

TAD - Tipos Abstratos de Dados

Estrutura de Dados — QXD0010



UNIVERSIDADE
FEDERAL DO CEARÁ
CAMPUS QUIXADÁ

Prof. Atílio Gomes Luiz
gomes.atilio@ufc.br

Universidade Federal do Ceará

1º semestre/2023



Leituras para este tópico

- **Capítulo 3** (Introdução a Classe e Objetos) e **Capítulo 9** (Classe: um exame mais profundo) do livro C++ Como Programar, Quinta Edição.

Introdução



Tipos Abstratos de Dados (TADs)

- Um **Tipo Abstrato de Dados (TAD)** é uma especificação de um **conjunto de dados** e **operações** que podem ser executadas sobre esses dados.
 - **TAD** = dados + operações

Tipos Abstratos de Dados (TADs)

- Um **Tipo Abstrato de Dados (TAD)** é uma especificação de um **conjunto de dados** e **operações** que podem ser executadas sobre esses dados.
 - **TAD** = dados + operações
- A ideia central é **encapsular** (esconder) de quem usa um determinado tipo de dado a forma concreta com que ele foi implementado.
- Os usuários do TAD só têm acesso a algumas operações disponibilizadas sobre esses dados. Eles não têm acesso a detalhes de implementação.

Tipos Abstratos de Dados (TADs)

- Um **Tipo Abstrato de Dados (TAD)** é uma especificação de um **conjunto de dados** e **operações** que podem ser executadas sobre esses dados.
 - **TAD** = dados + operações
- A ideia central é **encapsular** (esconder) de quem usa um determinado tipo de dado a forma concreta com que ele foi implementado.
- Os usuários do TAD só têm acesso a algumas operações disponibilizadas sobre esses dados. Eles não têm acesso a detalhes de implementação.
 - Comportamento semelhante acontece quando usamos as bibliotecas padrão do C++: `iostream`, `string`, `cstdlib`, `cmath`, etc.

Características de um TAD

Um tipo abstrato de dados possui duas partes principais:

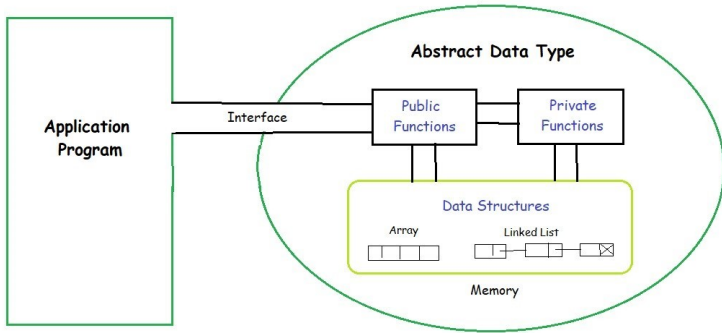
- **Interface:** define o comportamento do TAD, como as operações do tipo podem ser executadas, mas não como essas operações são implementadas.
 - Não especifica como os dados serão organizados na memória e quais algoritmos serão usados para implementar as operações.

Características de um TAD

Um tipo abstrato de dados possui duas partes principais:

- **Interface:** define o comportamento do TAD, como as operações do tipo podem ser executadas, mas não como essas operações são implementadas.
 - Não especifica como os dados serão organizados na memória e quais algoritmos serão usados para implementar as operações.
- **Representação concreta:** é a implementação em si, que nos diz:
 - como um TAD foi implementado.
 - como seus dados são colocados dentro do computador.
 - como estes dados são manipulados por suas operações (funções).

Tipos Abstratos de Dados (TADs)



- É chamado de “abstrato” porque fornece uma visão independente da implementação.
- O processo de fornecer apenas o essencial e ocultar os detalhes é conhecido como **abstração**.

Como implementar um TAD?

- A chave para se conseguir implementar tipos abstratos de dados é aplicar o conceito de **Independência de Representação**:
 - Um programa deveria ser projetado de forma que a representação de um tipo de dado possa ser modificada sem que isto interfira no restante do programa.

Como implementar um TAD?

