Listas Lineares

Introdução

- Quando estudamos pilhas, praticamos *information hiding* — ocultamento da informação — ao separar o uso de pilhas da sua forma real de programação (implementação) de suas operações
- Ao estudar Listas, continuamos com este método e pudemos perceber que algumas variações na implementação são possíveis
- Com listas genéricas, nós temos muito mais flexibilidade e liberdade no acesso e alteração das entradas (itens ou nós) em qualquer parte da lista
- Os princípios de *information hiding* são ainda mais importantes para listas genéricas do que para listas restritas (pilhas e filas)

Organização

- Definição do ADT Lista
- Especificação
  - Operações sobre o ADT Lista, utilizando pré- e pós-condições
- Implementação
  - Estática (contígua)
  - Dinâmica (encadeada)

Definição

- Um dos objetos de dados mais simples e utilizado é a **lista linear**
- Um exemplo de lista são os dias da semana: [segunda, terça, quarta, quinta, sexta, sábado, domingo]
- Outro exemplo são os valores de um baralho de cartas: [2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, Valete, Dama, Reis, Ás]
- Ou andares de um edifício: [subsolo, térreo, sobreloja, primeiro, segundo, ...]

Definição

- Uma **lista linear** é uma seqüência de **n** elementos **[a_1, a_2, ..., a_i, ..., a_n]**
  - O primeiro elemento da lista é **a_1**
  - O segundo elemento da lista é **a_2**
  - ...
  - O **i**-ésimo elemento da lista é **a_i**
  - ...
  - O último elemento da lista é **a_n**
- Em uma lista elementos podem ser **inseridos**, **removidos** ou **substituídos** em qualquer posição

Definição

- Ao inserir um elemento **x** na posição **p** ($1 \leq p \leq n+1$), os elementos a_i são **deslocados** para a posições a_{i+1}, ($p \leq i \leq n$)
  - Ou seja, os elementos $a_p, a_{p+1}, \ldots, a_n$ são deslocados para as posições $a_{p+1}, \ldots, a_n, a_{n+1}$ e o elemento **x** é inserido na posição a_p
- Ao remover um elemento **x** da posição **p** ($1 \leq p \leq n$), os elementos a_i são **deslocados** para a posições a_{i-1}, ($p \leq i \leq n$)
  - Ou seja, o elemento **x** é removido da posição a_p e os elementos $a_{p+1}, \ldots, a_n$ são deslocados para as posições $a_p, \ldots, a_{n-1}$

Exemplo

- Seja a lista L = [1, 7, 2] contendo **n**=3 elementos
  - a_1=1; a_2=7, a_3=2
- Se inserimos o elemento **9** na 2ª posição da lista, teremos L = [1, 9, 7, 2] com **n**=4 elementos
  - a_1=1; a_2=9, a_3=7, a_4=2
  - Observe que os elementos **7** e **2** foram deslocados em uma posição na lista
- Se após isso inserimos o elemento **3** na 5ª posição da lista, teremos L = [1, 9, 7, 2, 3] com **n**=5 elementos
  - a_1=1; a_2=9, a_3=7, a_4=2, a_5=3
  - Neste caso, o elemento **3** foi inserido no final da lista

Exemplo

- Ainda considerando L = [1, 9, 7, 2, 3] com **n**=5 elementos
  - a_1=1; a_2=9, a_3=7, a_4=2, a_5=3
- Se removermos o primeiro elemento, teremos L=[9, 7, 2, 3] com **n**=4 elementos
  - a_1=9; a_2=7, a_3=2, a_4=3
  - Observe que os elementos **9**, **7**, **2** e **3** foram deslocados em uma posição na lista
- Se após isso removermos o segundo elemento, teremos L = [9, 2, 3] com **n**=3 elementos
  - a_1=9; a_2=2, a_3=3
  - Observe que os elementos **2** e **3** foram deslocados em uma posição na lista

Especificação

- Operações:
  - Criação
  - Destruição
  - Status
  - Operações Básicas
  - Outras Operações

Criação

List::List();

- *pré-condição:* nenhuma
- *pós-condição:* Lista é criada e iniciada como vazia

Destruição

List::~List();

- *pré-condição:* Lista já tenha sido criada
- *pós-condição:* Lista é destruída, liberando espaço ocupado pelo seus elementos

Status

bool List::Empty();

- *pré-condição:* Lista já tenha sido criada
- *pós-condição:* função retorna **true** se a Lista está vazia; **false** caso contrário

Status

bool List::Full();

- *pré-condição:* Lista já tenha sido criada
- *pós-condição:* função retorna **true** se a Lista está cheia; **false** caso contrário

Operações Básicas

void List::Insert(int p, ListEntry x);

- *pré-condição:* Lista já tenha sido criada, não está cheia e $1 \leq \mathbf{p} \leq \mathbf{n}+1$, onde **n** é o número de entradas na Lista
- *pós-condição:* O item **x** é armazenado na posição **p** na Lista e todas as entradas seguintes (desde que $\mathbf{p} \leq \mathbf{n}$) têm suas posições incrementada em uma unidade

Operações Básicas

void List::Insert(int p, ListEntry x);

- *pré-condição:* Lista já tenha sido criada, não está cheia e 1 ≤ **p** ≤ **n**+1, onde **n** é o número de entradas na Lista
- *pós-condição:* O item **x** é armazenado na posição **p** na Lista e t
  seguintes (desde que
  posições incrementad

O tipo **ListEntry** depende da aplicação e pode variar desde um simples caracter ou número até uma **struct** ou **class** com muitos campos

Operações Básicas

void List::Delete(int p, ListEntry &x);

- *pré-condição:* Lista já tenha sido criada, não está vazia e $1 \leq$ **p** $\leq$ **n**, onde **n** é o número de entradas na Lista
- *pós-condição:* A entrada da posição **p** é removida da Lista e retornada na variável **x**; as entradas de todas as posições seguintes (desde que **p**<**n**) têm suas posições decrementadas em uma unidade

Operações Básicas

void List::Retrieve(int p, ListEntry &x);

- *pré-condição:* Lista já tenha sido criada, não está vazia e $1 \leq \mathbf{p} \leq \mathbf{n}$, onde **n** é o número de entradas na Lista
- *pós-condição:* A entrada da posição **p** da Lista é retornada na variável **x**; a Lista permanece inalterada

Operações Básicas

void List::Replace(int p, ListEntry x);

- *pré-condição:* Lista já tenha sido criada, não está vazia e $1 \leq \mathbf{p} \leq \mathbf{n}$, onde **n** é o número de entradas na Lista
- *pós-condição:* A entrada da posição **p** da Lista é substituída por **x**; as demais entradas da Lista mantêm-se inalteradas

Outras Operações

void List::Clear();

- *pré-condição:* Lista já tenha sido criada
- *pós-condição:* todos os itens da Lista são descartados e ela torna-se uma Lista vazia

Outras Operações

int List::Size();

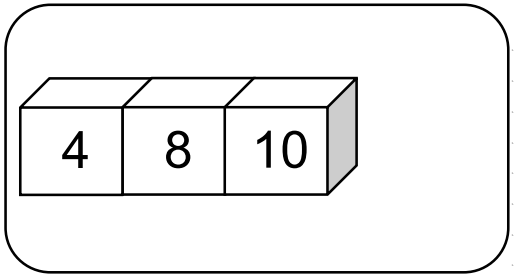
- *pré-condição:* Lista já tenha sido criada
- *pós-condição:* função retorna o número de itens na Lista

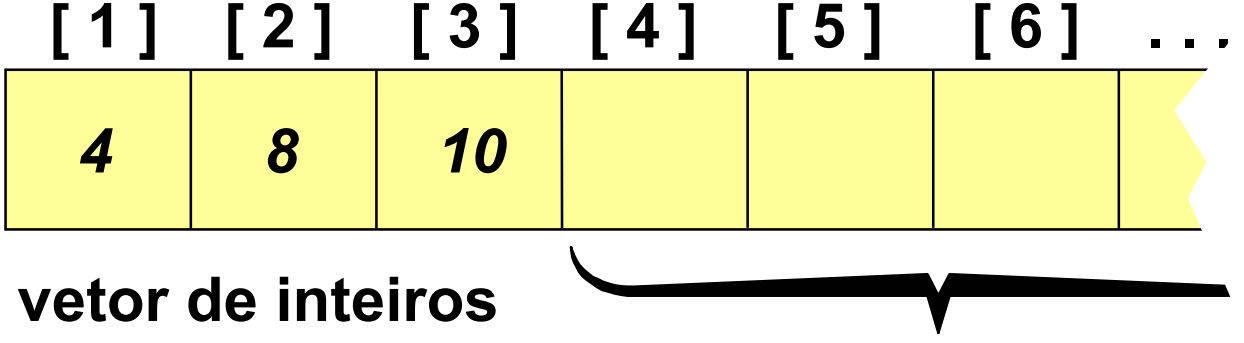
Implementação Contígua

- A implementação mais simples de uma lista linear consiste em utilizar um vetor no qual associamos o elemento da lista a_i com o índice do vetor **i**
- Essa representação permite recuperar ou modificar os valores dos elementos de uma lista em tempo constante
- Apenas as operações de inserção e remoção exigem um esforço maior, deslocando alguns elementos restantes para que o mapeamento seqüencial seja preservado em sua forma correta

Implementação Contígua

- As entradas em uma Lista serão inicialmente armazenadas no **início de um vetor**, como mostra este exemplo



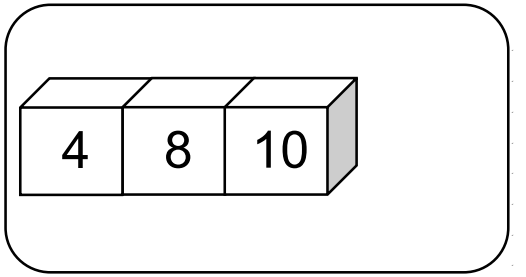


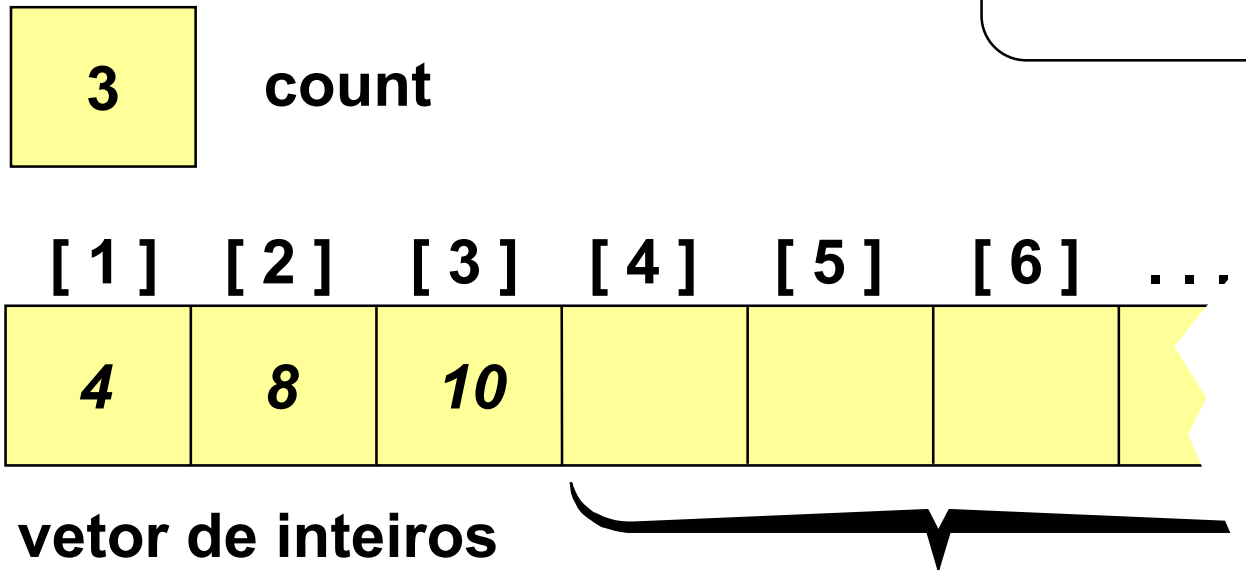
Um vetor de inteiros

Nós não nos interessamos para o que está armazenado nesta parte do vetor

Implementação Contígua

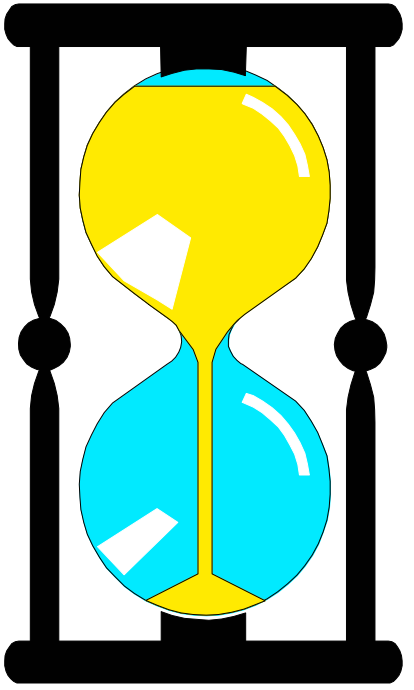
- Um contador indica a quantidade de elementos na lista





