remove_lista_pos_D(lista* L, int pos)
{
    lista * pt;

    if ((pos < 0) || (L == NULL))
    {
       printf("Posicao invalida/Lista vazia\n");
       return L;
    }

    // remocao no inicio
    if(pos == 0)
    {
        pt     = L;
        L      = L->prox;

        if (L != NULL)
            L->ant = NULL;

        free(pt);
        return L;
    }
```

```
    // demais posicoes
    else
    {
        pt = L;
        // encontra posicao do elemento
        for(int i=0; i<pos; i++)
        {
            pt        = pt->prox;

            // passou do fim
            if (pt == NULL)
            {
                printf("Posicao invalida\n");
                return L;
            }
        }

        if (pt->ant != NULL)
            pt->ant->prox = pt->prox;
        if (pt->prox != NULL)
            pt->prox->ant = pt->ant;

        free(pt);
        return L;
    }
}
```

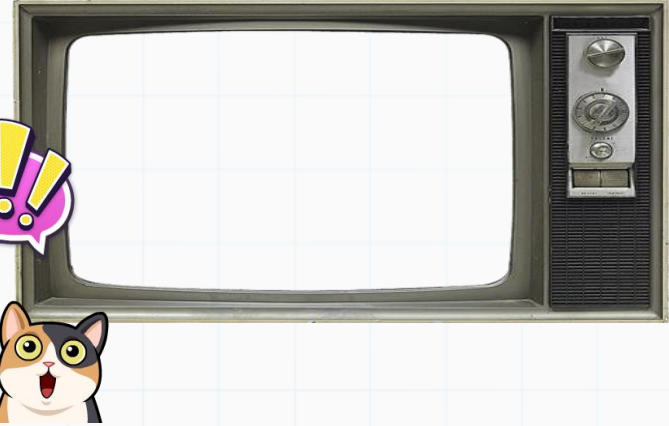
Listas Duplamente Encadeadas Circular

Vamos juntar tudo, duplamente encadeada e circular

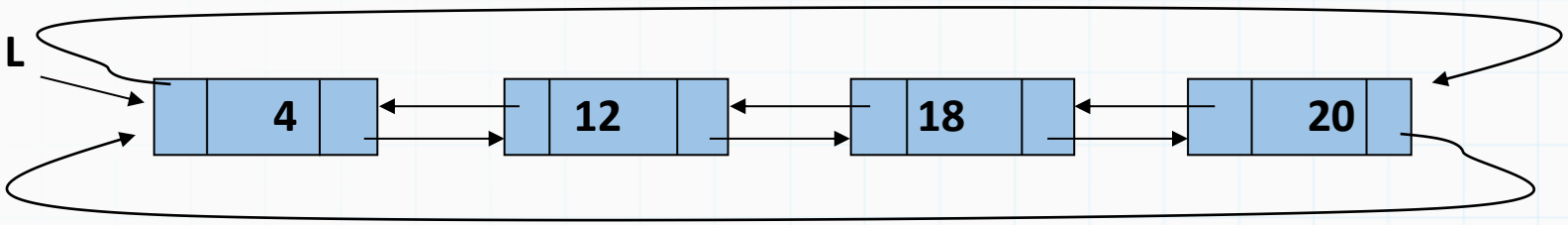




Listas Duplamente Encadeadas Circular

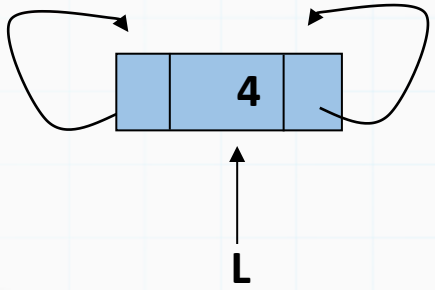


Vamos juntar tudo, <u>duplamente encadeada e circular</u>

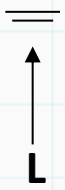


<u>Exemplo:</u>

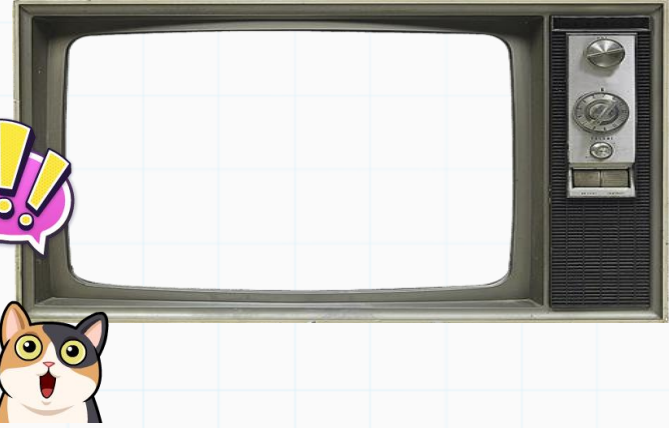
apenas um no



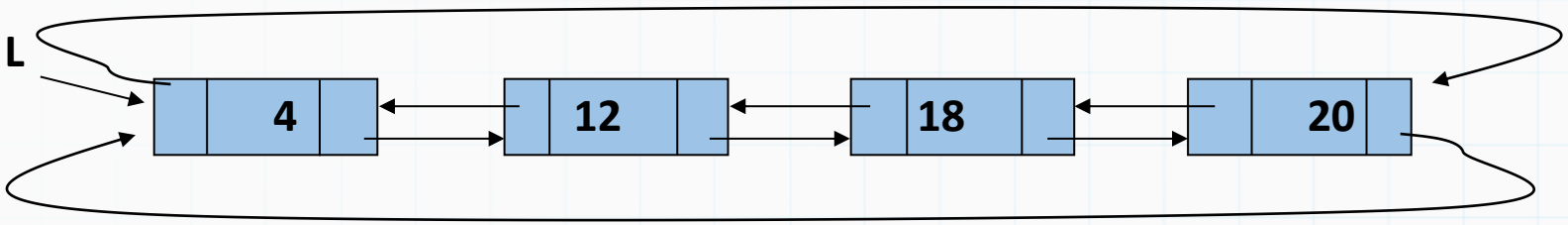
Vazia



Listas Duplamente Encadeadas Circular

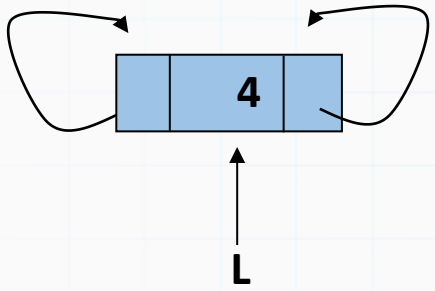


Vamos juntar tudo, duplamente encadeada e circular



Exemplo:

apenas um no



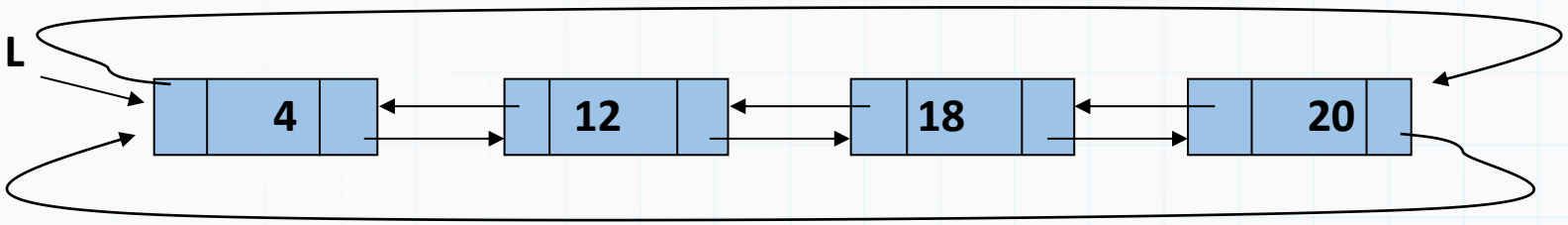
Vazia

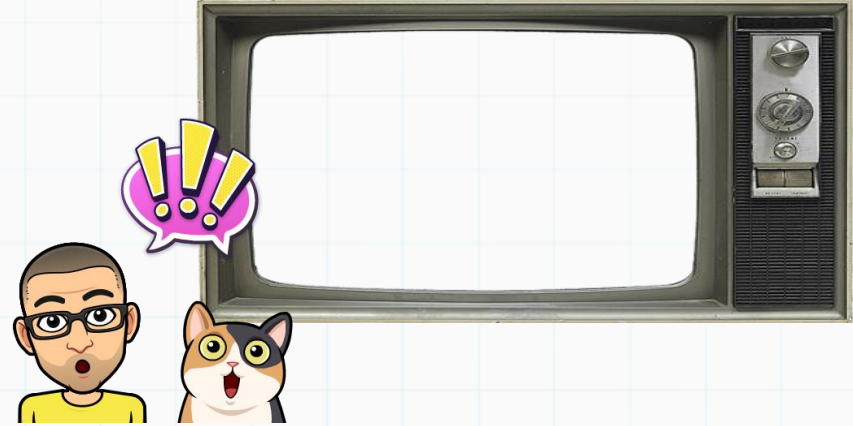

```
struct NO {
        int info;
        struct NO *prox, *ant;
}
typedef struct NO lista;

...
lista *L;
L = (lista*) malloc(sizeof(lista));
L->prox = L;
L->ant  = L;
```

Estrutura é a mesma da lista duplamente encadeada

Listas Duplamente Encadeadas Circular

Vamos juntar tudo, duplamente encadeada e circular





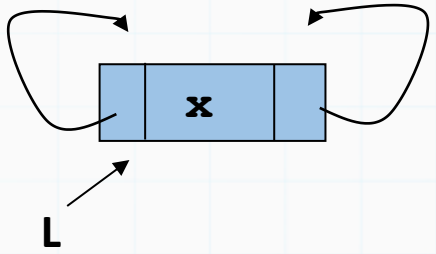
Percorrer: Igual a duplamente circular

```
void imprime_lista_DC(lista* L)
{
    lista* no = L;

    if (L == NULL)
    {
        printf("L = vazio");
        return;
    }

    printf("L = ");
    do
    {
        printf("%d, ", no->info);
        no = no->prox;
    }
    while (no != L);

    printf("\n");
}
```

Listas Duplamente Encadeadas Circular

Inserir: A inserção de um elemento X numa posição específica pos={0, 1, 2, ...,n}

para L = vazia

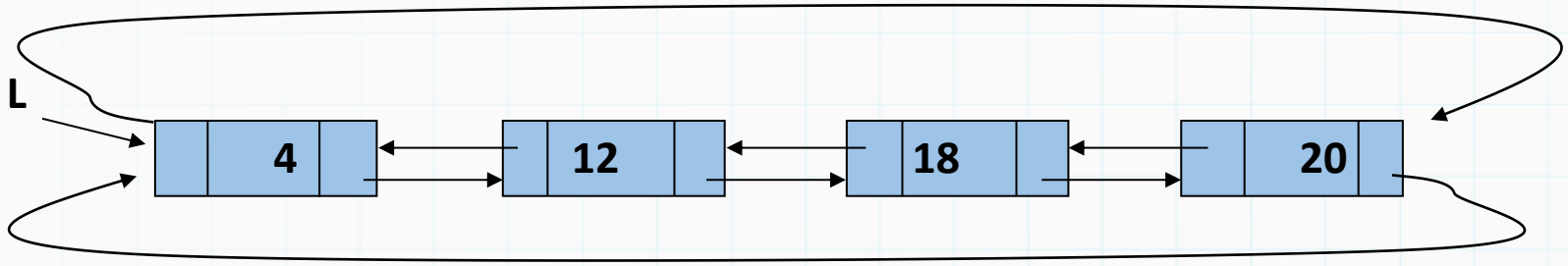


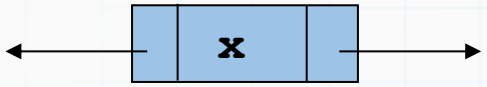

```
if (L == NULL)
    {
        lista *no;
        no        = aloca_no();
        no->info  = el;
        no->prox  = no;
        no->ant   = no;
        return no;
    }
```

Listas Duplamente Encadeadas Circular

Inserir: A inserção de um elemento X numa posição específica pos={0, 1, 2, ...,n}

para pos=0



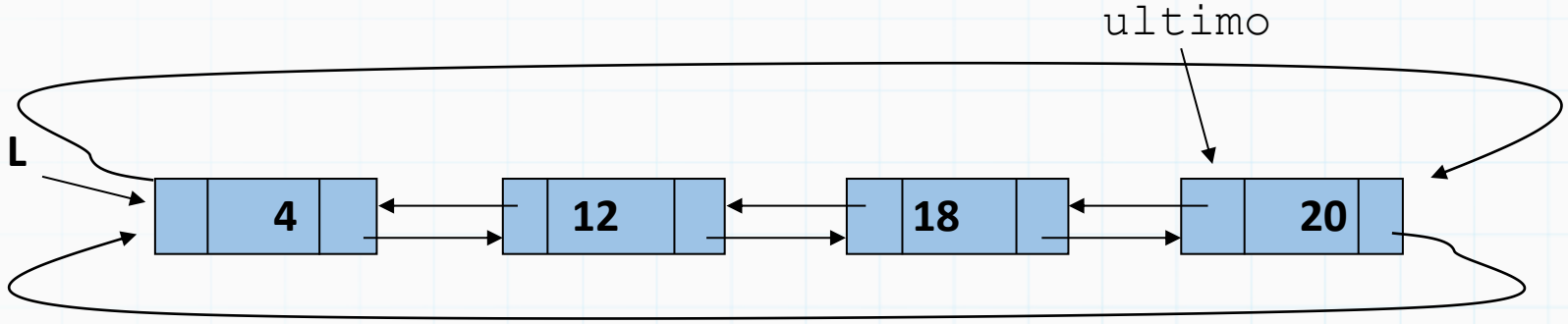


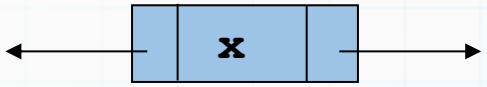

```
if (pos == 0)
{
  lista *no;
  no        = aloca_no();
  no->info  = el;

  lista * ultimo = L->ant;
  no->prox       = L;
  no->ant        = ultimo;
  L->ant         = no;
  ultimo->prox   = no;

  return no;
}
```

Listas Duplamente Encadeadas Circular

Inserir: A inserção de um elemento X numa posição específica pos={0, 1, 2, ...,n}

para pos=0



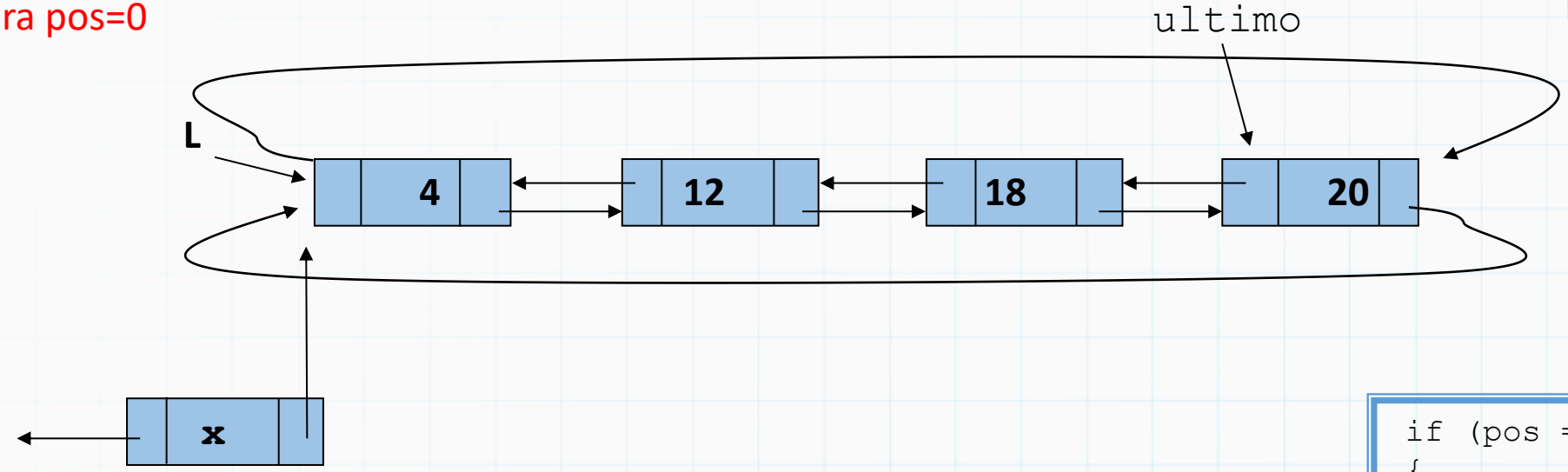



