

Listas em vetores

AULA 8

PF 3

<http://www.ime.usp.br/~pf/algoritmos/aulas/lista.html>

< > < > < > < > < > < > < >

< > < > < > < > < > < > < > < >

Lista de nomes em ordem alfabética

0	Carlos	n = 8
1	Eduardo	
2	Helio	
3	Joao	
4	Luiz	
5	Maria	
6	Rui	
7	Sergio	
8		
9		
10		

< > < > < > < > < > < > < >

Remove Joao

0	Carlos	n = 8
1	Eduardo	
2	Helio	
3	Joao	
4	Luiz	
5	Maria	
6	Rui	
7	Sergio	
8		
9		
10		

< > < > < > < > < > < > < >

Remove Joao

0	Carlos	n = 7
1	Eduardo	
2	Helio	
3		
4	Luiz	
5	Maria	
6	Rui	
7	Sergio	
8		
9		
10		

< > < > < > < > < > < > < >

Remove Joao

0	Carlos	n = 7
1	Eduardo	
2	Helio	
3	Luiz	
4		
5	Maria	
6	Rui	
7	Sergio	
8		
9		
10		

< > < > < > < > < > < > < >

Remover Joao

0	Carlos
1	Eduardo
2	Helio
3	Luiz
4	Maria
5	
6	Rui
7	Sergio
8	
9	
10	

$n = 7$

Navigation icons

Remover Joao

0	Carlos
1	Eduardo
2	Helio
3	Luiz
4	Maria
5	Rui
6	
7	Sergio
8	
9	
10	

$n = 7$

Navigation icons

Remover Joao

0	Carlos
1	Eduardo
2	Helio
3	Luiz
4	Maria
5	Rui
6	Sergio
7	
8	
9	
10	

$n = 7$

Navigation icons

Busca em um vetor

A função recebe x , $n \geq 0$ e v e devolve um índice k em $0..n-1$ tal que $x == v[k]$.

Se tal k não existe, devolve -1

```
int busca(int x, int n, int v[])
{
    int k;
    k = n-1;
    while (k >= 0 && v[k] != x)
        k -= 1;
    return k;
}
```

Navigation icons

Busca recursiva em vetor

A função recebe x , $n \geq 0$ e v e devolve um índice k em $0..n-1$ tal que $x == v[k]$.

Se tal k não existe, devolve -1

```
int buscaR(int x, int n, int v[])
{
    if (n == 0) return -1;
    if (x == v[n-1]) return n-1;
    return buscaR(x, n-1, v);
}
```

Navigation icons

Conclusões

No pior caso o consumo de tempo da função `busca` é proporcional a n .

O consumo de tempo da função `busca` é $O(n)$.

$O(n)$ = "é da ordem de n "

Navigation icons

Remoção em vetor

Esta função recebe $0 \leq k < n$ e remove o elemento $v[k]$ do vetor $v[0 \dots n-1]$.

A função devolve o novo valor de n .

```
int remove(int k, int n, int v[])
{
    int j;
    for (j = k+1; j < n; j++)
        v[j-1] = v[j];
    return n-1;
}
```

Navigation icons

Conclusões

No pior caso o consumo de tempo da função `remove` é proporcional a n .

O consumo de tempo da função `remove` é $O(n)$.

$O(n)$ = "é da ordem de n "

Navigation icons

Remoção recursiva

A função recebe $0 \leq k < n$ e remove o elemento $v[k]$ do vetor $v[0 \dots n-1]$.