- A chave para se conseguir implementar tipos abstratos de dados é aplicar o conceito de **Independência de Representação**:
 - Um programa deveria ser projetado de forma que a representação de um tipo de dado possa ser modificada sem que isto interfira no restante do programa.
- A aplicação deste conceito é melhor realizada através:
 - da **modularização** do programa (em programação estruturada)
 - criação de classes (em programação orientada a objetos)

Como implementar um TAD?

- A chave para se conseguir implementar tipos abstratos de dados é aplicar o conceito de **Independência de Representação**:
 - Um programa deveria ser projetado de forma que a representação de um tipo de dado possa ser modificada sem que isto interfira no restante do programa.
- A aplicação deste conceito é melhor realizada através:
 - da **modularização** do programa (em programação estruturada)
 - criação de classes (em programação orientada a objetos)
- Neste curso, vamos usar **classes** para implementar TADs. Existem dezenas de bons livros que usam C e programação estruturada para implementar TADs, procure um deles para ver outra abordagem!

Objetos e Classes em C++



Objetos

- O mundo real é formado por objetos que interagem entre si (casa, carro, aluno, professor, etc.)

O que é um objeto? É qualquer coisa, real ou abstrata, com limites e significados bem definidos para a aplicação.

Possuem **atributos** (dados), um **estado** (valores dos atributos) e oferecem **operações** (comportamentos) para examinar ou alterar esse estado.



Objetos

- Então, um objeto possui dados (**atributos**) e operações (**funções**).
- Em C++, os atributos seriam as **variáveis** que guardam suas informações. E as funções (ou funções-membro), são funções usadas para interagir com esse objeto, como, por exemplo, uma função para mudar algum atributo.

Objetos

- Então, um objeto possui dados (**atributos**) e operações (**funções**).
- Em C++, os atributos seriam as **variáveis** que guardam suas informações. E as funções (ou funções-membro), são funções usadas para interagir com esse objeto, como, por exemplo, uma função para mudar algum atributo.

Porém: Objetos não são programados diretamente. Para criar um objeto, precisamos primeiramente definir uma CLASSE de objetos antes.

Objetos

- Então, um objeto possui dados (**atributos**) e operações (**funções**).
- Em C++, os atributos seriam as **variáveis** que guardam suas informações. E as funções (ou funções-membro), são funções usadas para interagir com esse objeto, como, por exemplo, uma função para mudar algum atributo.

Porém: Objetos não são programados diretamente. Para criar um objeto, precisamos primeiramente definir uma CLASSE de objetos antes.

- Por exemplo, todos as pessoas possuem atributos em comum como: altura, data de nascimento, cor dos olhos, tipo sanguíneo, etc. E podem realizar atividades comuns como: comer, respirar, dormir, etc.

Objetos

- Então, um objeto possui dados (**atributos**) e operações (**funções**).
- Em C++, os atributos seriam as **variáveis** que guardam suas informações. E as funções (ou funções-membro), são funções usadas para interagir com esse objeto, como, por exemplo, uma função para mudar algum atributo.

Porém: Objetos não são programados diretamente. Para criar um objeto, precisamos primeiramente definir uma CLASSE de objetos antes.

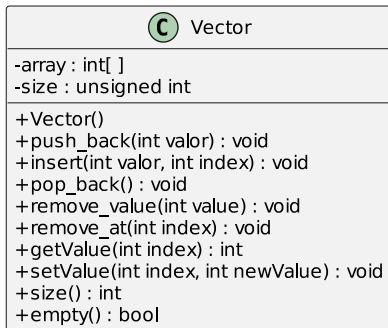
- Por exemplo, todas as pessoas possuem atributos em comum como: altura, data de nascimento, cor dos olhos, tipo sanguíneo, etc. E podem realizar atividades comuns como: comer, respirar, dormir, etc.
- Logo, esses atributos e funções comuns são agrupados em uma classe **Pessoa**, responsável por modelar essa entidade.

Classes

- Uma **classe** em C++, é um tipo definido pelo usuário, assim como uma estrutura (struct).
- Uma classe é uma forma lógica de **encapsular dados** e **operações** em uma mesma estrutura lógica.
- Um objeto é uma **instância** de uma classe. Assim que criamos uma classe, podemos **instanciar** um objeto, com seus respectivos atributos, que são individuais para cada objeto.