```
if (pos == 0)
{
  lista *no;
  no         = aloca_no();
  no->info   = el;

  lista * ultimo = L->ant;
  no->prox       = L;
  no->ant        = ultimo;
  L->ant         = no;
  ultimo->prox   = no;

  return no;
}
```

Listas Duplamente Encadeadas Circular

Inserir: A inserção de um elemento X numa posição específica pos={0, 1, 2, ...,n}

para pos=0

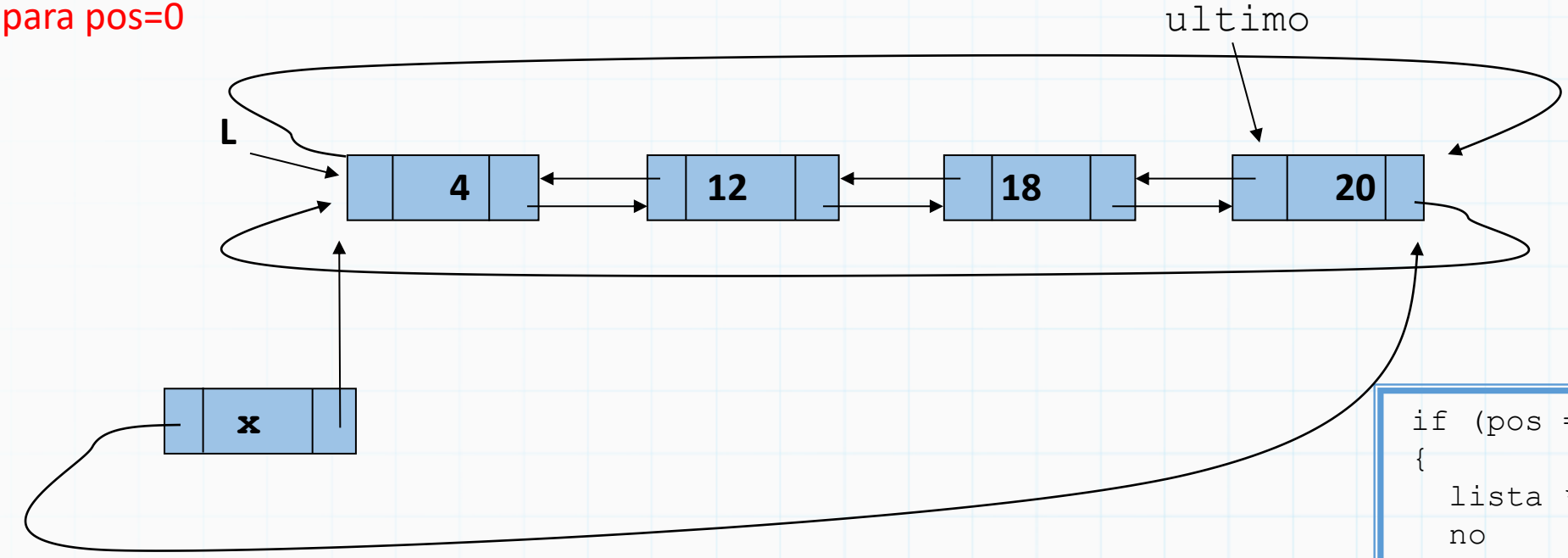



```
if (pos == 0)
{
  lista *no;
  no        = aloca_no();
  no->info  = el;

  lista * ultimo = L->ant;
  no->prox       = L;
  no->ant        = ultimo;
  L->ant         = no;
  ultimo->prox   = no;

  return no;
}
```

Listas Duplamente Encadeadas Circular

Inserir: A inserção de um elemento X numa posição específica pos={0, 1, 2, ...,n}

para pos=0

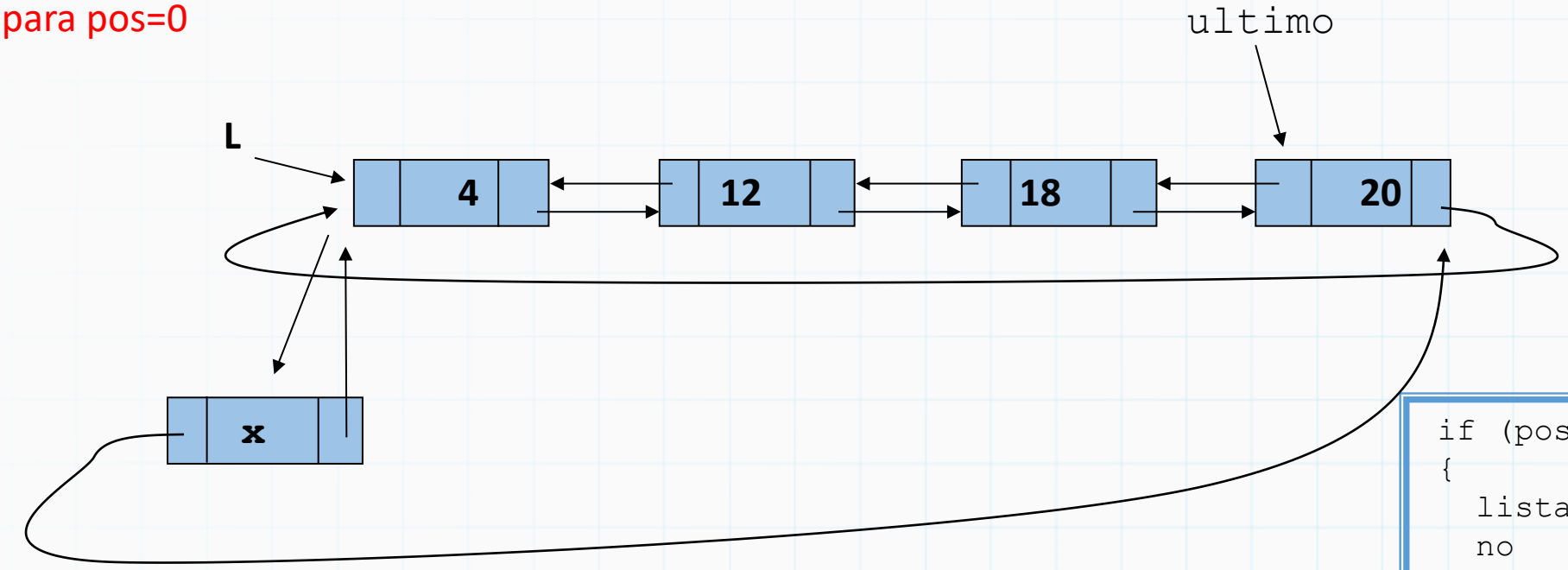



```
if (pos == 0)
{
  lista *no;
  no         = aloca_no();
  no->info   = el;

  lista * ultimo = L->ant;
  no->prox       = L;
  no->ant        = ultimo;
  L->ant         = no;
  ultimo->prox   = no;

  return no;
}
```

Listas Duplamente Encadeadas Circular

Inserir: A inserção de um elemento X numa posição específica pos={0, 1, 2, ...,n}

para pos=0

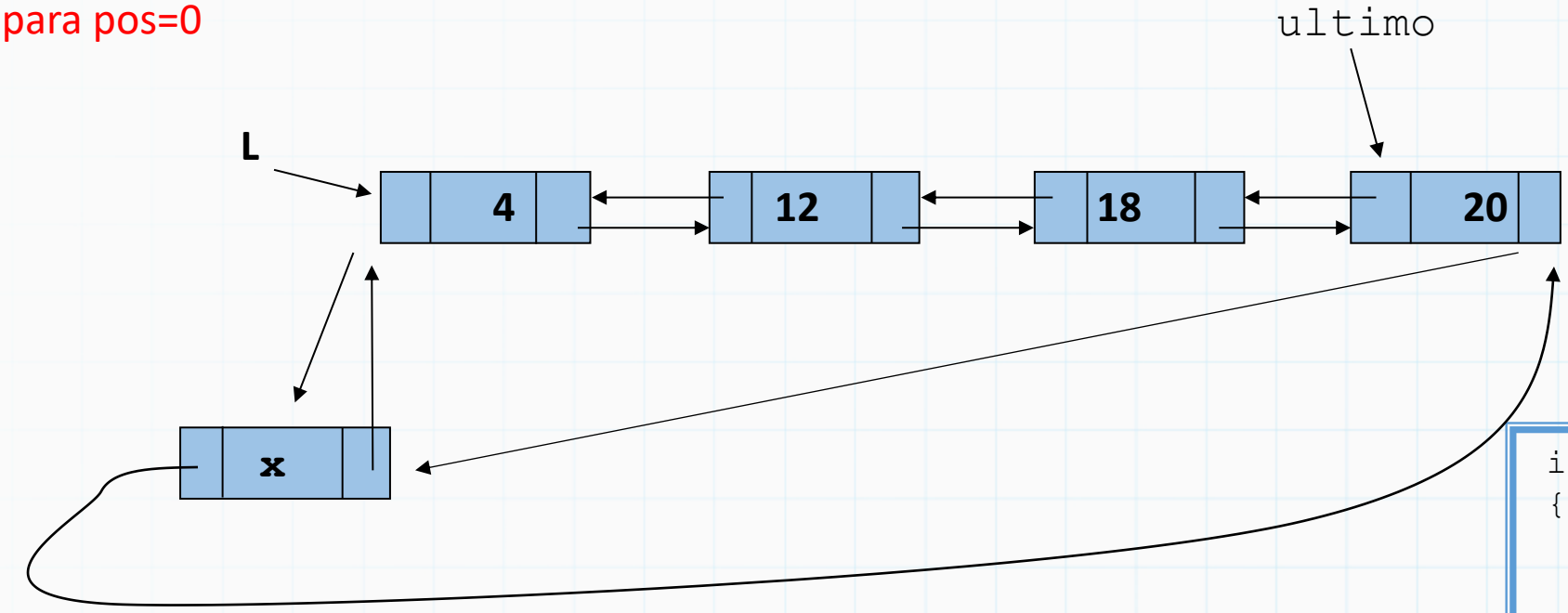



```
if (pos == 0)
{
  lista *no;
  no         = aloca_no();
  no->info   = el;

  lista * ultimo = L->ant;
  no->prox       = L;
  no->ant        = ultimo;
  L->ant         = no;
  ultimo->prox   = no;

  return no;
}
```

Listas Duplamente Encadeadas Circular

Inserir: A inserção de um elemento X numa posição específica pos={0, 1, 2, ...,n}

para pos=0

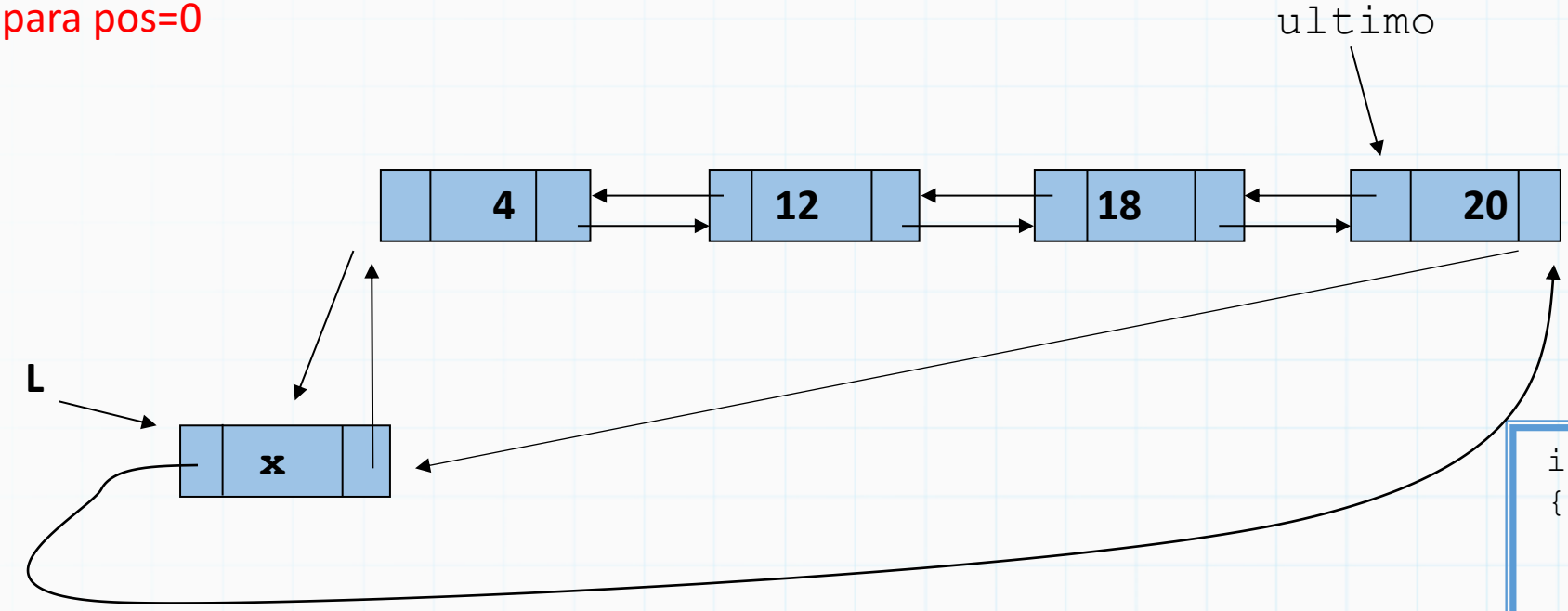



```
if (pos == 0)
{
  lista *no;
  no         = aloca_no();
  no->info   = el;

  lista * ultimo = L->ant;
  no->prox       = L;
  no->ant        = ultimo;
  L->ant         = no;
  ultimo->prox   = no;

  return no;
}
```

Listas Duplamente Encadeadas Circular

Inserir: A inserção de um elemento X numa posição específica pos={0, 1, 2, ...,n}

para pos=0

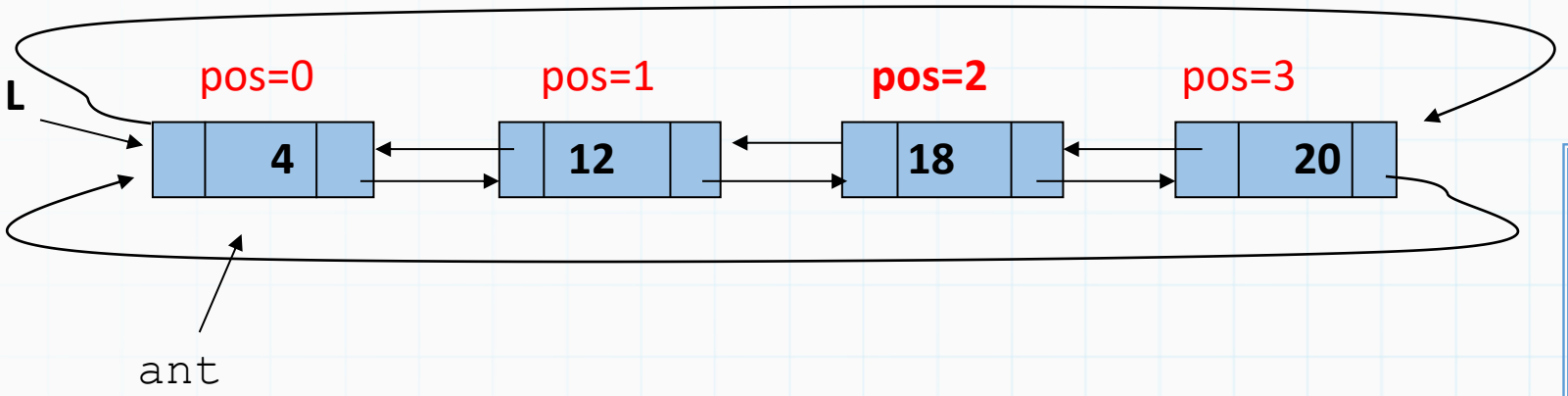


```
if (pos == 0)
{
  lista *no;
  no         = aloca_no();
  no->info   = el;

  lista * ultimo = L->ant;
  no->prox       = L;
  no->ant        = ultimo;
  L->ant         = no;
  ultimo->prox   = no;

  return no;
}
```

Listas Duplamente Encadeadas Circular

Inserir: A inserção de um elemento X numa posição específica pos={0, 1, 2, ...,n}

para n>=pos>0 -> igual a duplamente encadeado **(vamos inserir no pos2)**

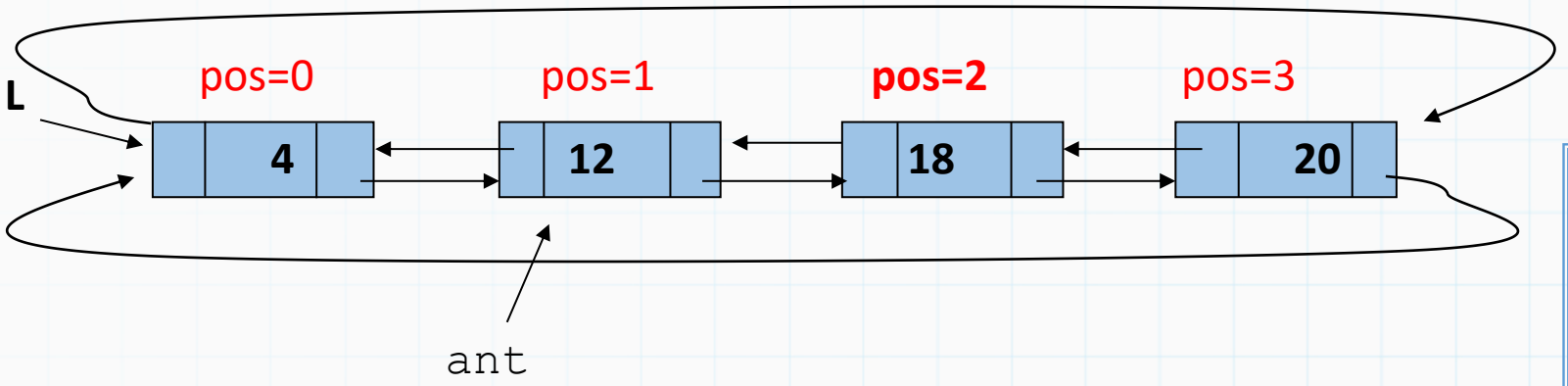