A função devolve o novo valor de n .

```
int removeR(int k, int n, int v[])
{
    if (k == n-1) return n-1;
    v[k] = v[k+1];
    return removeR(k+1, n, v);
}
```

Navigation icons

Inserir Walter

0	Carlos	$n = 7$
1	Eduardo	
2	Helio	
3	Luiz	
4	Maria	
5	Rui	
6	Sergio	
7		
8		
9		
10		

Navigation icons

Inserir Walter

0	Carlos	$n = 8$
1	Eduardo	
2	Helio	
3	Luiz	
4	Maria	
5	Rui	
6	Sergio	
7	Walter	
8		
9		
10		

Navigation icons

Inserir Ana

0	Carlos	$n = 8$
1	Eduardo	
2	Helio	
3	Luiz	
4	Maria	
5	Rui	
6	Sergio	
7	Walter	
8		
9		
10		

Navigation icons

Inserir Ana

0	Carlos
1	Eduardo
2	Helio
3	Luiz
4	Maria
5	Rui
6	Sergio
7	Walter
8	
9	
10	

n = 9

< > < > < > < > < > < > < >

Inserir Ana

0	Carlos
1	Eduardo
2	Helio
3	Luiz
4	Maria
5	Rui
6	Sergio
7	
8	Walter
9	
10	

n = 9

< > < > < > < > < > < > < >

Inserir Ana

0	Carlos
1	Eduardo
2	Helio
3	Luiz
4	Maria
5	Rui
6	
7	Sergio
8	Walter
9	
10	

n = 9

< > < > < > < > < > < > < >

Inserir Ana

0	Carlos
1	Eduardo
2	Helio
3	Luiz
4	Maria
5	
6	Rui
7	Sergio
8	Walter
9	
10	

n = 9

< > < > < > < > < > < > < >

Inserir Ana

0	Carlos
1	Eduardo
2	Helio
3	Luiz
4	
5	Maria
6	Rui
7	Sergio
8	Walter
9	
10	

n = 9

< > < > < > < > < > < > < >

Inserir Ana

0	Carlos
1	Eduardo
2	Helio
3	
4	Luiz
5	Maria
6	Rui
7	Sergio
8	Walter
9	
10	

n = 9

< > < > < > < > < > < > < >

Inserir Ana

0	Carlos	n = 9
1	Eduardo	
2		
3	Helio	
4	Luiz	
5	Maria	
6	Rui	
7	Sergio	
8	Walter	
9		
10		

Navigation icons

Inserir Ana

0	Carlos	n = 9
1		
2	Eduardo	
3	Helio	
4	Luiz	
5	Maria	
6	Rui	
7	Sergio	
8	Walter	
9		
10		

Navigation icons

Inserir Ana

0		n = 9
1	Carlos	
2	Eduardo	
3	Helio	
4	Luiz	
5	Maria	
6	Rui	
7	Sergio	
8	Walter	
9		
10		

Navigation icons

Inserir Ana

0	Ana	n = 9
1	Carlos	
2	Eduardo	
3	Helio	
4	Luiz	
5	Maria	
6	Rui	
7	Sergio	
8	Walter	
9		
10		

Navigation icons

Inserção em um vetor

Esta função `insere` `x` entre `v[k-1]` e `v[k]` no vetor `v[0..n-1]`. Ela supõe apenas que $0 \leq k \leq n$. A função devolve o novo valor de `n`.

```
int insere(int k, int x, int n, int v[])
{
    int j;
    for (j = n; j > k; j--)
        v[j] = v[j-1];
    v[k] = x;
    return n+1;
}
```

Navigation icons

Inserção recursiva

Recebe $0 \leq k \leq n$ e `insere` `x` entre `v[k-1]` e `v[k]` no vetor `v[0..n-1]`. A função devolve o novo valor de `n`.

```
int insereR(int k, int x, int n, int v[])
{
    if (k == n) v[n] = x;
    v[n] = v[n-1];
    insereR(k, x, n-1, v);
    return n+1;
}
```

Navigation icons

Conclusões

No **pior caso** o consumo de tempo da função **insere** é proporcional a **n**.

O **consumo de tempo** da função **insere** é $O(n)$.

$O(n)$ = "é da ordem de **n**"

Mais conclusões

Manter uma **lista** em um vetor sujeita a **remoções** e **inserções** pode dar muito trabalho com **movimentações**.

Veremos uma maneira alternativa que pode dar **menos trabalho** com **movimentações**, se estivermos disposto a gastar um pouco **mais de espaço**.