Diagrama UML de uma classe



Definição de uma Classe em C++

```
1 class nome_da_classe {  
2     private:  
3         // Atributos  
4         int x;  
5         int y;  
6  
7     public:  
8         // Funcoes-membro  
9         int funcao( int val ) {  
10             return (x * val + y);  
11         }  
12 };
```

- Por meio do encapsulamento, podemos decidir “como” a nossa classe interage com outras classes.

Encapsulamento

- Muitas vezes não queremos que as outras classes tenham acesso direto aos atributos e funções específicas dos objetos de uma classe específica.
- A técnica responsável pelo controle de acesso aos elementos de uma classe é o **encapsulamento**
- Nós podemos controlar esse acesso usando **modificadores de acesso**.

Modificadores de acesso

Modificadores de acesso: Alteram os direitos de acesso que as classes e funções externas têm sobre os membros de uma classe.

Os modificadores de acesso mais usados são: `public` e `private`.

Modificadores de acesso

Modificadores de acesso: Alteram os direitos de acesso que as classes e funções externas têm sobre os membros de uma classe.

Os modificadores de acesso mais usados são: `public` e `private`.

- Os membros `privados` (`private`) são acessíveis apenas pelos membros da própria classe.

Modificadores de acesso

Modificadores de acesso: Alteram os direitos de acesso que as classes e funções externas têm sobre os membros de uma classe.

Os modificadores de acesso mais usados são: `public` e `private`.

- Os membros **privados** (`private`) são acessíveis apenas pelos membros da própria classe.
- Os membros **públicos** (`public`) são acessíveis dentro da classe e através de qualquer classe ou função que interage com os objetos dessa classe.

Exemplo: Implementando uma caixa

- Uma caixa é um objeto que tem comprimento, largura e altura. Com esses três dados da caixa, é possível calcular seu volume.
- Gostaríamos de implementar uma caixa como uma classe, a fim de que possamos instanciar objetos do tipo Caixa para podermos usar em um programa.



Exemplo: Implementando uma caixa

```
1 // Arquivo Box1.h
2 #ifndef BOX1_H
3 #define BOX1_H
4
5 class Box {
6 private:
7     double length {1.0}; // comprimento
8     double width {1.0};  // largura
9     double height {1.0}; // altura
10
11 public:
12     double volume() {
13         return length * width * height;
14     }
15 };
16
17 #endif
```

Exemplo: Implementando uma caixa

```
1 // arquivo mainBox1.cpp
2 #include <iostream>
3 #include <iomanip>
4 #include "Box1.h"
5 using namespace std;
6
7 int main() {
8     Box box; // instancia o objeto
9
10    cout << fixed << setprecision(2)
11         << box.volume() << endl; // imprime o volume: 1.00
12 }
```

Exemplo: Implementando uma caixa

```
1 // arquivo mainBox1.cpp
2 #include <iostream>
3 #include <iomanip>
4 #include "Box1.h"
5 using namespace std;
6
7 int main() {
8     Box box; // instancia o objeto
9
10    cout << fixed << setprecision(2)
11         << box.volume() << endl; // imprime o volume: 1.00
12 }
```

- E se quiséssemos instanciar a caixa com dimensões estabelecidas no momento da instanciação e não com os valores pré-estabelecidos de fábrica?

Construtores

- Um **construtor** é uma função-membro que é invocada automaticamente sempre que um objeto é criado. Um construtor não tem tipo de retorno.
- É geralmente utilizado para inicializar as variáveis dentro de um objeto, assim que ele é instanciado.

Construtores

- Um **construtor** é uma função-membro que é invocada automaticamente sempre que um objeto é criado. Um construtor não tem tipo de retorno.
- É geralmente utilizado para inicializar as variáveis dentro de um objeto, assim que ele é instanciado.
- **Toda** classe em C++ possui pelo menos um construtor. Se você não definir um construtor para a sua classe, o C++ define um automaticamente por você, é o chamado **construtor default**. Esse construtor não recebe parâmetro.
- Se você quiser um construtor que receba parâmetros, você mesmo deve escrever um. **Atenção:** a partir do momento que você cria tal construtor, o C++ deixa de criar o construtor default!

