



Pilhas



Algoritmos e Estruturas de Dados I

- ❑ Nesta aula veremos o ADT pilha
- ❑ Uma pilha é usada em muitas situações tais como avaliação de expressões aritméticas, chamada e retorno de procedimentos e funções e busca exaustiva (*backtracking*)

Organização

- ❑ Definição do ADT Pilha

- ❑ Especificação

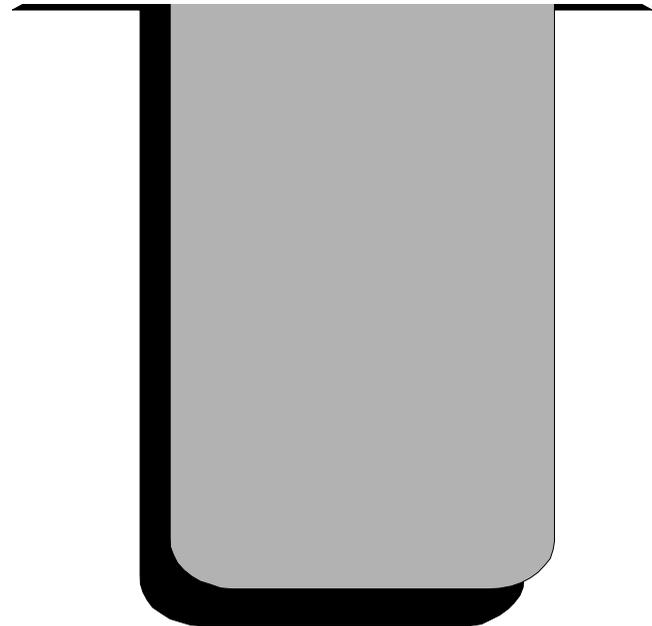
- Operações sobre o ADT Pilha, utilizando pré- e pós-condições

- ❑ Implementação

- Estática (contígua)
- Dinâmica (encadeada)

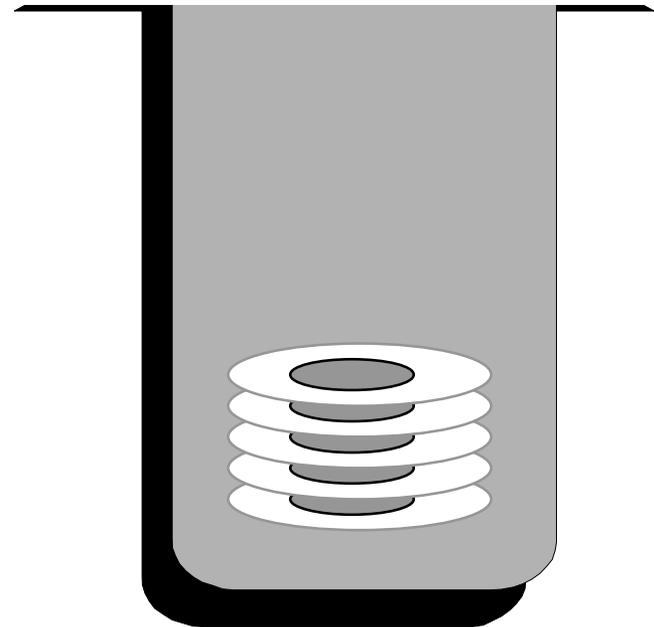
Definição

- Uma **pilha** (*stack*) é uma estrutura de dados na qual todas inserções e remoções de dados são efetuadas numa única extremidade, denominada **topo** (*top*) da pilha



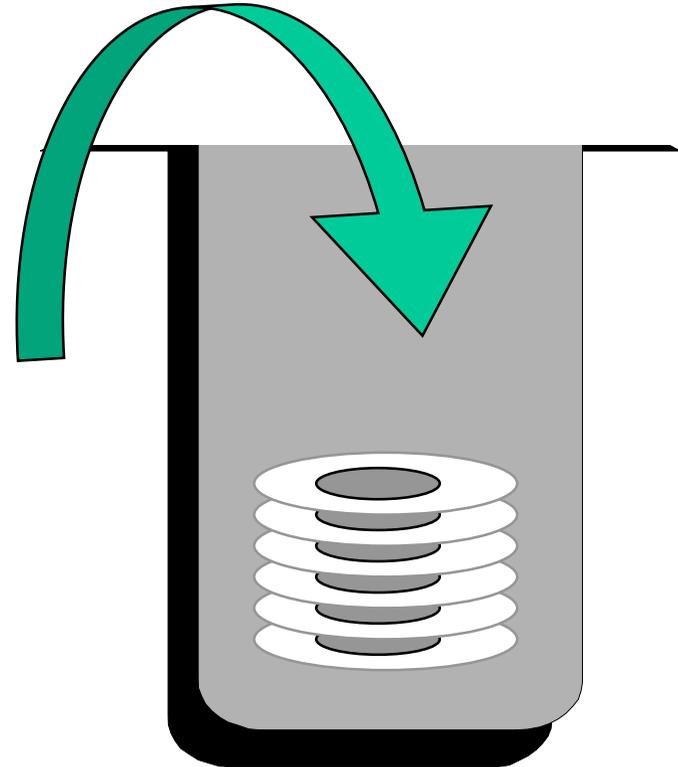
Exemplo

- ❑ Por exemplo, pense numa pilha de pratos comumente encontrada em restaurantes do tipo *self-service*



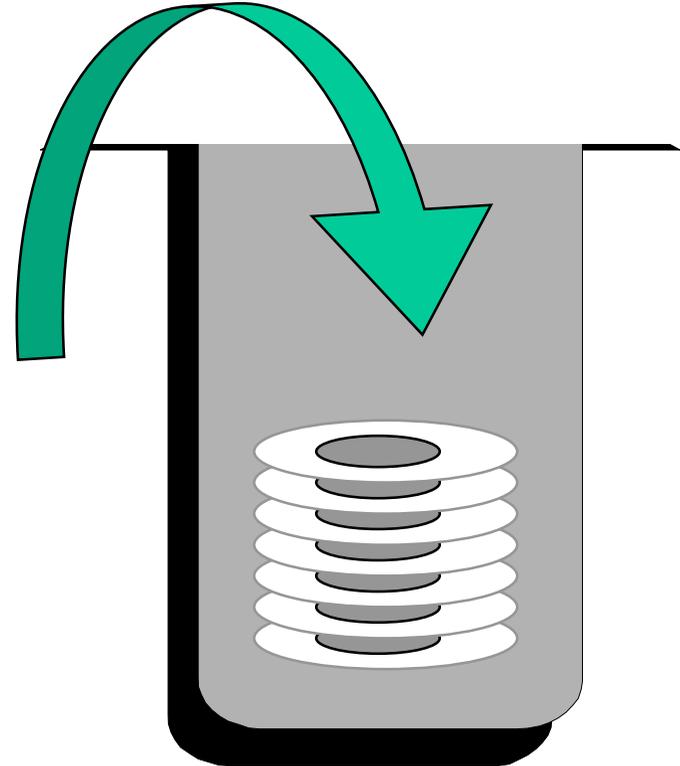
Exemplo

- ❑ Por exemplo, pense numa pilha de pratos comumente encontrada em restaurantes do tipo *self-service*
- ❑ Os pratos são colocados sempre no topo da pilha pelos empregados...



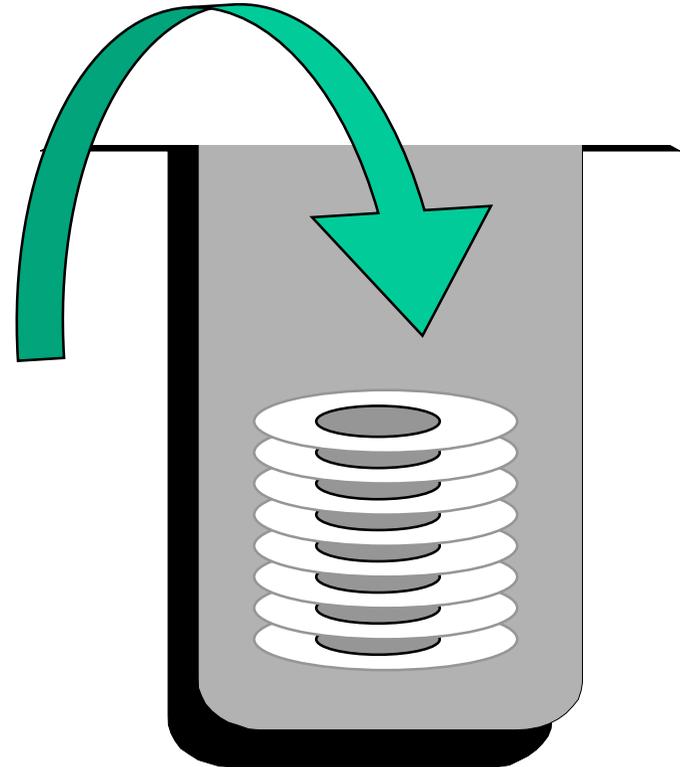
Exemplo

- ❑ Por exemplo, pense numa pilha de pratos comumente encontrada em restaurantes do tipo *self-service*
- ❑ Os pratos são colocados sempre no topo da pilha pelos empregados...



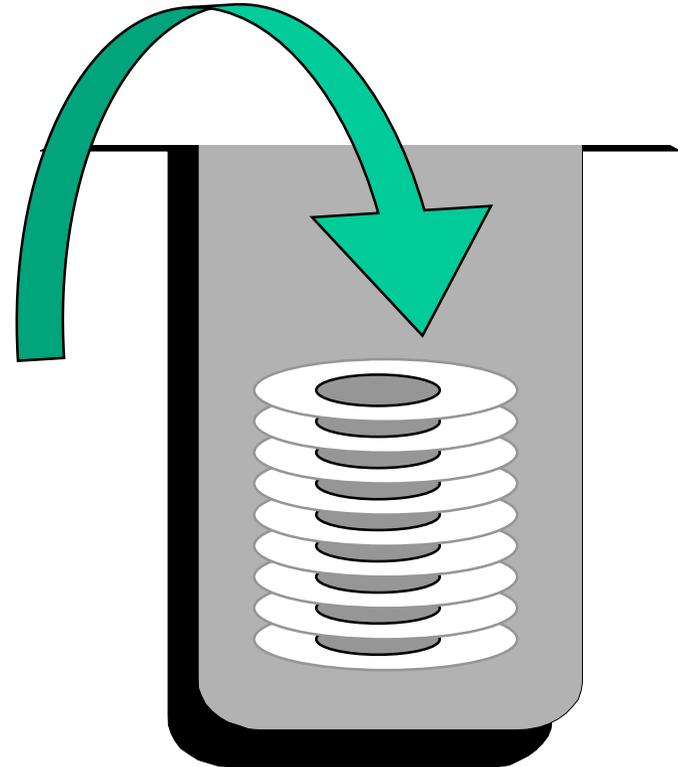
Exemplo

- ❑ Por exemplo, pense numa pilha de pratos comumente encontrada em restaurantes do tipo *self-service*
- ❑ Os pratos são colocados sempre no topo da pilha pelos empregados...



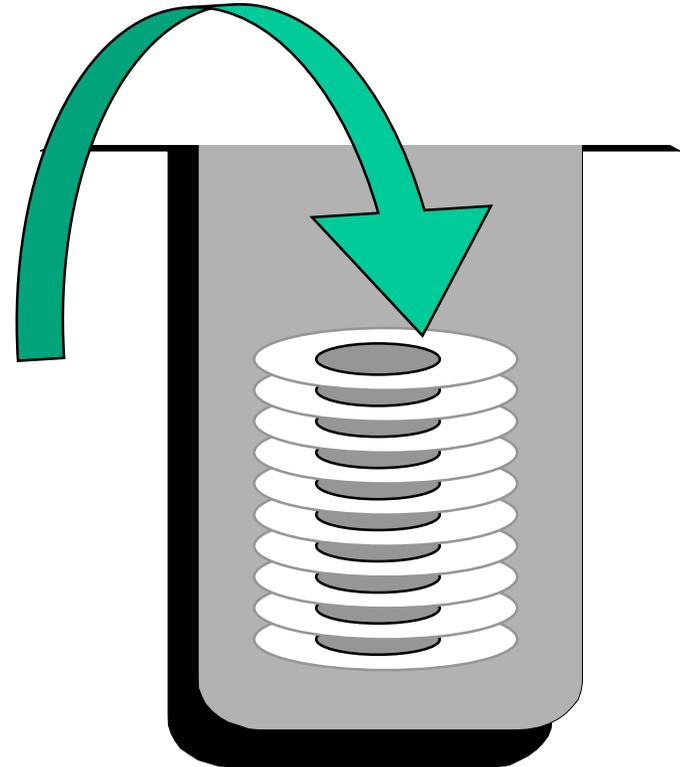
Exemplo

- ❑ Por exemplo, pense numa pilha de pratos comumente encontrada em restaurantes do tipo *self-service*
- ❑ Os pratos são colocados sempre no topo da pilha pelos empregados...



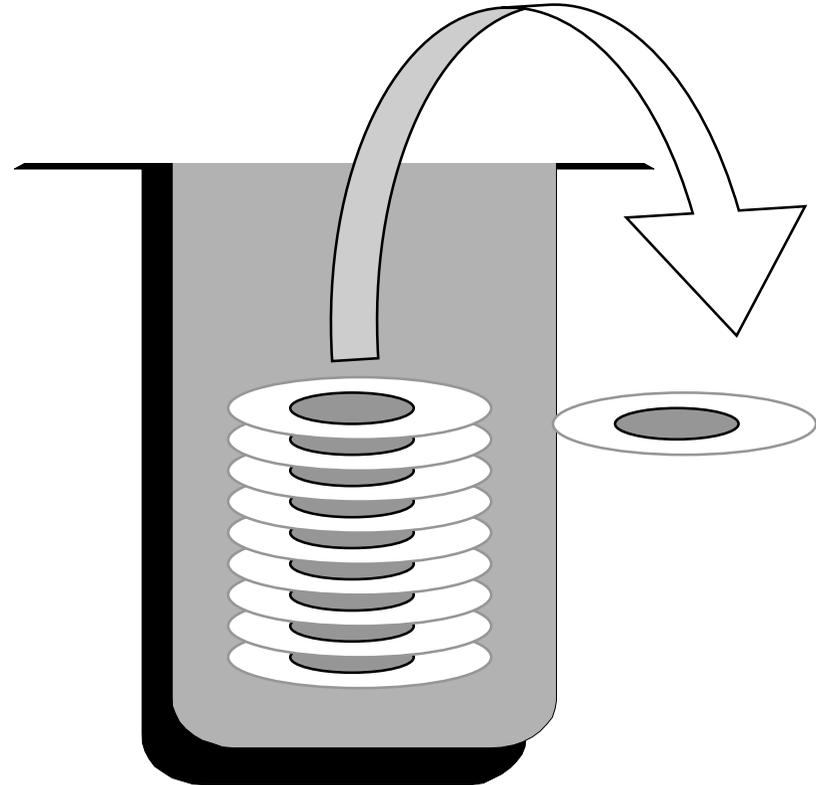
Exemplo

- ❑ Por exemplo, pense numa pilha de pratos comumente encontrada em restaurantes do tipo *self-service*
- ❑ Os pratos são colocados sempre no topo da pilha pelos empregados...