Questão

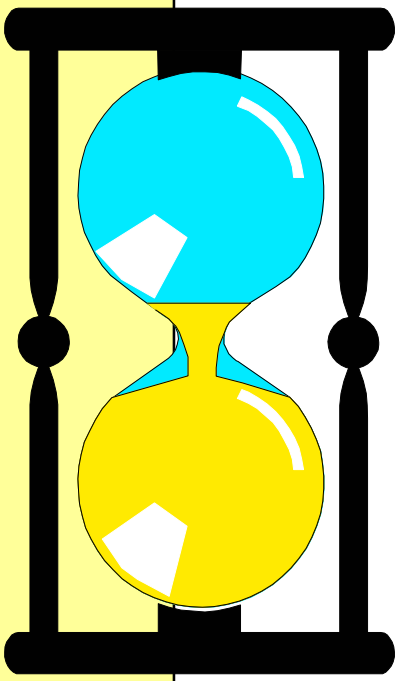
- Utilize estas idéias para escrever uma declaração de tipo que poderia implementar o tipo de dado lista. A declaração deve ser um objeto com dois campos de dados. Faça uma lista capaz de armazenar 100 inteiros



Você tem 3 minutos para escrever a declaração

Uma Solução

```
const int MaxList = 100;
class List
{ public:
     List();                    // construtor
     void Insert(int p, int x);
     void Delete(int p, int &x);
     ...
  private:
    int count;                  // nº. de elementos lista
    int Entry[MaxList+1];  // vetor com elementos
};
```



Uma Solução

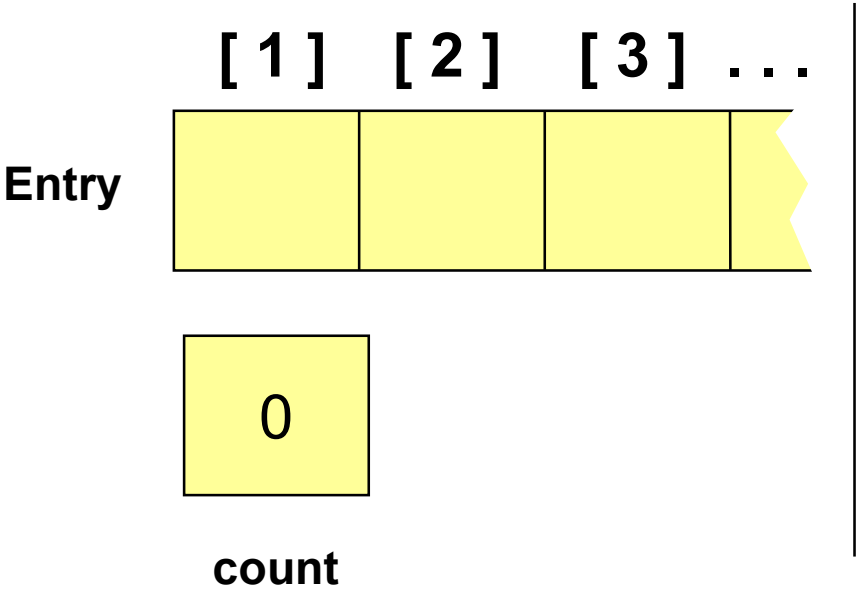
```
const int MaxList = 100;
class List
{ public:
     List();                    // construtor
     void Insert(int p, int x);
     void Delete(int p, int &x);
     ...
  private:
    int count;                  // nº. de elementos lista
    int Entry[MaxList+1];  // vetor com elementos
};
```

Observe que o tipo **ListEntry** nesse caso é um inteiro

Construtor

List::List()

Numa lista vazia não temos nenhum elemento...

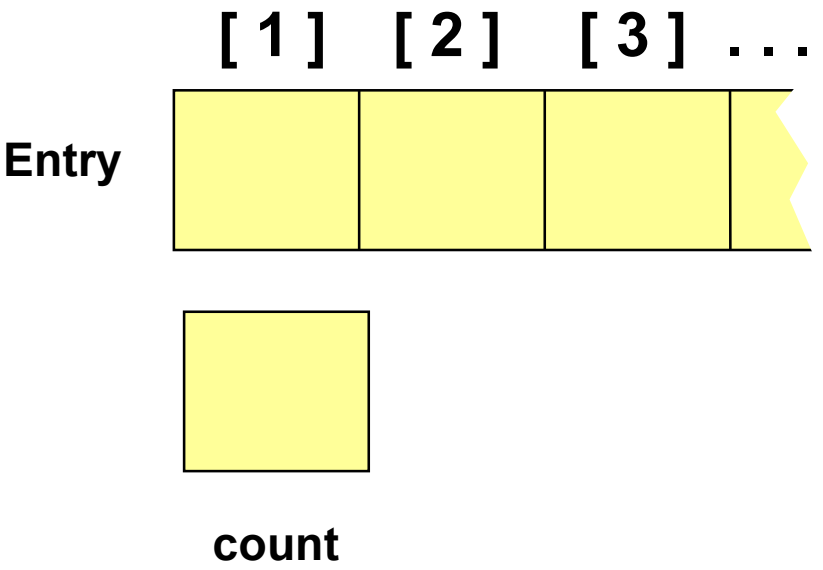



```
List::List()
{
   count = 0;
}
```

Destruidor

List::~List()

Usando alocação estática para implementar a lista, o destruidor não será necessário. Em todo caso, colocaremos apenas uma mensagem que o objeto foi destruído

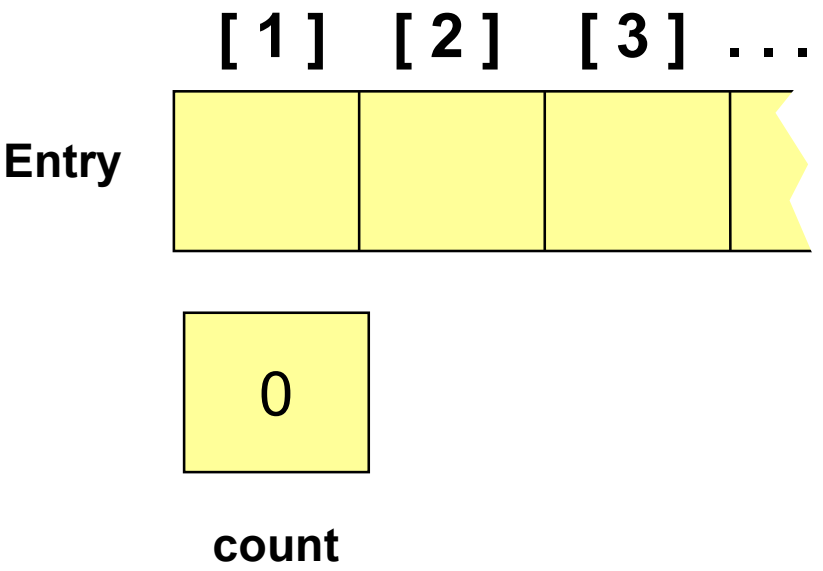



```
List::~List()
{
    cout << “Lista destruída”;
}
```

Status: Empty

bool List::Empty()

Lembre-se que a lista possui um contador de elementos...

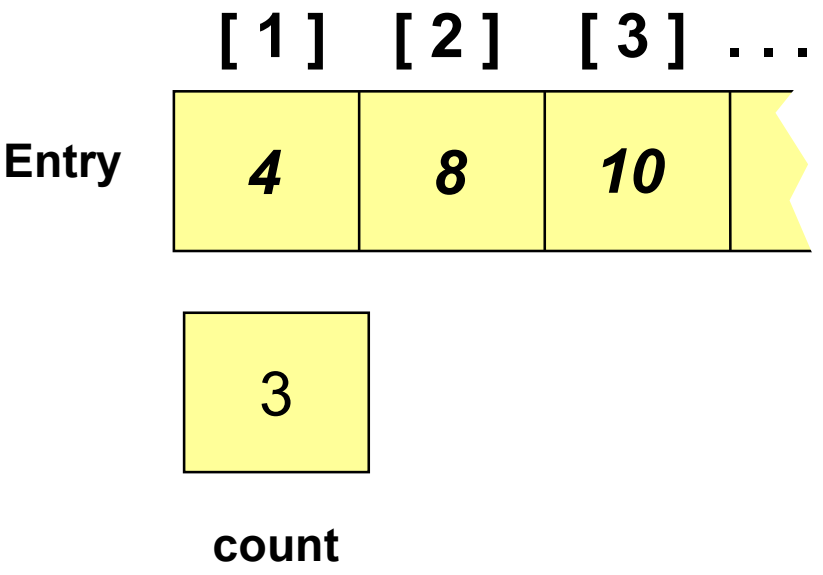



```
bool List::Empty()
{
    return (count == 0);
}
```

Status: Full

bool List::Full()

... e que **MaxList** é o número máximo de elementos da lista.

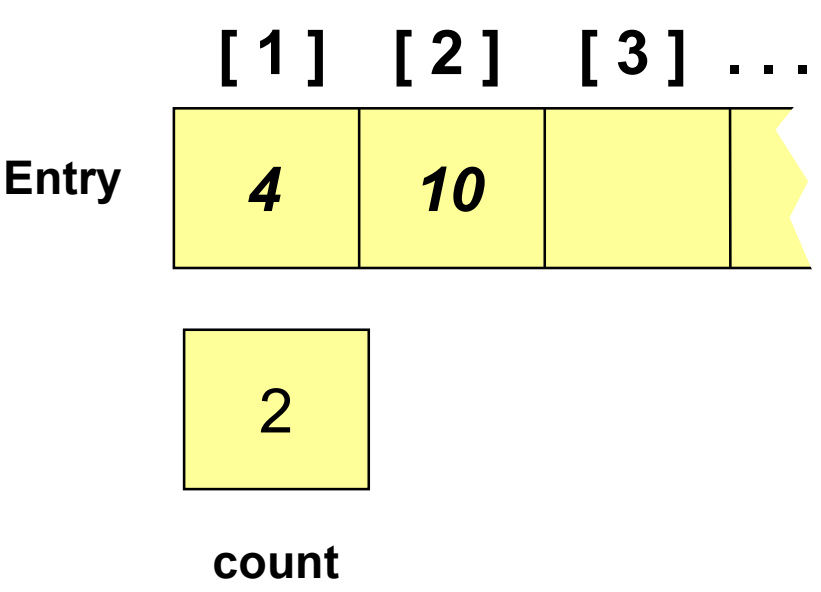



```
bool List::Full()
{
    return (count == MaxList);
}
```

Operações Básicas: Insert

```
void List::Insert(int p, int x)
```

Nós fazemos uma chamada a
Insert(2,8)

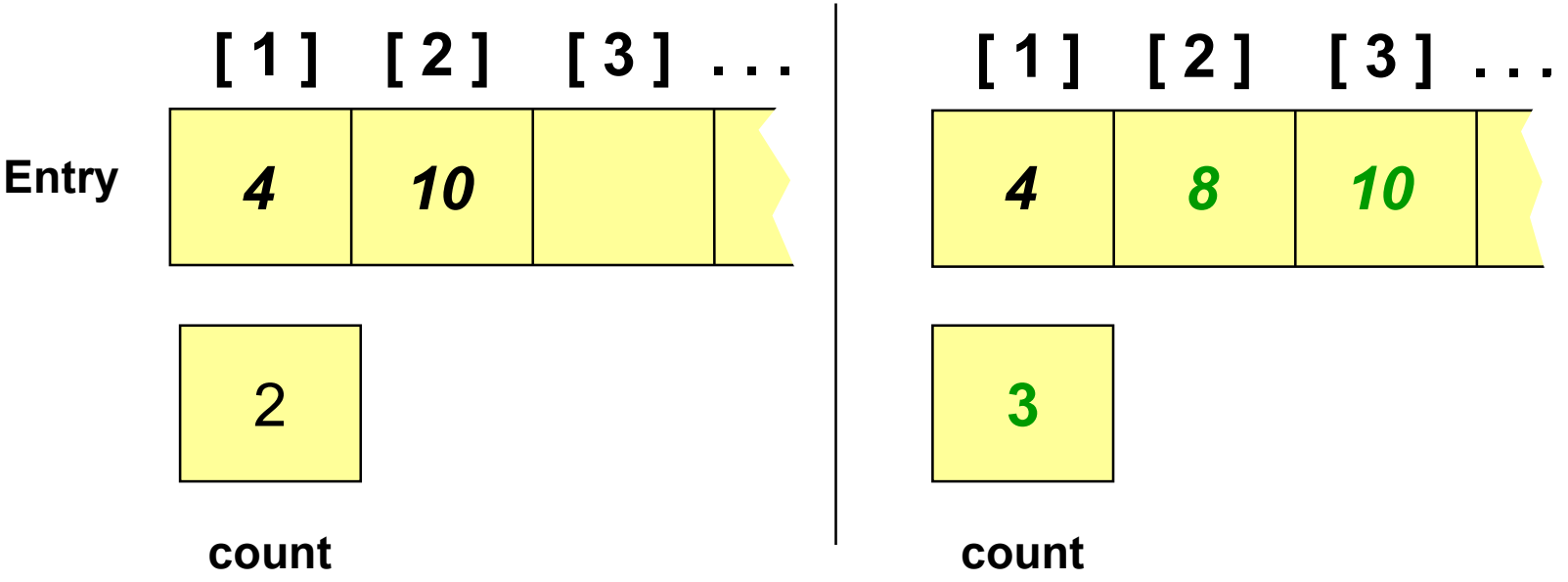


Quais valores serão armazenados em **Entry** e **count** depois que a chamada de procedimento termina?