```
lista * anterior = L;

for(int i=0; i<pos-1; i++)
{
   anterior=anterior->prox;

   // passou do fim
   if (anterior == L)
   {
     printf("Posicao invalida\n");
     return L;
    }
 }

 lista *novo          = aloca_no();
 novo->info           = el;
 novo->prox           = anterior->prox;
 novo->ant            = anterior;
 anterior->prox->ant  = novo;
 anterior->prox       = novo;

 return L;
```

Listas Duplamente Encadeadas Circular

Inserir: A inserção de um elemento X numa posição específica pos={0, 1, 2, ...,n}

para n>=pos>0 -> igual a duplamente encadeado **(vamos inserir no pos2)**



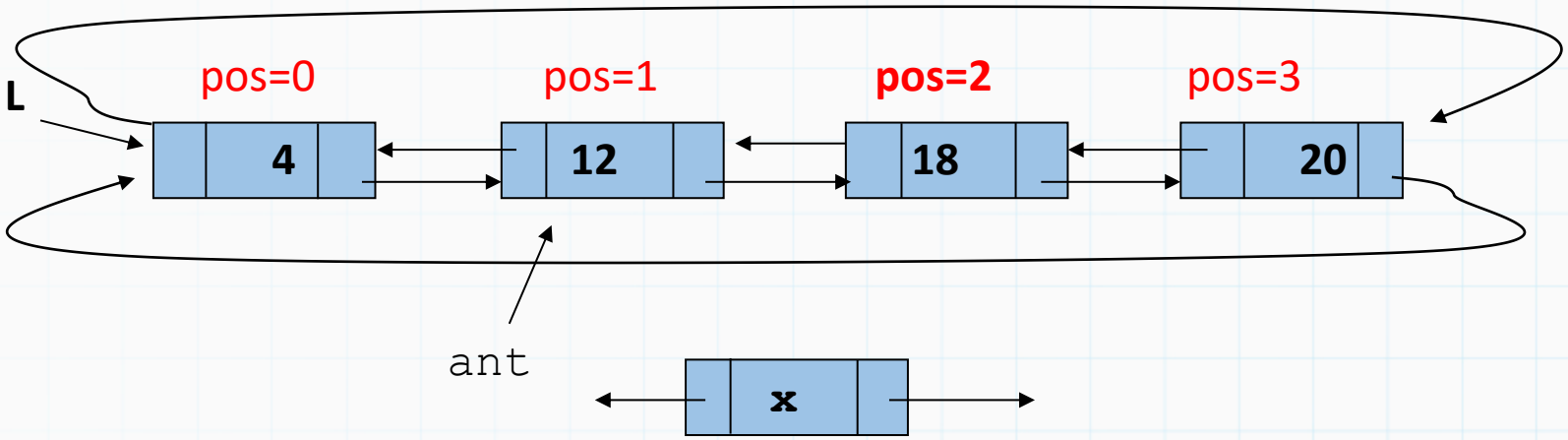
Acha o anterior

```
lista * anterior = L;

for(int i=0; i<pos-1; i++)
{
   anterior=anterior->prox;

   // passou do fim
   if (anterior == L)
   {
     printf("Posicao invalida\n");
     return L;
    }
 }

 lista *novo          = aloca_no();
 novo->info           = el;
 novo->prox           = anterior->prox;
 novo->ant            = anterior;
 anterior->prox->ant  = novo;
 anterior->prox       = novo;

 return L;
```

Listas Duplamente Encadeadas Circular

Inserir: A inserção de um elemento X numa posição específica pos={0, 1, 2, ...,n}

para n>=pos>0 -> igual a duplamente encadeado **(vamos inserir no pos2)**



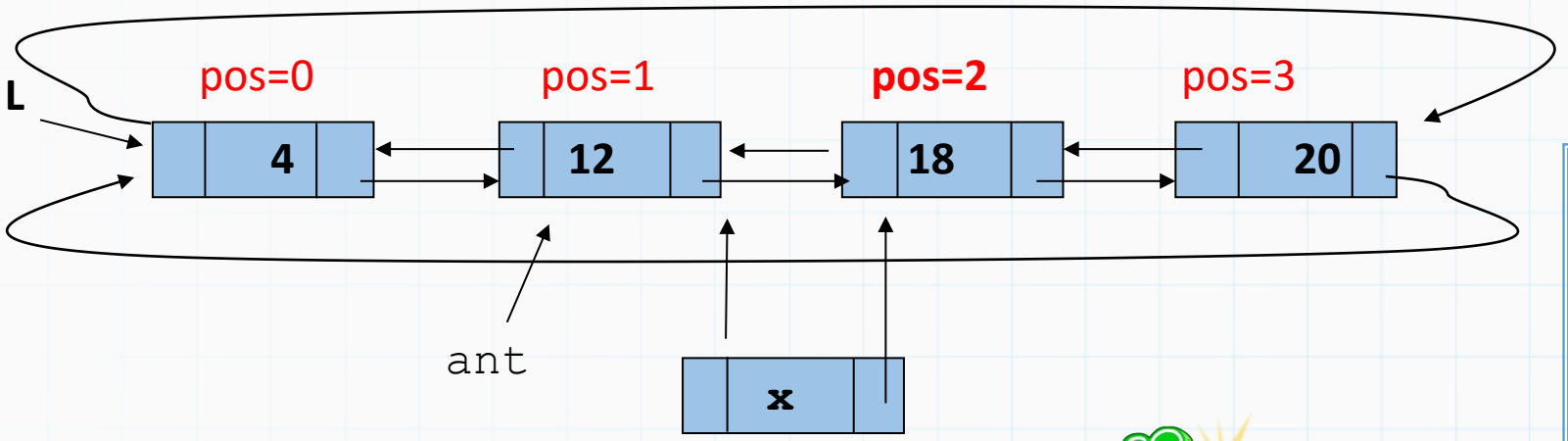
Acha o anterior

```
lista * anterior = L;

for(int i=0; i<pos-1; i++)
{
   anterior=anterior->prox;

   // passou do fim
   if (anterior == L)
   {
     printf("Posicao invalida\n");
     return L;
    }
 }

 lista *novo          = aloca_no();
 novo->info           = el;
 novo->prox           = anterior->prox;
 novo->ant            = anterior;
 anterior->prox->ant  = novo;
 anterior->prox       = novo;

 return L;
```

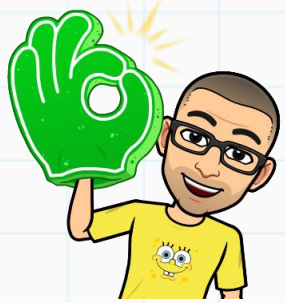
Listas Duplamente Encadeadas Circular

Inserir: A inserção de um elemento X numa posição específica pos={0, 1, 2, ...,n}

para n>=pos>0 -> igual a duplamente encadeado **(vamos inserir no pos2)**



redireciona ponteiros

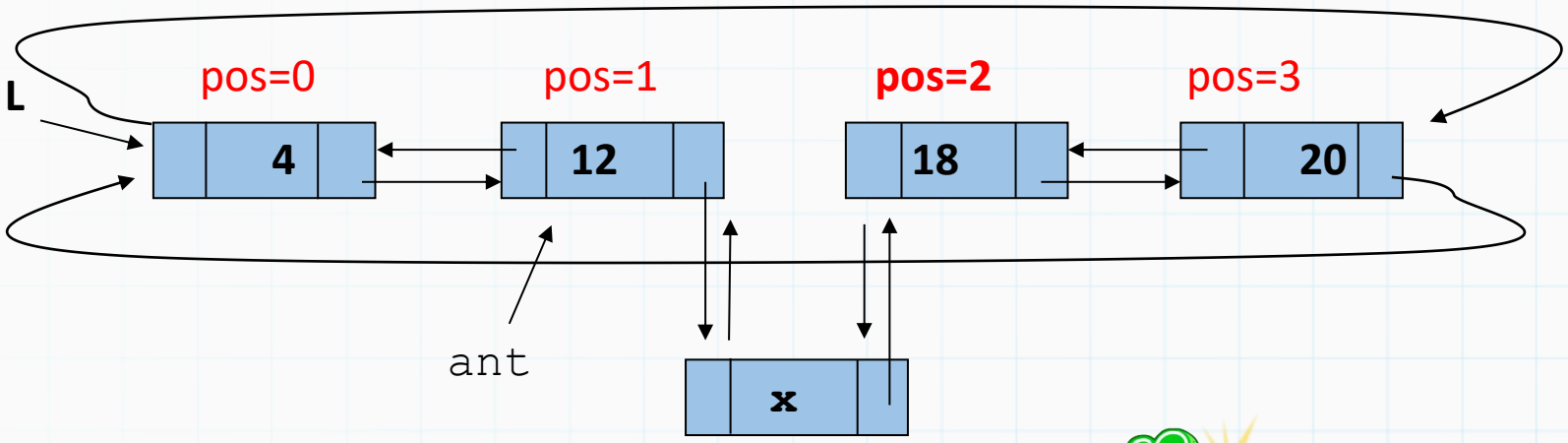


```
lista * anterior = L;

for(int i=0; i<pos-1; i++)
{
   anterior=anterior->prox;

   // passou do fim
   if (anterior == L)
   {
     printf("Posicao invalida\n");
     return L;
    }
 }

 lista *novo          = aloca_no();
 novo->info           = el;
 novo->prox           = anterior->prox;
 novo->ant            = anterior;
 anterior->prox->ant  = novo;
 anterior->prox       = novo;

 return L;
```

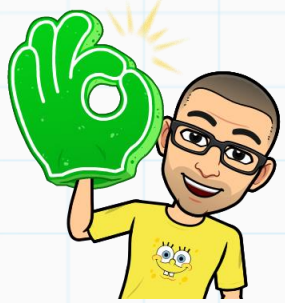
Listas Duplamente Encadeadas Circular

Inserir: A inserção de um elemento X numa posição específica pos={0, 1, 2, ...,n}

para n>=pos>0 -> igual a duplamente encadeado **(vamos inserir no pos2)**



redireciona ponteiros

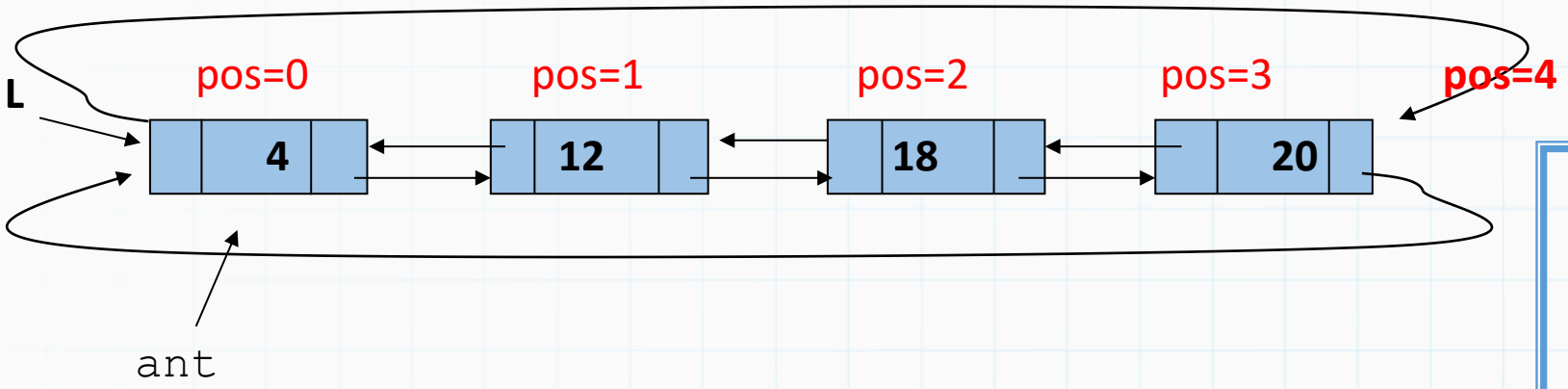


```
lista * anterior = L;

for(int i=0; i<pos-1; i++)
{
   anterior=anterior->prox;

   // passou do fim
   if (anterior == L)
   {
     printf("Posicao invalida\n");
     return L;
    }
 }

 lista *novo          = aloca_no();
 novo->info           = el;
 novo->prox           = anterior->prox;
 novo->ant            = anterior;
 anterior->prox->ant  = novo;
 anterior->prox       = novo;

 return L;
```

Listas Duplamente Encadeadas Circular

Inserir: A inserção de um elemento X numa posição específica pos={0, 1, 2, ...,n}

para n>=pos>0 -> igual a duplamente encadeado **(inserir no pos4=fim da lista)**

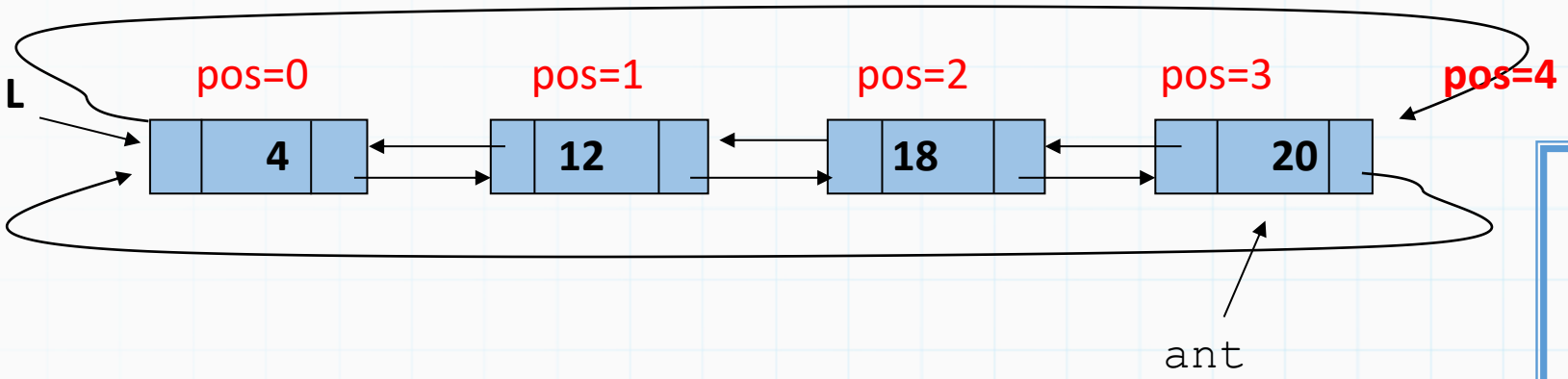



```
lista * anterior = L;

for(int i=0; i<pos-1; i++)
{
   anterior=anterior->prox;

   // passou do fim
   if (anterior == L)
   {
     printf("Posicao invalida\n");
     return L;
    }
 }

 lista *novo          = aloca_no();
 novo->info           = el;
 novo->prox           = anterior->prox;
 novo->ant            = anterior;
 anterior->prox->ant  = novo;
 anterior->prox       = novo;

 return L;
```

Listas Duplamente Encadeadas Circular

Inserir: A inserção de um elemento X numa posição específica pos={0, 1, 2, ...,n}

para n>=pos>0 -> igual a duplamente encadeado **(inserir no pos4=fim da lista)**



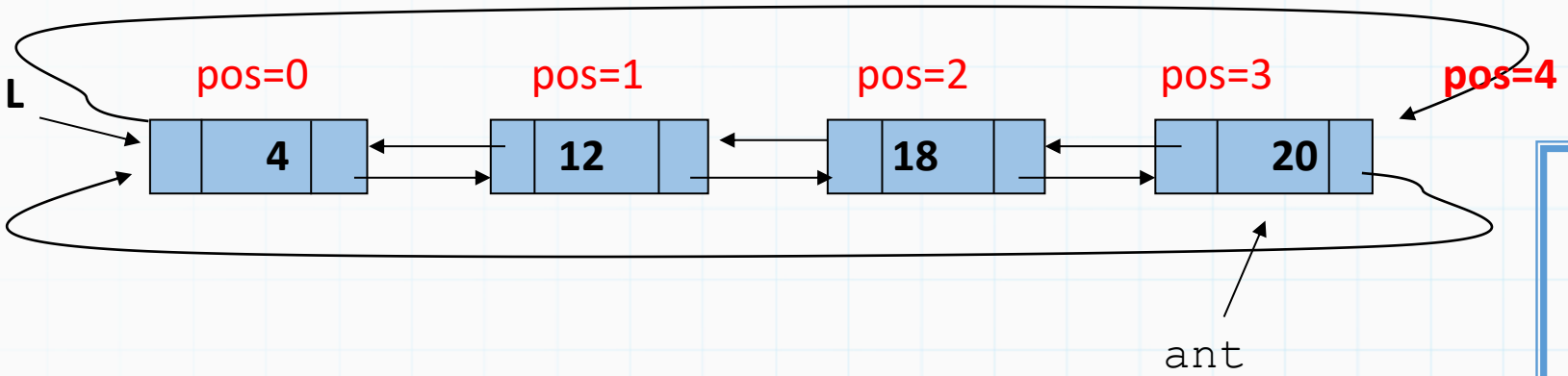
Acha o anterior

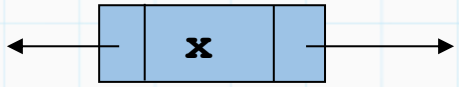
```
lista * anterior = L;

for(int i=0; i<pos-1; i++)
{
   anterior=anterior->prox;

