

Estruturas de Dados I

Pilhas

Igor Machado Coelho

16/09/2020

- 1 Pilhas
- 2 Tipo Abstrato: Pilha
- 3 Pilhas Sequenciais
- 4 Pilhas Encadeadas
- 5 Agradecimentos

Section 1

Pilhas

Pré-Requisitos

São requisitos para essa aula o conhecimento de:

- Introdução/Fundamentos de Programação (em alguma linguagem de programação)
- Interesse em aprender C/C++
- Noções de tipos de dados
- Noções de listas e encadeamento

Section 2

Tipo Abstrato: Pilha

Pilha

A Pilha (do inglês *Stack*) é um Tipo Abstrato de Dado (TAD) que pode ser compreendida como vemos no cotidiano.

Em uma *pilha de pratos*, por exemplo:

- Só se consegue “inserir” (empilhar) novos pratos no *topo* da pilha
- Só podemos “remover” (desempilhar) os pratos do *topo* da pilha



Figure 1: Pilhas

Pilhas na computação

Pilhas são estruturas fundamentais na própria computação.

Por exemplo, as chamadas de uma função recursiva podem ser feitas utilizando uma pilha!

... e é precisamente desta maneira que o sistema operacional consegue executar várias de suas funções internas!

Linguagens de programação como Java, C# e Python são implementadas através de operações em pilhas.

Operações de uma Pilha

Uma Pilha é uma estrutura de dados linear (assim como estruturas de lista), consistindo de 3 operações básicas:

- topo
- empilhar (*push*)
- desempilhar (*pop*)

Seu comportamento é descrito como LIFO (last-in first-out), ou seja, o *último* elemento a entrar na pilha será o *primeiro* a sair.

Implementações

De forma geral, uma pilha pode ser implementada utilizando uma lista linear, porém com acesso aos elementos restritos a uma única extremidade dessa lista.

$\Leftarrow | 3 | 2 | 1 |$

Para o TAD Pilha, estudaremos duas formas distintas de implementação: Sequencial e Encadeada.

Definição do *Conceito* Pilha em C++

O *conceito* de pilha somente requer suas três operações básicas. Como consideramos uma *pilha genérica* (pilha de inteiro, char, etc), definimos um *conceito genérico* chamado PilhaTAD:

```
template<typename Agregado, typename Tipo>
concept bool
PilhaTAD = requires(Agregado a, Tipo t)
{
    // requer operação 'topo'
    { a.topo() };
    // requer operação 'empilha' sobre tipo 't'
    { a.empilha(t) };
    // requer operação 'desempilha'
    { a.desempilha() };
};
```

Section 3

Pilhas Sequenciais

Pilhas Sequenciais

As Pilhas Sequenciais utilizam um array para armazenar os dados. Assim, os dados sempre estarão em um *espaço contíguo* de memória.

Implementação

Consideraremos uma pilha sequencial com, no máximo, MAXN elementos do tipo caractere.

```
constexpr int MAXN = 100'000; // capacidade máxima da pilha
class PilhaSeq1
{
public:
    char elementos [MAXN];      // elementos na pilha
    int N;                      // num. de elementos na pilha
    void cria () { ... }        // inicializa agregado
    void libera () { ... }      // finaliza agregado
    char topo () { ... }
    void empilha (char dado){ ... };
    char desempilha () { ... };
};
// verifica se agregado PilhaSeq1 satisfaz conceito PilhaTAD
static_assert(PilhaTAD<PilhaSeq1, char>);
```

Utilização da Pilha

Antes de completar as funções pendentes, utilizaremos a PilhaSeq1:

```
int main () {  
    PilhaSeq1 p;  
    p.cria();  
    p.empilha('A');  
    p.empilha('B');  
    p.empilha('C');  
    printf("%c\n", p.topo());  
    printf("%c\n", p.desempilha());  
    p.empilha('D');  
    while(p.N > 0)  
        printf("%c\n", p.desempilha());  
    p.libera();  
    return 0;  
}
```

Verifique as impressões em tela: C C D B A

Implementação: Cria e Libera

A operação cria inicializa a pilha para uso, e a função libera desaloca os recursos dinâmicos.

```
class PilhaSeq1 {  
    ...  
    void cria() {  
        this->N = 0;  
    }  
  
    void libera() {  
        // nenhum recurso dinâmico para desalocar  
    }  
    ...  
}
```

Implementação: Empilha / Desempilha

A operação empilha em uma pilha sequencial adiciona um novo elemento ao topo da pilha. A operação desempilha em uma pilha sequencial remove e retorna o último elemento da pilha.

```
class PilhaSeq1 {  
    ...  
    void empilha(char dado) {  
        this->elementos[N] = dado;  
        this->N++;           //  $N = N + 1$   
    }  
  
    char desempilha() {  
        this->N--;           //  $N = N - 1$   
        return elementos[N];  
    }  
    ...  
}
```


Implementação: Topo

A operação de topo em uma pilha sequencial retorna o último elemento empilhado.

```
class PilhaSeq1 {  
    ...  
    char topo() {  
        return this->elementos[N-1];  
    }  
    ...  
}
```

Desafio: O que aconteceria se a pilha estivesse vazia e o `topo()` fosse invocado? Como permitir que o programa continue mesmo após situações inesperadas como essa?

Dica: Retorne um `char` **opcional**, com uma pequena modificação na função `topo()`. Exemplo: `std::optional<char> topo() { ... }`.