Operações Básicas: Insert

```
void List::Insert(int p, int x)
```

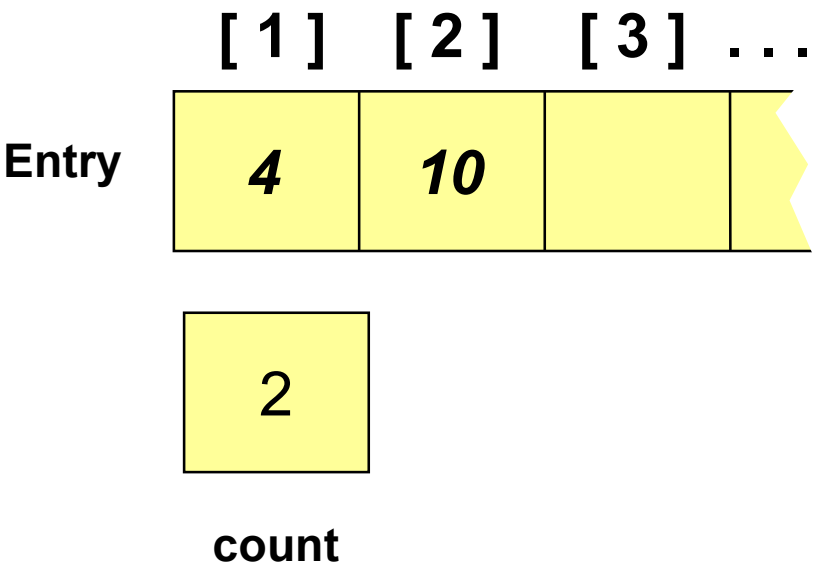
Depois da chamada a Insert(2,8), nós teremos esta lista:



Operações Básicas: Insert

void List::Insert(int p, int x)

Antes de inserir, é conveniente verificar se há espaço na lista...

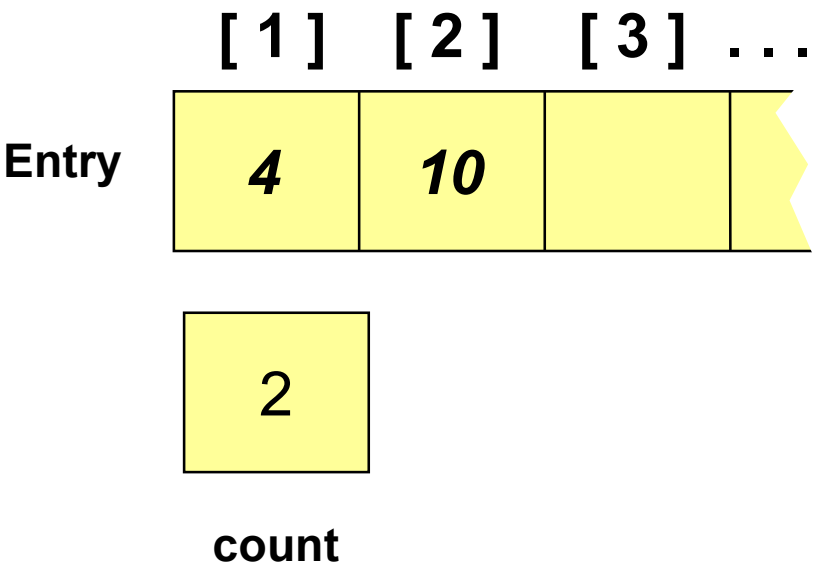



```
void List::Insert(int p,int x)
{ int i;
  if (Full())
   {  cout << “Lista Cheia”;
      abort();
   }
   ...
}
```

Operações Básicas: Insert

void List::Insert(int p, int x)

...e se a posição de inserção fornecida é valida

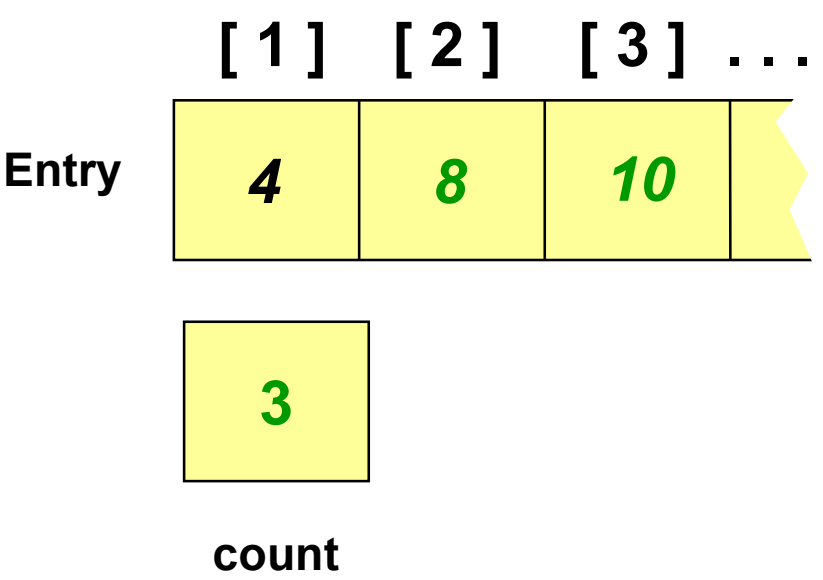



```
void List::Insert(int p,int x)
{ int i;
  if (Full())
   {  cout << “Lista Cheia”;
      abort();
   }
  if (p < 1 || p > count+1)
  {  cout << “Posição inválida”;
     abort();
  }
  ...
}
```

Operações Básicas: Insert

void List::Insert(int p, int x)

Agora basta deslocar os elementos e inserir **x** na posição **p**

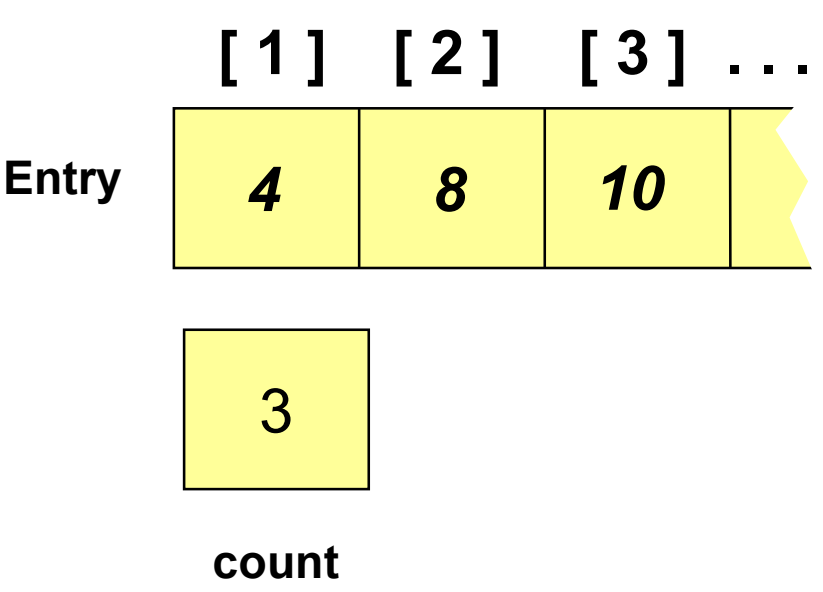



```
void List::Insert(int p,int x)
{ int i;
  if (Full())
   {  cout << “Lista Cheia”;
      abort();
   }
  if (p < 1 || p > count+1)
  {  cout << “Posição inválida”;
     abort();
  }
  for(i=count; i>=p; i - -)
     Entry[i+1] = Entry[i];
  Entry[p] = x;
  count++;
}
```

Operações Básicas: Delete

```
void List::Delete(int p, int &x)
```

Nós fazemos uma chamada a
Delete(1,x)

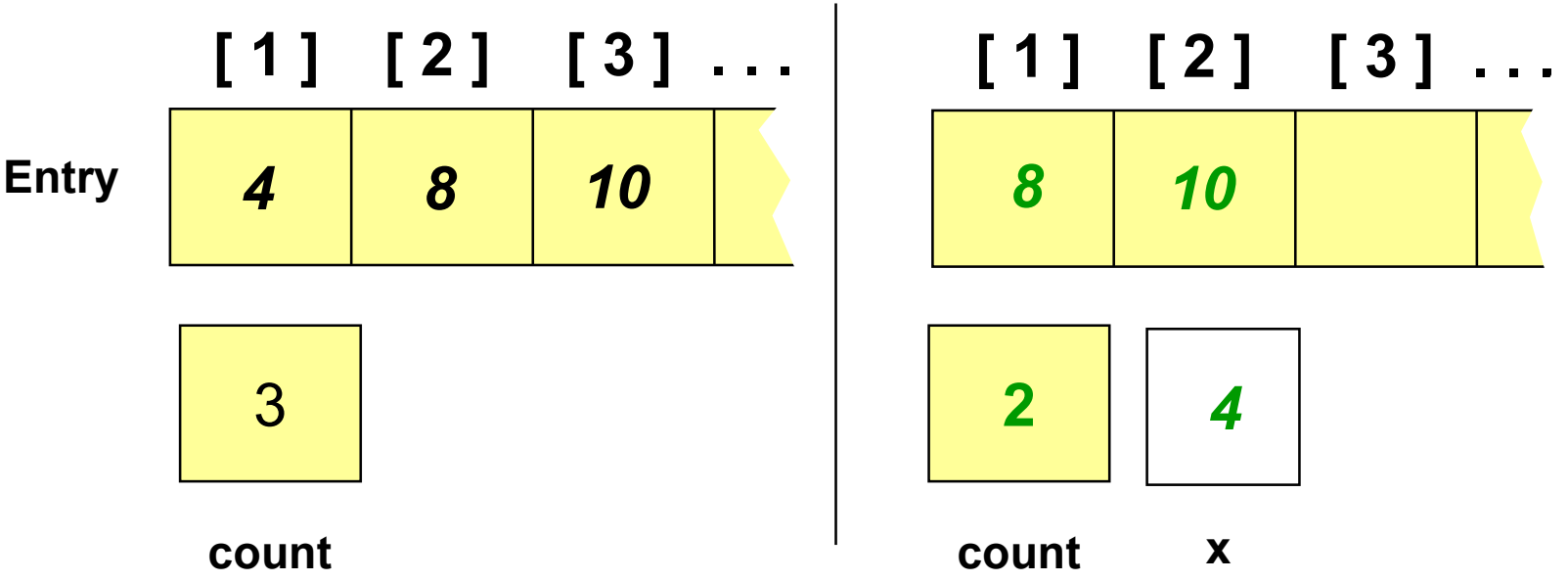


Quais valores serão armazenados em **Entry** e **count** depois que a chamada de procedimento termina?

Operações Básicas: Delete

```
void List::Delete(int p, int &x)
```

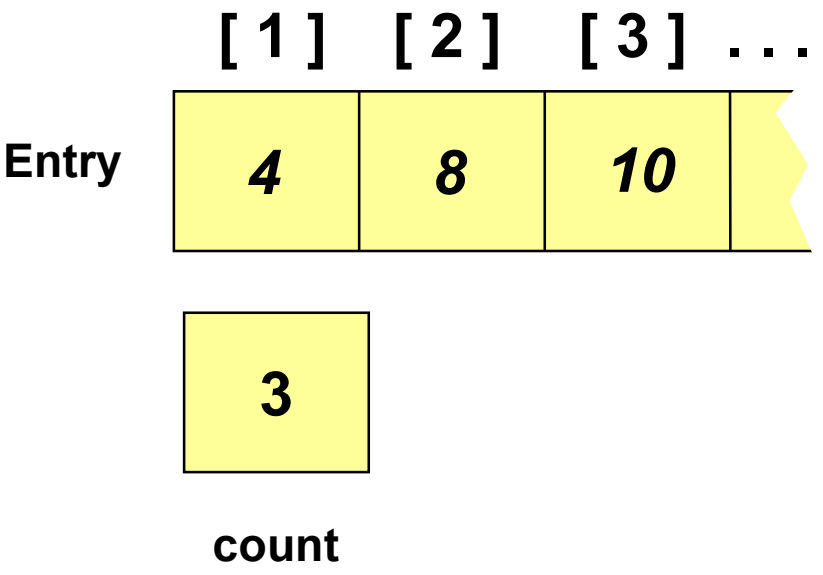
Depois da chamada a Delete(1,x), nós teremos esta lista:



Operações Básicas: Delete

void List::Delete(int p, int &x)

Antes de remover, é conveniente verificar se a lista não está vazia...