   // passou do fim
   if (anterior == L)
   {
     printf("Posicao invalida\n");
     return L;
    }
 }

 lista *novo          = aloca_no();
 novo->info           = el;
 novo->prox           = anterior->prox;
 novo->ant            = anterior;
 anterior->prox->ant  = novo;
 anterior->prox       = novo;

 return L;
```

Listas Duplamente Encadeadas Circular

Inserir: A inserção de um elemento X numa posição específica pos={0, 1, 2, ...,n}

para n>=pos>0 -> igual a duplamente encadeado **(inserir no pos4=fim da lista)**



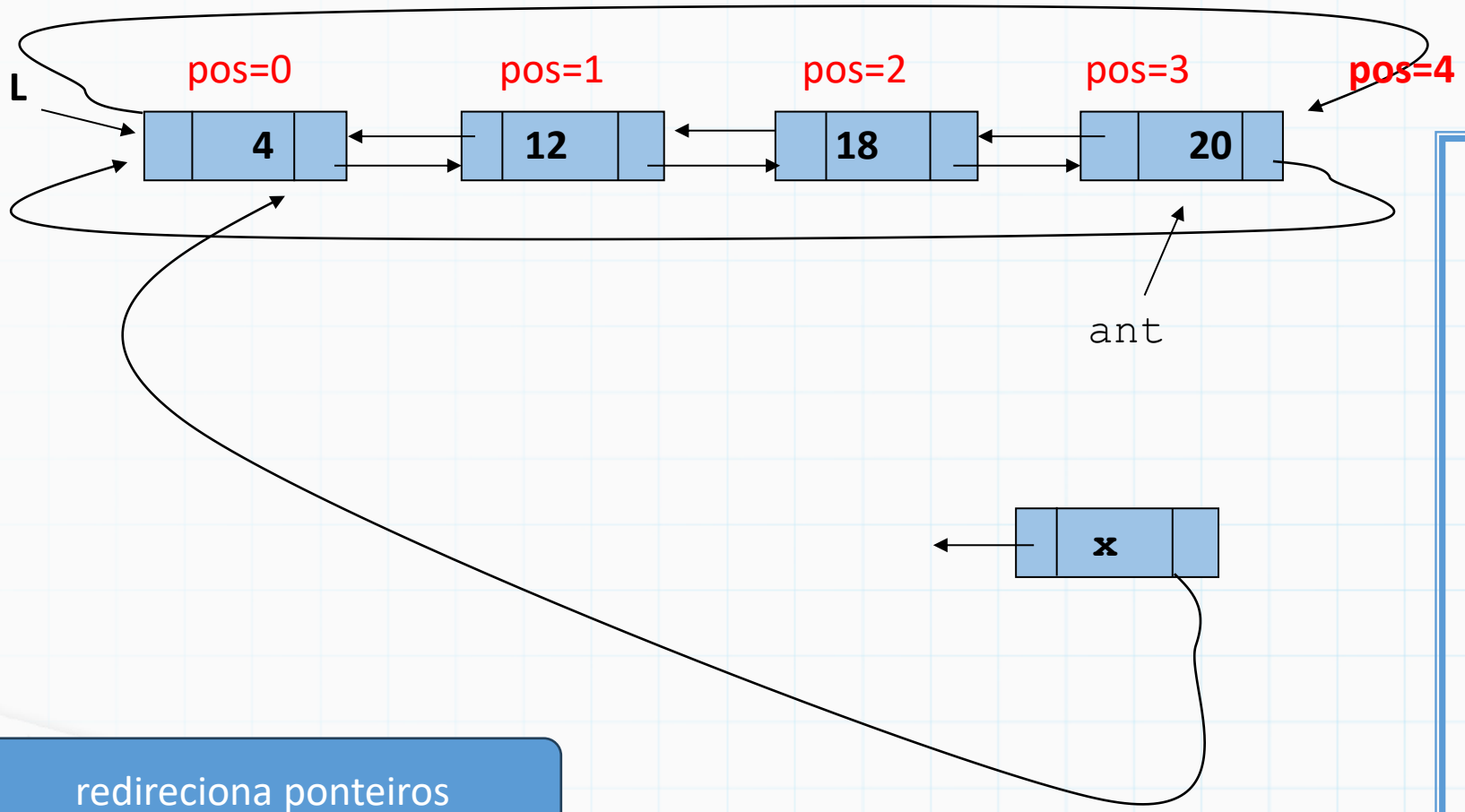



```
lista * anterior = L;

for(int i=0; i<pos-1; i++)
{
   anterior=anterior->prox;

   // passou do fim
   if (anterior == L)
   {
     printf("Posicao invalida\n");
     return L;
    }
 }

 lista *novo          = aloca_no();
 novo->info           = el;
 novo->prox           = anterior->prox;
 novo->ant            = anterior;
 anterior->prox->ant  = novo;
 anterior->prox       = novo;

 return L;
```

Listas Duplamente Encadeadas Circular

Inserir: A inserção de um elemento X numa posição específica pos={0, 1, 2, ...,n}

para n>=pos>0 -> igual a duplamente encadeado **(inserir no pos4=fim da lista)**



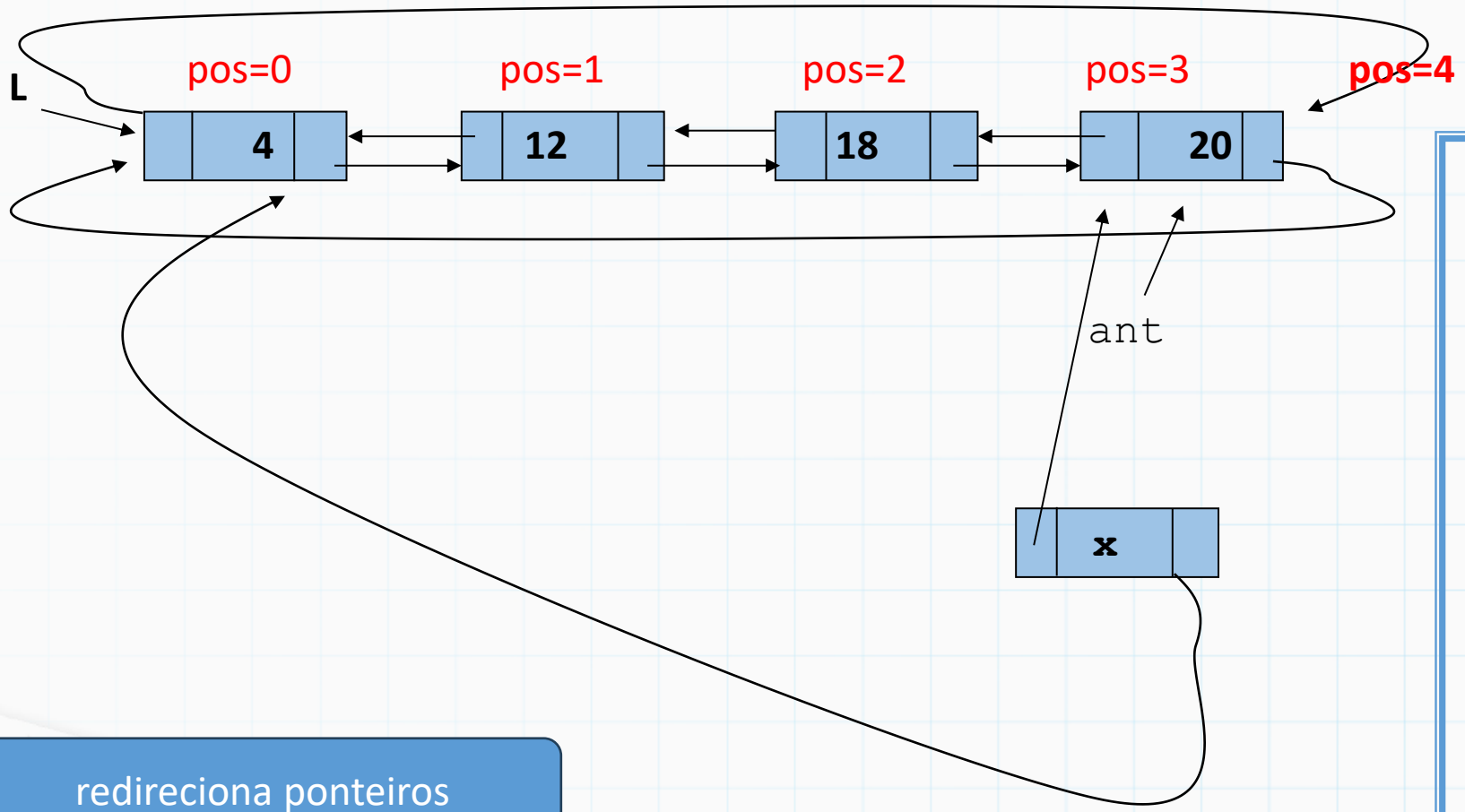
redireciona ponteiros

```
lista * anterior = L;

for(int i=0; i<pos-1; i++)
{
   anterior=anterior->prox;

   // passou do fim
   if (anterior == L)
   {
     printf("Posicao invalida\n");
     return L;
    }
 }

 lista *novo          = aloca_no();
 novo->info           = el;
 novo->prox           = anterior->prox;
 novo->ant            = anterior;
 anterior->prox->ant  = novo;
 anterior->prox       = novo;

 return L;
```

Listas Duplamente Encadeadas Circular

Inserir: A inserção de um elemento X numa posição específica pos={0, 1, 2, ...,n}

para n>=pos>0 -> igual a duplamente encadeado **(inserir no pos4=fim da lista)**



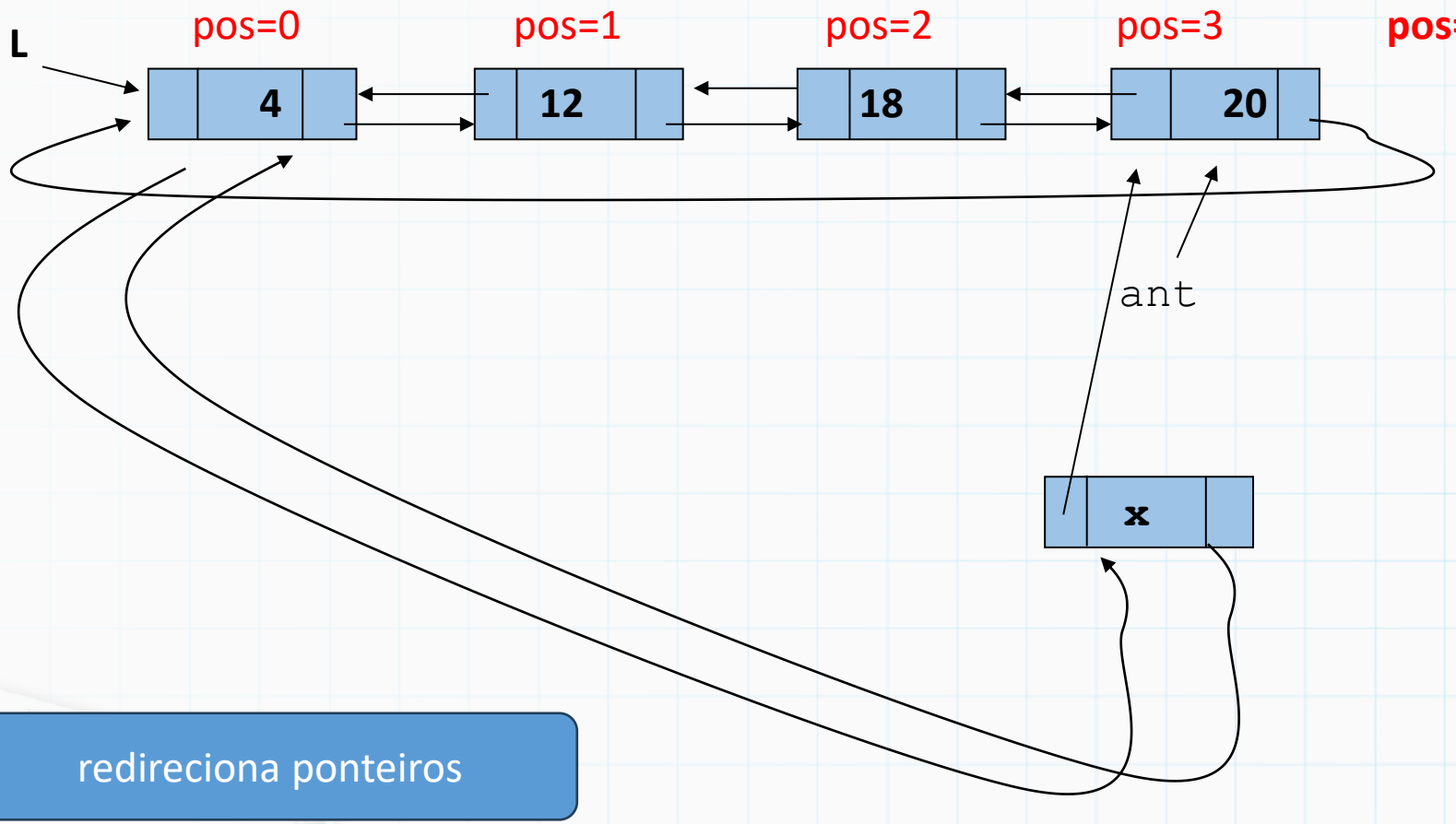
redireciona ponteiros

```
lista * anterior = L;

for(int i=0; i<pos-1; i++)
{
   anterior=anterior->prox;

   // passou do fim
   if (anterior == L)
   {
     printf("Posicao invalida\n");
     return L;
    }
 }

 lista *novo          = aloca_no();
 novo->info           = el;
 novo->prox           = anterior->prox;
 novo->ant            = anterior;
 anterior->prox->ant  = novo;
 anterior->prox       = novo;

 return L;
```

Listas Duplamente Encadeadas Circular

Inserir: A inserção de um elemento X numa posição específica pos={0, 1, 2, ...,n}

para n>=pos>0 -> igual a duplamente encadeado **(inserir no pos4=fim da lista)**



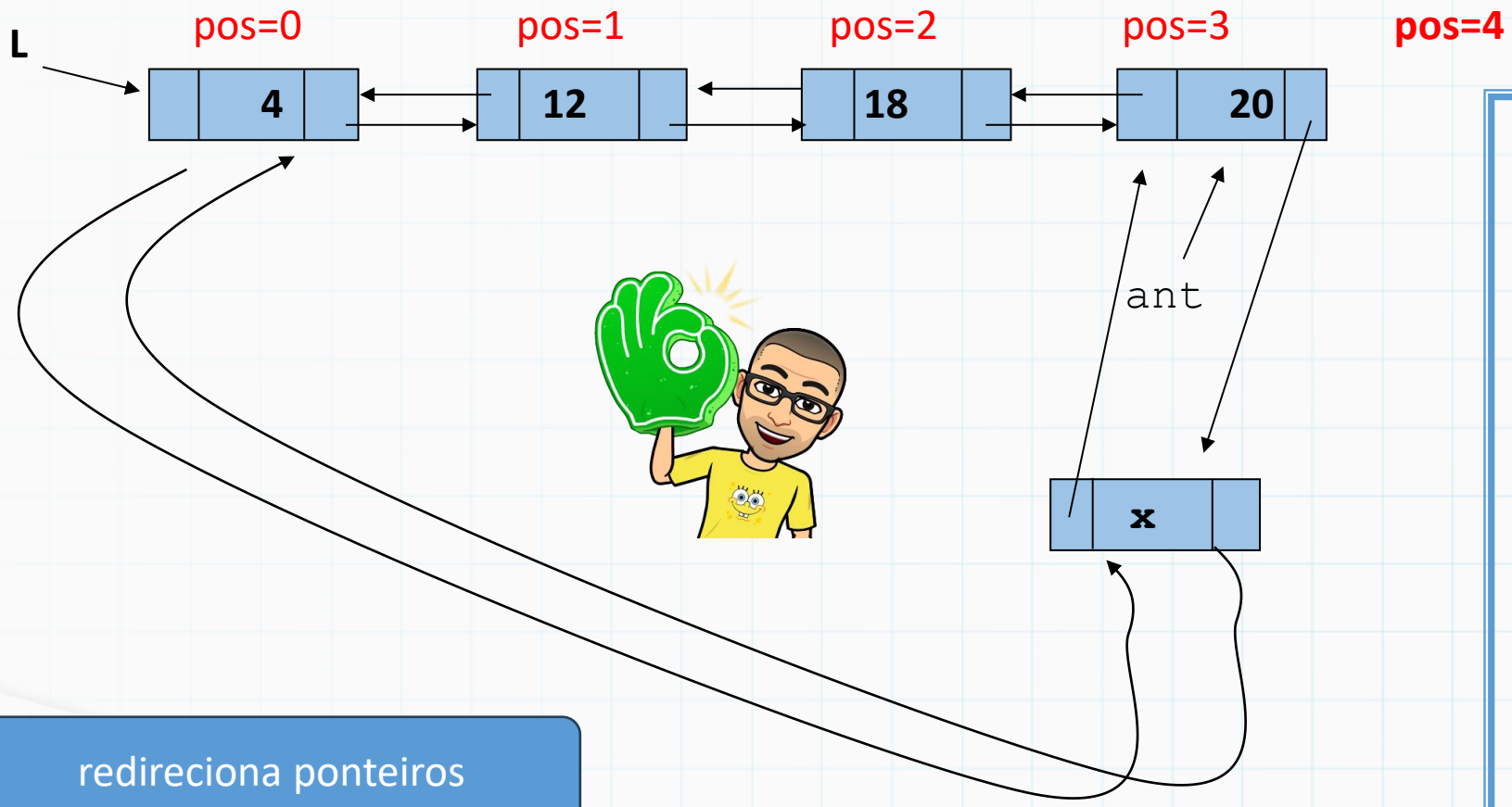
redireciona ponteiros