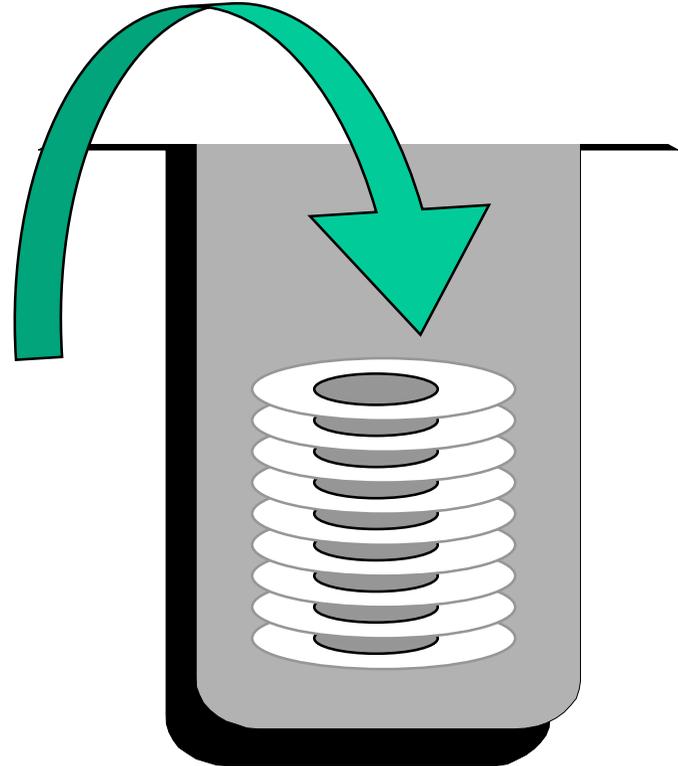
Exemplo

- ❑ Por exemplo, pense numa pilha de pratos comumente encontrada em restaurantes do tipo self-service
- ❑ Os pratos são colocados sempre no topo da pilha pelos empregados e são retirados a partir do topo pelos clientes
- ❑ O prato localizado no fundo da pilha foi o primeiro a ser colocado na pilha e é o último a ser retirado



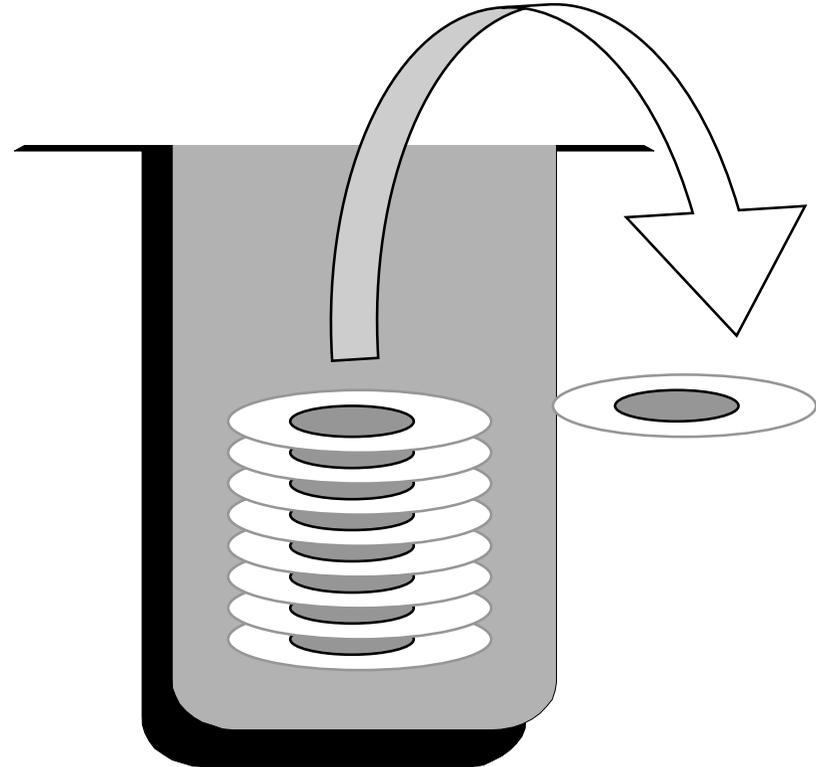
Operações Fundamentais

- ❑ Quando um item é adicionado numa pilha, usa-se a operação **Push** (inserir)



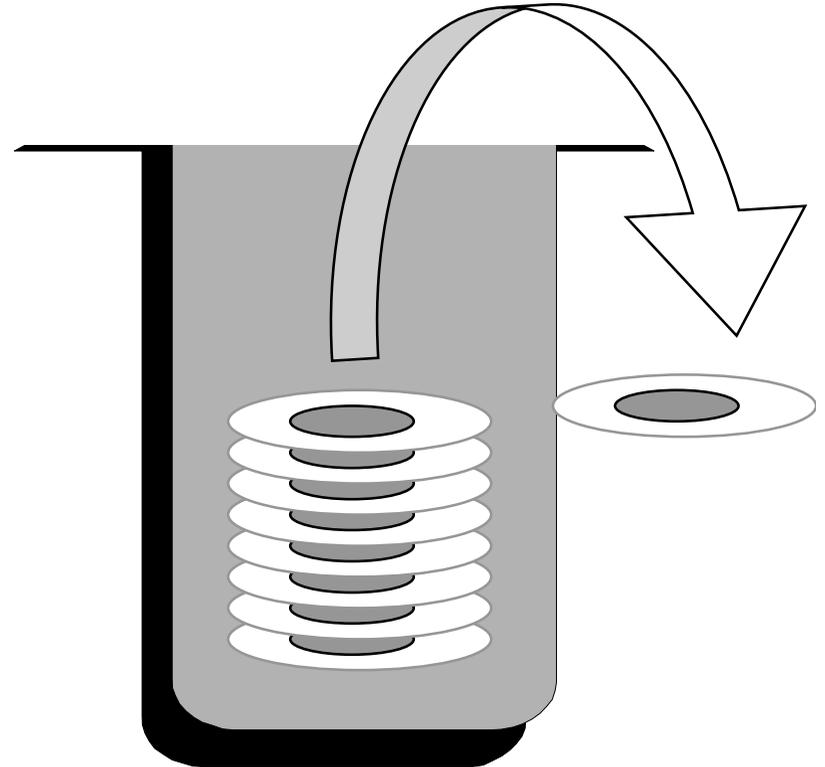
Operações Fundamentais

- ❑ Quando um item é adicionado numa pilha, usa-se a operação **Push** (inserir)
- ❑ Quando um item é retirado de uma pilha, usa-se a operação **Pop** (retirar)



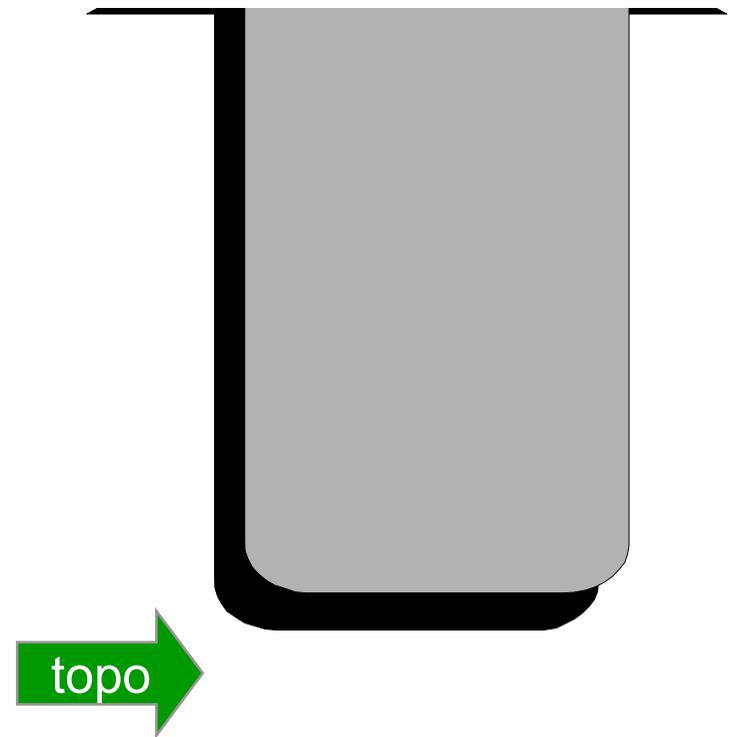
LIFO

- ❑ O último item inserido (**Push**) na pilha é sempre o primeiro a ser retirado (**Pop**)
- ❑ Esta propriedade é denominada *Last In, First Out* (último a entrar, primeiro a sair) ou **LIFO**



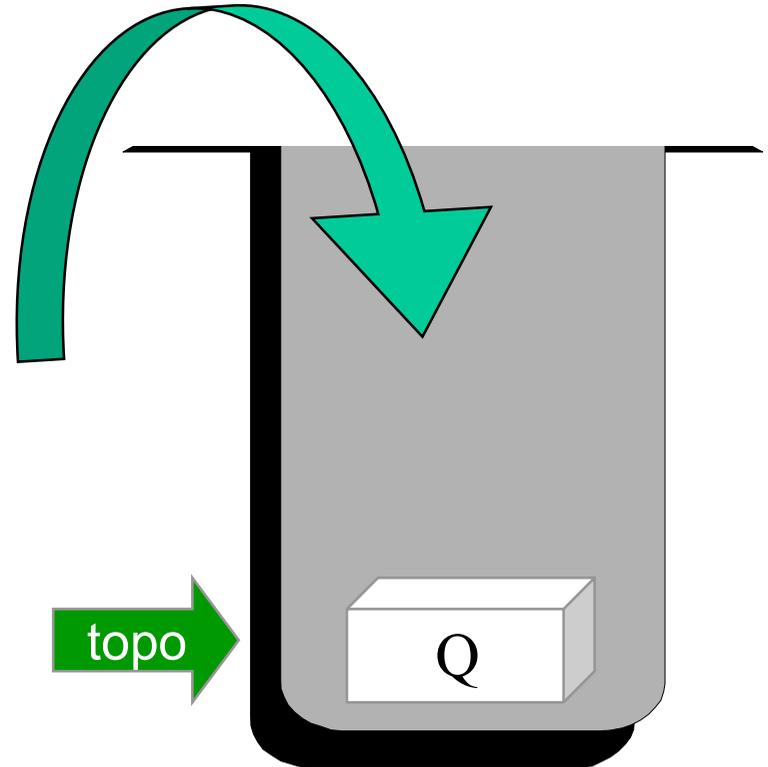
Exemplo

- ❑ pilha vazia inicialmente



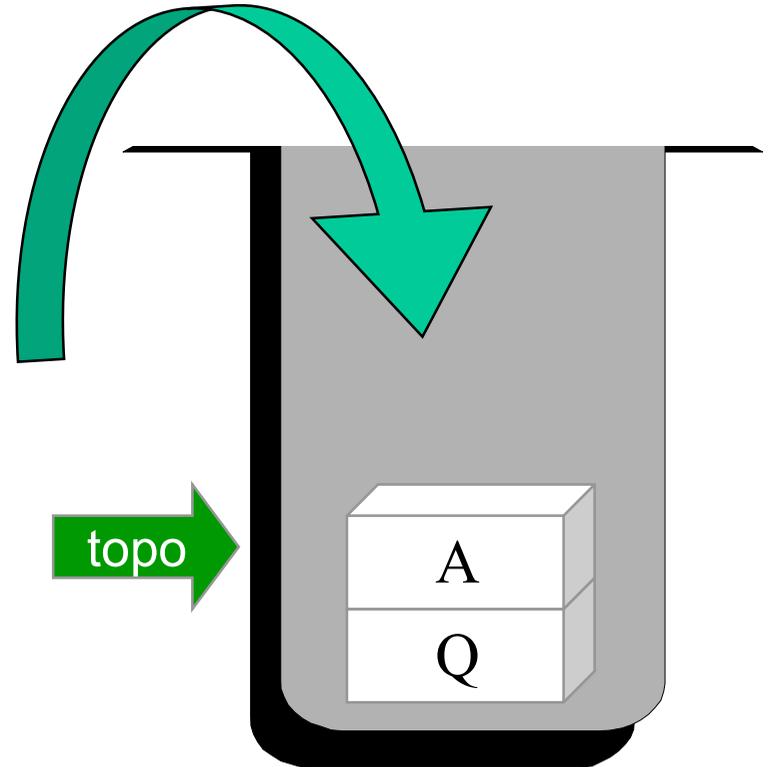
Exemplo

- ❑ pilha vazia inicialmente
- ❑ inserir (push) caixa Q



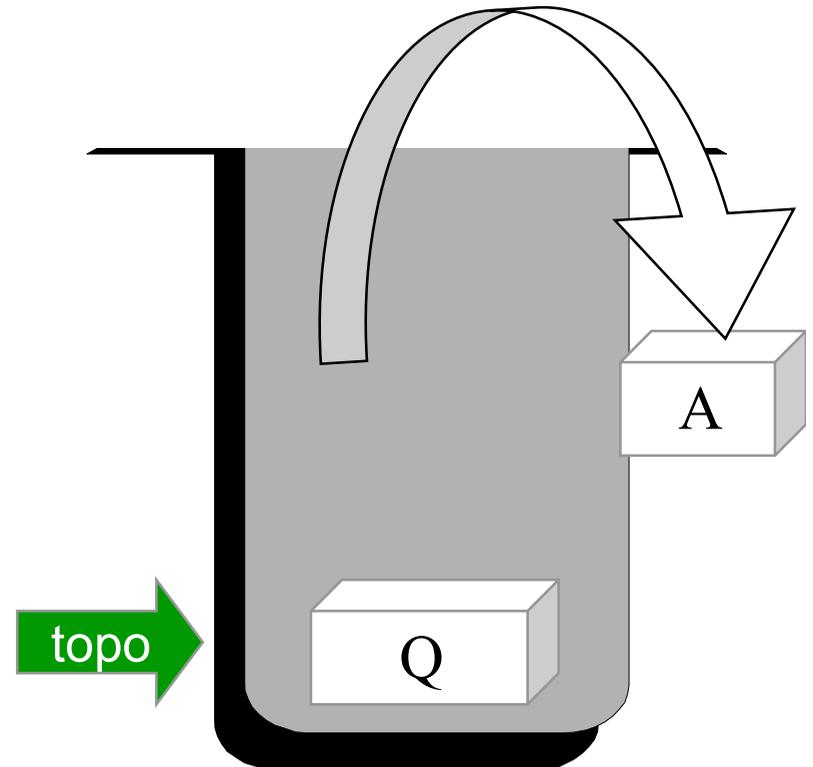
Exemplo

- ❑ pilha vazia inicialmente
- ❑ inserir (push) caixa Q
- ❑ inserir (push) caixa A



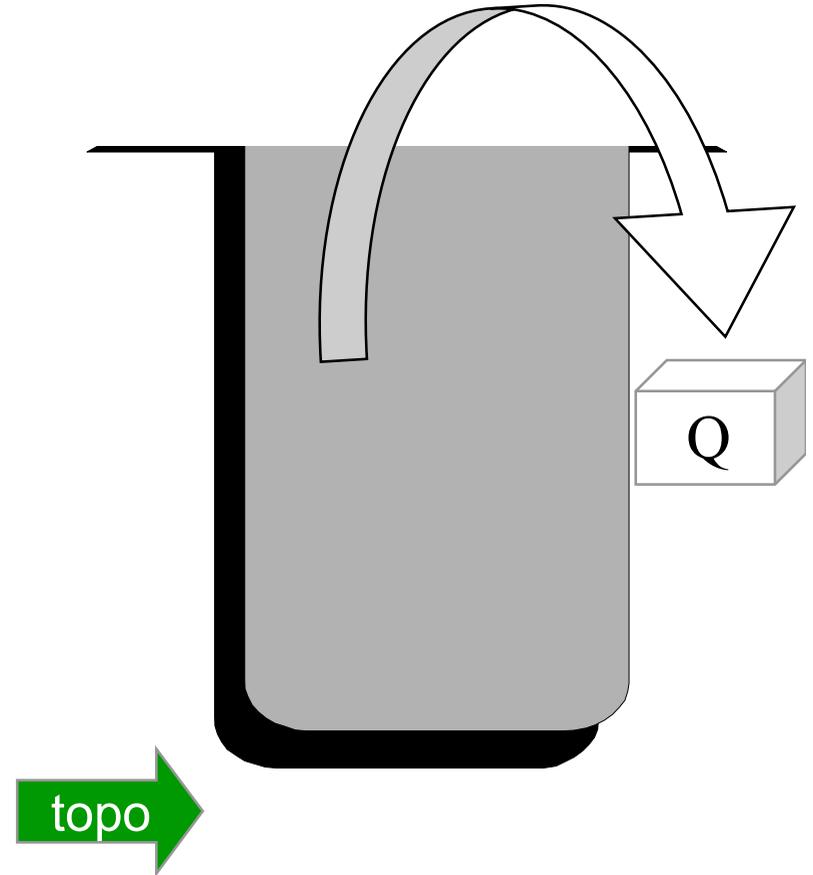
Exemplo

- ❑ pilha vazia inicialmente
- ❑ inserir (push) caixa Q
- ❑ inserir (push) caixa A
- ❑ remover (pop) uma caixa