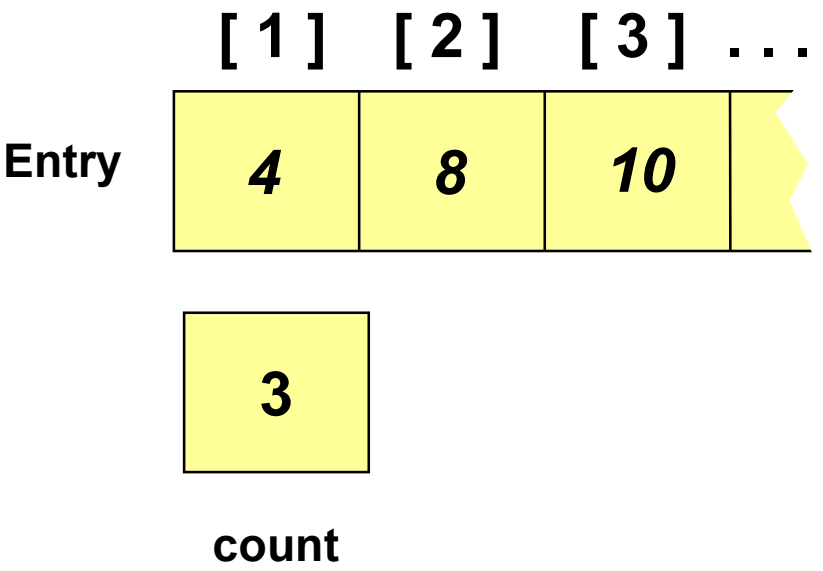



```
void List::Delete(int p,int &x)
{ int i;
  if (Empty())
   {  cout << “Lista Vazia”;
      abort();
   }
   ...
}
```

Operações Básicas: Delete

void List::Delete(int p, int &x)

...e se a posição de remoção é válida

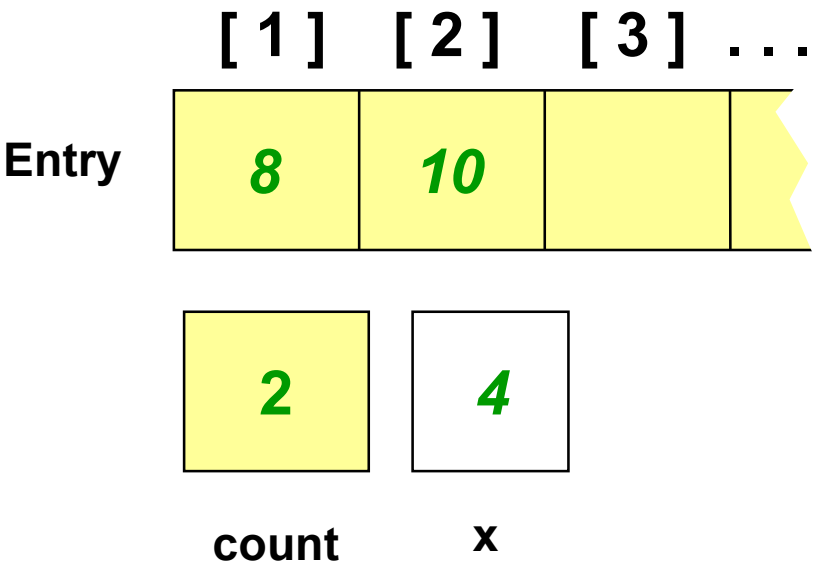



```
void List::Delete(int p,int &x)
{ int i;
  if (Empty())
   {  cout << “Lista Vazia”;
      abort();
   }
  if (p < 1 || p > count)
  {  cout << “Posição inválida”;
     abort();
  }
  ...
}
```

Operações Básicas: Delete

void List::Delete(int p, int &x)

Agora basta recuperar o elemento **x** e deslocar os elementos subseqüentes




```
void List::Delete(int p,int &x)
{ int i;
  if (Empty())
   {  cout << "Lista Vazia";
      abort();
   }
  if (p < 1 || p > count)
  {  cout << "Posição inválida";
     abort();
  }
  x = Entry[p];
  for(i=p; i<count; i++)
     Entry[i] = Entry[i+1];
  count = count - 1;
}
```

Exercícios

- Implemente as demais operações em listas
  - Clear()
  - Size()
  - Retrieve()
  - Replace()

Solução Clear/Size

```
void List::Clear()
{
    count = 0;
}
```

```
int List::Size()
{
   return count;
}
```

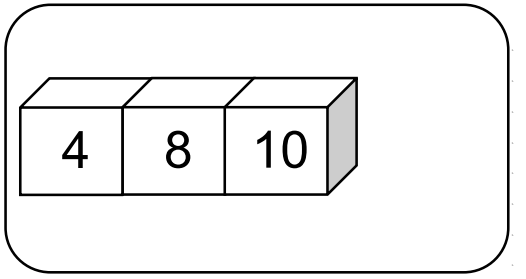
Solução Retrieve/Replace

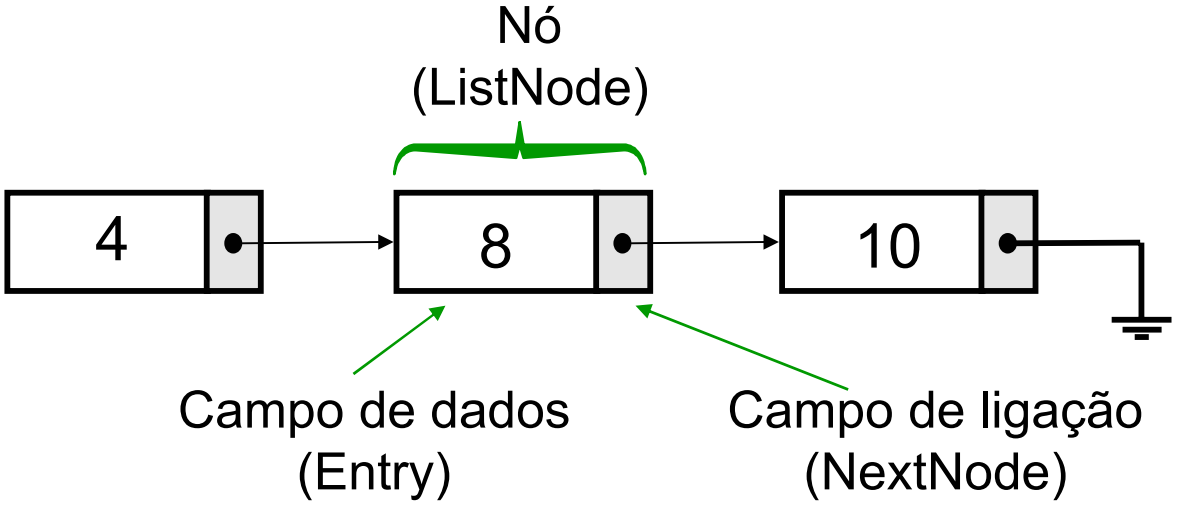
```
void List::Retrieve(int p, int
    &x)
{  if(p < 1 || p > count)
   { cout << "Posição inválida";
     abort();
   }
   x = Entry[p];
}
```

```
void List::Replace(int p, int x)
{  if(p < 1 || p > count)
   { cout << "Posição inválida";
     abort();
   }
   Entry[p] = x;
}
```

Implementação Encadeada

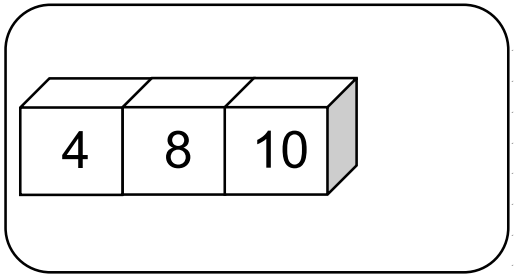
- As entradas de uma lista são colocadas em um estrutura (**ListNode**) que contém um campo com o valor existente na lista (**Entry**) e outro campo é um apontador para o próximo elemento na lista (**NextNode**)



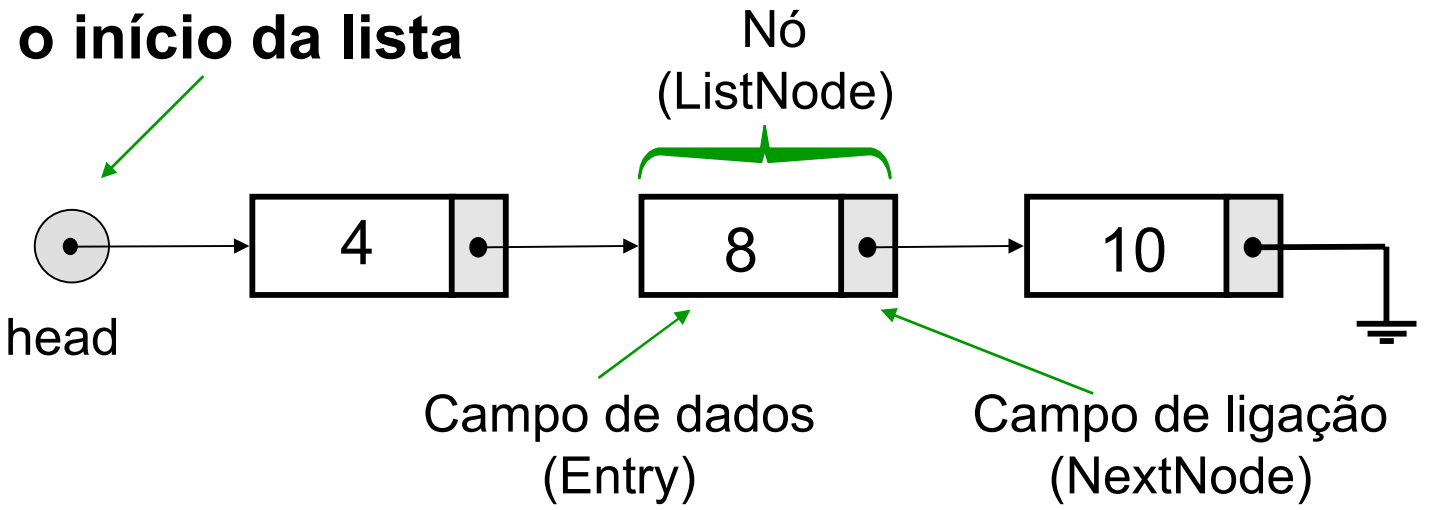


Implementação Encadeada

- Nós precisamos armazenar o início da lista...