```
lista * anterior = L;

for(int i=0; i<pos-1; i++)
{
   anterior=anterior->prox;

   // passou do fim
   if (anterior == L)
   {
     printf("Posicao invalida\n");
     return L;
    }
 }

 lista *novo          = aloca_no();
 novo->info           = el;
 novo->prox           = anterior->prox;
 novo->ant            = anterior;
 anterior->prox->ant  = novo;
 anterior->prox       = novo;

 return L;
```

Listas Duplamente Encadeadas Circular

Inserir: A inserção de um elemento X numa posição específica pos={0, 1, 2, ...,n}

para n>=pos>0 -> igual a duplamente encadeado **(inserir no pos4=fim da lista)**



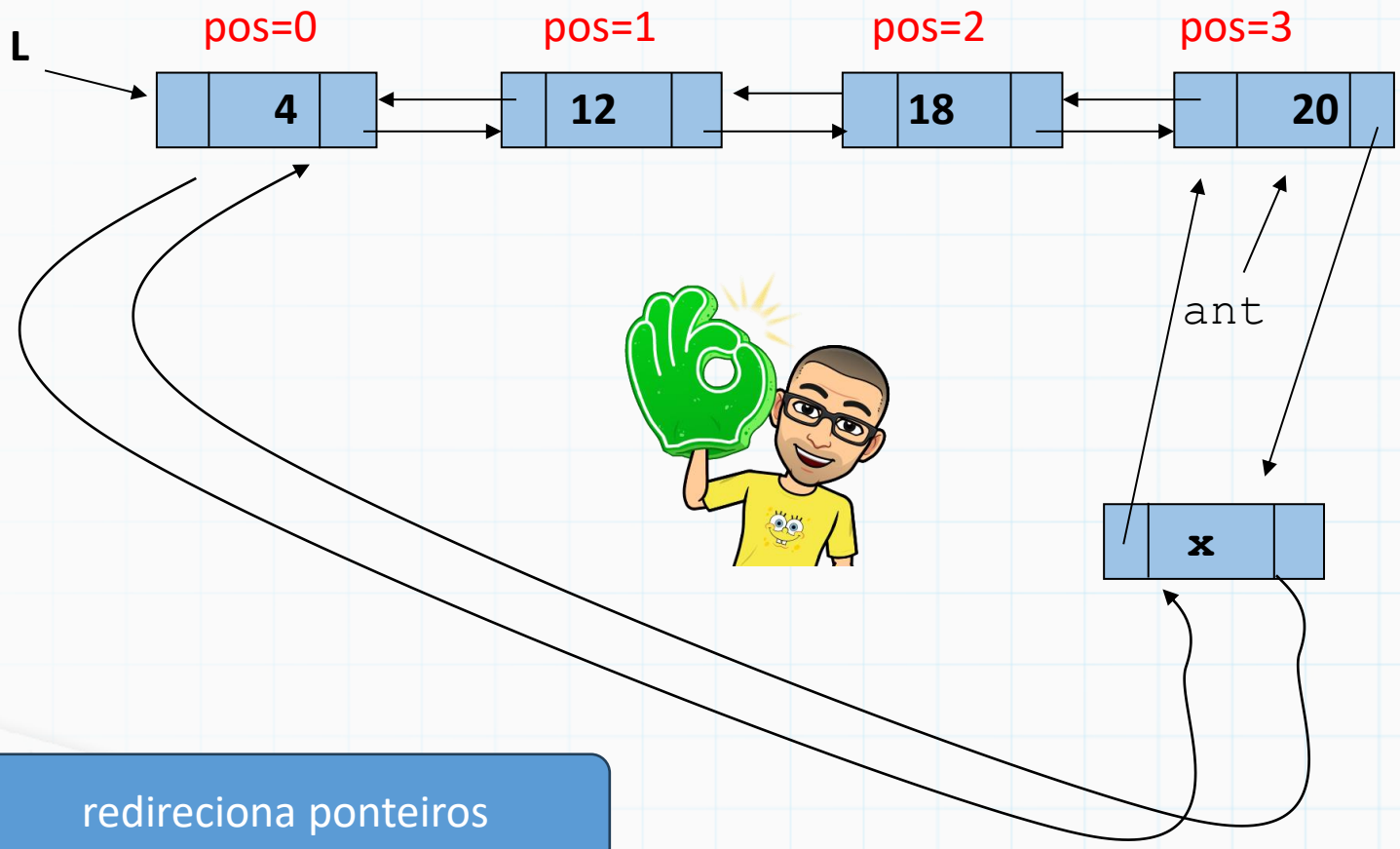
redireciona ponteiros

```
lista * anterior = L;

for(int i=0; i<pos-1; i++)
{
   anterior=anterior->prox;

   // passou do fim
   if (anterior == L)
   {
     printf("Posicao invalida\n");
     return L;
    }
 }

 lista *novo          = aloca_no();
 novo->info           = el;
 novo->prox           = anterior->prox;
 novo->ant            = anterior;
 anterior->prox->ant  = novo;
 anterior->prox       = novo;

 return L;
```

Listas Duplamente Encadeadas Circular

Inserir: A inserção de um elemento X numa posição específica pos={0, 1, 2, ...,n}

para n>=pos>0 -> igual a duplamente encadeado **(inserir no pos4=fim da lista)**



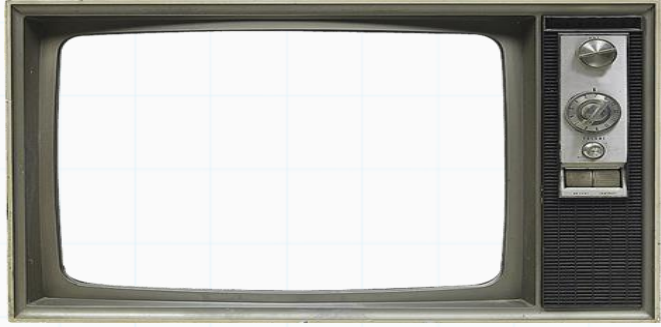
redireciona ponteiros

```
lista * anterior = L;

for(int i=0; i<pos-1; i++)
{
   anterior=anterior->prox;

   // passou do fim
   if (anterior == L)
   {
     printf("Posicao invalida\n");
     return L;
    }
 }

 lista *novo          = aloca_no();
 novo->info           = el;
 novo->prox           = anterior->prox;
 novo->ant            = anterior;
 anterior->prox->ant  = novo;
 anterior->prox       = novo;

 return L;
```

- Remoção segue a mesma ideia da Inserção...

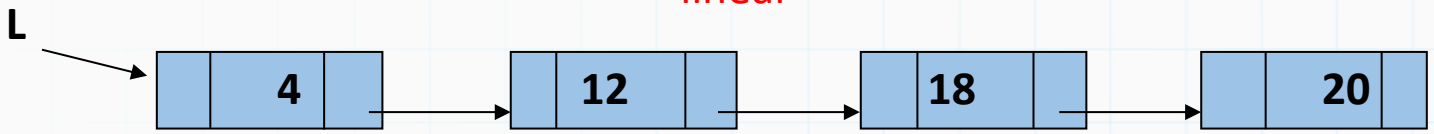
```
lista* insere_lista_pos_DC(lista* L, int el, int pos)
{
    if(pos < 0)
    {
        printf("Posicao invalida\n");
        return L;
    }
    // insercao no inicio
    if (L == NULL)
    {
        lista *no;
        no        = aloca_no();
        no->info  = el;
        no->prox  = no;
        no->ant   = no;
        return no;
    }
    // posicao inicial (cabeca)
    else if (pos == 0)
    {
        lista *no;
        no        = aloca_no();
        no->info  = el;

        lista * ultimo = L->ant;
        no->prox       = L;
        no->ant        = ultimo;
        L->ant         = no;
        ultimo->prox   = no;

        return no;
    }
    // demais posicoes
    else
    {
        lista * anterior = L;

        // encontra anterior do elemento (se existir)
        for(int i=0; i<pos-1; i++)
        {
            anterior=anterior->prox;

            // passou do fim
            if (anterior == L)
            {
                printf("Posicao invalida\n");
                return L;
            }
        }

        lista *novo          = aloca_no();
        novo->info           = el;
        novo->prox           = anterior->prox;
        novo->ant            = anterior;
        anterior->prox->ant  = novo;
        anterior->prox       = novo;