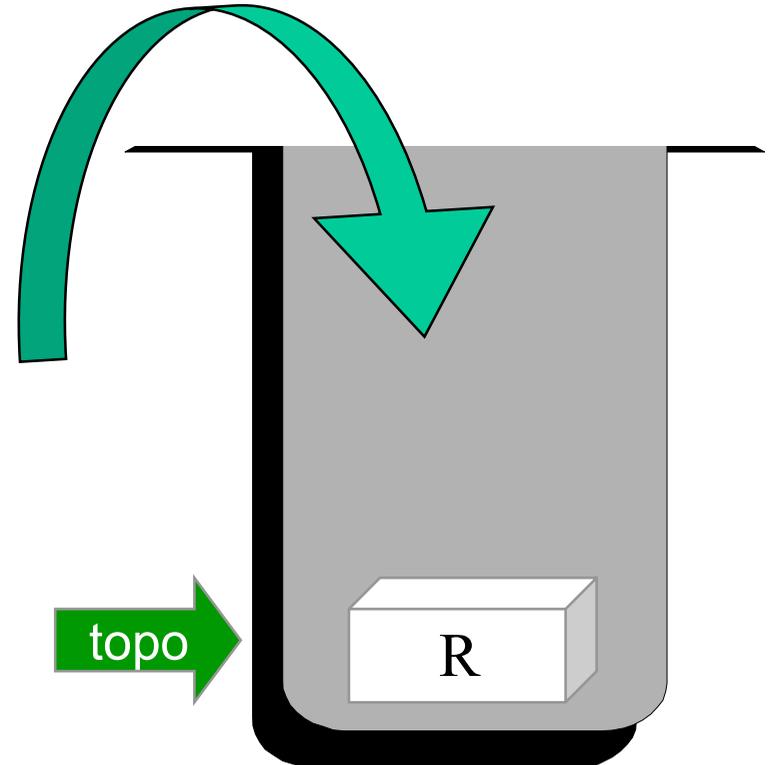
Exemplo

- ❑ pilha vazia inicialmente
- ❑ inserir (push) caixa Q
- ❑ inserir (push) caixa A
- ❑ remover (pop) uma caixa
- ❑ remover (pop) uma caixa



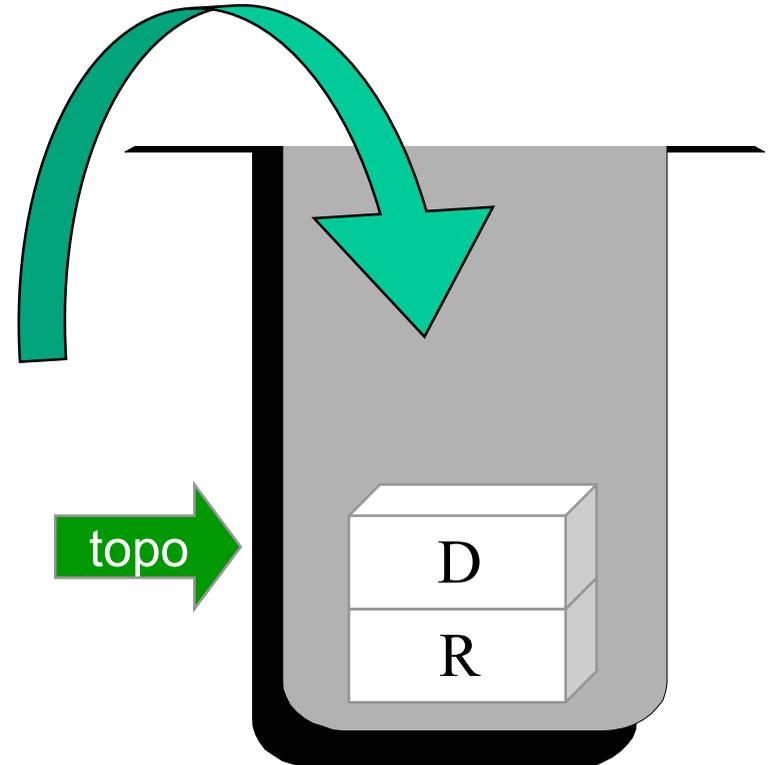
Exemplo

- ❑ pilha vazia inicialmente
- ❑ inserir (push) caixa Q
- ❑ inserir (push) caixa A
- ❑ remover (pop) uma caixa
- ❑ remover (pop) uma caixa
- ❑ inserir (push) caixa R



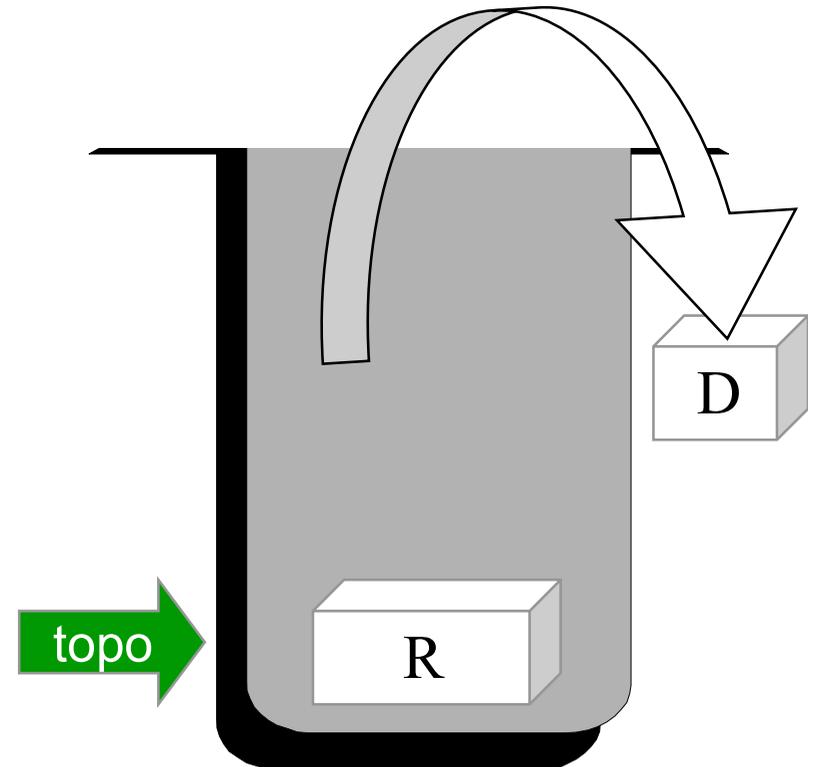
Exemplo

- ❑ pilha vazia inicialmente
- ❑ inserir (push) caixa Q
- ❑ inserir (push) caixa A
- ❑ remover (pop) uma caixa
- ❑ remover (pop) uma caixa
- ❑ inserir (push) caixa R
- ❑ inserir (push) caixa D



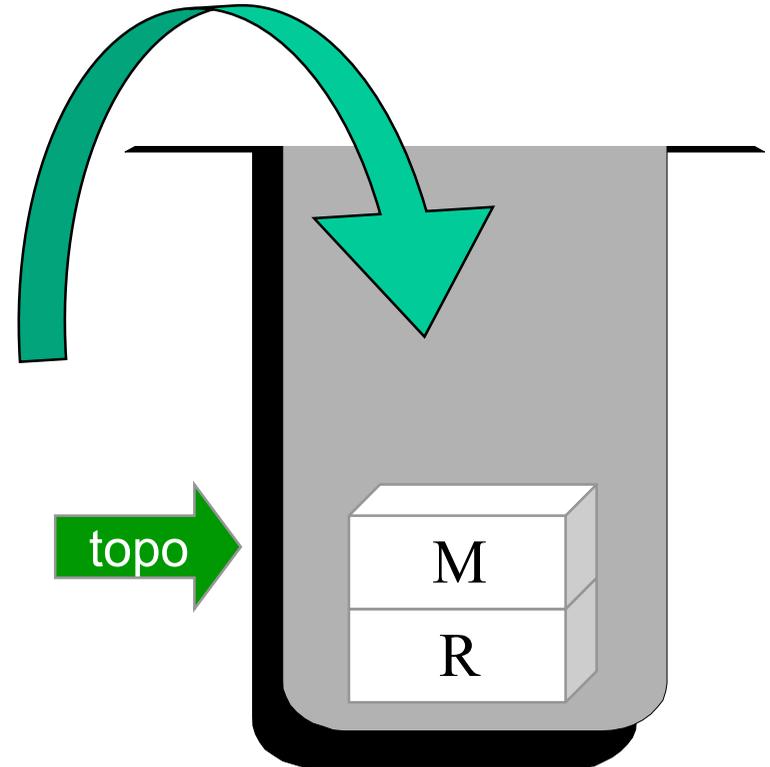
Exemplo

- ❑ pilha vazia inicialmente
- ❑ inserir (push) caixa Q
- ❑ inserir (push) caixa A
- ❑ remover (pop) uma caixa
- ❑ remover (pop) uma caixa
- ❑ inserir (push) caixa R
- ❑ inserir (push) caixa D
- ❑ remover (pop) uma caixa



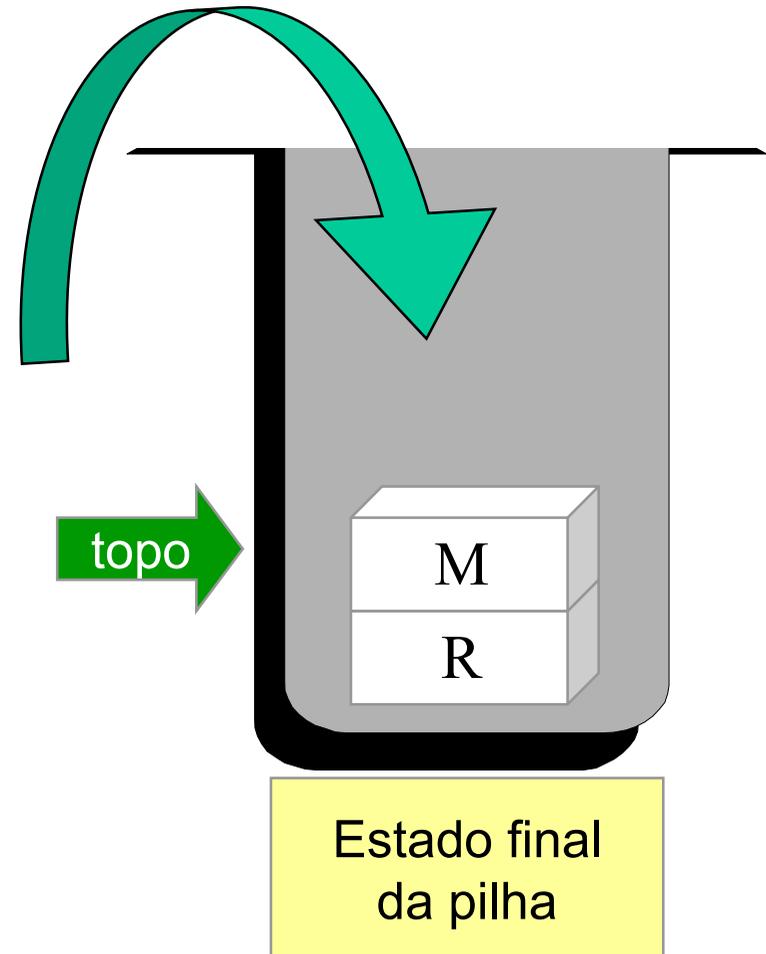
Exemplo

- ❑ pilha vazia inicialmente
- ❑ inserir (push) caixa Q
- ❑ inserir (push) caixa A
- ❑ remover (pop) uma caixa
- ❑ remover (pop) uma caixa
- ❑ inserir (push) caixa R
- ❑ inserir (push) caixa D
- ❑ remover (pop) uma caixa
- ❑ inserir (push) caixa M



Exemplo

- ❑ pilha vazia inicialmente
- ❑ inserir (push) caixa Q
- ❑ inserir (push) caixa A
- ❑ remover (pop) uma caixa
- ❑ remover (pop) uma caixa
- ❑ inserir (push) caixa R
- ❑ inserir (push) caixa D
- ❑ remover (pop) uma caixa
- ❑ inserir (push) caixa M



Exemplo: Invertendo uma Linha

- ❑ Suponha que você precisa de um procedimento que leia uma linha e escreva-a de forma reversa (de trás para frente)
- ❑ Isto pode ser feito simplesmente inserindo (push) cada caracter numa pilha à medida que ele é lido
- ❑ Quando a linha estiver terminada, basta retirar (pop) os caracteres da pilha e eles virão em ordem reversa

Invertendo uma Linha

```
void ReverseRead()
// Dada uma linha fornecida pelo usuário, escreve-a em ordem reversa
{ Stack line;
  char ch;

  while (! cin.eof() && ! line.Full())
  { cin >> ch;          // Inserir cada caracter da linha para a pilha
    line.Push(ch);
  }
  cout << "\nEsta é a linha em ordem reversa:\n";
  while (! line.Empty())
  { line.Pop(ch);      // Retirar cada caracter da pilha e escrevê-lo
    cout << ch;
  }
  cout << endl;
} // end ReverseRead
```

Information Hiding

- ❑ Note que o procedimento **ReverseRead** foi escrito antes de se considerar como realmente a pilha foi implementada
- ❑ Isto é um exemplo de **ocultamento de informação** (*information hiding*)
- ❑ Se alguém já escreveu os métodos para manipulação de pilhas, então podemos usá-los sem conhecer os detalhes de como as pilhas são mantidas na memória ou como as operações em pilhas são realmente efetuadas

Information Hiding

- ❑ *Information hiding* facilita a *mudança de implementação*: se uma implementação é mais eficiente, então apenas as declarações e os métodos de manipulação de pilhas serão alterados
- ❑ O programa torna-se mais *legível*: o aparecimento das palavras Push e Pop alertam quem está lendo sobre o que está ocorrendo
- ❑ Separando o uso de estruturas de dados da sua implementação ajuda a melhorar o projeto *top-down* (do nível maior de abstração para o menor; do menor detalhamento para o maior) tanto de estruturas de dados quanto de programas

Especificação

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

Criação

Stack::Stack();

□ *pré-condição*: nenhuma

□ *pós-condição*: Pilha é criada e iniciada como vazia

Destruição

Stack::~~Stack();

- *pré-condição*: Pilha já tenha sido criada
- *pós-condição*: Pilha é destruída

Status

`bool Stack::Empty();`

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

Status

bool Stack::Full();

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

Operações Básicas

void Stack::Push(StackEntry x);

- *pré-condição*: Pilha já tenha sido criada e não está cheia
- *pós-condição*: O item **x** é armazenado no topo da pilha

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

Operações Básicas

`void Stack::Pop(StackEntry &x);`

- *pré-condição*: Pilha já tenha sido criada e não está vazia
- *pós-condição*: O item no topo da pilha é removido e seu valor é retornado na variável **x**

Outras Operações

`void Stack::Clear();`

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

Outras Operações

`int Stack::Size();`

- ❑ *pré-condição*: Pilha já tenha sido criada
- ❑ *pós-condição*: a função retorna o número de itens na pilha

Outras Operações

`void Stack::Top(StackEntry &x);`

- *pré-condição:* Pilha já tenha sido criada e não está vazia
- *pós-condição:* A variável **x** recebe uma cópia do item no topo da pilha; a pilha permanece inalterada

Pontos Importantes

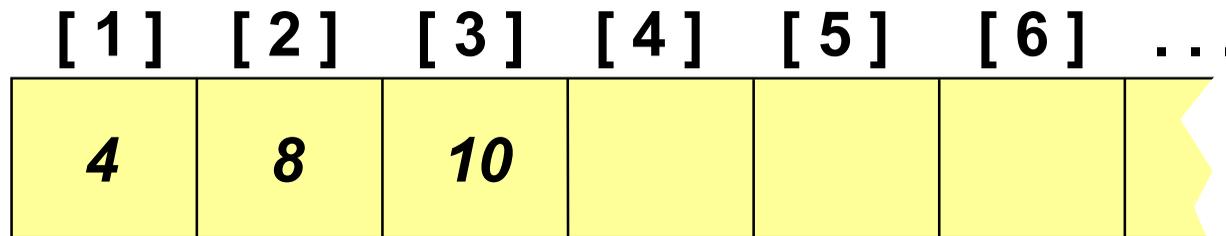
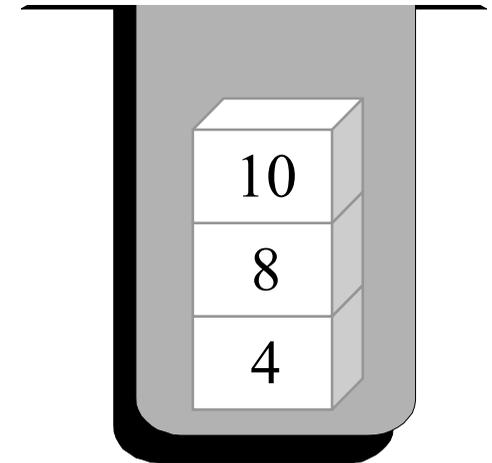
- ❑ Uma analogia útil para uma pilha consiste em pensar em uma pilha de pratos: os pratos são colocados e retirados sempre a partir do topo da pilha
- ❑ As operações básicas são **Push** (insere um elemento na pilha) e **Pop** (retira um elemento da pilha)