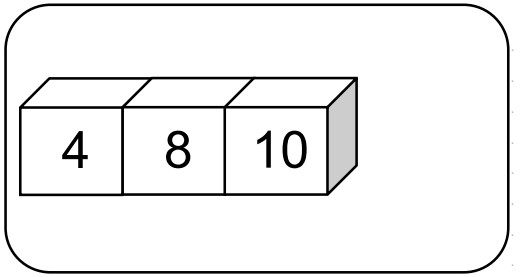


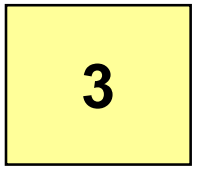
Um ponteiro armazena o início da lista



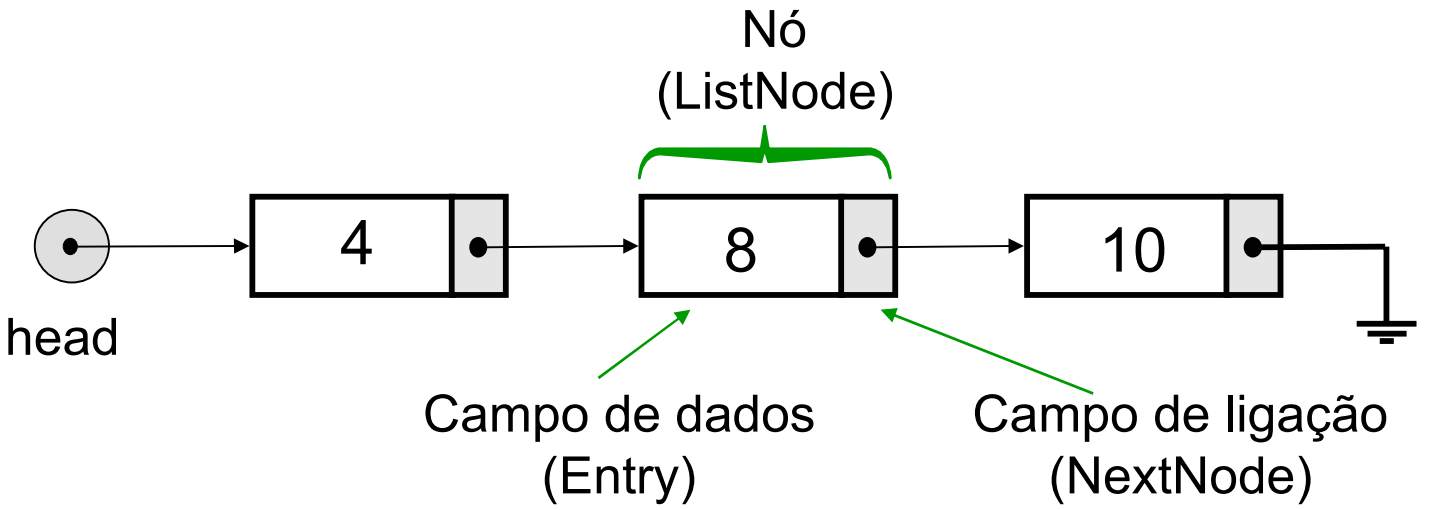
Implementação Encadeada

- ...e um contador que indica a quantidade de elementos na lista



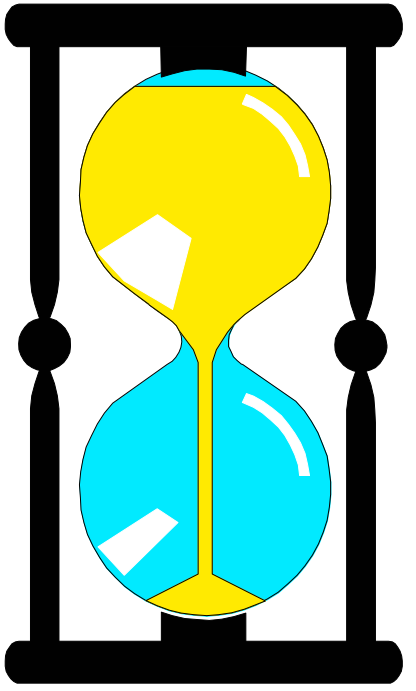


count



Questão

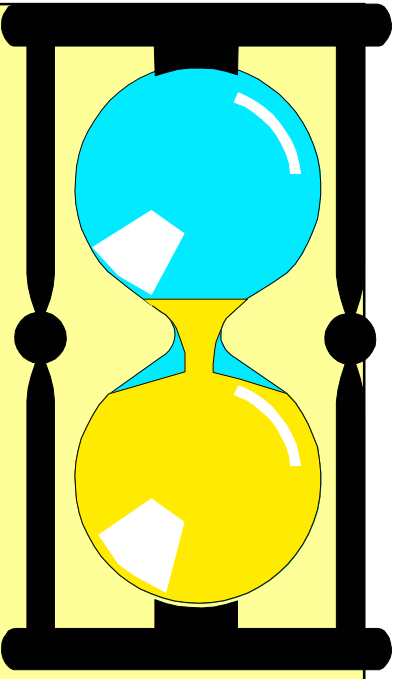
Utilize estas idéias para escrever uma declaração de tipo que poderia implementar uma lista encadeada. A declaração deve ser um objeto com dois campos de dados



Você tem 5 minutos
para escrever a declaração

Uma Solução

```
class List
{ public:
    List();
    ~List();
    void Insert(int p, int x);
    void Delete(int p, int &x);
    bool Empty();
    bool Full();
  private:
    // declaração de tipos
    struct ListNode
    { int Entry;                    // tipo de dado colocado na lista
      ListNode *NextNode;           // ligação para próximo elemento na lista
    };
    typedef ListNode *ListPointer;

    // declaração de campos
    ListPointer head;   // início da lista
    int count;          // número de elementos
};
```



Uma Solução

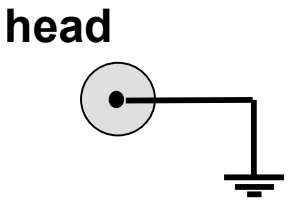
```
class List
{ public:
    List();
    ~List();
    void Insert(int p, int x);
    void Delete(int p, int &x);
    bool Empty();
    bool Full();
  private:
    // declaração de tipos
    struct ListNode
    { int Entry;                    // tipo de dado colocado na lista
      ListNode *NextNode;           // ligação para próximo elemento na lista
    };
    typedef ListNode *ListPointer;

    // declaração de campos
    ListPointer head;   // início da lista
    int count;          // número de elementos
};
```

Observe que o tipo **ListEntry** nesse caso é um inteiro

Construtor

List::List()

A Lista deve iniciar vazia...

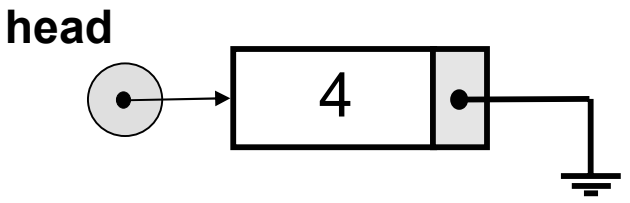



```
List::List()
{
    head = NULL;
    count = 0;
}
```

Destruidor

List::~List()

Podemos fazer uma chamada ao método **Clear**, que libera o espaço alocado pela lista

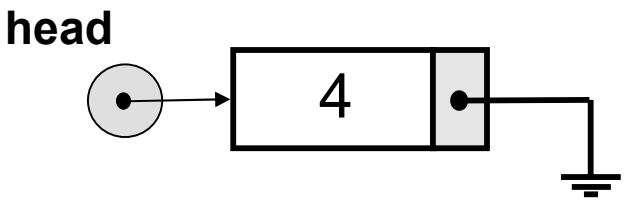



```
List::~List()
{
   Clear();
}
```

Destruidor

List::~List()

Alternativamente, o destruidor deve retirar todos os elementos da lista enquanto ela não estiver vazia. Lembre-se que atribuir NULL a **head** não libera o espaço alocado anteriormente!



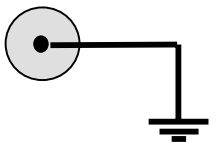

```
List::~List()
{ ListPointer q;

 while (head != NULL)
  {  q = head;
     head = head->NextNode;
     delete q;
  }
}
```

Status: Empty

bool List::Empty()

Lembre-se que a lista inicia vazia, com **head** = NULL...

head

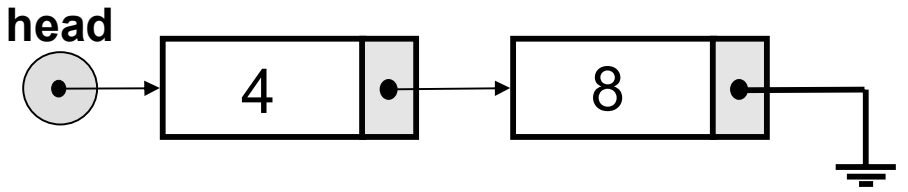


```
bool List::Empty()
{
    return (head == NULL);
}
```

Status: Full

bool List::Full()

...e que não há limite quanto ao número máximo de elementos da lista




```
bool List::Full()
{
   return false;
}
```

Encontrando uma Posição na Lista

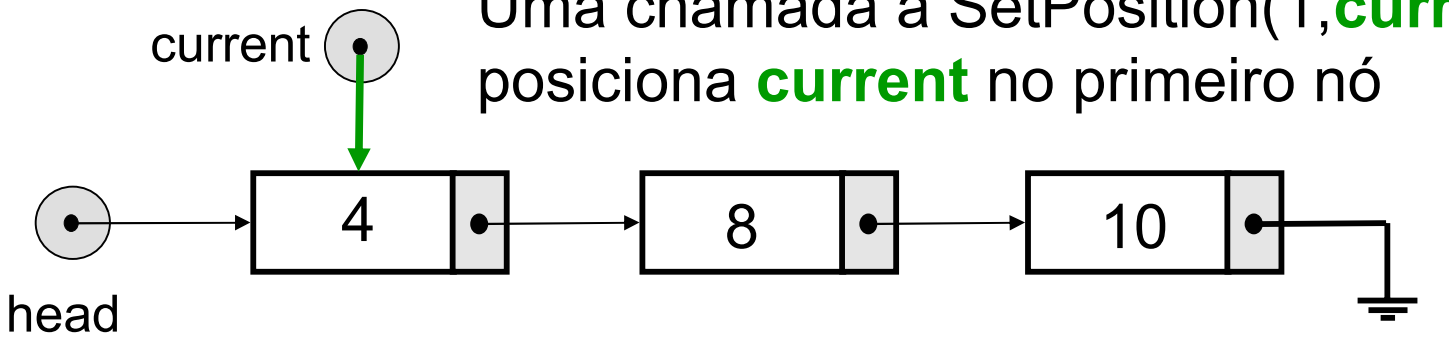
- Desde que devemos ser capazes de substituir a implementação encadeada diretamente por uma implementação contígua, torna-se necessário um método que aceita como entrada a posição — um inteiro indicando um índice na lista — e retorna um ponteiro (ListPointer) para o nó correspondente na lista
- O método privado **SetPosition** inicia no primeiro elemento da lista e a atravessa até encontrar o nó desejado

Encontrando uma Posição na Lista

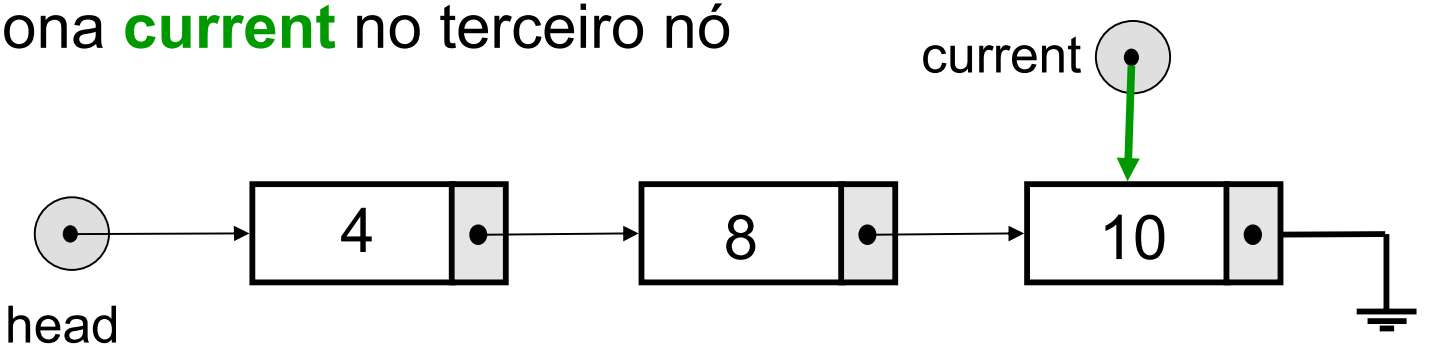
```
class List
{ public:
    List();
    ~List();
    void Insert(int p, int x);
    void Delete(int p, int &x);
    bool Empty();
    bool Full();
  private:
    // declaração de tipos
    struct ListNode
    { int Entry;                          // tipo de dado colocado na lista
      ListNode *NextNode;                 // ligação para próximo elemento na lista
    };
    typedef ListNode *ListPointer;

    // declaração de campos
    ListPointer head;   // início da lista
    int count;          // número de elementos

    // métodos privados
    void SetPosition(int p, ListPointer &current);
};
```

SetPosition: Exemplo

Uma chamada a SetPosition(1,**current**) posiciona **current** no primeiro nó



Uma chamada a SetPosition(3,**current**) posiciona **current** no terceiro nó



Encontrando uma Posição na Lista

```
void List::SetPosition(int p, ListPointer &current)
// pré-condição: p é uma posição válida na lista
// pós-condição: o ponteiro current aponta para o nó na lista
//                        com posição p
{ int i;

  if (p < 1 || p > count+1)
  { cout << “Posição inválida”;
    abort();
  }
  current = head;
  for(i=2; i<=p; i++)
      current = current->NextNode;
}
```