        return L;
    }
}
```

Comparação entre listas



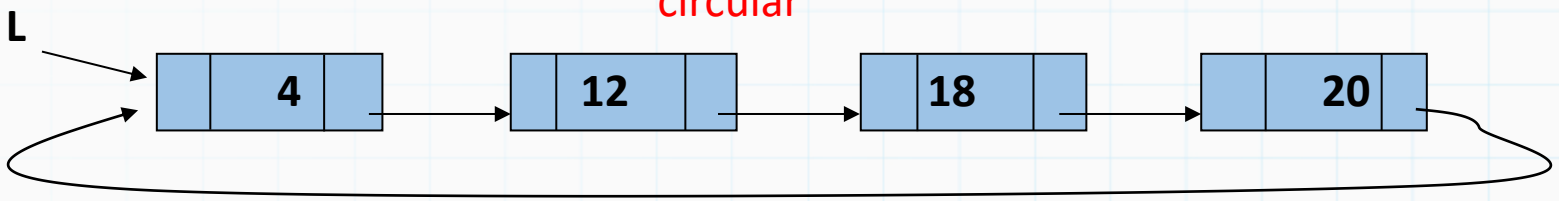
Espaço: lista de tamanho n

linear



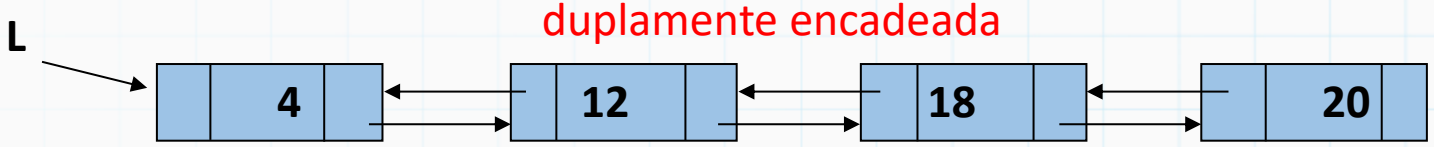
n ponteiros

circular



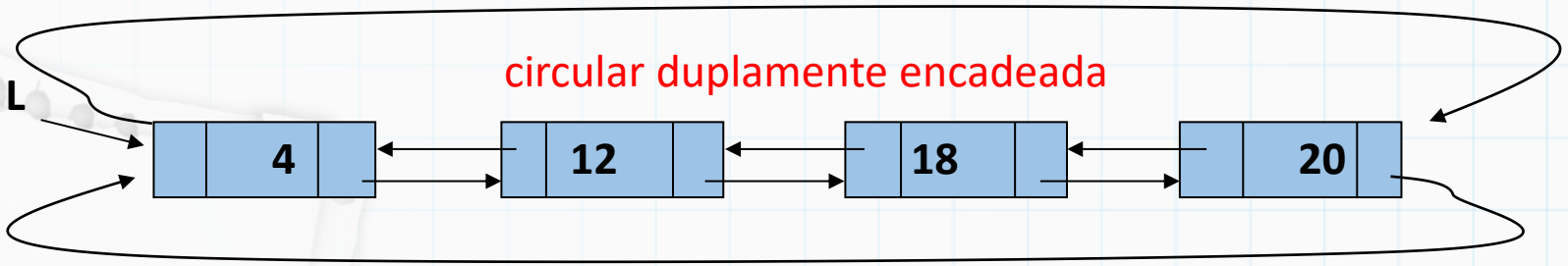
n ponteiros (n+1 para ser exato)

duplamente encadeada



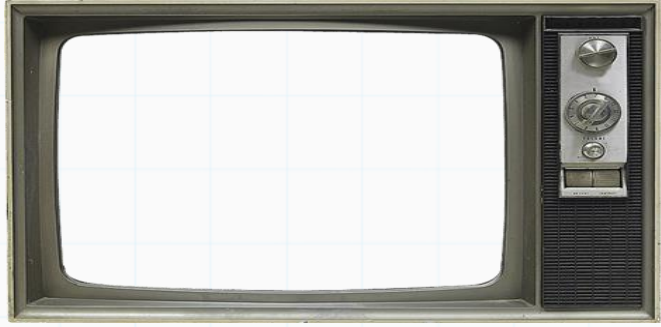
2n ponteiros

circular duplamente encadeada



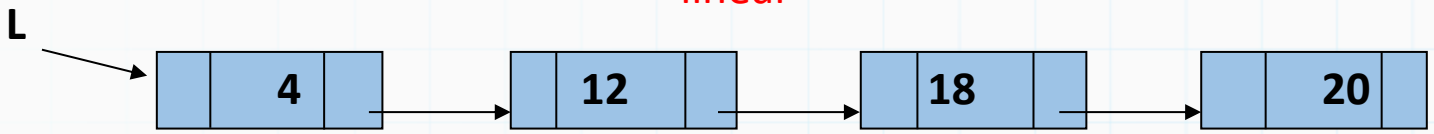
2n ponteiros

Comparação entre listas



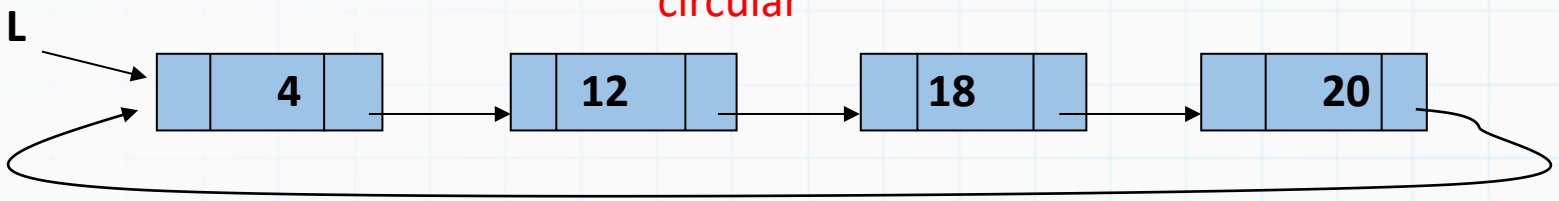
Inserção: na posição 0

linear



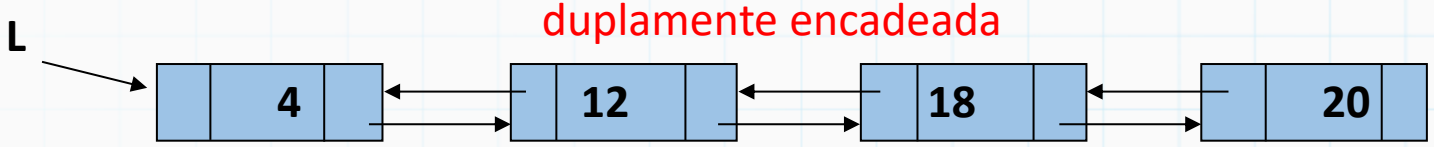
tempo constante

circular



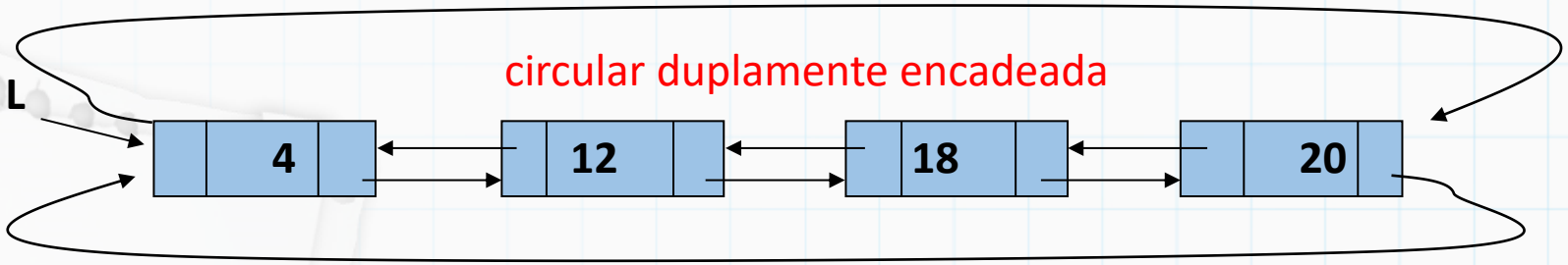
percorre n elementos (por causa do ponteiro final)

duplamente encadeada



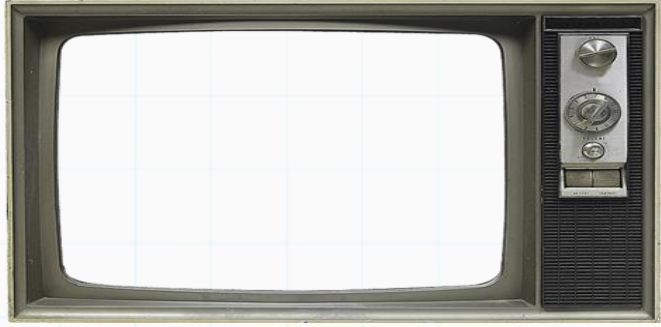
tempo constante

circular duplamente encadeada



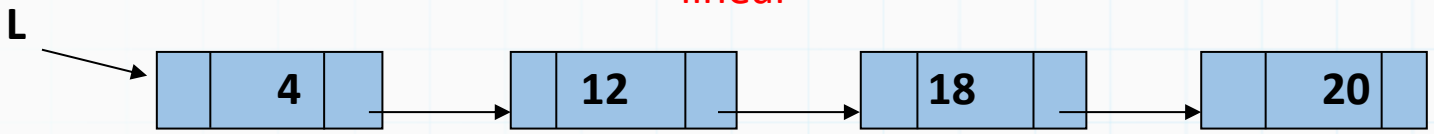
tempo constante

Comparação entre listas



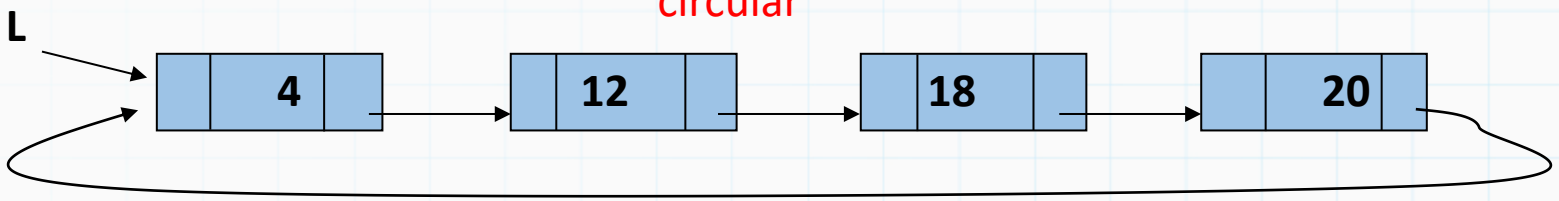
Inserção: na posição > 0

linear



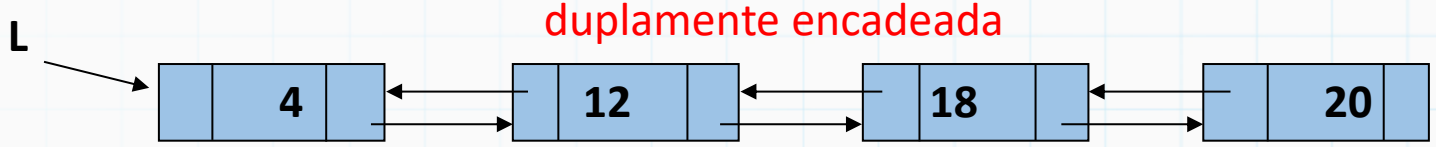
pior caso percorre n elementos

circular



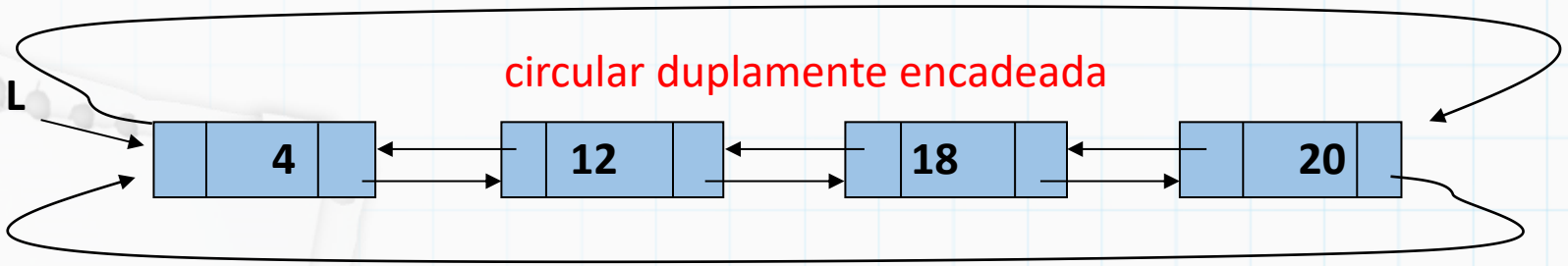
pior caso percorre n elementos

duplamente encadeada



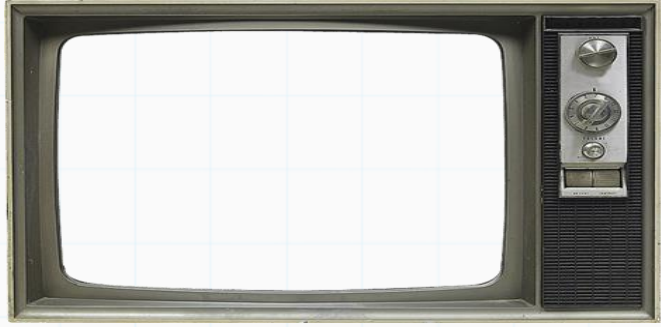
pior caso percorre n elementos

circular duplamente encadeada



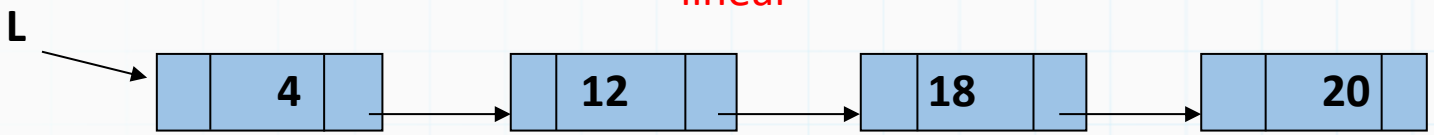
pior caso percorre n elementos

Comparação entre listas



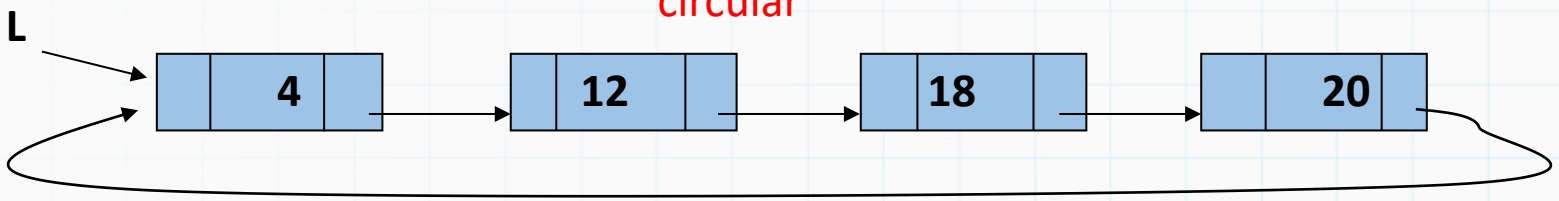
Remoção: na posição = 0

linear



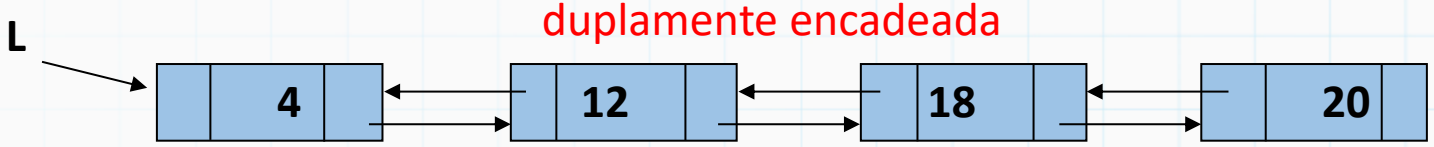
tempo constante

circular



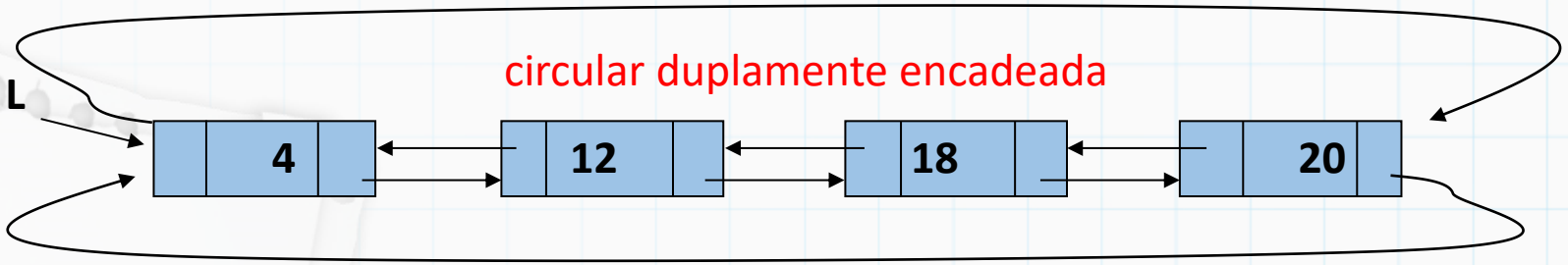
percorre n elementos (por causa do link final)

duplamente encadeada



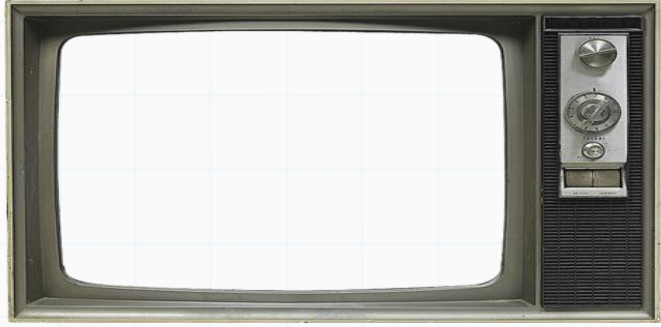
tempo constante

circular duplamente encadeada



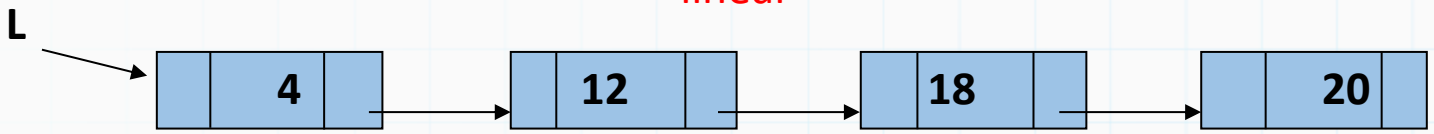
tempo constante

Comparação entre listas



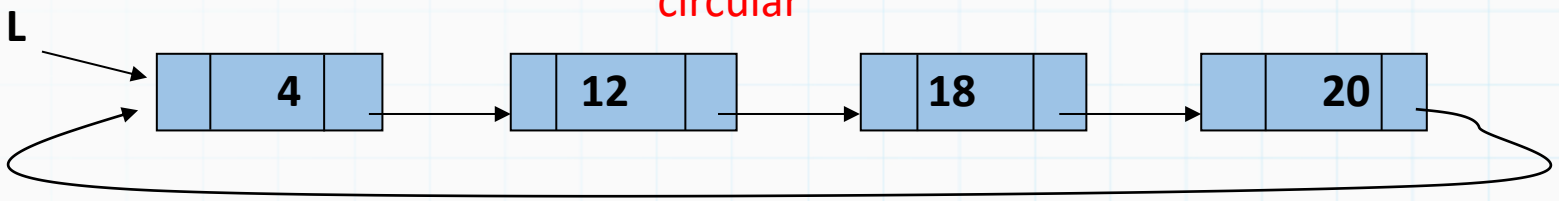
Remoção: na posição > 0

linear



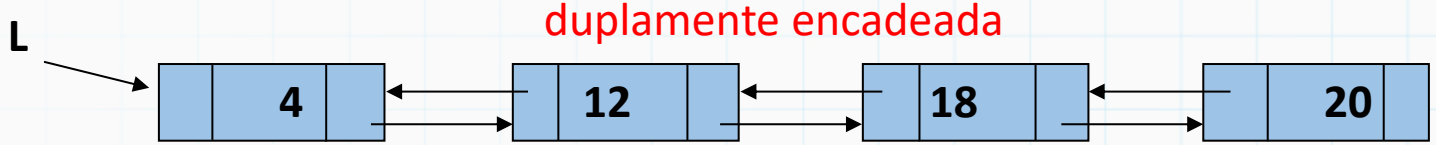
pior caso percorre n elementos

circular



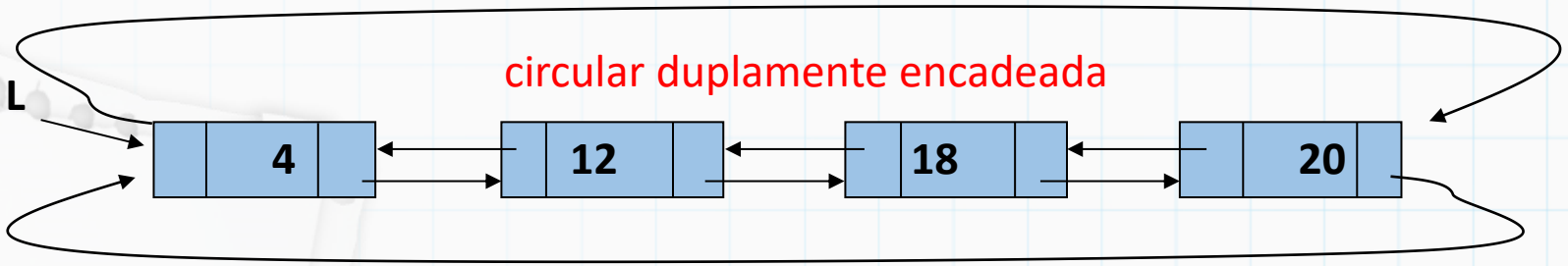
pior caso percorre n elementos

duplamente encadeada