Listas encadeadas em vetores

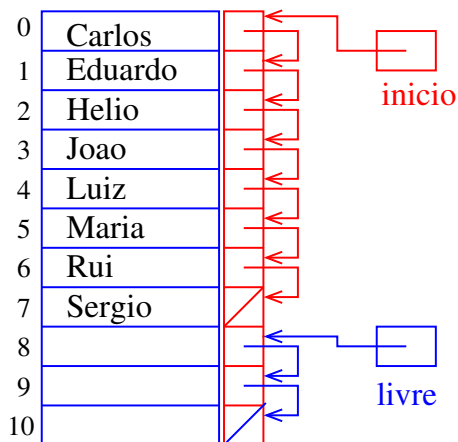
Lista encadeada

0	Carlos	1
1	Eduardo	2
2	Helio	3
3	Joao	4
4	Luiz	5
5	Maria	6
6	Rui	7
7	Sergio	-1
8		9
9		10
10		-1

0
início

8
livre

Lista encadeada



Estrutura de uma lista encadeada em vetor

Uma **lista encadeada** (= *linked list* = *lista ligada*) é uma sequência de **células**; cada **célula** contém um **objeto** de algum tipo e o **endereço** da célula seguinte.

```
struct celula {
    int conteudo;
    int prox;
};
typedef struct celula Celula;
Celula v[MAX];
int inicio;
int livre;
```

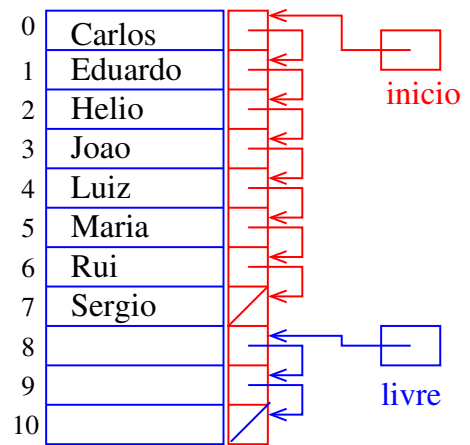
Imprime conteúdo de uma lista

Esta função recebe o índice `inicio` de uma lista encadeada em um vetor e imprime os elementos da lista.

```
# define NULO -1
void imprime(int inicio, Celula v[])
{
    int p;
    for (p = inicio; p != NULO; p = v[p].prox)
        printf("%d ", v[p].conteudo);
    printf("\n");
}
```

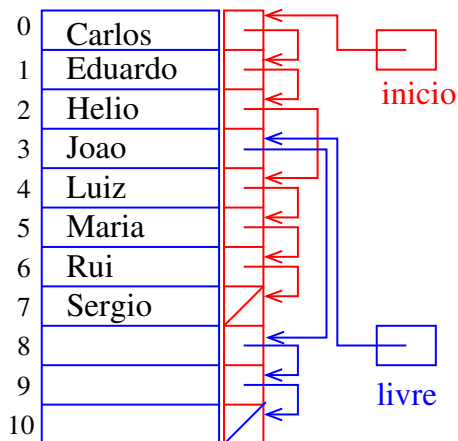
Navigation icons: back, forward, search, etc.

Remove Joao



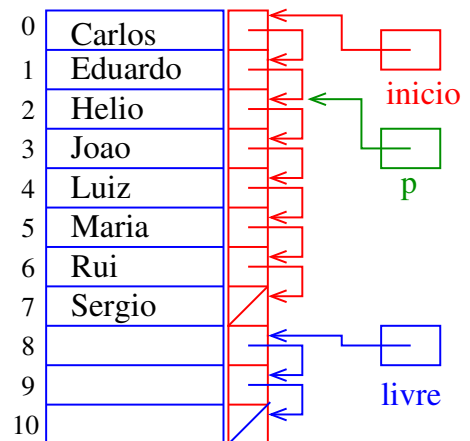
Navigation icons: back, forward, search, etc.