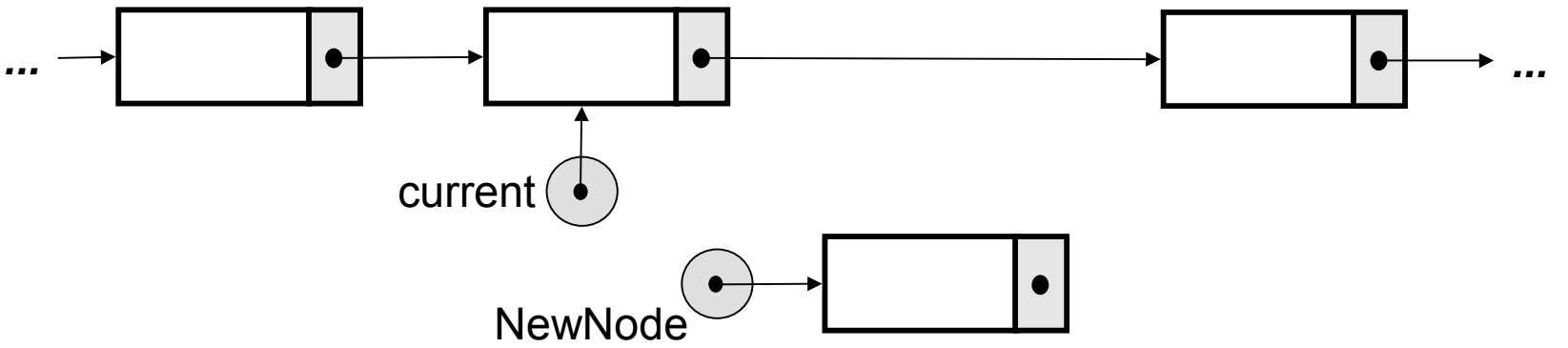
Encontrando uma Posição na Lista

```
void List::SetPosition(int p, ListPointer &current)
// pré-condição: p é uma posição válida na lista
// pós-condição: o ponteiro current aponta para o nó na lista
//                        com posição p
{ int i;

  if (p < 1 || p > count+1)
  { cout << "Posição inválida";
    abort();
  }
  current = head;
  for(i=2; i<=p; i++)
      current = current->NextNode;
}
```

Este fragmento de código pode ser removido, considerando que todos os métodos que o chamam já efetuam este teste

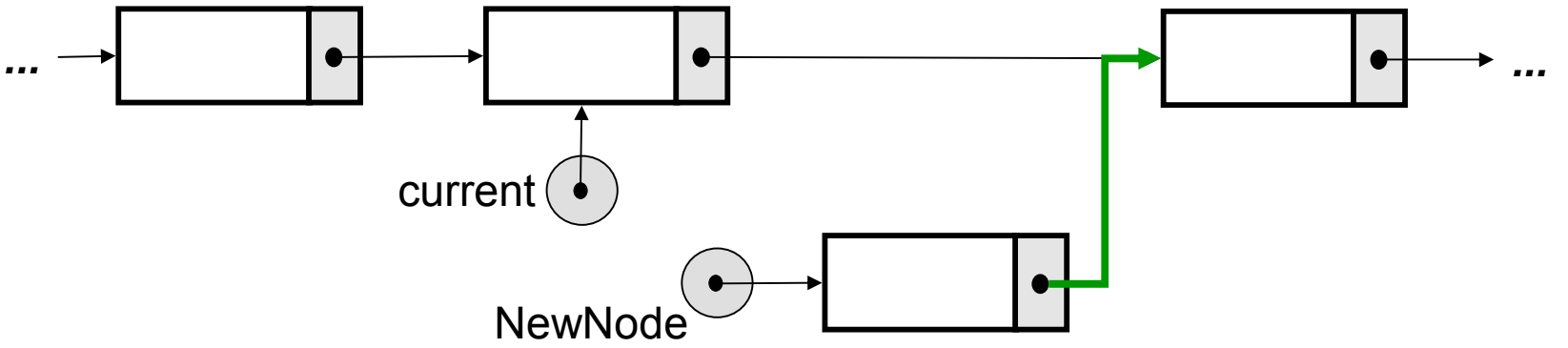
Operações Básicas: Insert

- Se temos um novo nó a ser inserido na lista, então é necessário encontrar um ponteiro anterior à posição que o novo nó deve ser inserido
- Seja **NewNode** um ponteiro para o novo nó a ser inserido e **current** um ponteiro para o nó precedente



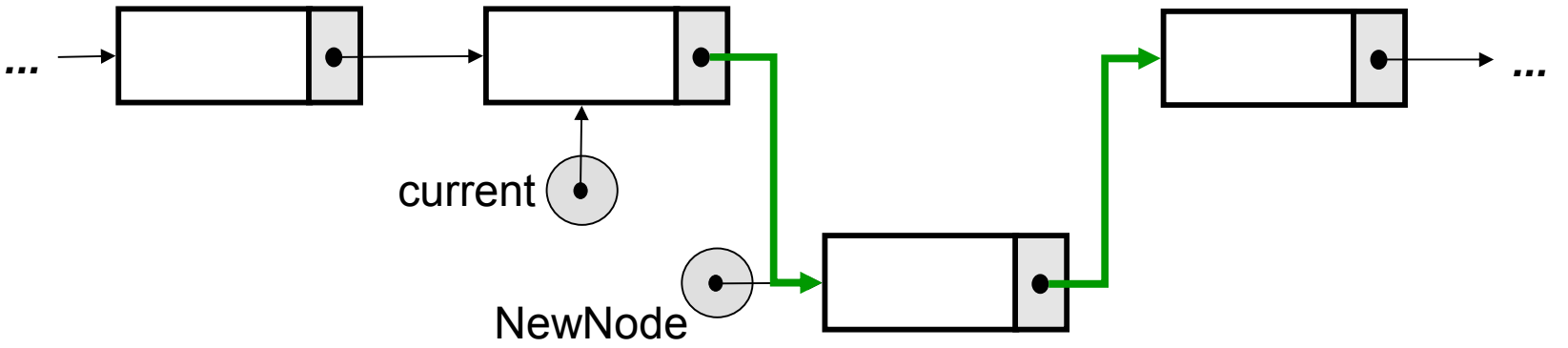
Operações Básicas: Insert

- Se temos um novo nó a ser inserido na lista, então é necessário encontrar um ponteiro anterior à posição que o novo nó deve ser inserido
- Seja **NewNode** um ponteiro para o novo nó a ser inserido e **current** um ponteiro para o nó precedente, então o fragmento de código seguinte efetua a inserção:
  - NewNode->NextNode = current->NextNode;
  - ...



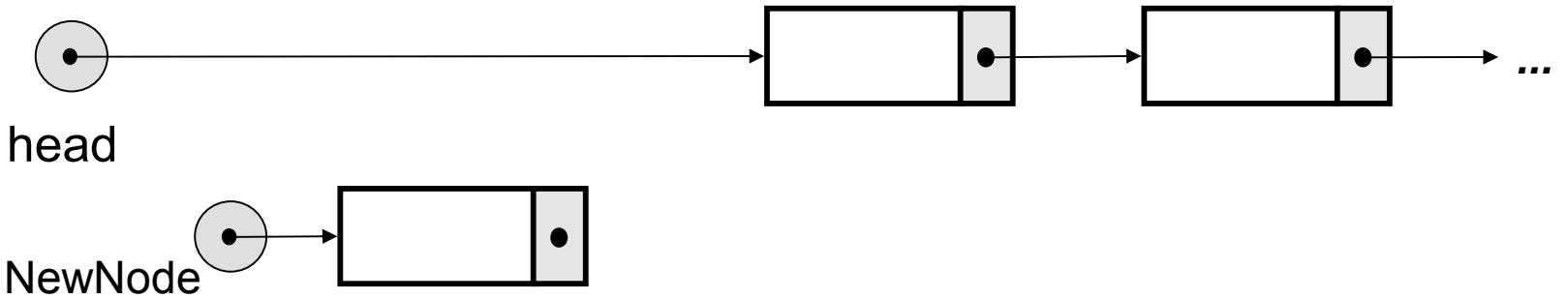
Operações Básicas: Insert

- Se temos um novo nó a ser inserido na lista, então é necessário encontrar um ponteiro anterior à posição que o novo nó deve ser inserido
- Seja **NewNode** um ponteiro para o novo nó a ser inserido e **current** um ponteiro para o nó precedente, então o fragmento de código seguinte efetua a inserção:
  - NewNode->NextNode = current->NextNode;
  - current->NextNode = NewNode;



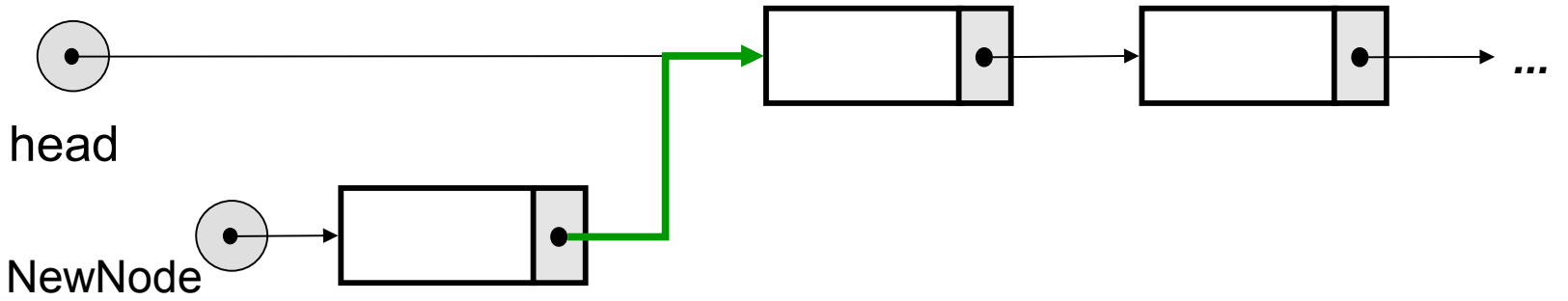
Operações Básicas: Insert

- Entretanto, se a inserção ocorrer no início da lista...



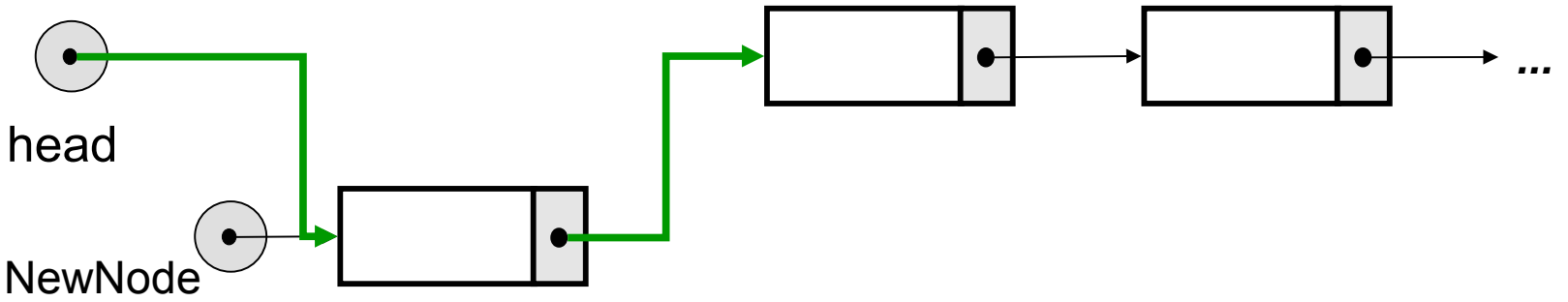
Operações Básicas: Insert

- Entretanto, se a inserção ocorrer no início da lista, o código é:
  - NewNode->NextNode = head;
  - ...



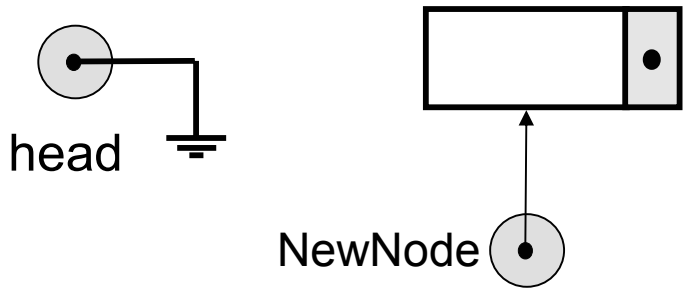
Operações Básicas: Insert

- Entretanto, se a inserção ocorrer no início da lista, o código é:
  - NewNode->NextNode = head;
  - head = NewNode;



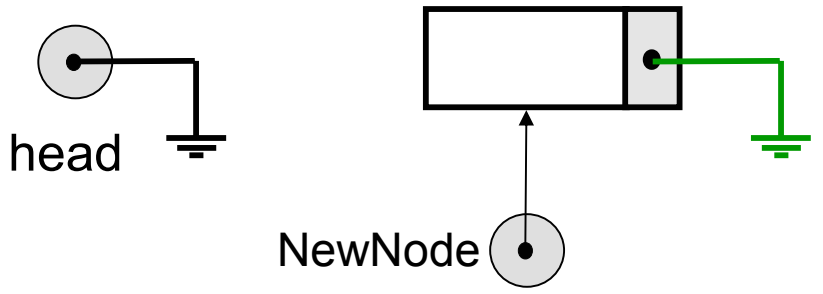
Operações Básicas: Insert

- Questão: isso funciona se a lista estiver vazia?
  - NewNode->NextNode = head;
  - head = NewNode;