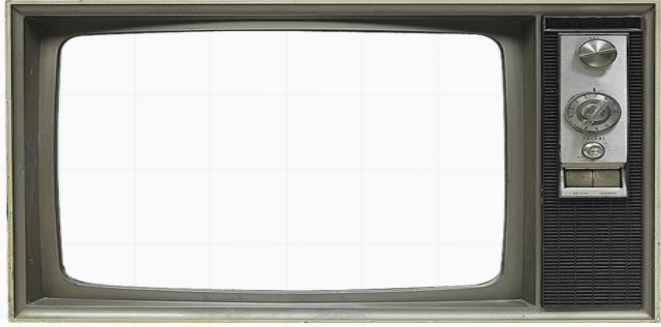
pior caso percorre n elementos

circular duplamente encadeada



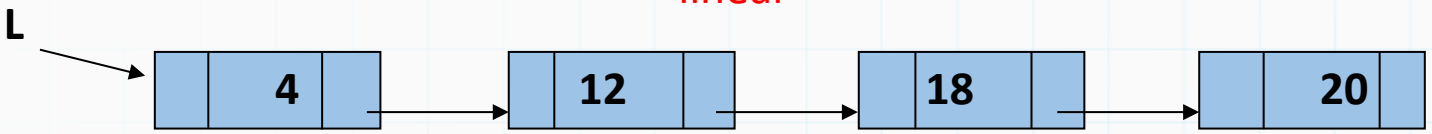
pior caso percorre n elementos

Comparação entre listas



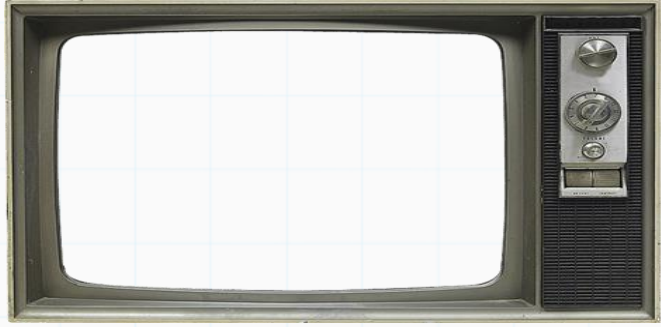
Concluindo:

linear



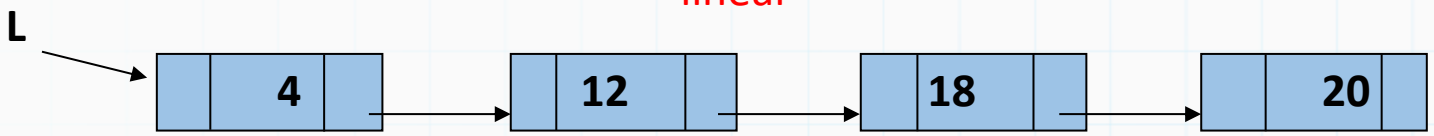
limitada, porem usa pouca memória

Comparação entre listas



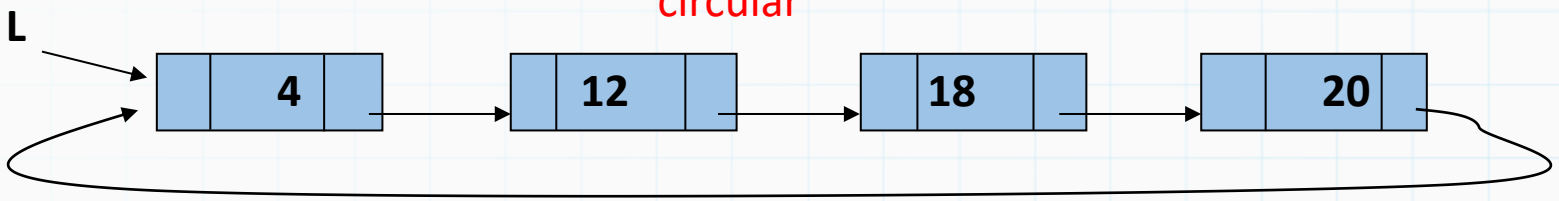
Concluindo:

linear



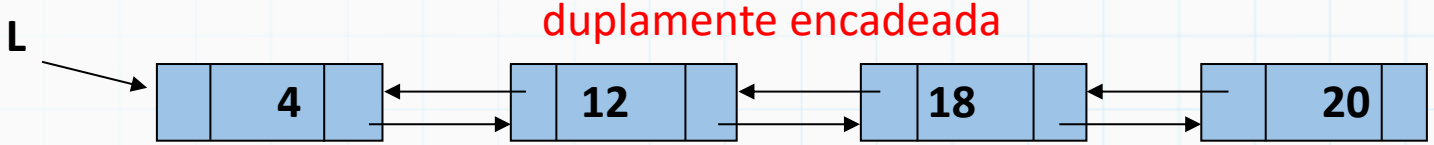
limitada, porem usa pouca memória

circular



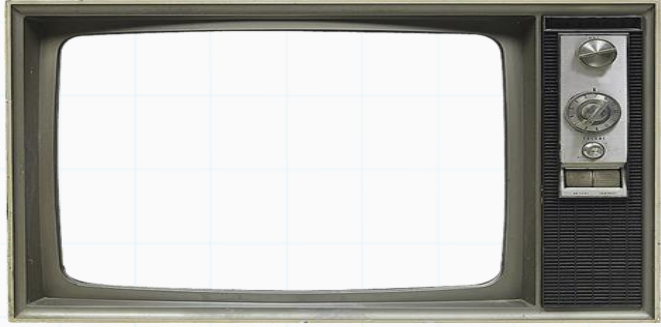
meio termo

duplamente encadeada



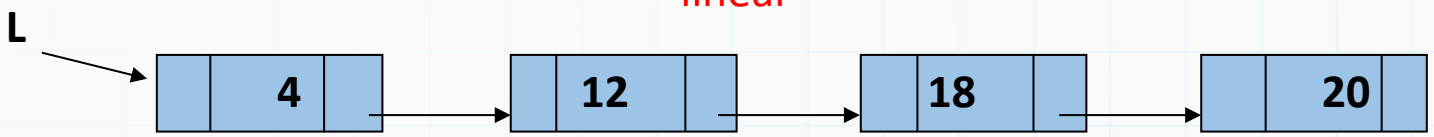
meio termo

Comparação entre listas



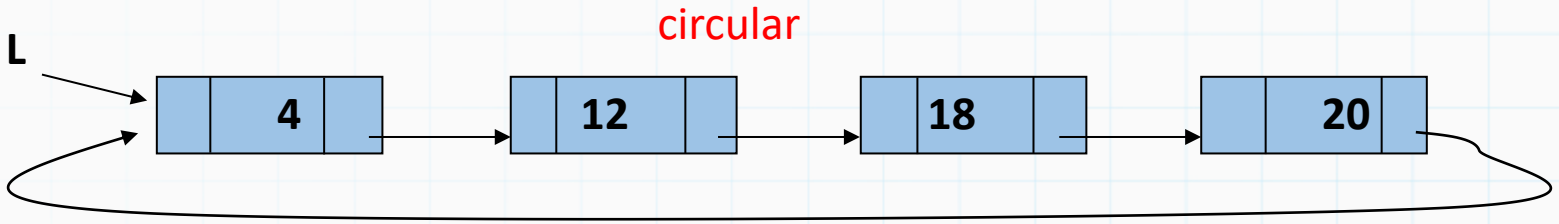
Concluindo:

linear



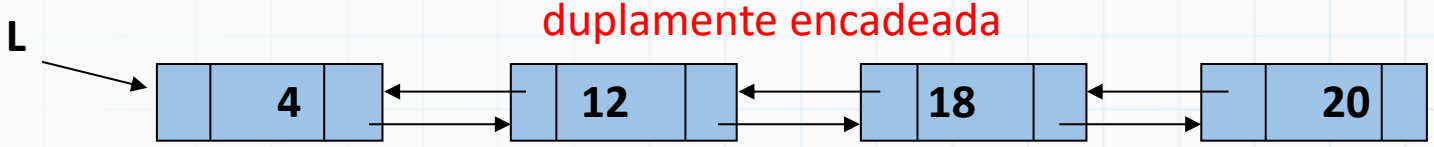
limitada, porem usa pouca memória

circular



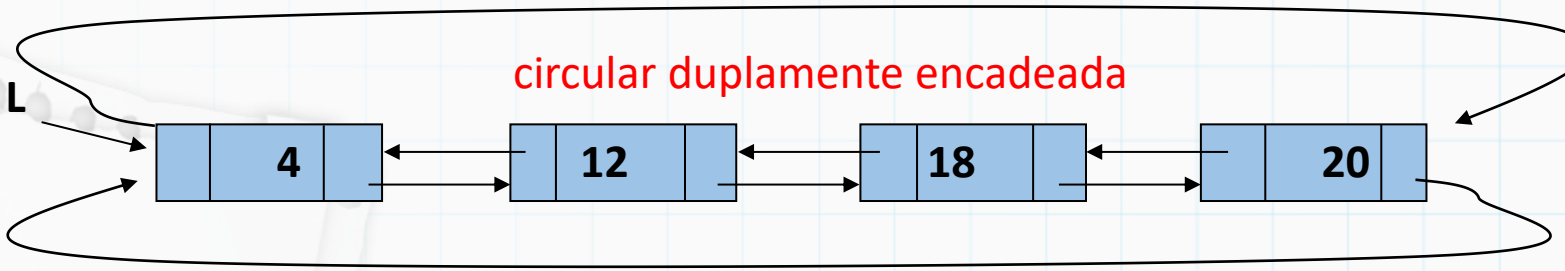
meio termo

duplamente encadeada



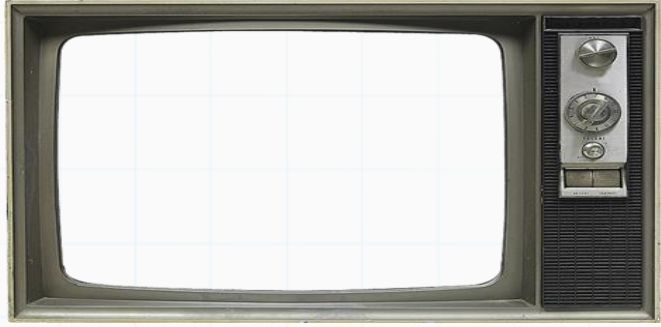
meio termo

circular duplamente encadeada

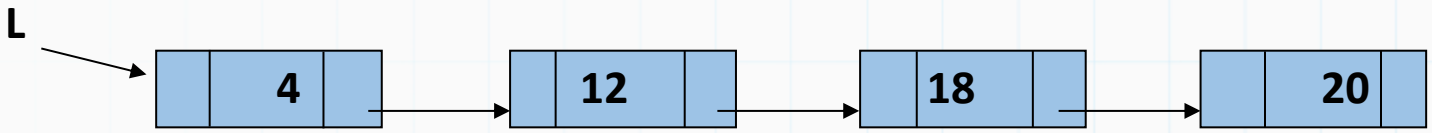


Mais eficiente/poderosa porem precisa de mais memória

listas x vetores



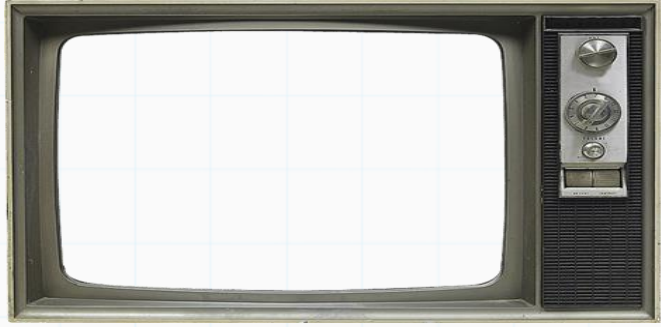
Alocação:



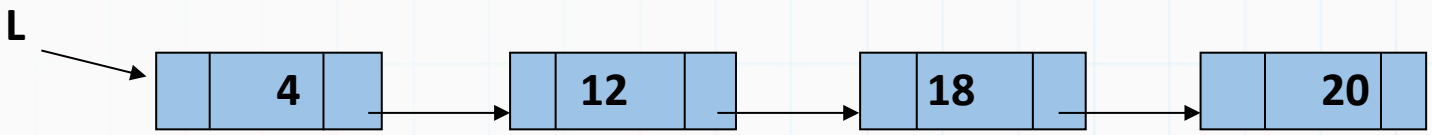
- Tamanho variável, aumenta e diminui a vontade ☺

- Tamanho fixo, uma vez criada não pode aumentar nem diminuir ☹

listas x vetores



Acesso:

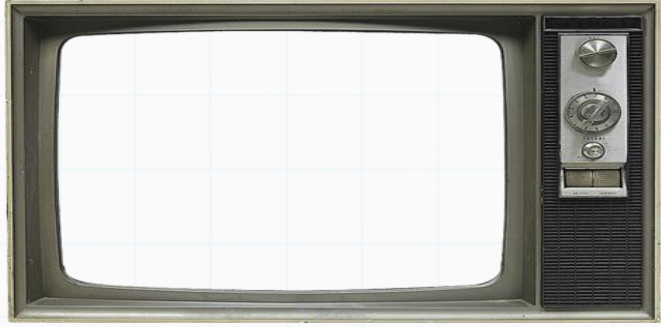


- Acesso sequencial ☹

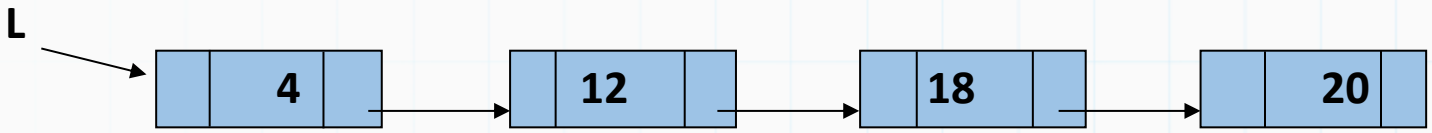
5	4	7	11	56	8	9	63	65	91

-Acesso imediato a posição indexada ☺

listas x vetores



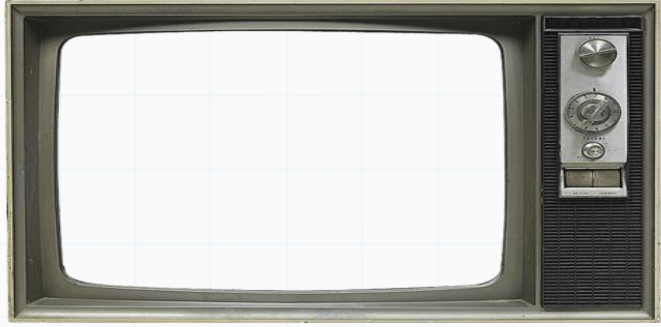
Inserir/Remover na posição 0:



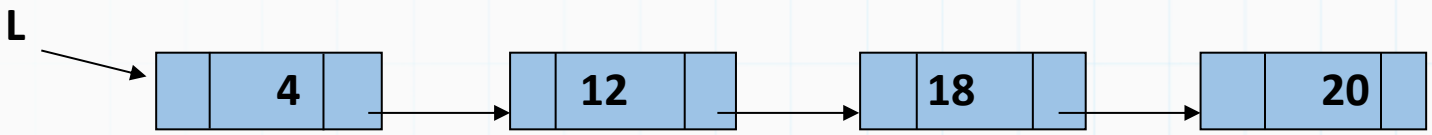
- tempo constante ☺

tem que empurrar os outros n elementos para frente/trás ☹

listas x vetores



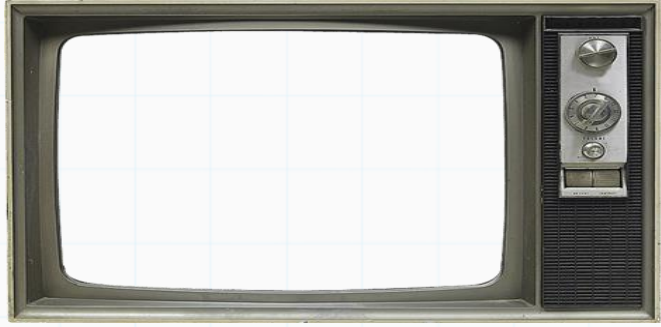
Inserir/Remover na posição n:



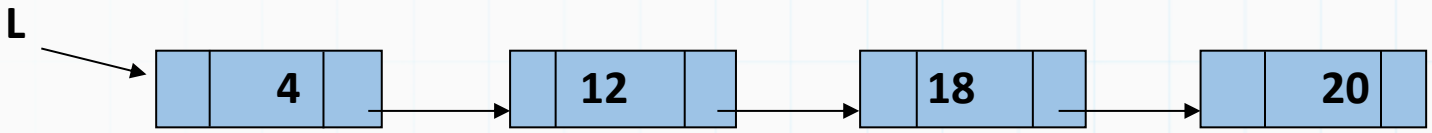
- tem que percorrer os outros n elementos ☹ (lista linear)

- tempo constante ☺

listas x vetores



Busca:



Linear -> pior caso -> percorre n elementos

5	4	7	11	56	8	9	63	65	91

Linear -> pior caso -> percorre n elementos