Remove Joao



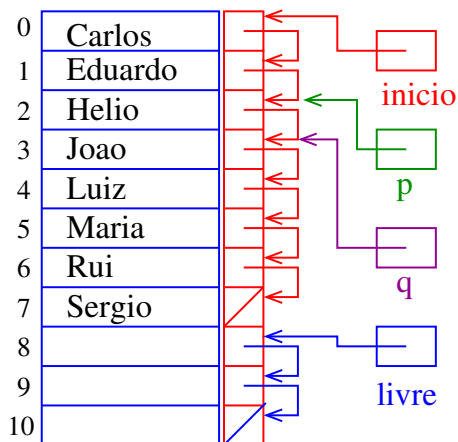
Navigation icons: back, forward, search, etc.

Remove Joao



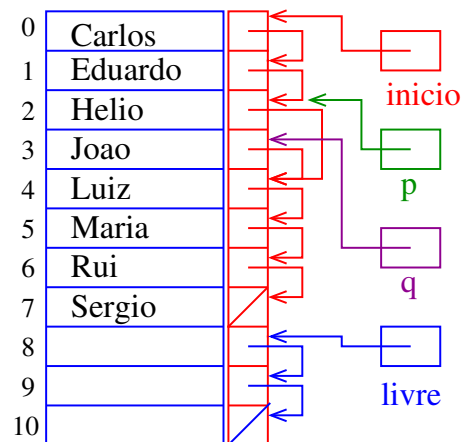
Navigation icons: back, forward, search, etc.

Remove Joao



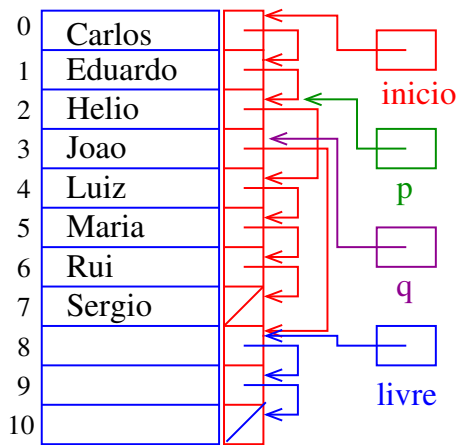
Navigation icons: back, forward, search, etc.

Remove Joao

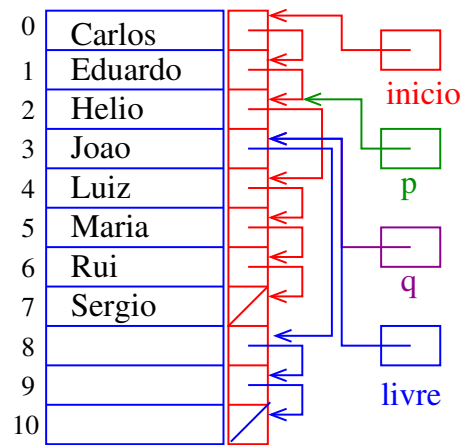


Navigation icons: back, forward, search, etc.

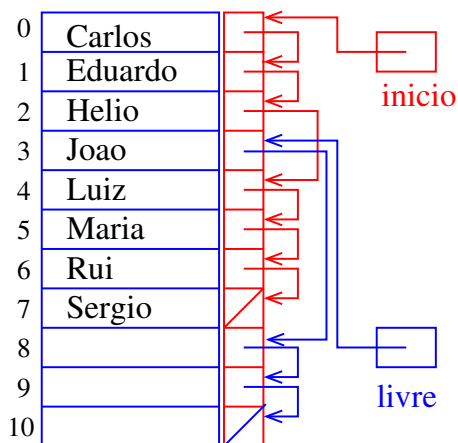
Remover Joao



Remover Joao



Remover Joao



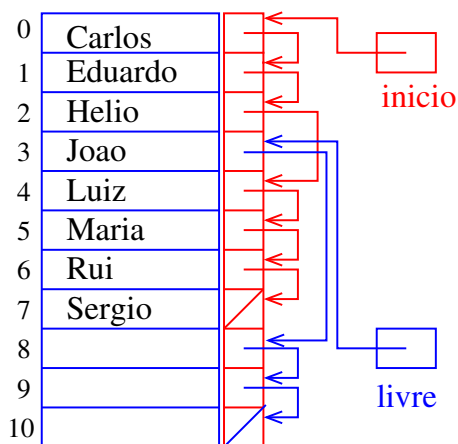
Remoção

Dado um índice p de uma célula o trecho de código que remove a célula de índice $v[p].prox$ é “essencialmente” o seguinte