Implementando um construtor (1)

```
1 // Arquivo Box2.h
2 #ifndef BOX2_H
3 #define BOX2_H
4
5 class Box {
6 private:
7     double length {1.0}; // comprimento
8     double width {1.0}; // largura
9     double height {1.0}; // altura
10
11 public:
12     Box(double lv, double wv, double hv) { // construtor
13         length = lv;
14         width = wv;
15         height = hv;
16     }
17     double volume() { // calcula volume da caixa
18         return length * width * height;
19     }
20 };
21
22 #endif
```


Implementando um construtor (1)

```
1 // arquivo mainBox2.cpp
2 #include <iostream>
3 #include <iomanip>
4 #include "Box2.h"
5 using namespace std;
6
7 int main() {
8     Box abox {2.0, 3.0, 4.0}; // instancia o objeto
9     Box bbox; // ERRO: Nao existe mais construtor default
10
11     cout << fixed << setprecision(2)
12          << abox.volume() << endl; // imprime o volume: 24.00
13 }
```

Implementando um construtor (2)

Usando a palavra-chave default

```
1 class Box { // Arquivo Box3.h
2 private:
3     double length {1.0}; // comprimento
4     double width {1.0}; // largura
5     double height {1.0}; // altura
6
7 public:
8     // instrui compilador a criar um construtor default
9     Box() = default;
10
11    // construtor com tres argumentos
12    Box(double lv, double wv, double hv) {
13        length = lv;
14        width = wv;
15        height = hv;
16    }
17
18    double volume() { // calcula volume da caixa
19        return length * width * height;
20    }
21 };
```

Implementando um construtor (2)

```
1 // arquivo mainBox3.cpp
2 #include <iostream>
3 #include <iomanip>
4 #include "Box3.h"
5 using namespace std;
6
7 int main() {
8     Box abox {2.0, 3.0, 4.0}; // instancia o objeto
9     Box bbox;
10
11     cout << fixed << setprecision(2);
12     cout << abox.volume() << endl; // imprime o volume: 24.00
13     cout << bbox.volume() << endl; // imprime o volume: 1.00
14 }
```

Implementando um construtor (3)

Parâmetros com valores default

```
1 class Box { // Arquivo Box4.h
2 private:
3     double length;
4     double width;
5     double height;
6
7 public:
8     // permite que os argumentos nao sejam fornecidos no
9     // momento da instanciação
10    Box(double lv = 1.0, double wv = 1.0, double hv = 1.0) {
11        length = lv;
12        width = wv;
13        height = hv;
14    }
15    // calcula volume da caixa
16    double volume() {
17        return length * width * height;
18    }
19 };
```

Implementando um construtor (3)

```
1 // arquivo mainBox4.cpp
2 #include <iostream>
3 #include <iomanip>
4 #include "Box4.h"
5 using namespace std;
6
7 int main() {
8     Box abox;
9     Box bbox {2.0};
10    Box cbox {2.0, 3.0};
11    Box dbbox {2.0, 3.0, 4.0};
12
13    cout << fixed << setprecision(2);
14    cout << abox.volume() << endl; // 1.00
15    cout << bbox.volume() << endl; // 2.00
16    cout << cbox.volume() << endl; // 6.00
17    cout << dbbox.volume() << endl; // 24.00
18 }
```

Implementando um construtor (4)

Usando uma lista inicializadora

```
1 class Box { // Arquivo Box5.h
2 private:
3     double length {1.0};
4     double width {1.0};
5     double height {1.0};
6
7 public:
8     Box() = default; // construtor default
9
10    // construtor usando uma lista inicializadora
11    Box(double lv, double wv, double hv)
12        : length{lv}, width{wv}, height{hv}
13    {
14    }
15
16    // calcula volume da caixa
17    double volume() {
18        return length * width * height;
19    }
20 };
```

Implementando um construtor (4)

```
1 // arquivo mainBox5.cpp
2 #include <iostream>
3 #include <iomanip>
4 #include "Box5.h"
5 using namespace std;
6
7 int main() {
8     Box abox;
9     Box bbox {2.0, 3.0, 4.0};
10
11     cout << fixed << setprecision(2);
12     cout << abox.volume() << endl; // 1.00
13     cout << bbox.volume() << endl; // 24.00
14 }
```

Vantagem de usar lista inicializadora no construtor

- Quando você inicializa um atributo no corpo do construtor usando uma atribuição (=), primeiro o atributo é criado (se for uma instância de classe, um construtor default é invocado), somente depois disso é que a atribuição é executada, como uma operação separada.
- Quando você usa uma lista inicializadora, o valor é usado para inicializar o atributo ao mesmo tempo em que ele é criado. Esse processo pode ser mais eficiente, principalmente se o atributo for uma instância de uma classe.