Exemplo de uso

Considere uma pilha sequencial (MAXN=5): `PilhaSeq1 p; p.cria();`

p.N:	0	p.elementos:					
			0	1	2	3	4

Agora, empilhamos A, B e C, e depois desempilhamos uma vez.

p.N:	1	p.elementos:	A				
			0	1	2	3	4

p.N:	2	p.elementos:	A B				
			0	1	2	3	4

p.N:	3	p.elementos:	A B C				
			0	1	2	3	4

p.N:	2	p.elementos:	A B				
			0	1	2	3	4

Qual o topo atual da pilha?

Análise Preliminar: Pilha Sequencial

A Pilha Sequencial tem a vantagem de ser bastante simples de implementar, ocupando um espaço constante (na memória) para todas operações.

Porém, existe a limitação física de MAXN posições imposta pela alocação estática, não permitindo que a pilha ultrapasse esse limite.

Desafio: implemente uma Pilha Sequencial utilizando alocação dinâmica para o vetor elementos. Assim, quando não houver espaço para novos elementos, aloque mais espaço na memória (copiando elementos existentes para o novo vetor).

Dica: Experimente a estratégia de *dobrar a capacidade* da pilha (quando necessário), e reduzir à metade a capacidade (quando necessário). Essa estratégia é bastante eficiente, mas requer alteração nos métodos *cria*, *libera*, *empilha* e *desempilha*.

Section 4

Pilhas Encadeadas

Pilhas Encadeadas

A implementação do TAD Pilha pode ser feito através de uma *estrutura encadeada* com alocação dinâmica de memória.

A vantagem é não precisar pre-determinar uma capacidade máxima da pilha (o limite é a memória do computador!). A desvantagem é depender de implementações ligeiramente mais complexas.

Implementação

Consideraremos uma pilha encadeada, utilizando um agregado NoPilha1 para conectar cada elemento da pilha:

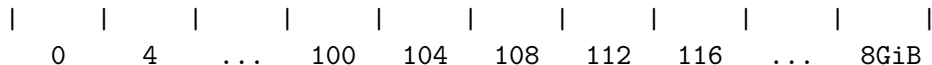
```
class NoPilha1
{
public:
    char dado;
    NoPilha1* prox;
};

class PilhaEnc1
{
public:
    NoPilha1* inicio;
    int N;
    void cria () { ... }
    void libera () { ... }
    char topo () { ... }
    void empilha (char dado){ ... };
    char desempilha () { ... };
};

// verifica agregado PilhaEnc1
static_assert(PilhaTAD<PilhaEnc1, char>);
```

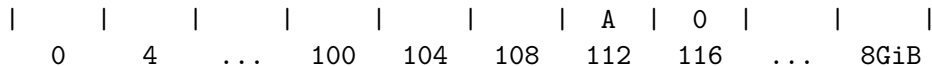
Exemplo de uso: `PilhaEnc1 p; p.cria();`

p.N: 0 **p.inicio: 0** $topo \leftarrow \epsilon$

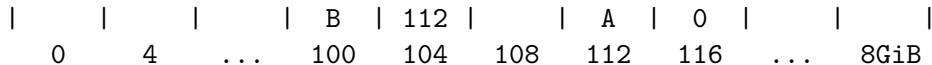


Agora, empilhamos A e B, depois desempilhamos uma vez.

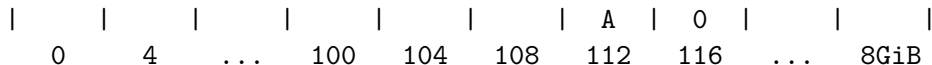
p.N: 1 **p.inicio: 112** $topo \leftarrow A$



p.N: 2 **p.inicio: 100** $topo \leftarrow B \leftarrow A$



p.N: 1 **p.inicio: 112** $topo \leftarrow A$



Implementação: Cria e Libera

```
class PilhaSeq1 {  
    ...  
    void cria() {  
        this->N = 0;           // zero elementos na pilha  
        this->inicio = 0;     // endereço zero de memória  
    }  
  
    void libera() {  
        while (this->N > 0) {  
            NoPilha1* p = this->inicio->prox;  
            delete inicio;  
            inicio = p;  
            this->N--;          //  $N = N - 1$   
        }  
    }  
    ...  
}
```


Bibliografia Recomendada

Além da bibliografia do curso, recomendamos (para esse tópico):

- Livro “Introdução a estruturas de dados” de W. Celes e J. L. Rangel
- Livro “The C++ Programming Language” de Bjarne Stroustrup
- Dicas e normas C++: <https://github.com/isocpp/CppCoreGuidelines>

Section 5

Agradecimentos

Pessoas

Em especial, agradeço aos colegas que elaboraram bons materiais, como o prof. Fabiano Oliveira (IME-UERJ), e o prof. Jayme Szwarcfiter cujos conceitos formam o cerne desses slides.

Estendo os agradecimentos aos demais colegas que colaboraram com a elaboração do material do curso de **Pesquisa Operacional**, que abriu caminho para verificação prática dessa tecnologia de slides.

Software

Esse material de curso só é possível graças aos inúmeros projetos de código-aberto que são necessários a ele, incluindo:

- pandoc
- LaTeX
- GNU/Linux
- git
- markdown-preview-enhanced (github)
- visual studio code
- atom
- revealjs
- groomit-mpx (screen drawing tool)
- xournal (screen drawing tool)
- ...

Empresas

Agradecimento especial a empresas que suportam projetos livres envolvidos nesse curso:

- github
- gitlab
- microsoft
- google
- ...

Reprodução do material

Esses slides foram escritos utilizando pandoc, segundo o tutorial ilectures:

- <https://igormcoelho.github.io/ilectures-pandoc/>

Exceto expressamente mencionado (com as devidas ressalvas ao material cedido por colegas), a licença será Creative Commons.

Licença: CC-BY 4.0 2020

Igor Machado Coelho

This Slide Is Intentionally Blank (for goomit-mpx)