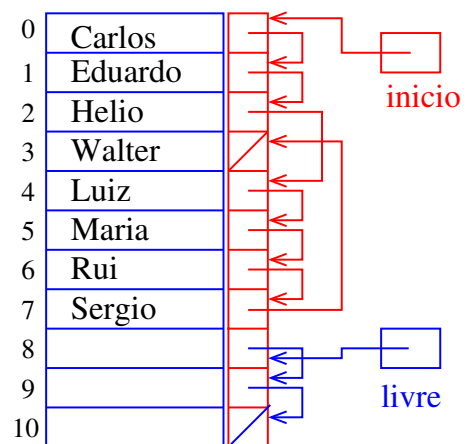
```
q = v[p].prox;  
v[p].prox = v[q].prox;  
v[q].prox = livre;  
livre = q;
```

Dizemos que o **consumo de tempo** do trecho de código acima é **constante**, pois **não depende** do tamanho da lista.

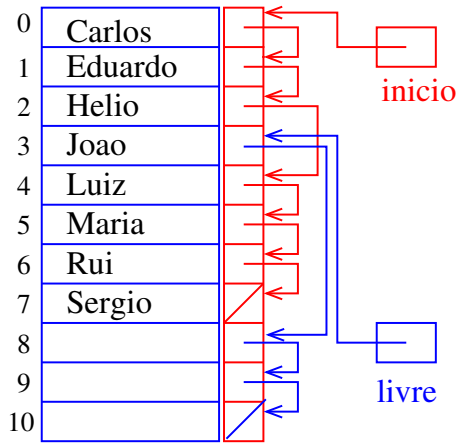
Inserir Walter



Inserir Walter

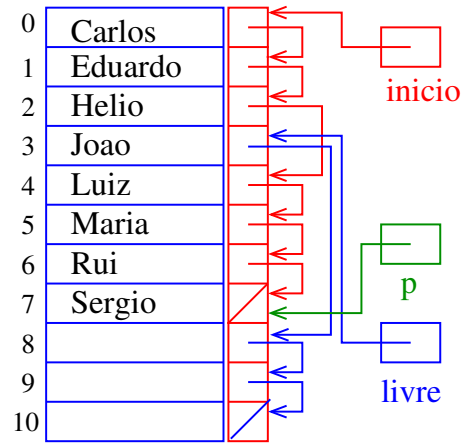


Inserir Walter



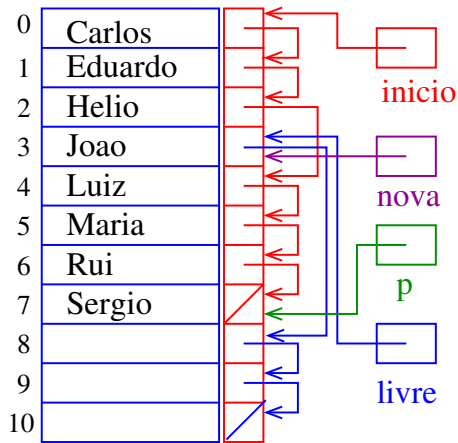
< > < > < > < > < > < >

Inserir Walter



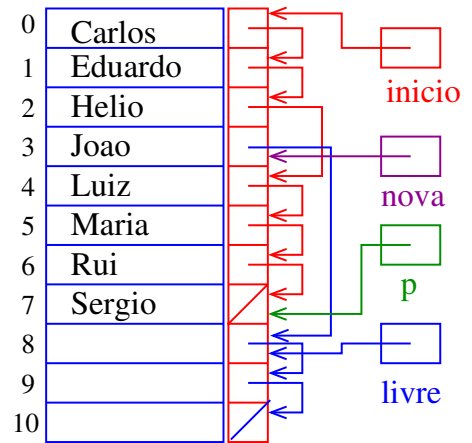
< > < > < > < > < > < >

Inserir Walter



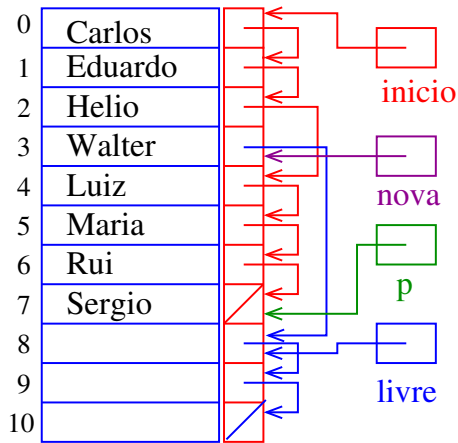
< > < > < > < > < > < >

Inserir Walter