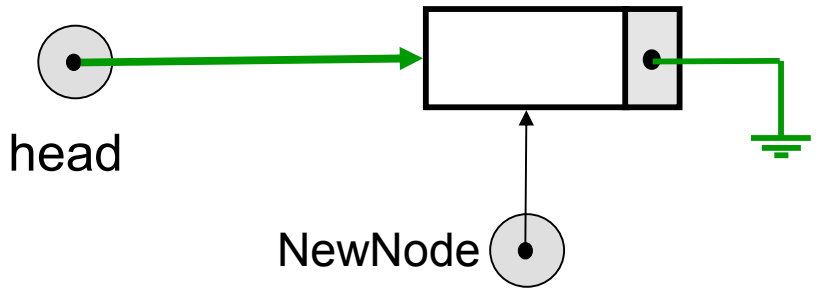
Operações Básicas: Insert

- Questão: isso funciona se a lista estiver vazia?
  - NewNode->NextNode = head;
  - head = NewNode;



Operações Básicas: Insert

- Questão: isso funciona se a lista estiver vazia?
  - NewNode->NextNode = head;
  - head = NewNode;

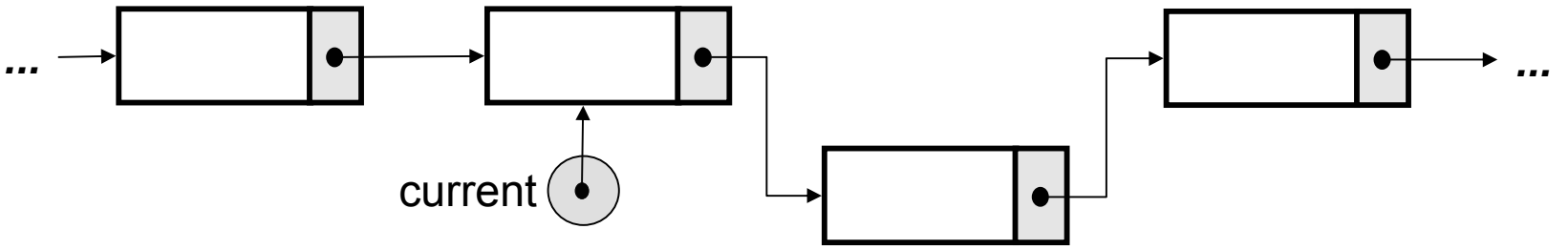


Operações Básicas: Insert

```
void List::Insert(int p, int x)
{ ListPointer NewNode, current;

  if (p < 1 || p > count+1)
  { cout << “Posição inválida”;
    abort();
  }
  NewNode = new ListNode;
  NewNode->Entry = x;
  if(p == 1)
  {  NewNode->NextNode = head;
     head = NewNode;
  }
  else
  {  SetPosition(p-1,current);
     NewNode->NextNode = current->NextNode;
     current->NextNode = NewNode;
  }
  count++;
}
```

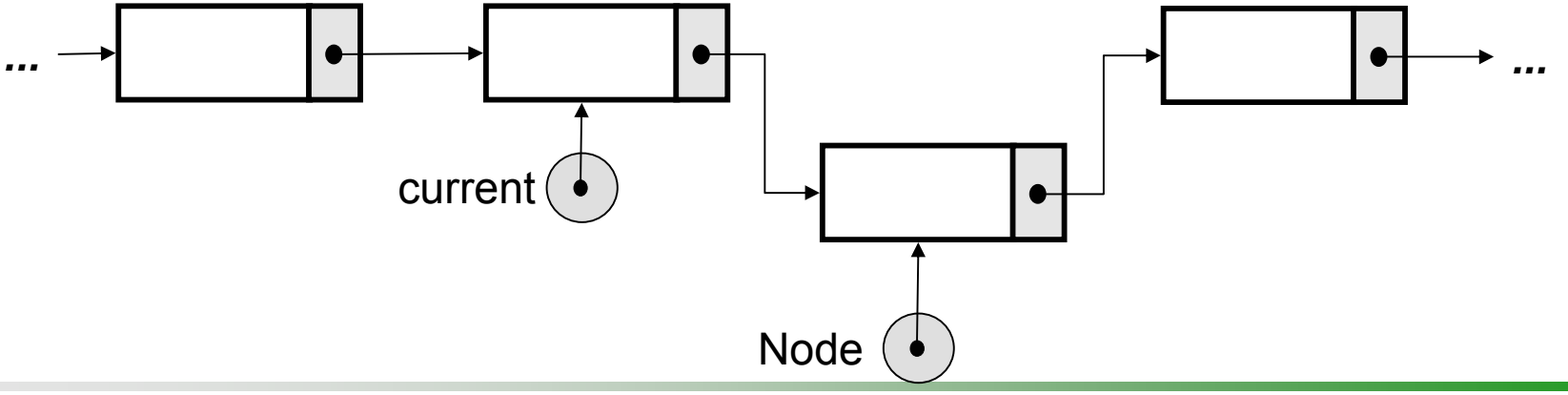
Operações Básicas: Delete

- Se temos um nó a ser removido da lista, então é necessário encontrar um ponteiro anterior à ele
- Seja **Node** um ponteiro para o nó a ser removido e **current** um ponteiro para o nó precedente



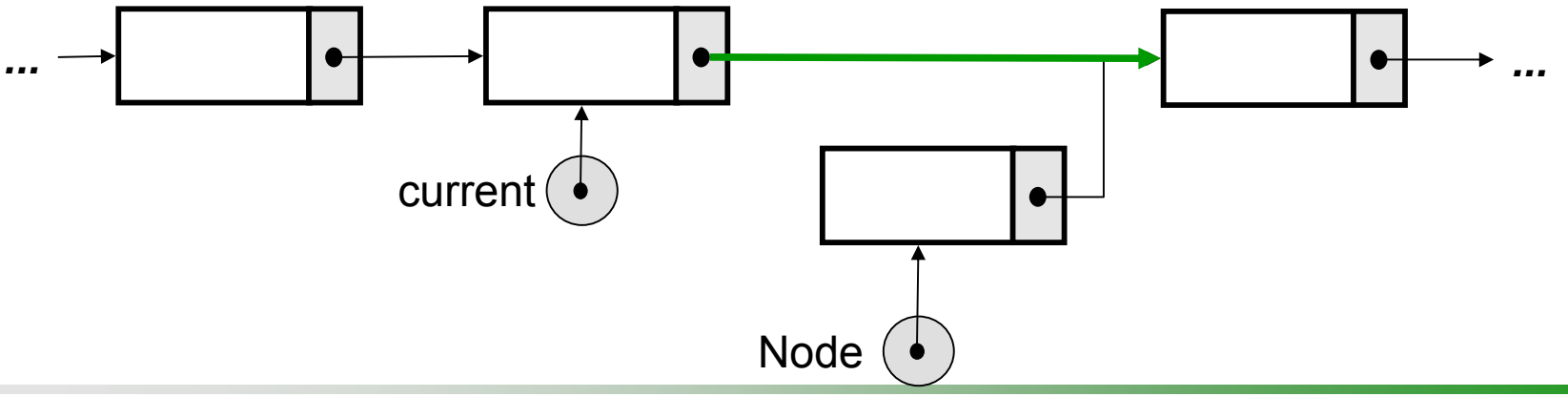
Operações Básicas: Delete

- Se temos um nó a ser removido da lista, então é necessário encontrar um ponteiro anterior à ele
- Seja **Node** um ponteiro para o nó a ser removido e **current** um ponteiro para o nó precedente, ou seja:
  - Node = current->NextNode;



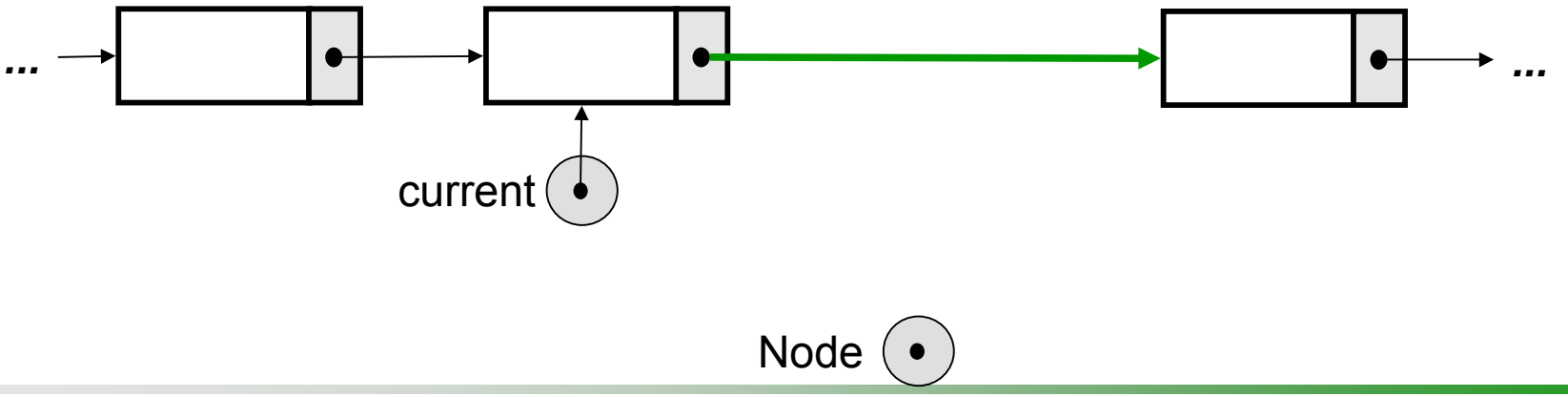
Operações Básicas: Delete

- Se temos um nó a ser removido da lista, então é necessário encontrar um ponteiro anterior à ele
- Seja **Node** um ponteiro para o nó a ser removido e **current** um ponteiro para o nó precedente, ou seja:
  - Node = current->NextNode;
- A remoção ocorre efetuando as operações:
  - current->NextNode = Node->NextNode;
  - ...



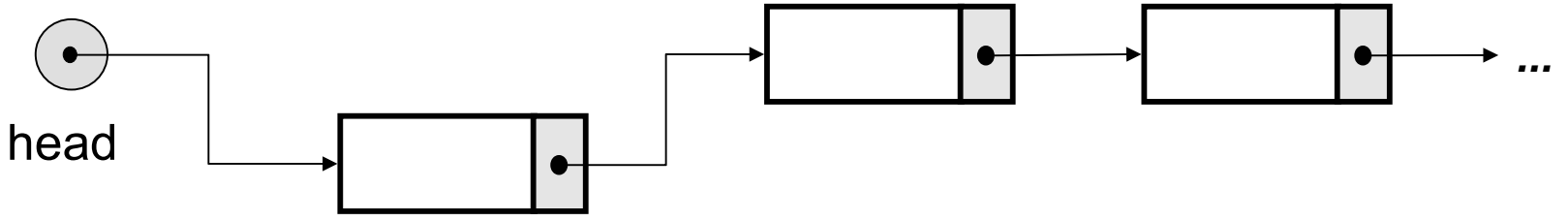
Operações Básicas: Delete

- Se temos um nó a ser removido da lista, então é necessário encontrar um ponteiro anterior à ele
- Seja **Node** um ponteiro para o nó a ser removido e **current** um ponteiro para o nó precedente, ou seja:
  - Node = current->NextNode;
- A remoção ocorre efetuando as operações:
  - current->NextNode = Node->NextNode;
  - delete Node;



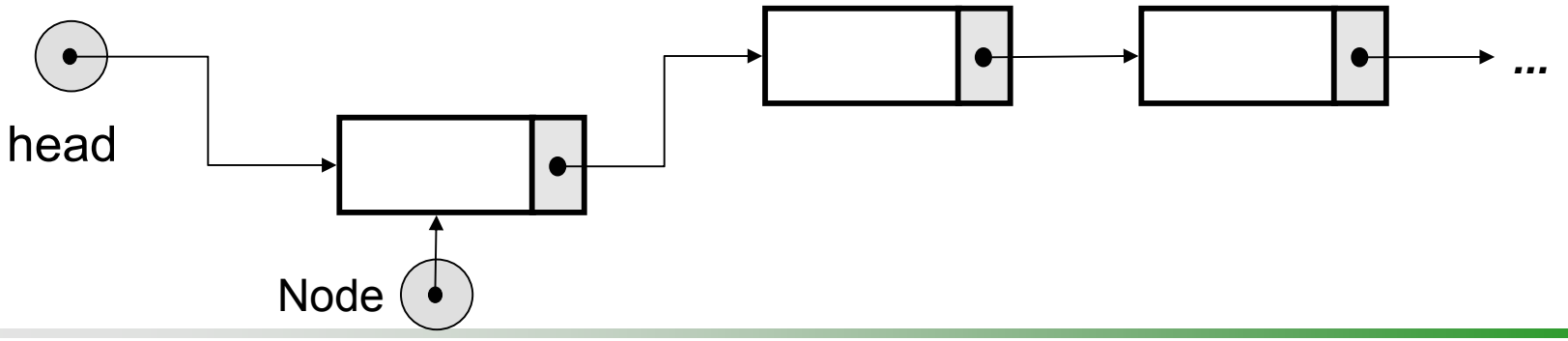
Operações Básicas: Delete

- Entretanto, se a remoção ocorrer no início da lista...