Implementando um construtor (5)

Delegando construtores

```
1 class Box { // Arquivo Box6.h
2     private:
3         double length;
4         double width;
5         double height;
6
7     public:
8         Box() // construtor que invoca outro construtor
9             : Box{1.0, 1.0, 1.0}
10        {}
11
12        // construtor usando uma lista inicializadora
13        Box(double lv, double wv, double hv)
14            : length{lv}, width{wv}, height{hv}
15        {}
16
17        // calcula volume da caixa
18        double volume() {
19            return length * width * height;
20        }
21 };
```

Implementando um construtor (5)

```
1 // arquivo mainBox6.cpp
2 #include <iostream>
3 #include <iomanip>
4 #include "Box5.h"
5 using namespace std;
6
7 int main() {
8     Box abox;
9     Box bbox {2.0, 3.0, 4.0};
10
11     cout << fixed << setprecision(2);
12     cout << abox.volume() << endl; // 1.00
13     cout << bbox.volume() << endl; // 24.00
14 }
```

Construtor de cópia (*copy constructor*)

- Além do construtor default, **toda** classe em C++ tem um construtor chamado **construtor de cópia** (*copy constructor*).

Construtor de cópia (*copy constructor*)

- Além do construtor default, **toda** classe em C++ tem um construtor chamado **construtor de cópia** (*copy constructor*).
- Esse construtor permite que eu possa inicializar um objeto passando como parâmetro para o construtor um objeto da mesma classe que já tenha sido criado previamente. **Exemplo:**

```
Box b1 { 1.0, 2.0, 3.0 };  
Box b2 { b1 }; \\ chama o copy constructor
```

Construtor de cópia (*copy constructor*)

- Além do construtor default, **toda** classe em C++ tem um construtor chamado **construtor de cópia** (*copy constructor*).
- Esse construtor permite que eu possa inicializar um objeto passando como parâmetro para o construtor um objeto da mesma classe que já tenha sido criado previamente. **Exemplo:**

```
Box b1 { 1.0, 2.0, 3.0 };  
Box b2 { b1 }; \\ chama o copy constructor
```

- O construtor de cópia recebe como parâmetro uma **const reference** para um objeto da mesma classe. Esse construtor realiza uma cópia campo-a-campo dos atributos do objeto passado como argumento.
 - Isso pode ser potencialmente perigoso se um atributo da classe for um ponteiro!

Implementando um copy constructor

```
1 class Box { // Arquivo Box7.h
2 private:
3     double length;
4     double width;
5     double height;
6
7 public:
8     Box(double lv = 1.0, double wv = 1.0, double hv = 1.0)
9         : length{lv}, width{wv}, height{hv}
10    {}
11
12    Box(const Box& b) // copy construtor
13        : length{b.length}, width{b.width}, height{b.height}
14    {}
15
16    // calcula volume da caixa
17    double volume() {
18        return length * width * height;
19    }
20 };
```

Implementando um copy constructor

```
1 // arquivo mainBox7.cpp
2 #include <iostream>
3 #include <iomanip>
4 #include "Box7.h"
5 using namespace std;
6
7 int main() {
8     Box abox {2.0, 3.0, 4.0};
9     Box bbox { abox };
10
11     cout << fixed << setprecision(2);
12     cout << abox.volume() << endl; // 24.00
13     cout << bbox.volume() << endl; // 24.00
14 }
```

Implementando funções-membro fora da classe

```
1  #ifndef BOX8_H // Arquivo Box8.h
2  #define BOX8_H
3
4  class Box {
5  private:
6      double length;
7      double width;
8      double height;
9
10 public:
11     Box(double lv = 1.0, double wv = 1.0, double hv = 1.0);
12     double volume();
13 };
14
15 Box::Box(double lv, double wv, double hv)
16     : length{lv}, width{wv}, height{hv}
17 {}
18
19 double Box::volume() {
20     return length * width * height;
21 }
22
23 #endif
```