Implementação Contígua

- ❑ Veremos inicialmente os detalhes de implementação de pilhas utilizando vetores (*arrays*)
- ❑ Este tipo de implementação é também denominada estática e contígua (ou seqüencial)
- ❑ Logo a seguir, veremos a implementação encadeada dinâmica de pilhas

Implementação Contígua

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

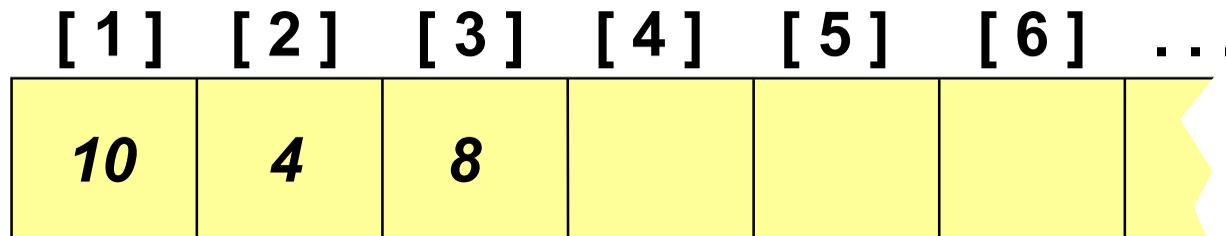
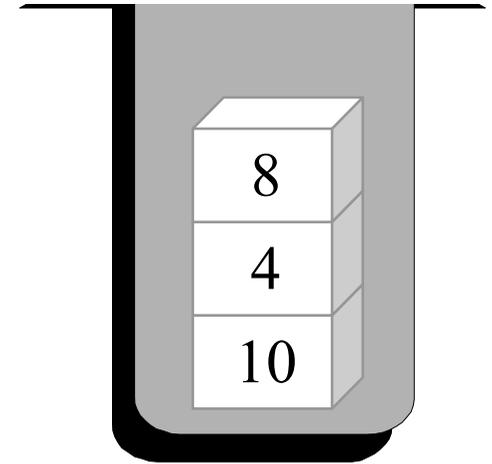


Um vetor de inteiros

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

Implementação Contígua

- ❑ As entradas possuem ordem. A figura abaixo **não** representa a mesma pilha que a anterior...

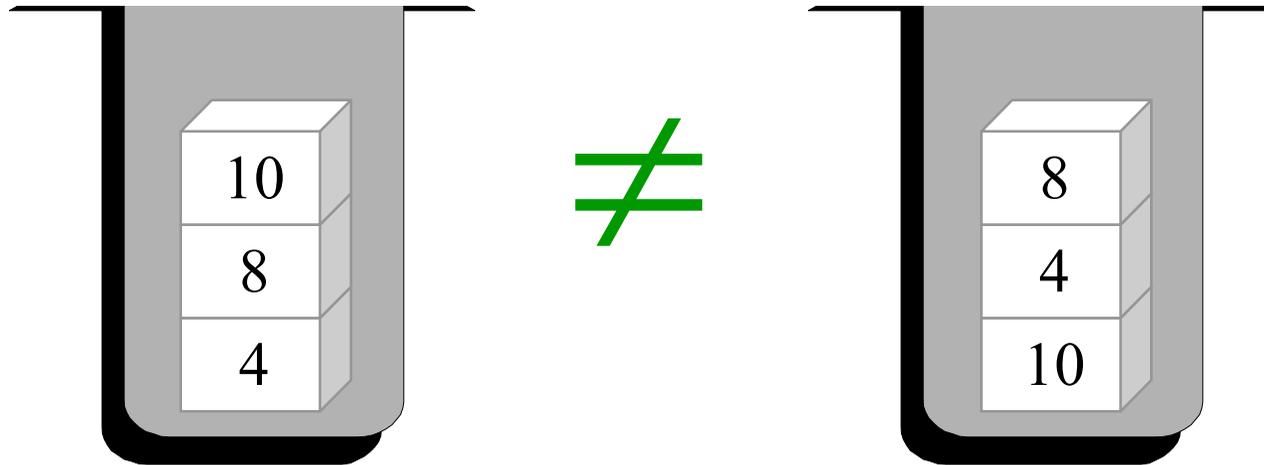


Um vetor de inteiros

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

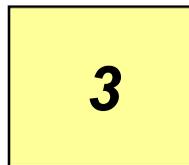
Implementação Contígua

□ Assim...

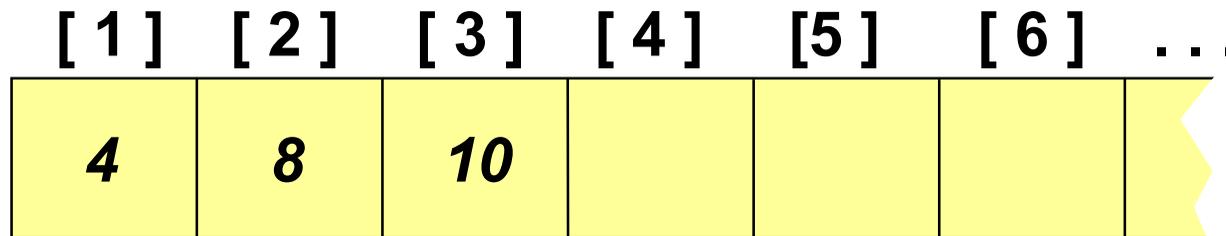
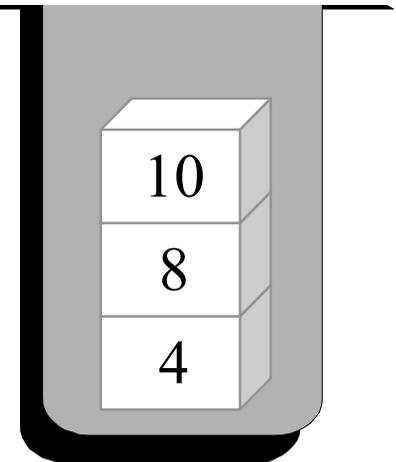


Implementação Contígua

- ❑ Nós precisamos também armazenar o topo da pilha



Um inteiro armazena o topo da pilha

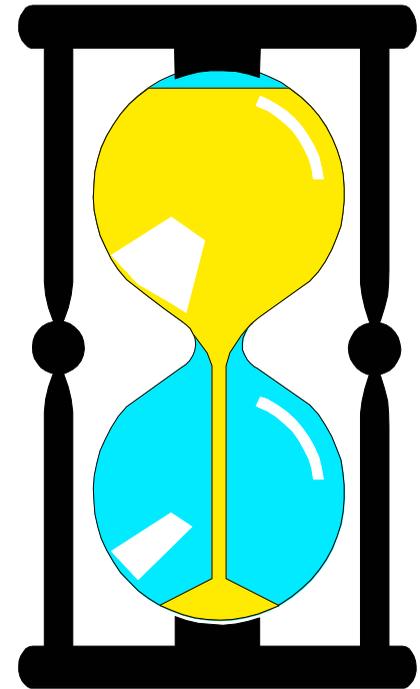


Um vetor de inteiros

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

Questão

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

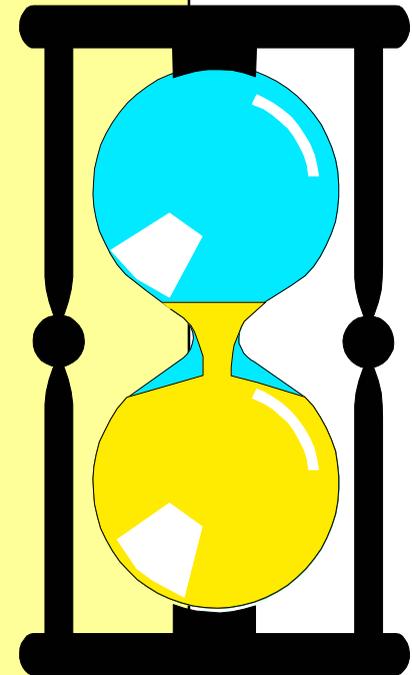


Você tem 3 minutos para escrever a declaração

Uma Solução

```
const int MaxStack = 100;
class Stack
{ public:
    Stack();
    void Push(int x);
    void Pop(int &x);

    ...
private:
    int top; // topo da pilha
    int Entry[MaxStack+1]; // vetor com elementos
};
```



Uma Solução

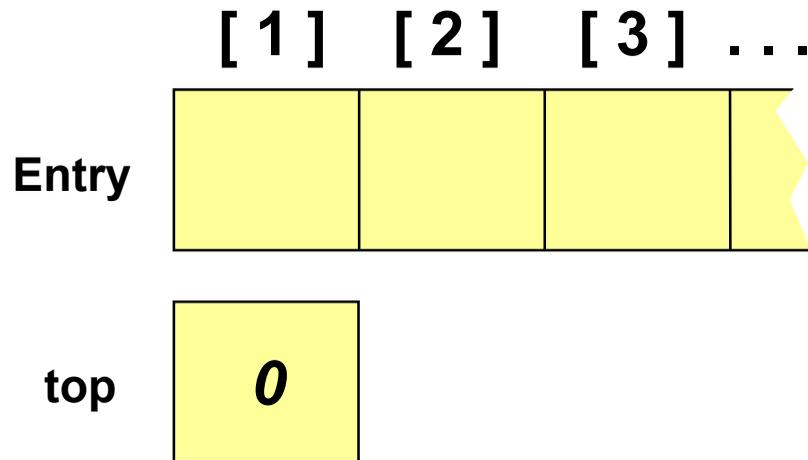
```
const int MaxStack = 100;
class Stack
{ public:
    Stack();
    void Push(int x);
    void Pop(int &x);
    ...
private:
    int top; // topo da pilha
    int Entry[MaxStack+1]; // vetor com elementos
};
```

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

Criação

```
Stack::Stack()
```

A pilha deve iniciar vazia. A convenção é que **top** = 0

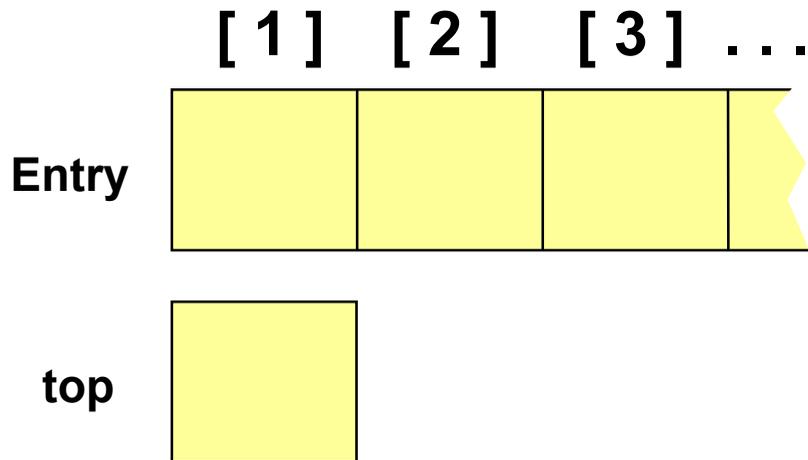


```
Stack::Stack()  
{  
    top = 0;  
}
```

Destruidor

```
Stack::~~Stack()
```

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



```
Stack::~~Stack()
```

```
{
```

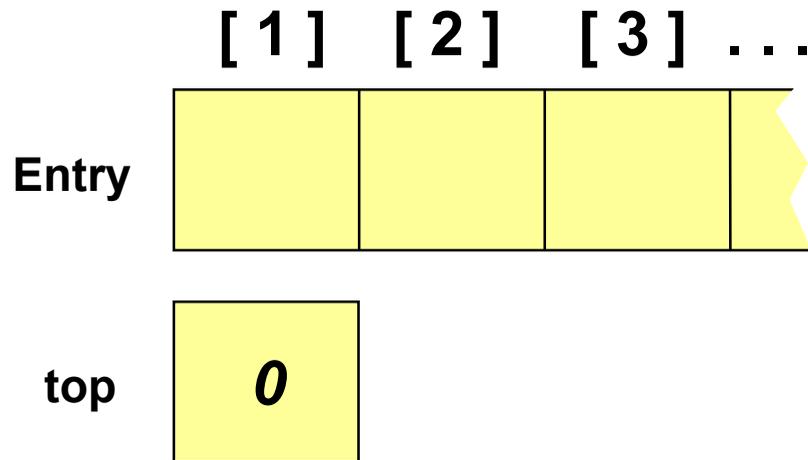
```
    cout << "Pilha destruída";
```

```
}
```

Status: Empty

```
bool Stack::Empty()
```

Lembre-se que a pilha inicia vazia, com **top** = 0...

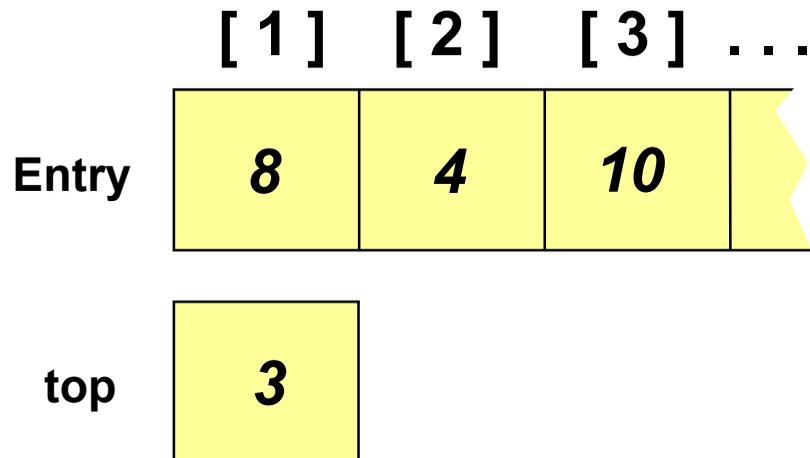


```
bool Stack::Empty()
{
    return (top == 0);
}
```

Status: Full

```
bool Stack::Full()
```

...e que **MaxStack** é o número máximo de elementos da pilha



```
bool Stack::Full()
```

```
{
```

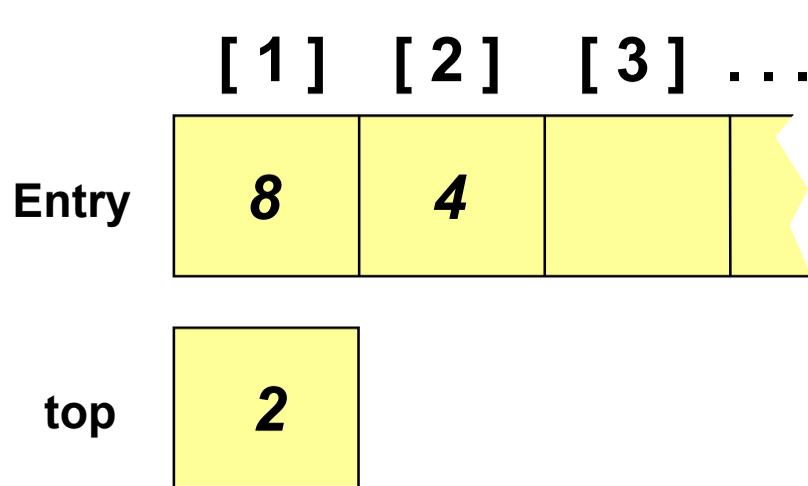
```
    return (top == MaxStack);
```

```
}
```

Operações Básicas: Push

```
void Stack::Push(int x)
```

Nós fazemos uma chamada a
Push(17)