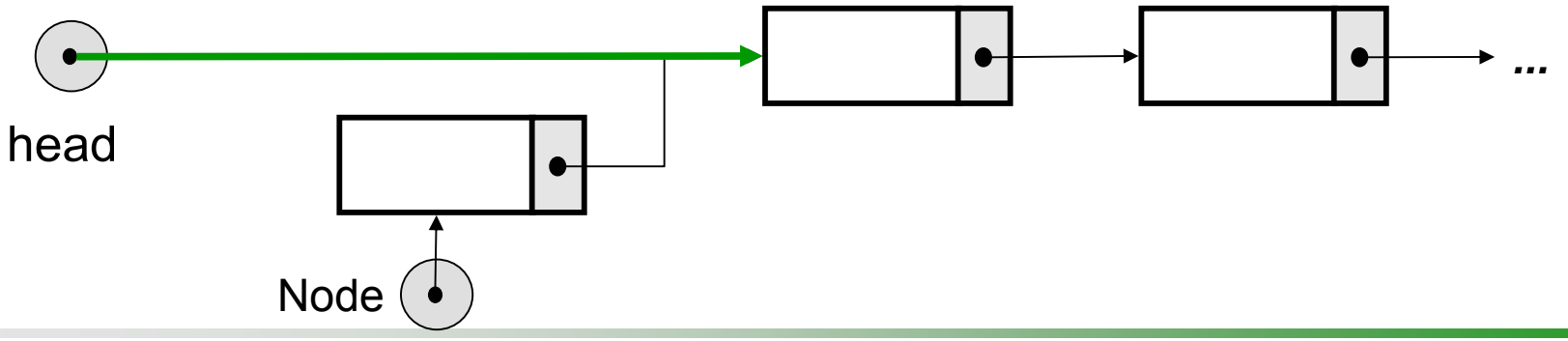
Operações Básicas: Delete

- Entretanto, se a remoção ocorrer no início da lista
  - Node = head;
  - ...



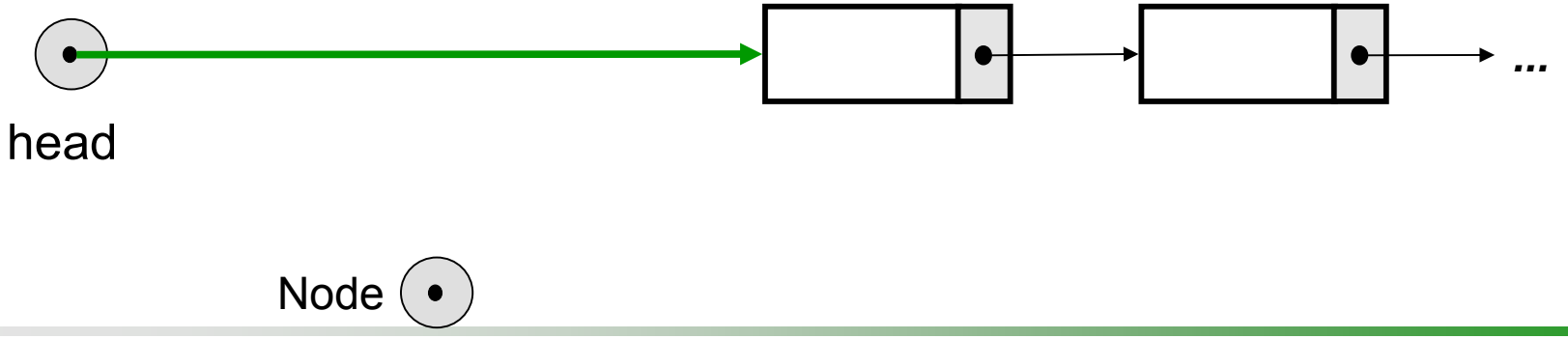
Operações Básicas: Delete

- Entretanto, se a remoção ocorrer no início da lista
  - Node = head;
  - head = Node->NextNode;



Operações Básicas: Delete

- Entretanto, se a remoção ocorrer no início da lista
  - Node = head;
  - head = Node->NextNode;
  - delete Node;



Operações Básicas: Delete

```
void List::Delete(int p, int &x)
{ ListPointer Node, current;

  if (p < 1 || p > count)
  { cout << “Posição inválida”;
    abort();
  }
  if(p == 1)
  {  Node = head;
     head = Node->NextNode;
  }
  else
  {  SetPosition(p-1,current);
     Node = current->NextNode;
     current->NextNode = Node->NextNode;
  }
  x = Node->Entry;
  delete Node;
  count = count - 1;
}
```

Exercícios

- Implemente seguintes operações em listas
  - Clear()
  - Size()
  - Retrieve()
  - Replace()

Solução Clear/Size

```
void List::Clear()
{ ListPointer q;

  while (head != NULL)
  {  q = head;
     head = head->NextNode;
     delete q;
  }
  count = 0;
}
```

```
int List::Size()
{
   return count;
}
```

Solução Retrieve/Replace

```
void List::Retrieve(int p, int
    &x)
{  ListPointer q;

   if(p < 1 || p > count)
   { cout << "Posição inválida";
     abort();
   }
   SetPosition(p,q);
   x = q->Entry;
}
```

```
void List::Replace(int p, int x)
{  ListPointer q;

   if(p < 1 || p > count)
   { cout << "Posição inválida";
     abort();
   }
   SetPosition(p,q);
   q->Entry = x;
}
```

Exercícios Adicionais

- Assumindo uma lista de inteiros, implemente as seguintes operações
  - Minimum()/Maximum()
    - Retorna posição **p** que o elemento de menor (maior) valor **x** se encontra na lista; caso não encontre, retorna **p** igual a zero
  - Reverse()
    - Versão que inverte a posição dos elementos da lista
  - Reverse()
    - Versão que inverte a posição dos elementos criando uma nova lista; a lista original permanece intacta
  - Copy()
    - Copia elementos da lista atual para uma nova lista; a lista original permanece intacta (sem uso de nó adicional temporário)
  - Copy()
    - Copia elementos da lista atual para uma nova lista; a lista original permanece intacta (utilizando nó adicional temporário)
  - Sort()
    - Ordena elementos da lista em ordem crescente (sem uso de nó adicional temporário)
  - Sort()
    - Ordena elementos da lista em ordem crescente (utilizando nó adicional temporário)

Minimum

```
void List::Minimum(int &p, int &x)
// pré: Lista criada e não vazia
// pós: Retorna posição p que o elemento de menor valor x se encontra
//        na lista; caso não encontre, retorna p igual a zero
{  ListPointer q=head;
   int pos;

   if(Empty())
      p = 0;  // lista vazia, não existe mínimo
   else
   {  x = q->Entry;          p = 1;        // assumir 1o. elemento como o menor
      q = q->NextNode;   pos = 2;      // procurar do 2o. elemento até o final da lista
      while (q != NULL)
      {  if(q->Entry < x)
         {   x = q->Entry;                  // achou novo mínimo...
             p = pos;                       // ...anotar a posição dele
         }
         q = q->NextNode;  pos++;     // próximo elemento da lista
      }
   }
}
```

Reverse (Mesma Lista)

```
void List::Reverse()
// pré: Lista criada
// pós: Inverte a posição dos elementos da lista
{ ListPointer p=head, q=NULL;

  while(p != NULL)
  {  head = p;
     p = p->NextNode;
     head->NextNode = q;
     q = head;
  }
}
```

Reverse (Nova Lista)

```
void List::Reverse(List &L)
// pré: Listas criadas (this e L)
// pós: Inverte a posição dos elementos da lista criando lista L; a lista
//         original permanece intacta
{ ListPointer p=head, r;

  L.Clear();
  while(p != NULL)
  { r = new ListNode;
    r->Entry = p->Entry;
    r->NextNode = L.head;
    L.head = r;
    p = p->NextNode;
  }
  L.count = count;
}
```

Copy

```
void List::Copy(List &L)
// pré: Listas criadas (this e L)
// pós: Copia elementos da lista atual (this) para lista L; a lista original permanece intacta
{ ListPointer p=head, q=NULL, NewNode;

  L.Clear();
  while(p != NULL)
  {  NewNode = new ListNode;
     NewNode->Entry = p->Entry;
     if(q == NULL)
        L.head = NewNode;
     else
        q->NextNode = NewNode;
     q = NewNode;
     p = p->NextNode;
  }
  if (q != NULL)
    q->NextNode = NULL;
  L.count = count;
}
```

Copy
(Com Nó Adicional Temporário)

```
void List::Copy(List &L)
// pré: Listas criadas (this e L)
// pós: Copia elementos da lista atual (this) para lista L; a lista original permanece intacta
{ ListPointer p=head, q, NewNode;

  L.Clear();
  q = new ListNode;                // nó adicional
  L.head = q;
  while(p != NULL)
  {  NewNode = new ListNode;
     NewNode->Entry = p->Entry;
     q->NextNode = NewNode;
     q = NewNode;
     p = p->NextNode;
  }
  q->NextNode = NULL;
  q = L.head;           // remover nó adicional
  L.head = L.head->NextNode;
  delete q;
  L.count = count;
}
```

Insertion Sort

```
void List::Sort()
// pré: Lista criada
// pós: Ordena elementos da lista usando inserção direta
{ ListPointer p,                    // lista não ordenada
              NewHead, q, r;    // lista ordenada

  NewHead = NULL;
  while(head != NULL)
  {  p = head;          head = head->NextNode;
     q = NULL;          r = NewHead;          // q fica um nó atrás de r
     while(r != NULL && r->Entry < p->Entry)
     { q = r;               r = r->NextNode;
     }
     if(r == NewHead)
        NewHead = p;
     else
        q->NextNode = p;
     p->NextNode = r;
  }
  head = NewHead;
}
```

Insertion Sort
(Com Nó Adicional Temporário)

```
void List::Sort()
// pré: Lista criada
// pós: Ordena elementos da lista usando inserção direta
{ ListPointer p,                    // lista não ordenada
              NewHead, q, r;        // lista ordenada

  NewHead = new ListNode;    NewHead->NextNode = NULL;
  while(head != NULL)
  {  p = head;           head = head->NextNode;
     q = NewHead;     r = NewHead->NextNode;       // q fica um nó atrás de r
     while(r != NULL && r->Entry < p->Entry)
     { q = r;               r = r->NextNode;
     }
     q->NextNode = p;
     p->NextNode = r;
  }
  head = NewHead->NextNode;
  delete NewHead;
}
```

Busca

- A busca de um elemento **x** em uma lista é uma operação que ocorre com bastante freqüência
- Diferentemente do que ocorre com a utilização de vetores, a busca neste caso deve ser puramente seqüencial
- A busca termina ao encontrar o elemento desejado ou quando o final da lista for atingido, o que implica em *duas condições lógicas*

Busca

- Implementação Contígua
  - Assuma o início da lista **q=1**:
    - while (q <= count && Entry[q] != x)
      q++;
  - **q > count** implica que **Entry[q]** não possui valor significativo (“lixo”) ou que ele não existe e, portanto, que a expressão **Entry[q] != x** está indefinida
  - Logo, a ordem em que estes dois testes são efetuados é de suma importância
- Implementação Encadeada Dinâmica
  - Assuma que o início da lista seja apontado pelo ponteiro **q**, ou seja, inicialmente **q=head**:
    - while (q != NULL && q->Entry != x)
      q = q->NextNode;
  - **q == NULL** implica que **q->** não existe e, portanto, que a expressão **q->Entry != x** está indefinida
  - Novamente, a ordem em que estes dois testes são efetuados é de suma importância

Busca (Implementação Contígua)

```
int List::Search(int x)
// pré: Lista criada
// pós: Retorna posição que o elemento x encontra-se na
//         lista; caso não encontre, retorna zero
{ int p=1;

  while (p <= count && Entry[p] != x)
     p++;
  return (p > count ? 0 : p);
}
```

Busca (Implementação Encadeada)

```
int List::Search(int x)
// pré: Lista criada
// pós: Retorna posição que o elemento x encontra-se na
//        lista; caso não encontre, retorna zero
{ int p=1;
  ListPointer q=head;

  while (q != NULL && q->Entry != x)
  {  q = q->NextNode;
     p++;
  }
  return (q == NULL ? 0 : p);
}
```

Busca

- O algoritmo Busca (Encadeada) apresenta fortes semelhanças com o algoritmo Busca (Contígua), ou seja, com o algoritmo de busca em vetores
- De fato, um vetor é uma lista linear para o qual a técnica de ligação ao sucessor é deixada implícita
- As listas lineares com apontadores explícitos oferecem maior flexibilidade devendo, portanto, ser utilizadas quando essa flexibilidade adicional se faz necessária
- Assim como na busca seqüencial em vetores, a utilização de um elemento **sentinela** simplifica e agiliza os algoritmos, como veremos nas próximas aulas

Resumo

- O ADT Lista é uma seqüência de elementos, que podem ser inseridos, removidos ou alterados em qualquer posição
- Pilhas e Filas são Listas restritas, ou seja, usando a especificação de Lista, podemos implementar Pilhas e Filas