```c
lista* rearranjo (lista* l)
{
    lista *p, *q;
    int temp;

    if (l==NULL || l->prox==NULL)
        return;

    p = l;
    q = l->prox;
    while (q != NULL)
    {
        temp      = p->info;
        p->info   = q->info;
        q->info   = temp;
        p         = q->prox;

        if (p != NULL)
            q = p->prox;
        else
            q = NULL;
    }

    return l;
}
```

listas

Fura olho: Dado uma lista simplesmente encadeada l = {1, 2, 3, 4, 5, 6, 7}, como ficaria a lista depois da chamada da função:

```c
lista* rearranjo (lista* l)
{
    lista *p, *q;
    int temp;

    if (l==NULL || l->prox==NULL)
        return;

    p = l;
    q = l->prox;
    while (q != NULL)
    {
        temp      = p->info;
        p->info   = q->info;
        q->info   = temp;
        p         = q->prox;

        if (p != NULL)
            q = p->prox;
        else
            q = NULL;
    }

    return l;
}
```

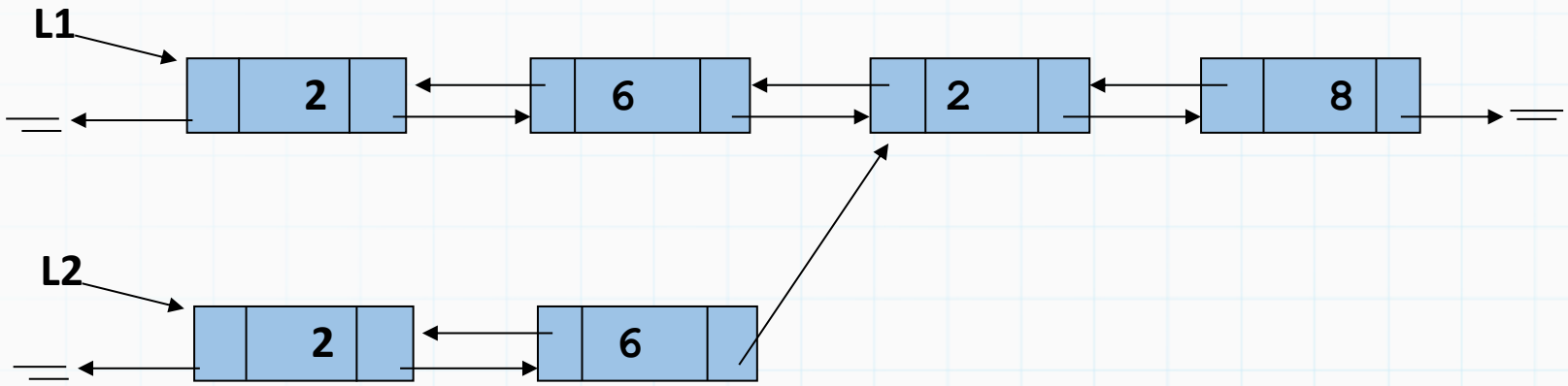
listas

Fura olho: Dado uma lista simplesmente encadeada l = {1, 2, 3, 4, 5, 6, 7}, como ficaria a lista depois da chamada da função:

L = 2, 1, 4, 3, 6, 5, 7,

Listas Duplamente Encadeadas

Exercício 2) Faça uma função para detecção de problemas de conexão entre listas. Dado duas listas duplamente encadeadas interconectadas da forma ilustrada, detecte o erro, isto é ponto de conexão entre elas



OBS: os valores dos nós podem estar repetidos.
OBS2: retorne um ponteiro para o no da conexão, se não existir, retorne NULL

Use só o que aprendemos até hoje

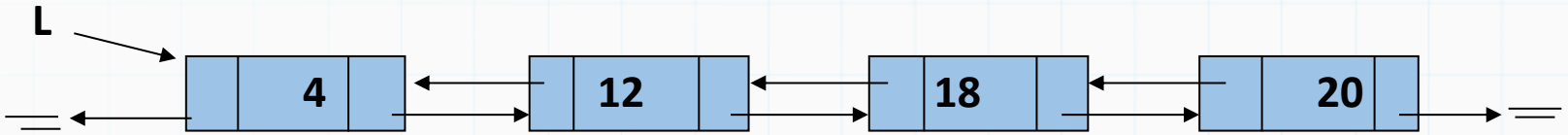
Listas Duplamente Encadeadas

Exercício 2)

```
lista* conexao_D(lista* L1, lista* L2)
{
    if ((L1 == NULL) || (L2 == NULL))
        return NULL;

    lista* no1 = L1;
    while (no1 != NULL)
    {
        lista* no2 = L2;
        while (no2 != NULL)
        {
            if (no1 == no2)
                return no1;

            no2 = no2->prox;
        }

        no1 = no1->prox;
    }

    return NULL;
}
```

Listas Duplamente Encadeadas

Exercício 3) Faça uma função que dado uma lista duplamente encadeada, inverta a lista através de reatribuição de ponteiros.

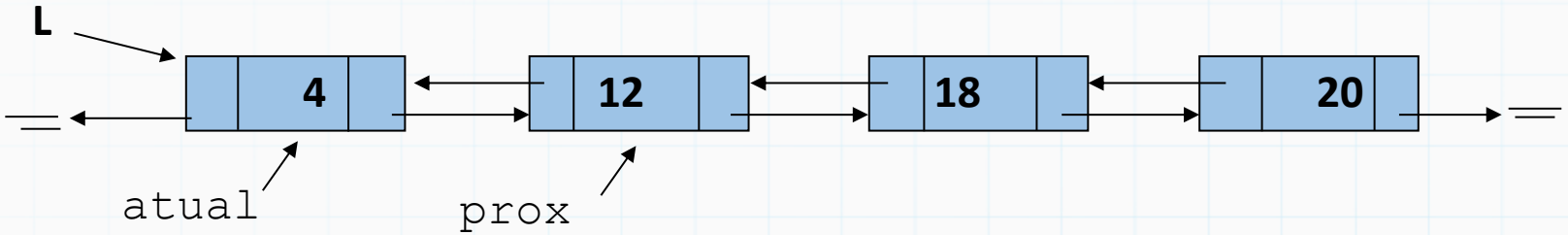


Use só o que aprendemos até hoje

Vamos ver como fazer...

Listas Duplamente Encadeadas

Exercício 3) Faça uma função que dado uma lista duplamente encadeada, inverta a lista através de reatribuição de ponteiros.

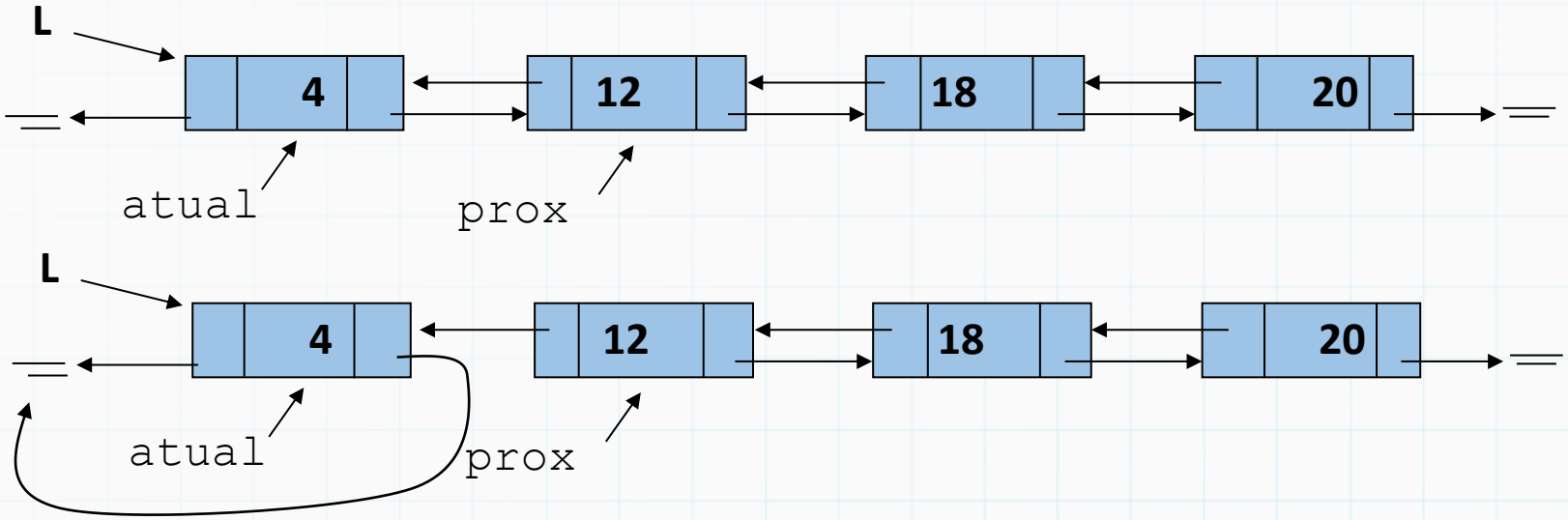


Use só o que aprendemos até hoje

Vamos ver como fazer...

Listas Duplamente Encadeadas

Exercício 3) Faça uma função que dado uma lista duplamente encadeada, inverta a lista através de reatribuição de ponteiros.

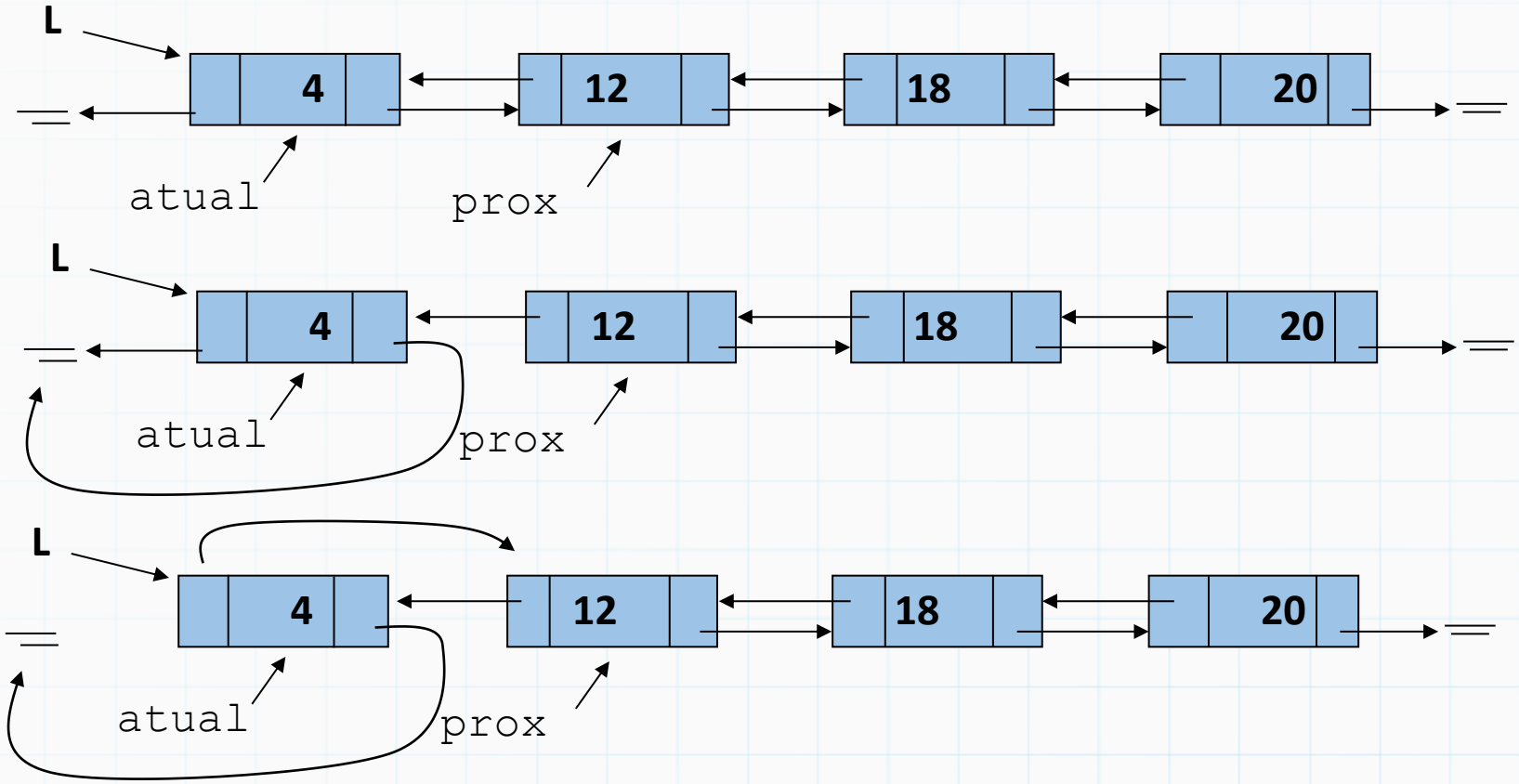


Use só o que aprendemos até hoje

Vamos ver como fazer...

Listas Duplamente Encadeadas

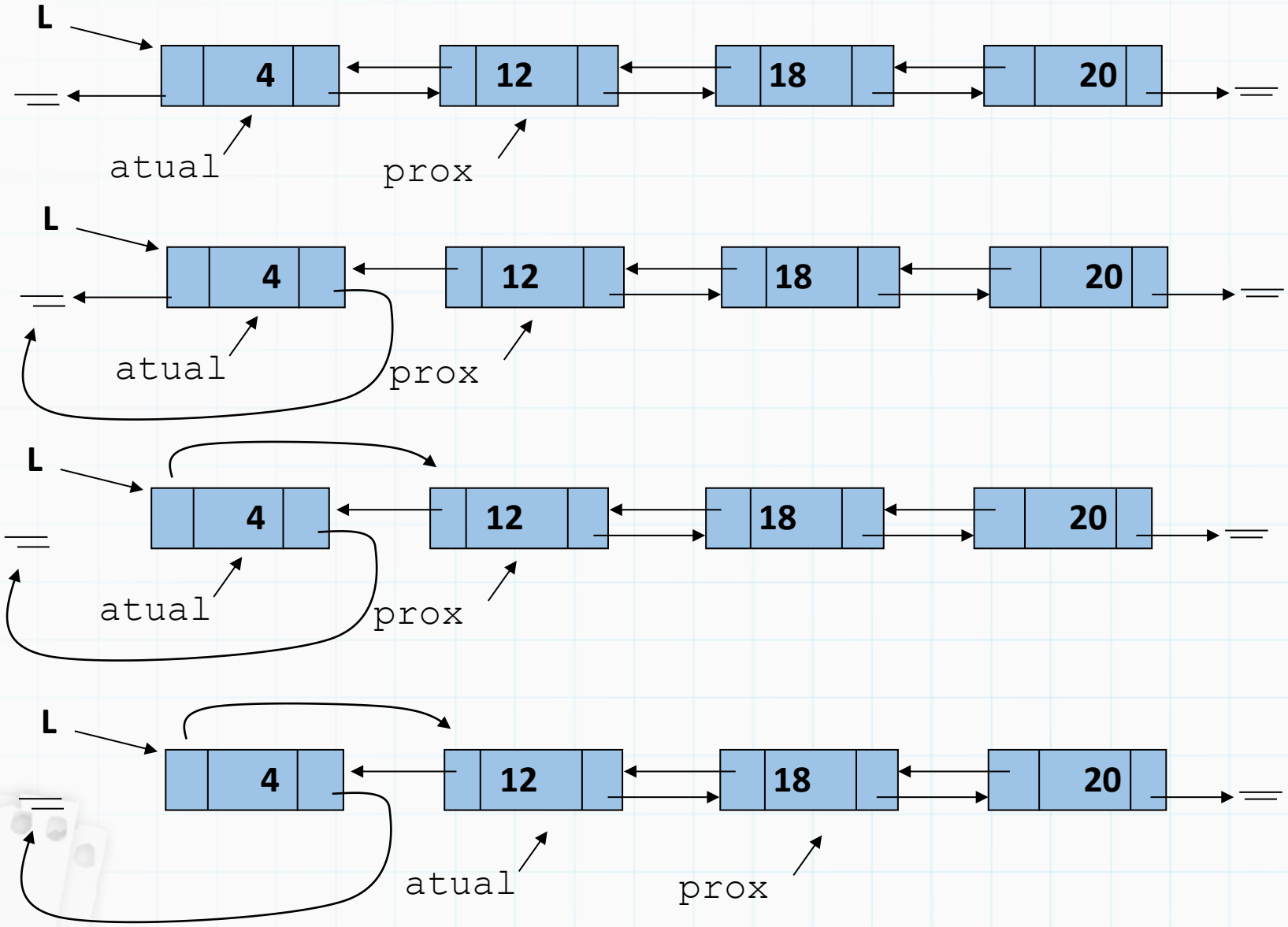
Exercício 3) Faça uma função que dado uma lista duplamente encadeada, inverta a lista através de reatribuição de ponteiros.



Use só o que aprendemos até hoje

Listas Duplamente Encadeadas

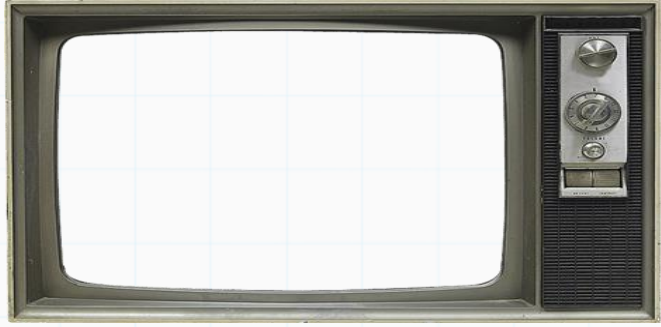
Exercício 3) Faça uma função que dado uma lista duplamente encadeada, inverta a lista através de reatribuição de ponteiros.



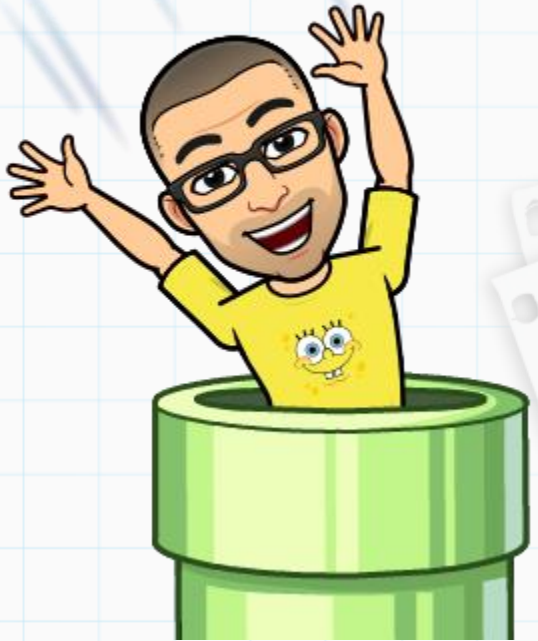
Não esqueça de:

- retornar a cabeça da lista
- tratar casos particulares (ex: lista vazia)

Programação Estruturada



Até a próxima



Slides baseados no curso de Aline Nascimento