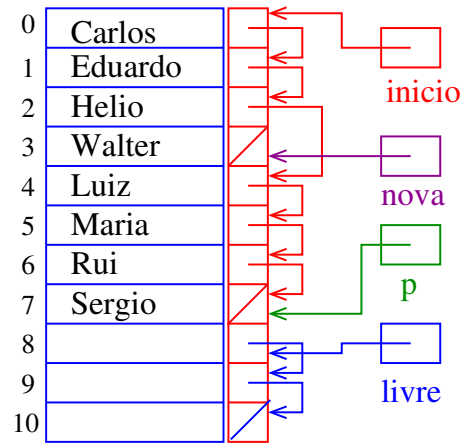
< > < > < > < > < > < >

Inserir Walter



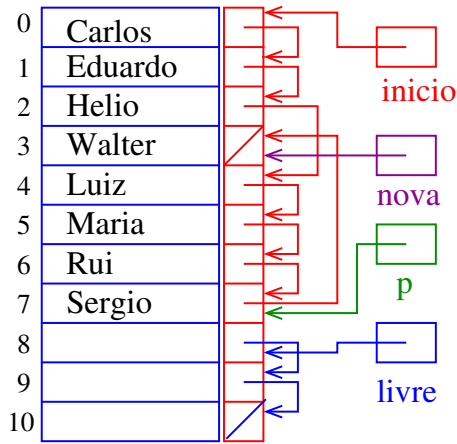
< > < > < > < > < > < >

Inserir Walter

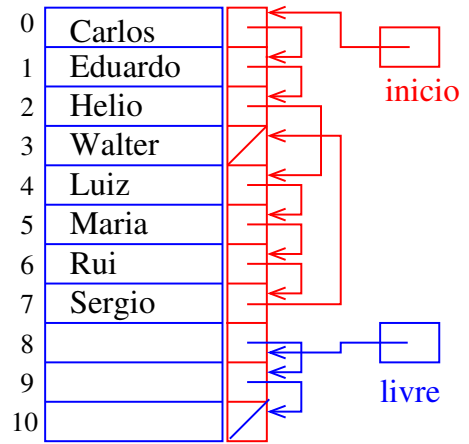


< > < > < > < > < > < >

Inserir Walter



Inserir Walter



Inserção

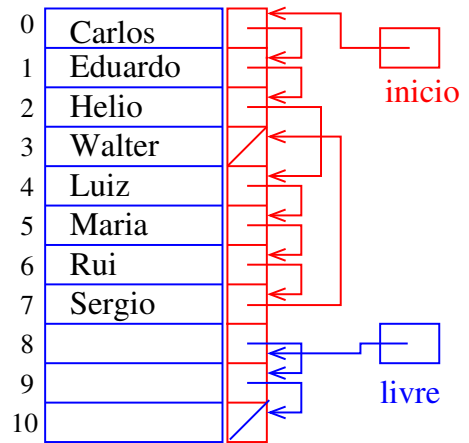
O trecho de código para inserir uma nova célula com o elemento x entre as células de índice p e $v[p].prox$ é "essencialmente" o seguinte

```

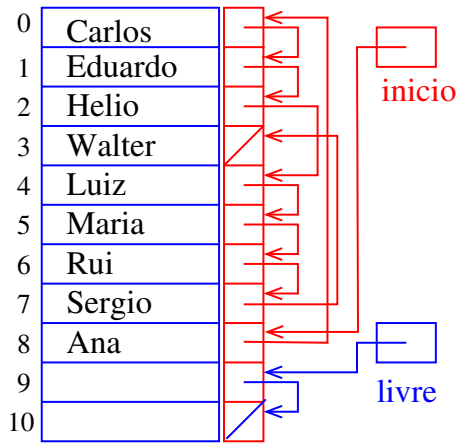
nova = livre;
livre = v[livre].prox;
v[nova].conteudo = x;
v[nova].prox = v[p].prox;
v[p].prox = nova;
    
```