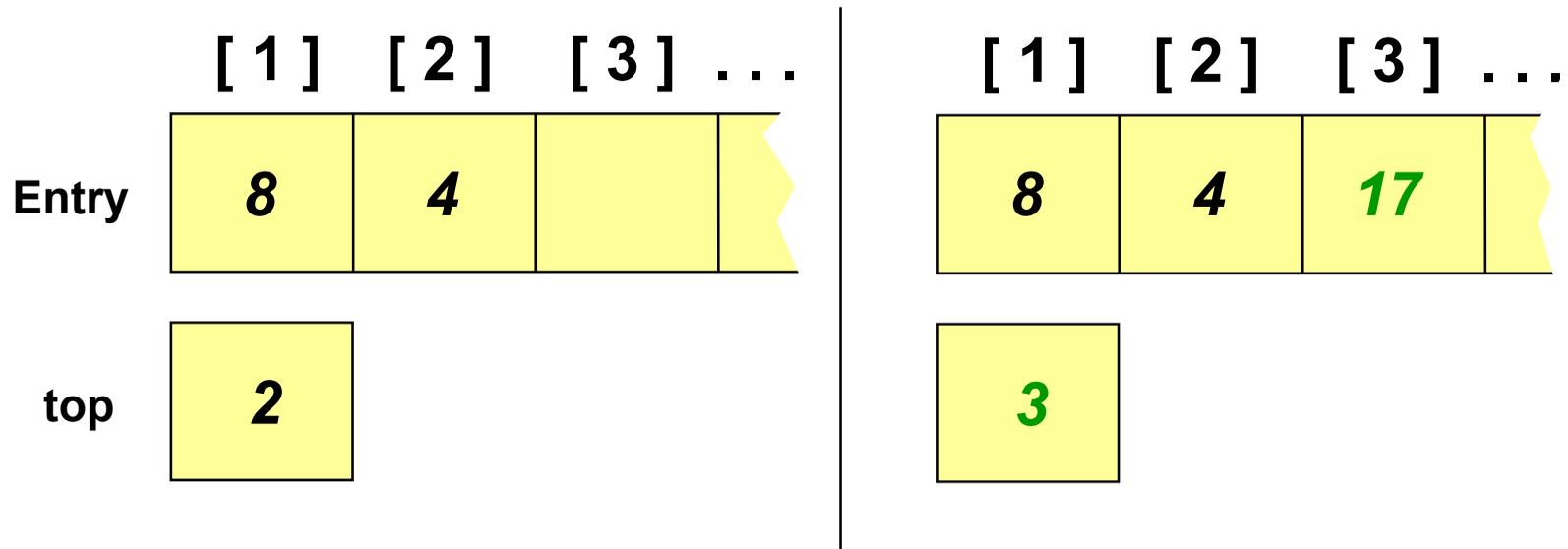


Quais valores serão armazenados em **Entry** e **top** depois que a chamada de procedimento termina?

Operações Básicas: Push

```
void Stack::Push(int x)
```

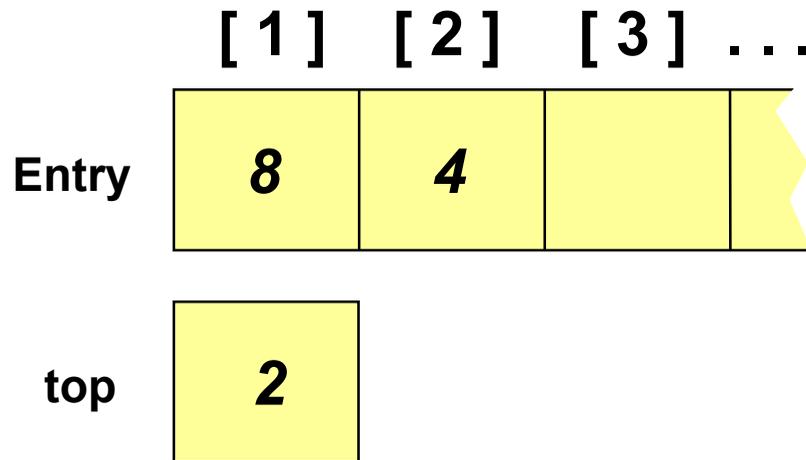
Depois da chamada a Push(17),
nós teremos esta pilha:



Operações Básicas: Push

```
void Stack::Push(int x)
```

Antes de inserir, é conveniente verificar se há espaço na pilha

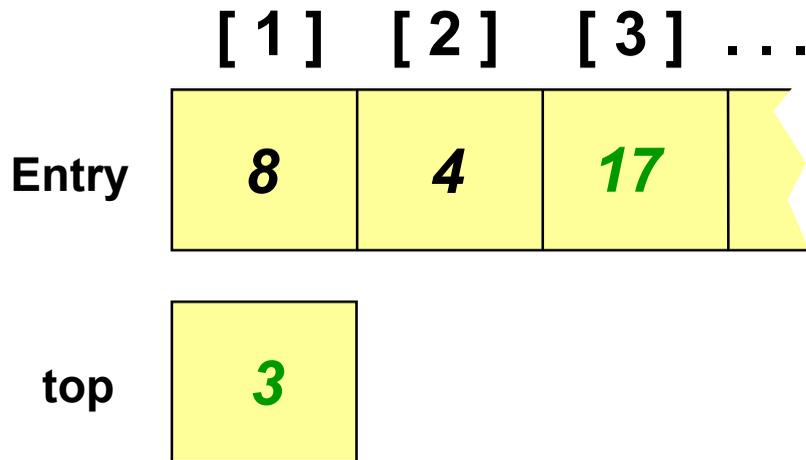


```
void Stack::Push(int x)
{ if (Full())
  { cout << "Pilha Cheia";
    abort();
  }
  ...
}
```

Operações Básicas: Push

```
void Stack::Push(int x)
```

Se houver, basta inserir na próxima posição livre do vetor



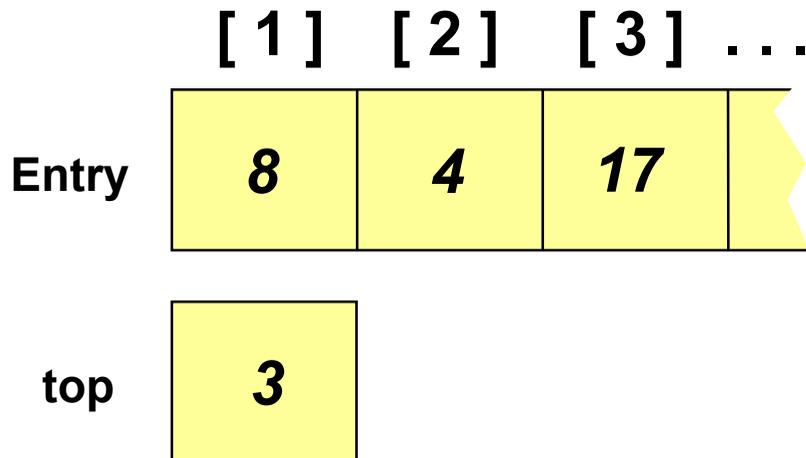
```
void Stack::Push(int x)
{ if (Full())
  { cout << "Pilha Cheia";
    abort();
  }

  top++;
  Entry[top] = x;
}
```

Operações Básicas: Pop

```
void Stack::Pop(int &x)
```

Nós fazemos uma chamada a
Pop(x)

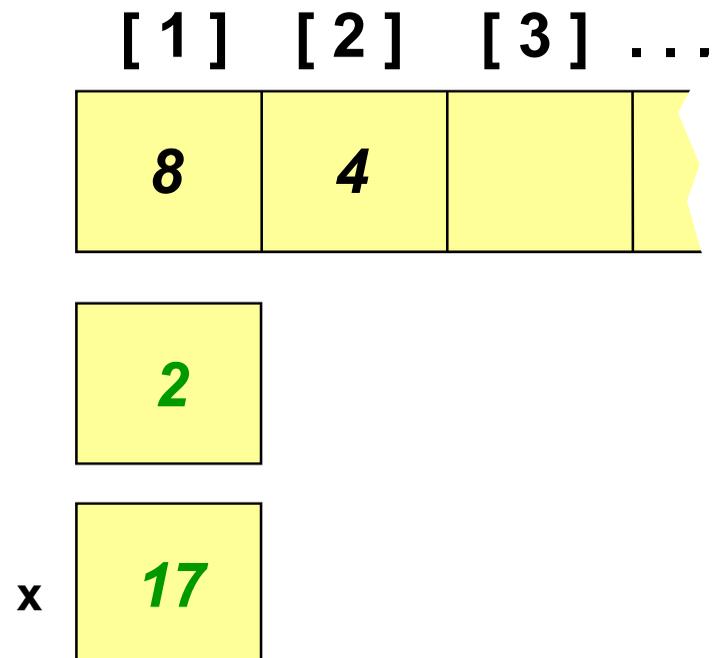
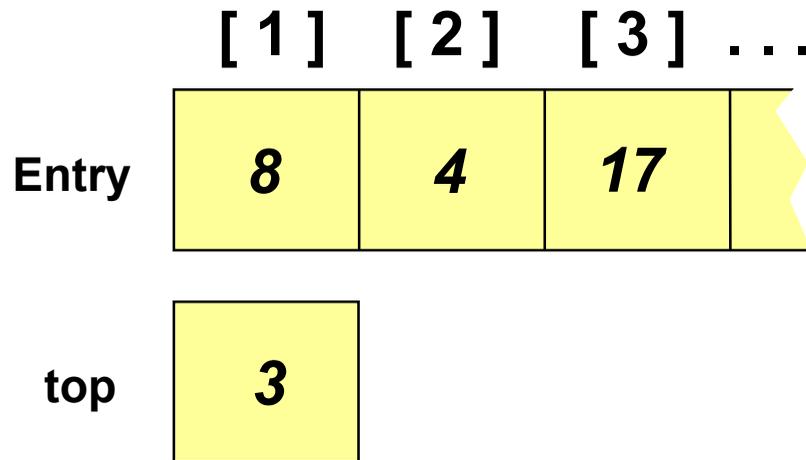


Quais valores serão armazenados em **Entry**, **top** e **x** depois que a chamada de procedimento termina?

Operações Básicas: Pop

```
void Stack::Pop(int &x)
```

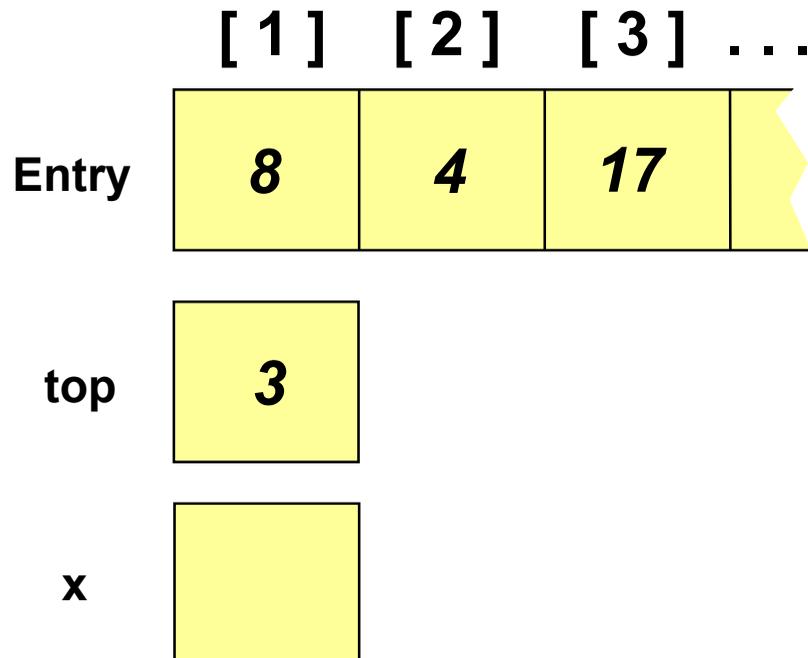
Depois da chamada a Pop(x),
nós teremos esta pilha:



Operações Básicas: Pop

```
void Stack::Pop(int &x)
```

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

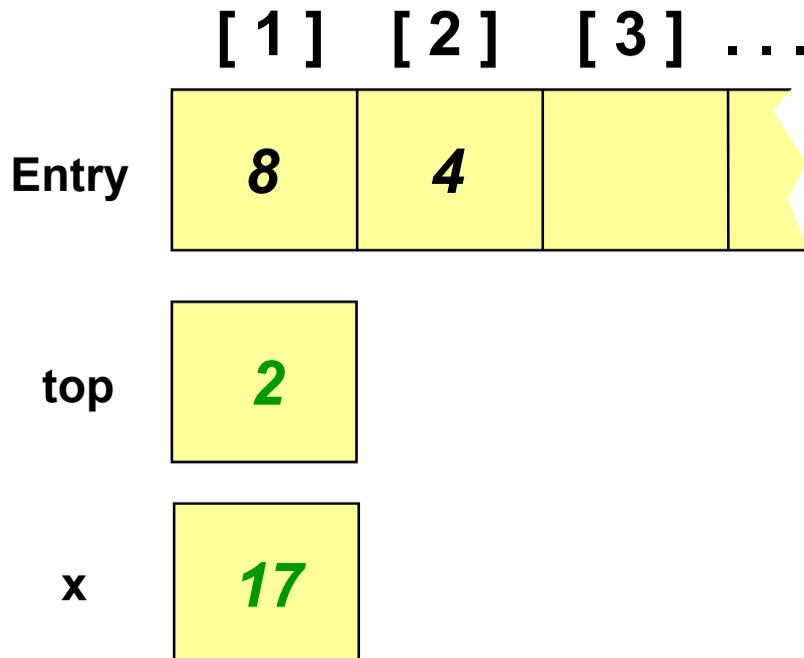


```
void Stack::Pop(int &x)
{ if (Empty())
  { cout << "Pilha Vazia";
    abort();
  }
  ...
}
```

Operações Básicas: Pop

```
void Stack::Pop(int &x)
```

Se não estiver vazia, basta retirar o elemento do topo do vetor



```
void Stack::Pop(int &x)
{ if (Empty())
  { cout << "Pilha Vazia";
    abort();
  }

  x = Entry[top] ;
  top = top - 1;
}
```

Exercícios

- Defina a operação Clear utilizando apenas as operações Empty e Pop
- Defina a operação Clear utilizando diretamente com os campos do objeto (vetor e topo)
- Defina a operação Top utilizando apenas Push e Pop e Empty
- Defina a operação Top utilizando diretamente com os campos do objeto (vetor e topo)
- Defina a operação Size
- Quais as vantagens e desvantagens de cada uma destas construções?