Dizemos que o consumo de tempo do trecho de código acima é constante, pois não depende do tamanho da lista.

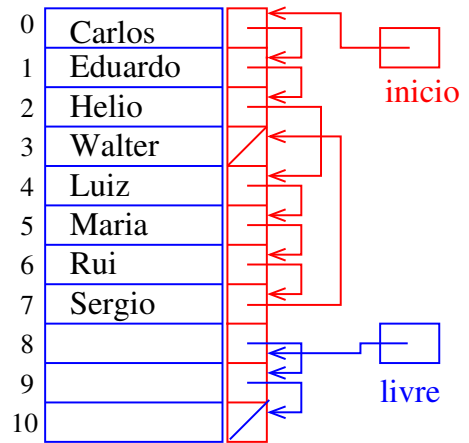
Inserir Ana



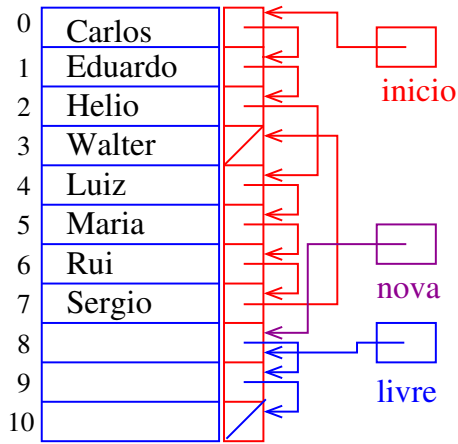
Inserir Ana



Inserir Ana

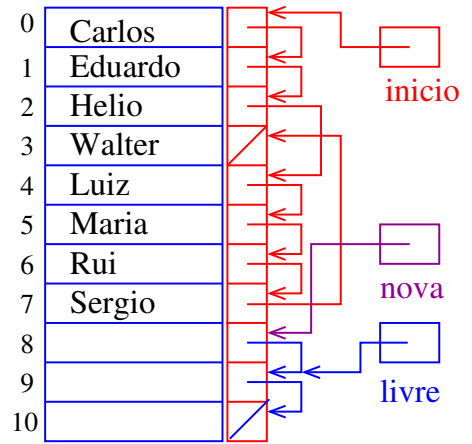


Inserir Ana



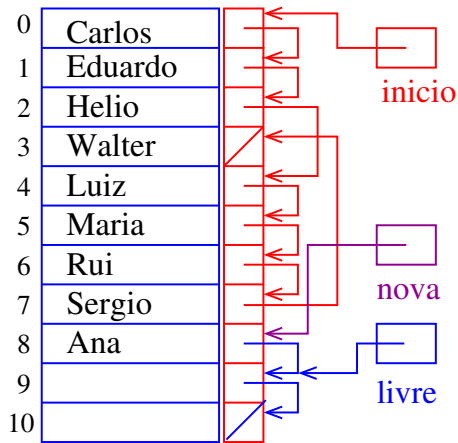
Navigation icons: back, forward, search, etc.