Solução Clear

❑ Usando apenas Empty e Pop

```
void Stack::Clear()
{ int x;

  while(! Empty())
    Pop(x);
}
```

❑ Utilizando campos do objeto

```
void Stack::Clear()
{
  top = 0;
}
```

Solução Top

- ❑ Usando apenas Push e Pop

```
void Stack::Top(int &x)
{ if(Empty())
  { cout << "Pilha vazia";
    abort();
  }
  Pop(x);
  Push(x);
}
```

- ❑ Utilizando campos do objeto

```
void Stack::Top(int &x)
{ if(top == 0)
  { cout << "Pilha vazia";
    abort();
  }
  x = Entry[top];
}
```

Solução Size

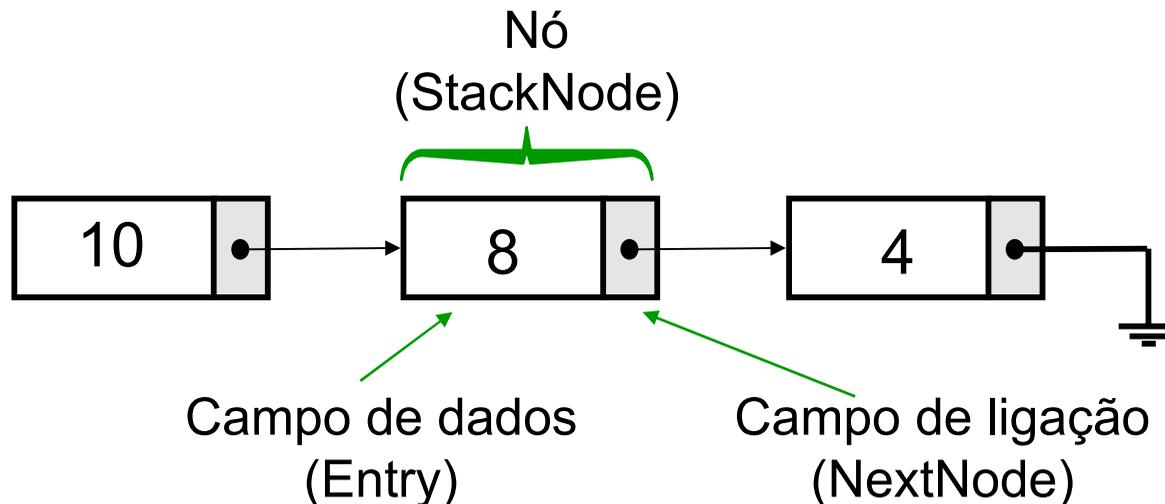
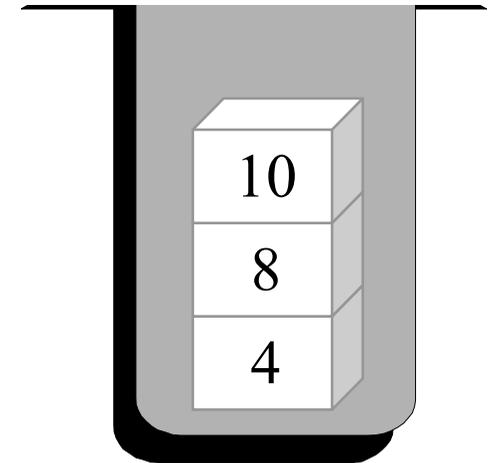
```
int Stack::Size()  
{  
    return top;  
}
```

Pontos Importantes

- ❑ Até este ponto vimos uma forma de implementação de pilhas, usando vetores
- ❑ A vantagem de usar vetores é a simplicidade dos programas
- ❑ Uma desvantagem deste tipo de implementação é que o tamanho da pilha é definido *a priori* pelo programador, desperdiçando espaço não utilizado
- ❑ Nos próximos *slides*, veremos uma implementação diferente, que otimiza a quantidade de memória utilizada

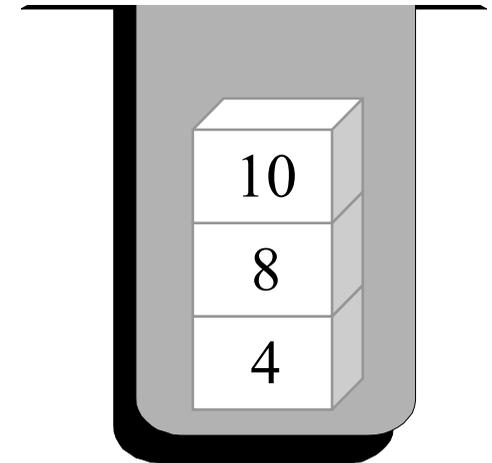
Implementação Dinâmica

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

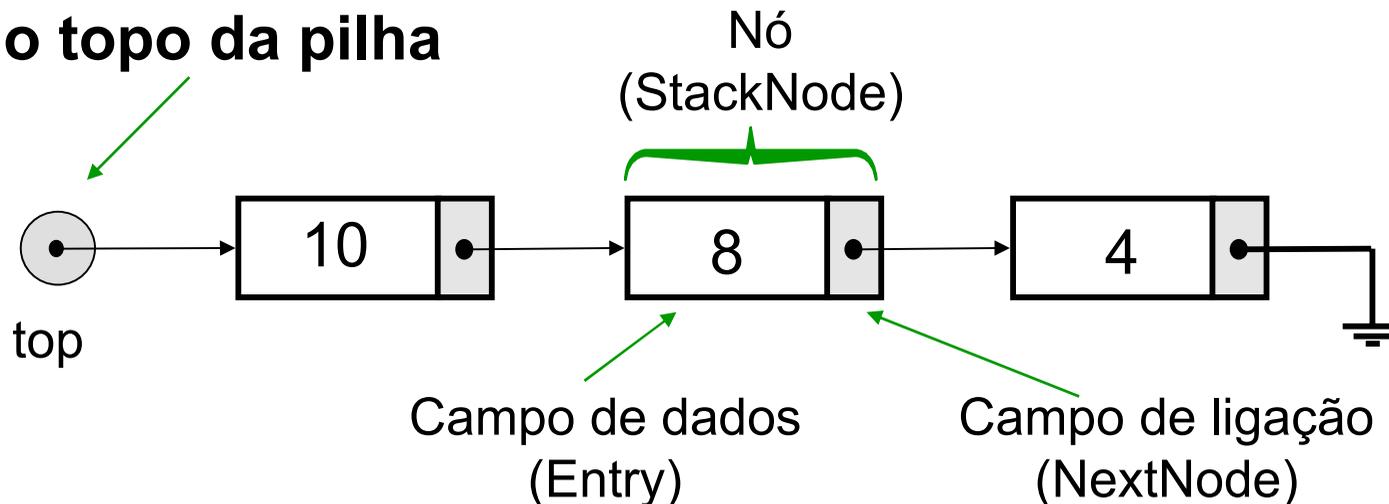


Implementação Dinâmica

- ❑ Nós precisamos também armazenar o topo da pilha

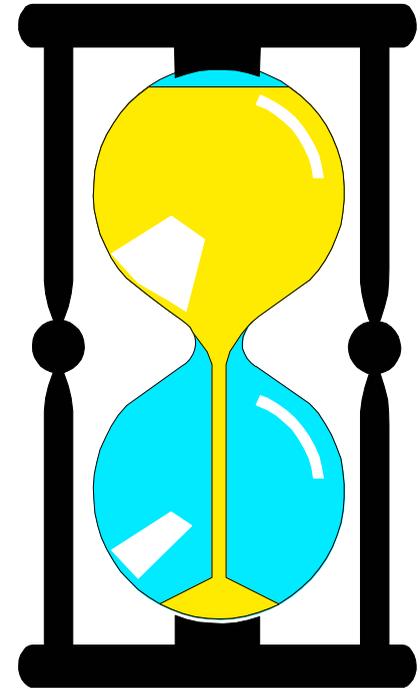


Um ponteiro armazena o topo da pilha



Questão

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

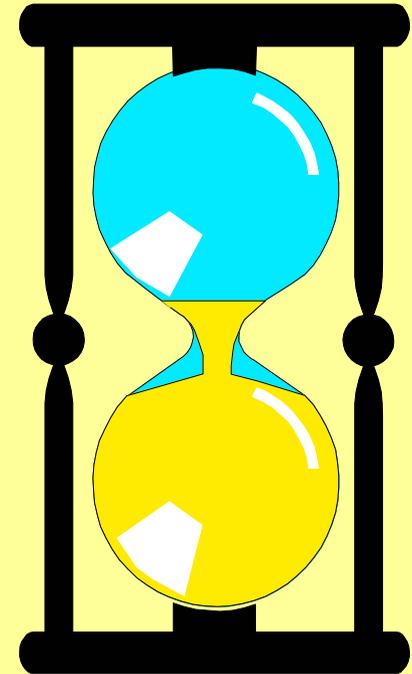


Você tem 5 minutos para escrever a declaração

Uma Solução

```
class Stack
{ public:
    Stack();
    void Push(int x);
    void Pop(int &x);
    ...
private:
    // declaração de tipos
    struct StackNode
    { int Entry;    // tipo de dado colocado na pilha
      StackNode *NextNode; // ligação para próximo
                          // elemento na pilha
    };
    typedef StackNode *StackPointer;

    // declaração de campos
    StackPointer top; // Topo da pilha
};
```



Uma Solução

```
class Stack
{ public:
    Stack();
    void Push(int x);
    void Pop(int &x);
    ...
private:
    // declaração de tipos
    struct StackNode
    { int Entry;    // tipo de dado colocado na pilha
      StackNode *NextNode; // ligação para próximo
                        // elemento na pilha
    };
    typedef StackNode *StackPointer;

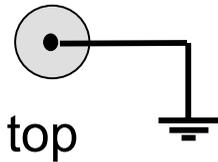
    // declaração de campos
    StackPointer top; // Topo da pilha
};
```

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

Criação

```
Stack::Stack()
```

A pilha deve iniciar vazia, ou seja,
top está “aterrado”

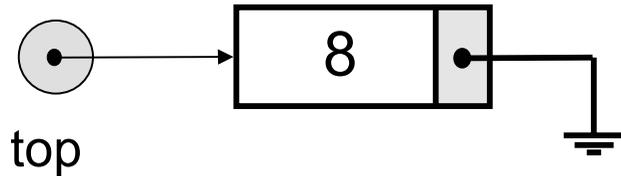


```
Stack::Stack()  
{  
    top = NULL;  
}
```

Destruição

```
Stack::~~Stack()
```

Usando alocação dinâmica a pilha, o destruidor deve retirar todos os elementos da pilha enquanto ela não estiver vazia. Lembre-se que atribuir NULL a **top** não libera o espaço alocado anteriormente!

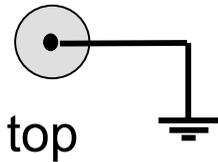


```
Stack::~~Stack()  
{ int x;  
  while ( ! Empty() )  
    Pop(x);  
}
```

Status: Empty

```
bool Stack::Empty()
```

Lembre-se que a pilha inicia vazia, com **top** = NULL...

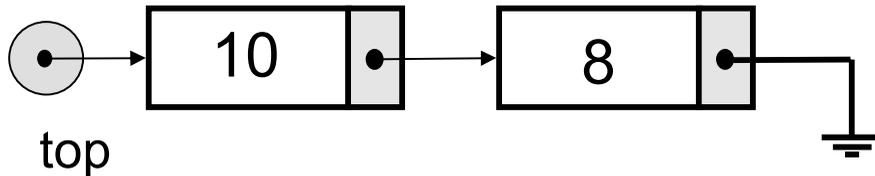


```
bool Stack::Empty()
{
    return (top == NULL);
}
```

Status: Full

```
bool Stack::Full()
```

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



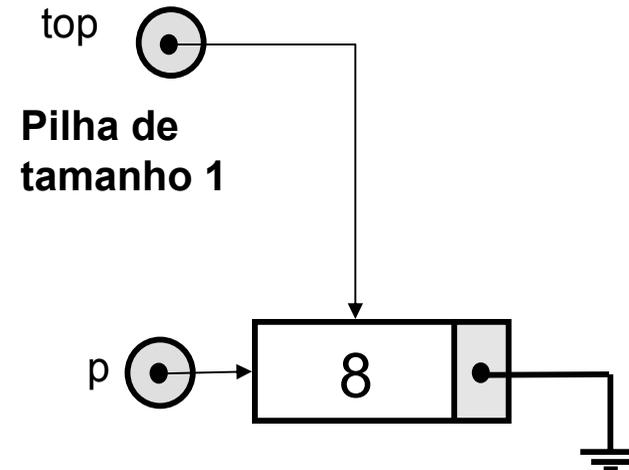
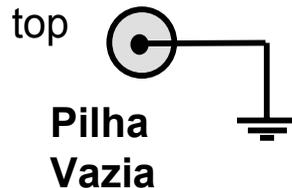
```
bool Stack::Full()
```

```
{  
    return false;  
}
```

Operações Básicas: Push

```
void Stack::Push(int x)
```

Considere agora uma pilha vazia, o que significa **top** = NULL e adicione o primeiro nó. Assuma que esse nó já foi criado em algum lugar na memória e pode ser localizado usando uma variável **p** do tipo ponteiro (StackPointer)



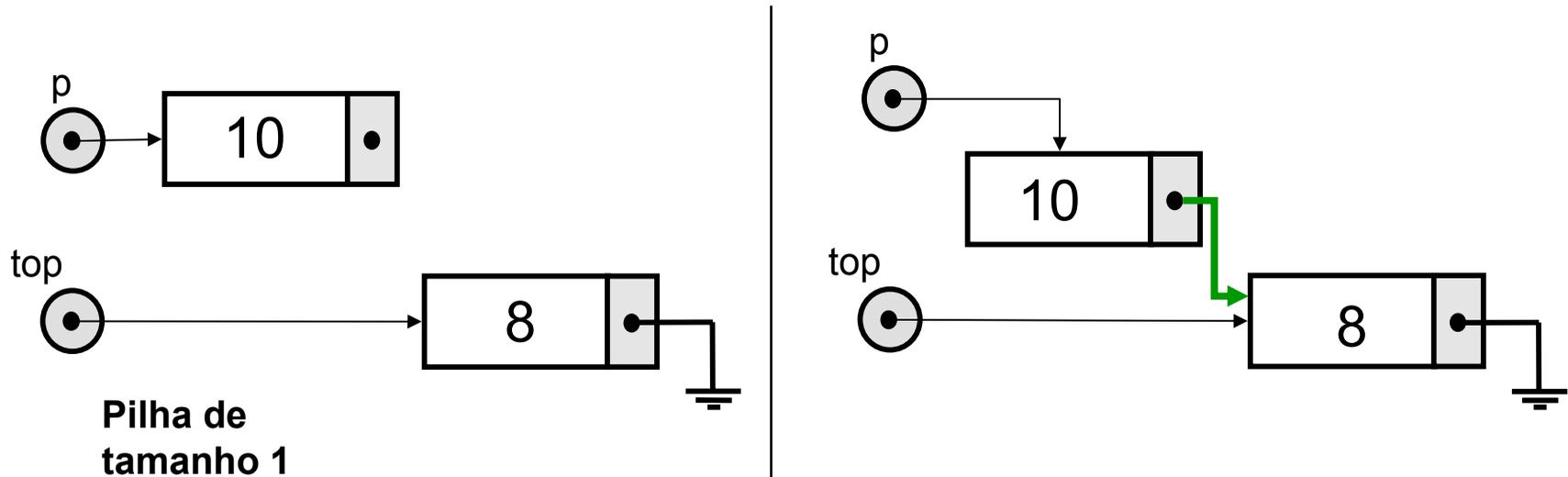
Operações Básicas: Push

```
void Stack::Push(int x)
```

Assim, colocando (Push) **p** na pilha consiste nas instruções:

```
p->NextNode = top;
```

...

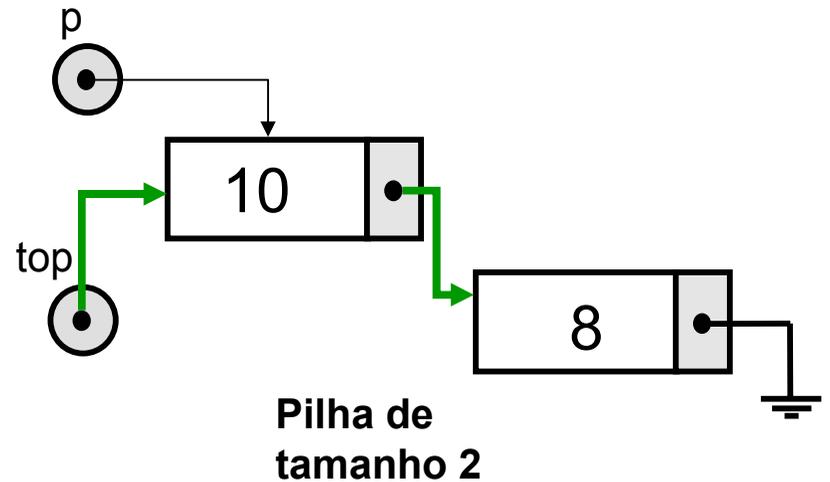
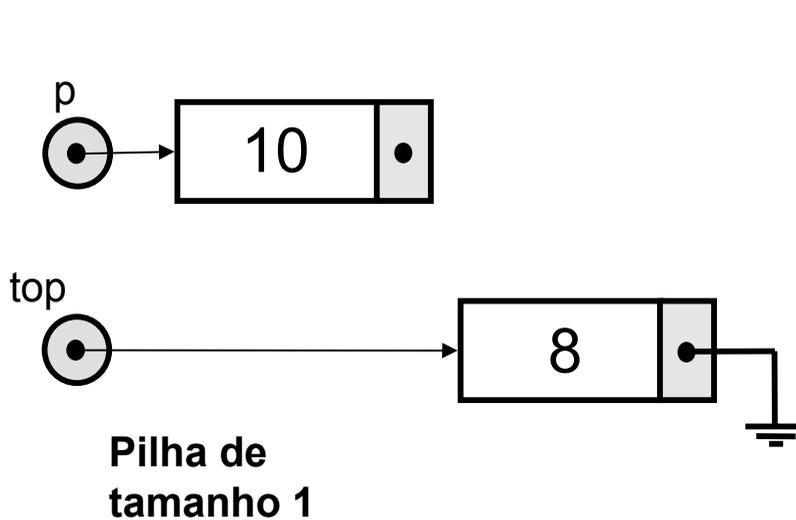


Operações Básicas: Push

```
void Stack::Push(int x)
```

Assim, colocando (Push) **p** na pilha consiste nas instruções:

```
p->NextNode = top;  
top = p;
```

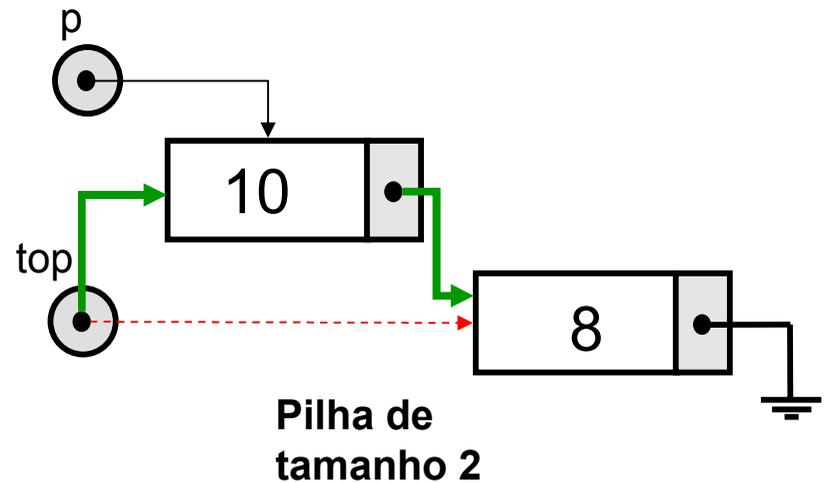
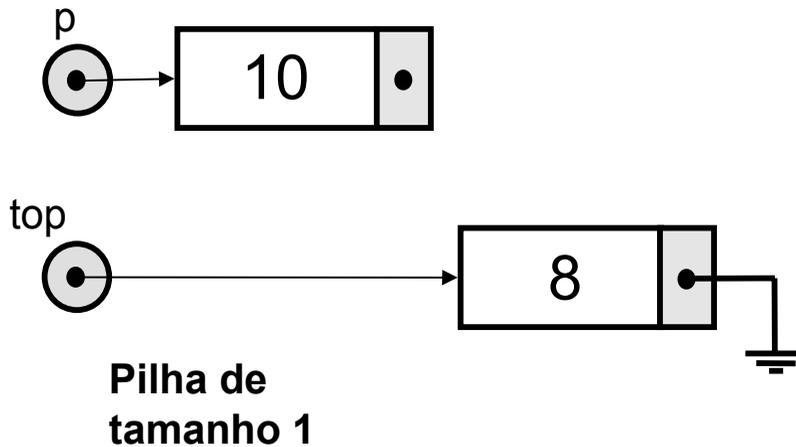


Operações Básicas: Push

```
void Stack::Push(int x)
```

Assim, colocando (Push) **p** na pilha consiste nas instruções:

```
p->NextNode = top;  
top = p;
```

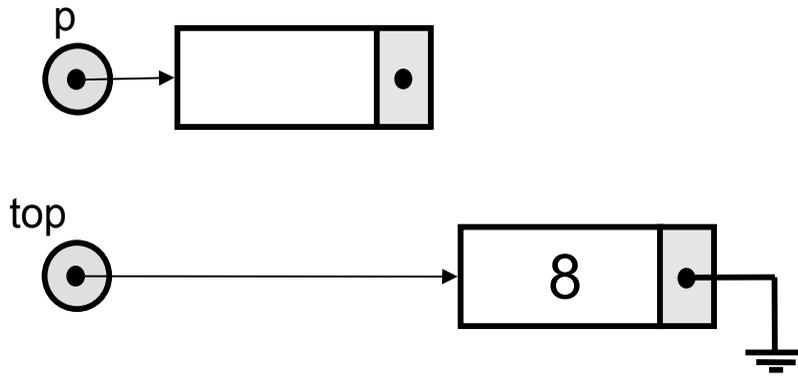


A ligação tracejada foi removida
As ligações em negrito foram adicionadas

Operações Básicas: Push

```
void Stack::Push(int x)
```

Inicialmente, alocamos o novo nó,
usando o ponteiro **p**



```
void Stack::Push(int x)  
{ StackPointer p;
```

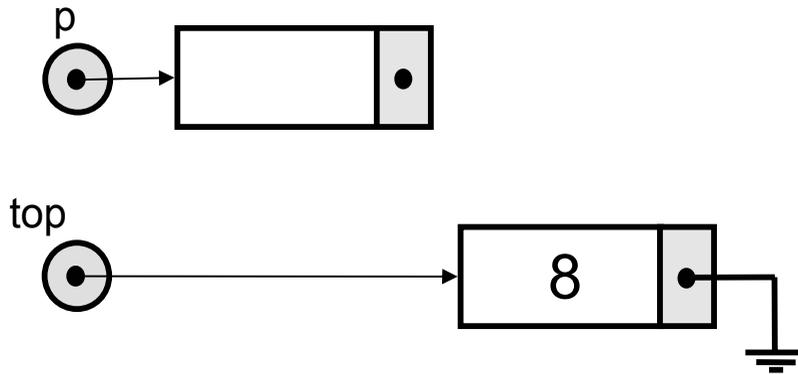
```
  p = new StackNode;  
  ...
```

```
}
```

Operações Básicas: Push

```
void Stack::Push(int x)
```

Inicialmente, alocamos o novo nó, usando o ponteiro **p**. Se não houver espaço na memória, escrevemos uma mensagem de erro e terminamos



```
void Stack::Push(int x)  
{ StackPointer p;
```

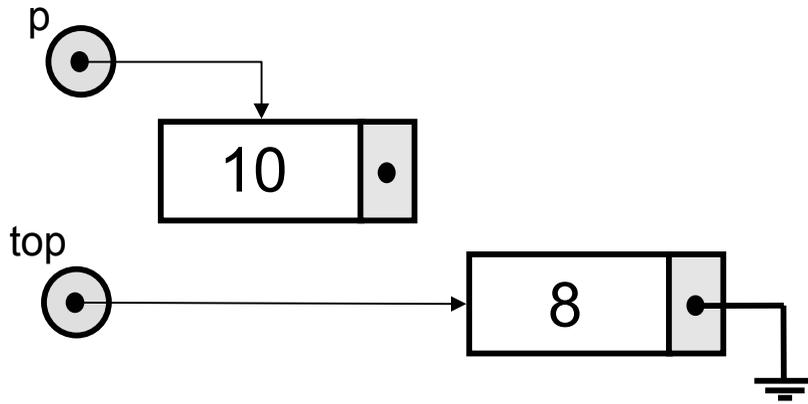
```
  p = new StackNode;  
  if(p == NULL)  
  { cout << "Memoria insuficiente";  
    abort();  
  }  
  ...
```

```
}
```

Operações Básicas: Push

```
void Stack::Push(int x)
```

Caso contrário, colocamos o elemento **x** no campo de dados de **p**



```
void Stack::Push(int x)  
{ StackPointer p;
```

```
    p = new StackNode;  
    if(p == NULL)  
    { cout << "Memoria insuficiente";  
      abort();  
    }  
}
```

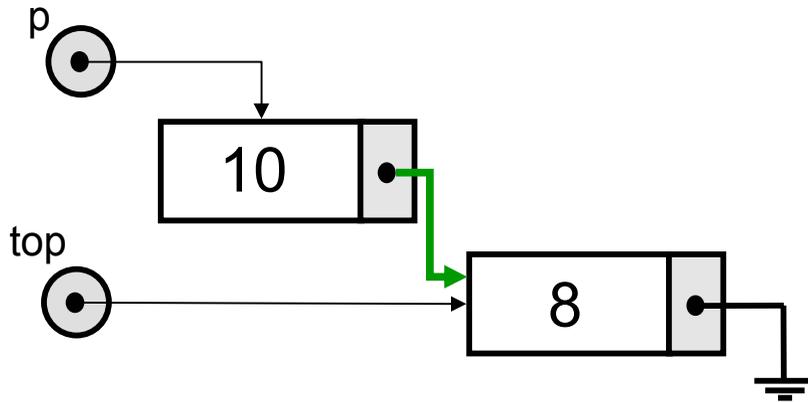
```
    p->Entry = x;  
    ...
```

```
}
```

Operações Básicas: Push

```
void Stack::Push(int x)
```

Caso contrário, colocamos o elemento **x** no campo de dados de **p** e alteramos os ponteiros



```
void Stack::Push(int x)  
{ StackPointer p;
```

```
    p = new StackNode;  
    if(p == NULL)  
    { cout << "Memória insuficiente";  
      abort();  
    }
```

```
    p->Entry = x;  
    p->NextNode = top;
```

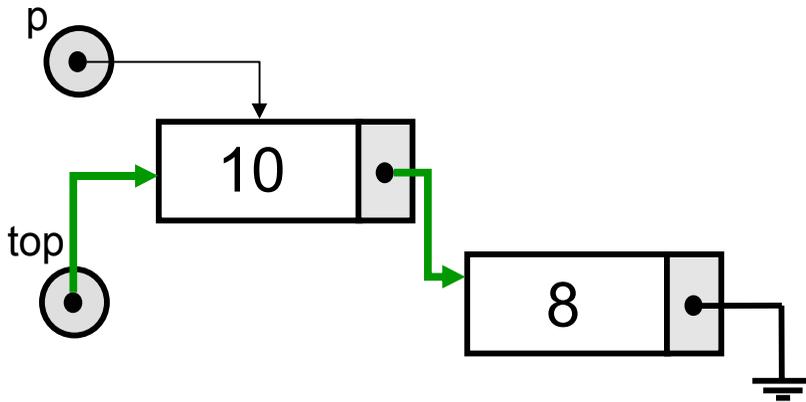
```
    ...
```

```
}
```

Operações Básicas: Push

```
void Stack::Push(int x)
```

Caso contrário, colocamos o elemento **x** no campo de dados de **p** e alteramos os ponteiros



```
void Stack::Push(int x)  
{ StackPointer p;
```

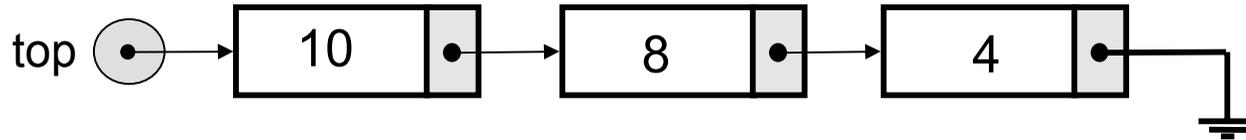
```
    p = new StackNode;  
    if(p == NULL)  
    { cout << "Memoria insuficiente";  
      abort();  
    }
```

```
    p->Entry = x;  
    p->NextNode = top;  
    top = p;
```

```
}
```

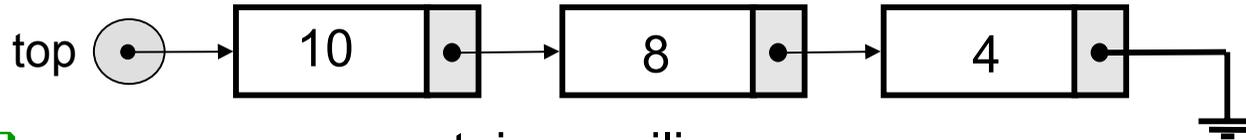
Operações Básicas: Pop

- Para retirar um elemento da pilha...

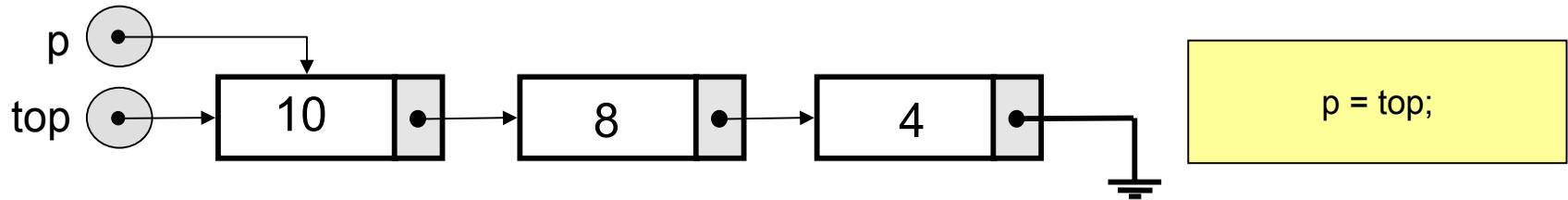


Operações Básicas: Pop

- ❑ Para retirar um elemento da pilha...

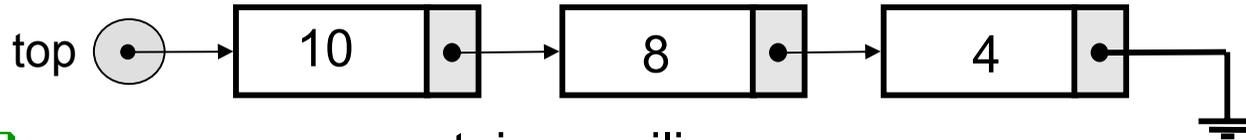


- ❑ ...usamos um ponteiro auxiliar **p**

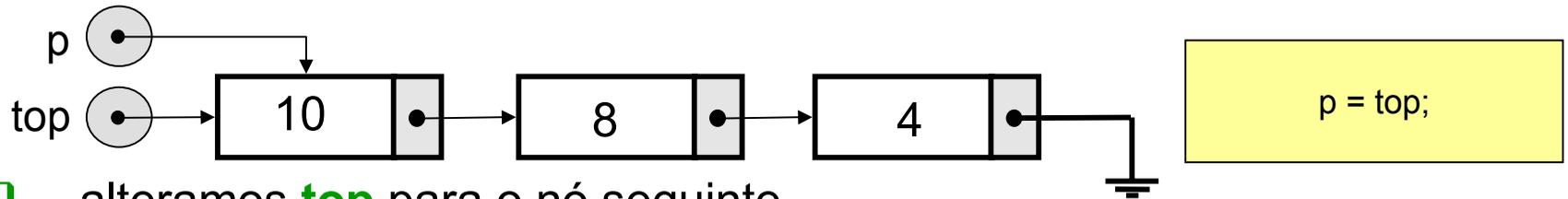


Operações Básicas: Pop

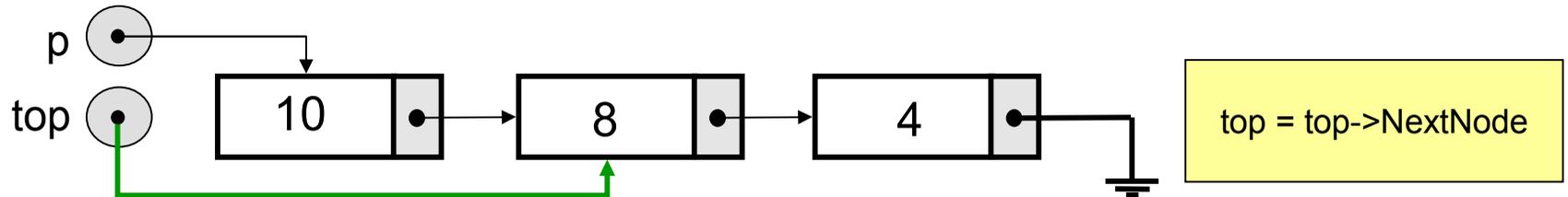
- ❑ Para retirar um elemento da pilha...



- ❑ ...usamos um ponteiro auxiliar **p**

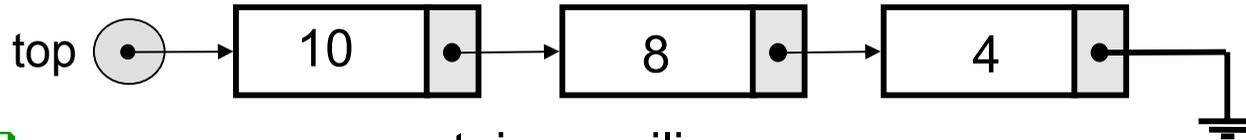


- ❑ ...alteramos **top** para o nó seguinte...