Inserir Ana



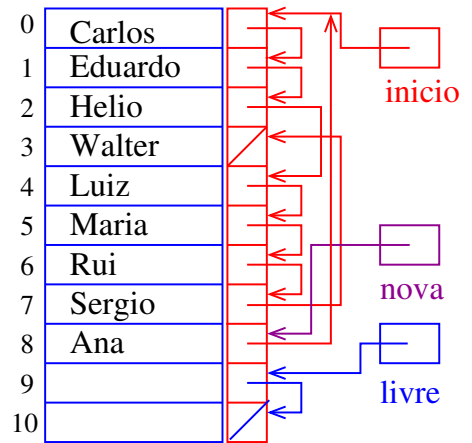
Navigation icons: back, forward, search, etc.

Inserir Ana



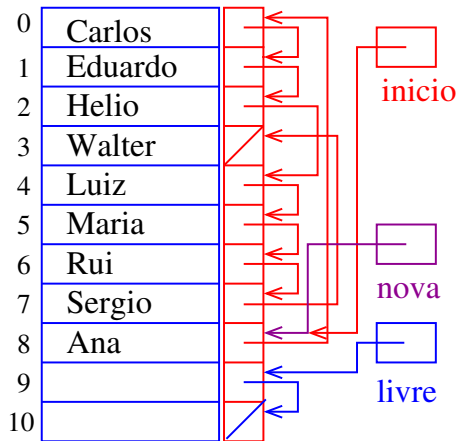
Navigation icons: back, forward, search, etc.

Inserir Ana



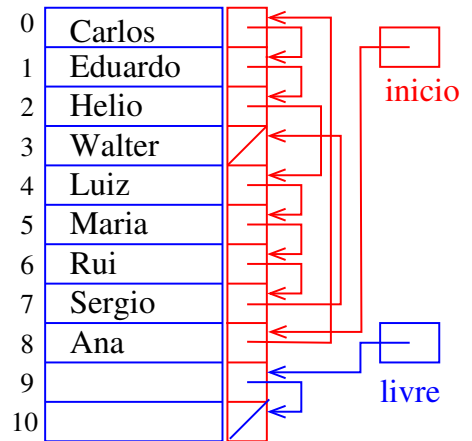
Navigation icons: back, forward, search, etc.

Inserir Ana



Navigation icons: back, forward, search, etc.

Inserir Ana



Navigation icons: back, forward, search, etc.

Inserção no início

O trecho de código para inserir uma nova célula com o elemento `x` no **início** da lista;

```
nova = livre;
livre = v[livre].prox;
v[nova].conteudo = x;
v[nova].prox = inicio;
inicio = nova;
```

Dizemos que o **consumo de tempo** do trecho de código acima é **constante**, pois **não depende** do tamanho da lista.

Listas encadeadas em C

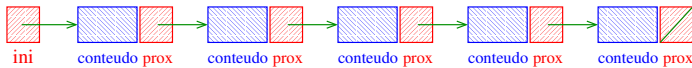
PF 4, S 3.3

<http://www.ime.usp.br/~pf/algoritmos/aulas/lista.html>

Listas encadeadas

Uma **lista encadeada** (= *linked list* = lista ligada) é uma sequência de **células**; cada **célula** contém um **objeto** de algum tipo e o **endereço** da célula seguinte.

Ilustração de uma **lista encadeada** ("sem cabeça")



Estrutura para listas encadeadas em C

```
struct celula {
    int conteudo;
    struct celula *prox;
};
typedef struct celula Celula;

Celula *ini;
/* inicialmente a lista esta vazia */
ini = NULL;
```



Endereços listas encadeadas

O **endereço** de uma lista encadeada é o endereço de sua **primeira célula**.

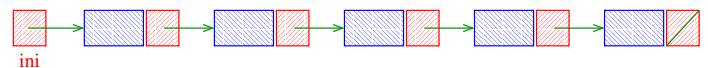
Se `p` é o endereço de uma lista às vezes dizemos que "`p` é uma lista".

Se `p` é uma lista então

- ▶ `p == NULL` ou
- ▶ `p->prox` é uma lista.

Imprime conteúdo de uma lista

Esta função **imprime** o **conteúdo** de cada célula de uma lista encadeada `ini`.



```
void imprima (Celula *ini)
{
    Celula *p;
    for (p = ini; p != NULL; p=p->prox)
        printf("%d\n", p->conteudo);
}
```