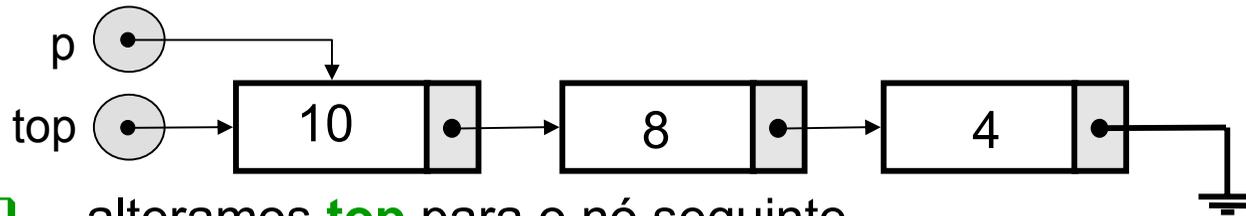


Operações Básicas: Pop

- ❑ Para retirar um elemento da pilha...

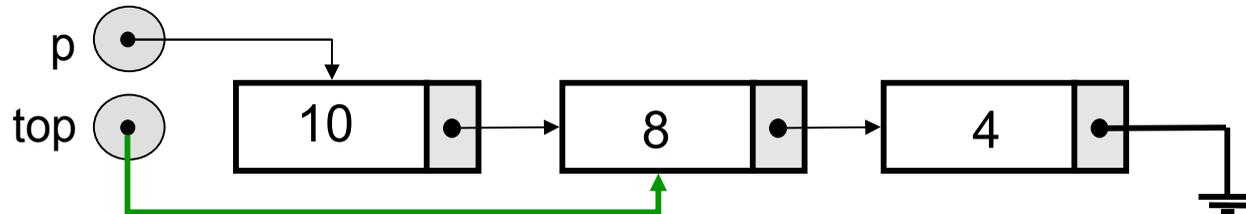


- ❑ ...usamos um ponteiro auxiliar **p**



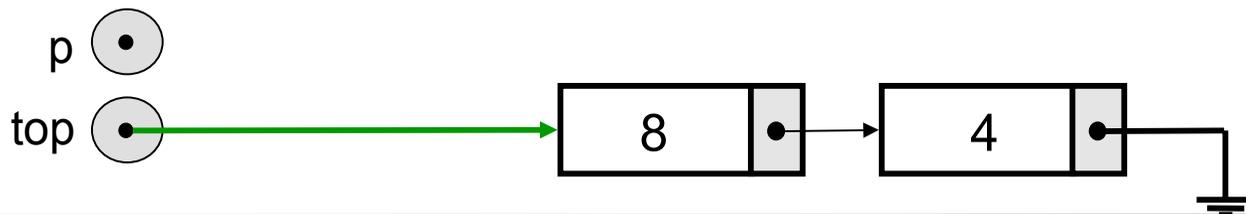
```
p = top;
```

- ❑ ...alteramos **top** para o nó seguinte...



```
top = top->NextNode
```

- ❑ ...e, finalmente, liberamos o espaço apontado por **p**

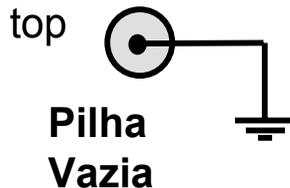


```
delete p;
```

Operações Básicas: Pop

```
void Stack::Pop(int &x)
```

Inicialmente, verificamos se a pilha está vazia. Em caso afirmativo, imprimimos uma mensagem de erro e terminamos



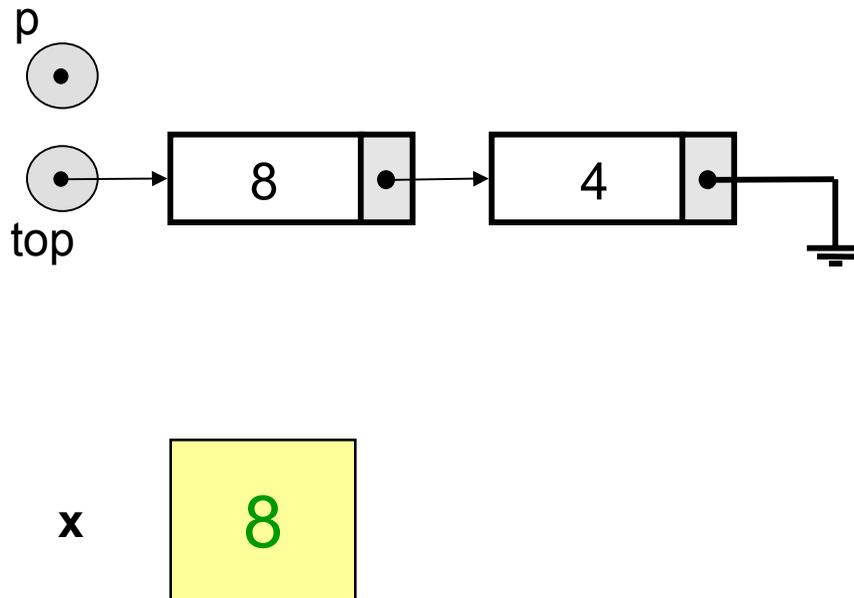
```
void Stack::Pop(int &x)
{ StackPointer p;

  if (Empty())
  { cout << "Pilha Vazia";
    abort();
  }
  ...
}
```

Operações Básicas: Pop

```
void Stack::Pop(int &x)
```

Caso contrário, armazenamos o valor do topo na variável **x**



```
void Stack::Pop(int &x)
{ StackPointer p;

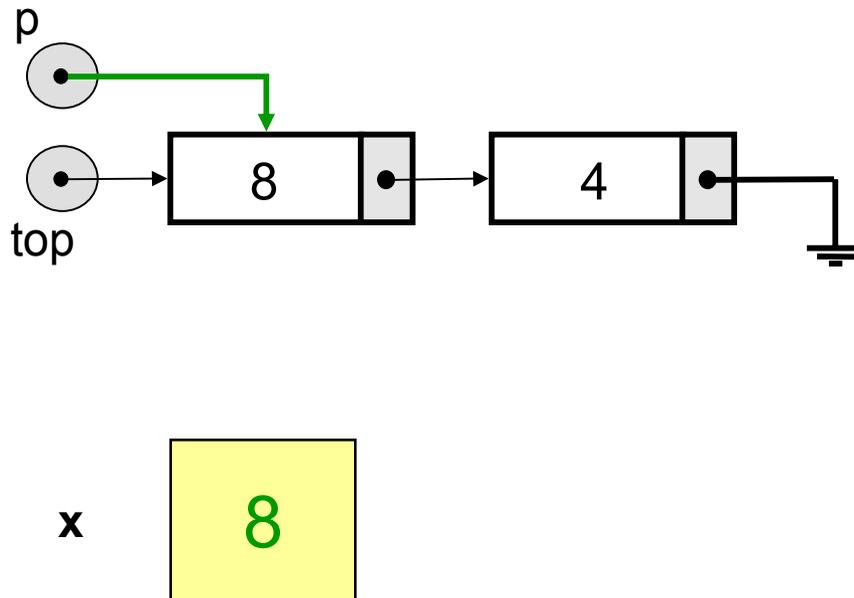
  if (Empty())
  { cout << "Pilha Vazia";
    abort();
  }

  x = top->Entry;
  ...
}
```

Operações Básicas: Pop

```
void Stack::Pop(int &x)
```

Apontamos o ponteiro auxiliar **p** para o topo da pilha...



```
void Stack::Pop(int &x)
{ StackPointer p;

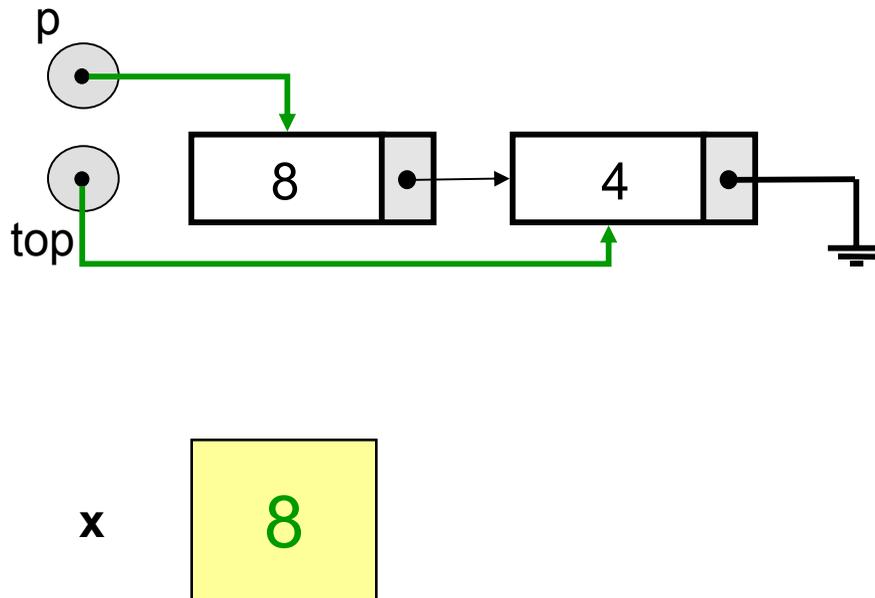
  if (Empty())
  { cout << "Pilha Vazia";
    abort();
  }

  x = top->Entry;
  p = top;
  ...
}
```

Operações Básicas: Pop

```
void Stack::Pop(int &x)
```

Apontamos o ponteiro auxiliar **p** para o topo da pilha; alteramos o topo para o próximo nó...



```
void Stack::Pop(int &x)
{ StackPointer p;

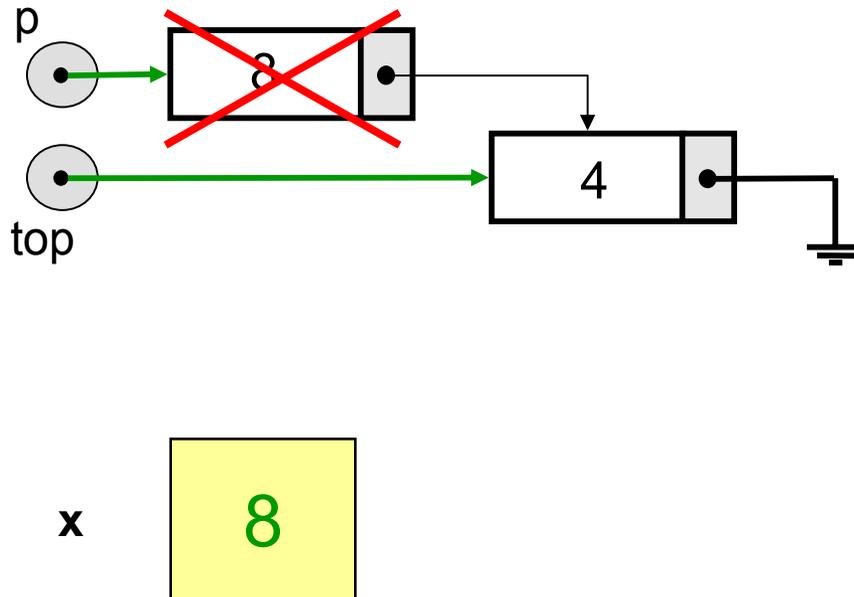
  if (Empty())
  { cout << "Pilha Vazia";
    abort();
  }

  x = top->Entry;
  p = top;
  top = top->NextNode;
  ...
}
```

Operações Básicas: Pop

```
void Stack::Pop(int &x)
```

Apontamos o ponteiro auxiliar **p** para o topo da pilha; alteramos o topo para o próximo nó e, finalmente, liberamos o espaço apontado por **p** (antigo topo)

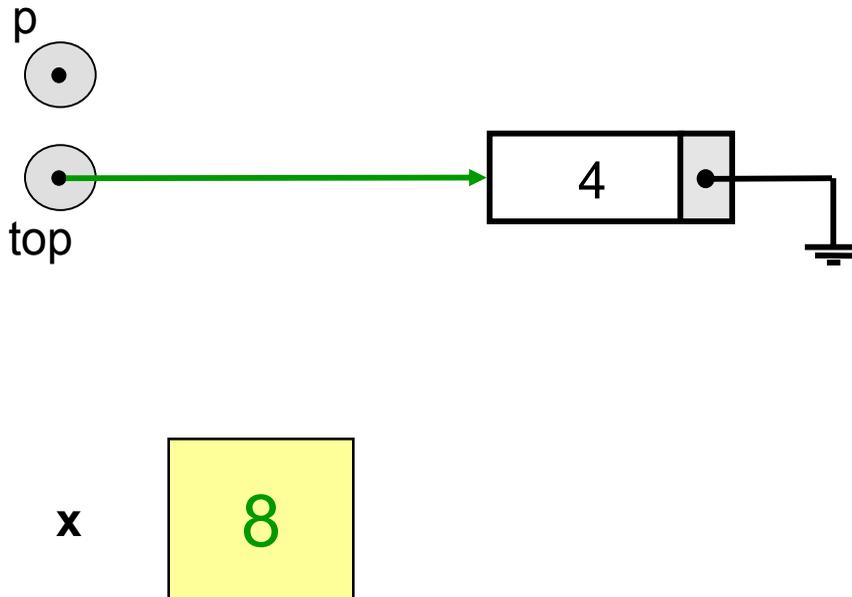


```
void Stack::Pop(int &x)  
{ StackPointer p;  
  
if (Empty())  
{ cout << "Pilha Vazia";  
  abort();  
}  
  
x = top->Entry;  
p = top;  
top = top->NextNode;  
delete p;  
}
```

Operações Básicas: Pop

```
void Stack::Pop(int &x)
```

Apontamos o ponteiro auxiliar **p** para o topo da pilha; alteramos o topo para o próximo nó e, finalmente, liberamos o espaço apontado por **p** (antigo topo)



```
void Stack::Pop(int &x)
{ StackPointer p;

  if (Empty())
  { cout << "Pilha Vazia";
    abort();
  }

  x = top->Entry;
  p = top;
  top = top->NextNode;
  delete p;
}
```

Outras Operações: Exercícios

- ❑ Defina a operação Clear utilizando apenas as operações Empty e Pop
- ❑ Defina a operação Clear utilizando diretamente ponteiros
- ❑ Defina a operação Top utilizando apenas Push e Pop e Empty
- ❑ Defina a operação Top utilizando diretamente ponteiros
- ❑ Defina a operação Size
 - Há alguma ineficiência em sua implementação? Em caso afirmativo, estenda o objeto de forma a torná-la mais eficiente
- ❑ Quais as vantagens e desvantagens de cada uma destas construções?

Solução Clear

- ❑ Usando apenas Empty e Pop

```
void Stack::Clear()
{ int x;

  while(! Empty())
    Pop(x);
}
```

- ❑ Utilizando campos do objeto

```
void Stack::Clear()
{ StackPointer p;

  while(top != NULL)
  { p = top;
    top = top->NextNode;
    delete p;
  }
}
```

Solução Top

- ❑ Usando apenas Push e Pop

```
void Stack::Top(int &x)
{ if(Empty())
  { cout << "Pilha vazia";
    abort();
  }
  Pop(x);
  Push(x);
}
```

- ❑ Utilizando campos do objeto

```
void Stack::Top(int &x)
{ if(top == NULL)
  { cout << "Pilha vazia";
    abort();
  }
  x = top->Entry;
}
```

Solução Size

```
int Stack::Size()
{ StackPointer p;
  int s=0;

  p = top;
  while(p != NULL)
  { s++;
    p = p->NextNode;
  }
  return s;
}
```

Pontos Importantes

- ❑ Nesta última parte, vimos uma forma de implementação de pilhas usando alocação dinâmica
- ❑ A vantagem de usar alocação dinâmica (quando comparada com a implementação utilizando vetores) é que não é necessário definir o tamanho da pilha, evitando desperdício de espaço
- ❑ Uma desvantagem deste tipo de implementação é que, a cada chamada de Push e Pop, memória deve ser alocada/liberada, o que pode tornar essa implementação, em geral, um pouco mais lenta do que a pilha contígua