Observações

- Em C++, ao implementar as funções-membro da classe, é comum colocar a declaração na classe num arquivo de cabeçalho (arquivo com extensão .h) e colocar a implementação das funções-membro em um arquivo-fonte (arquivo com extensão .cpp)

Observações

- Em C++, ao implementar as funções-membro da classe, é comum colocar a declaração na classe num arquivo de cabeçalho (arquivo com extensão .h) e colocar a implementação das funções-membro em um arquivo-fonte (arquivo com extensão .cpp)
 - Exemplo: Box.h e Box.cpp

Observações

- Em C++, ao implementar as funções-membro da classe, é comum colocar a declaração na classe num arquivo de cabeçalho (arquivo com extensão .h) e colocar a implementação das funções-membro em um arquivo-fonte (arquivo com extensão .cpp)
 - Exemplo: Box.h e Box.cpp
- Os programas que quiserem utilizar a classe só terão acesso às informações que possam ser obtidas através das funções exportadas pelo arquivo **Box.h**

Observações

- Em C++, ao implementar as funções-membro da classe, é comum colocar a declaração na classe num arquivo de cabeçalho (arquivo com extensão .h) e colocar a implementação das funções-membro em um arquivo-fonte (arquivo com extensão .cpp)
 - Exemplo: Box.h e Box.cpp
- Os programas que quiserem utilizar a classe só terão acesso às informações que possam ser obtidas através das funções exportadas pelo arquivo **Box.h**
- O arquivo de implementação da classe (o arquivo **Box.cpp**) deve sempre incluir o arquivo de interface da classe.

Observações

- Em C++, ao implementar as funções-membro da classe, é comum colocar a declaração na classe num arquivo de cabeçalho (arquivo com extensão .h) e colocar a implementação das funções-membro em um arquivo-fonte (arquivo com extensão .cpp)
 - Exemplo: Box.h e Box.cpp
- Os programas que quiserem utilizar a classe só terão acesso às informações que possam ser obtidas através das funções exportadas pelo arquivo **Box.h**
- O arquivo de implementação da classe (o arquivo **Box.cpp**) deve sempre incluir o arquivo de interface da classe.
- Isto é necessário por duas razões:

Observações

- Em C++, ao implementar as funções-membro da classe, é comum colocar a declaração na classe num arquivo de cabeçalho (arquivo com extensão .h) e colocar a implementação das funções-membro em um arquivo-fonte (arquivo com extensão .cpp)
 - Exemplo: Box.h e Box.cpp
- Os programas que quiserem utilizar a classe só terão acesso às informações que possam ser obtidas através das funções exportadas pelo arquivo **Box.h**
- O arquivo de implementação da classe (o arquivo **Box.cpp**) deve sempre incluir o arquivo de interface da classe.
- Isto é necessário por duas razões:
 - Existem definições na interface que são necessárias na implementação.

Observações

- Em C++, ao implementar as funções-membro da classe, é comum colocar a declaração na classe num arquivo de cabeçalho (arquivo com extensão .h) e colocar a implementação das funções-membro em um arquivo-fonte (arquivo com extensão .cpp)
 - Exemplo: Box.h e Box.cpp
- Os programas que quiserem utilizar a classe só terão acesso às informações que possam ser obtidas através das funções exportadas pelo arquivo **Box.h**
- O arquivo de implementação da classe (o arquivo **Box.cpp**) deve sempre incluir o arquivo de interface da classe.
- Isto é necessário por duas razões:
 - Existem definições na interface que são necessárias na implementação.
 - Precisamos garantir que as funções implementadas correspondem às funções da interface. O compilador verifica se os parâmetros das funções implementadas equivalem aos parâmetros dos protótipos.

Box9.h

```
1 // Arquivo Box9.h
2 #ifndef BOX9_H
3 #define BOX9_H
4
5 class Box {
6 private:
7     double length;
8     double width;
9     double height;
10
11 public:
12     Box(double lv = 1.0, double wv = 1.0, double hv = 1.0);
13     double volume();
14 };
15
16 #endif
```


Box9.cpp

```
1 #include "Box9.h"
2
3 Box::Box(double lv, double wv, double hv)
4     : length{lv}, width{wv}, height{hv}
5 {}
6
7 double Box::volume() {
8     return length * width * height;
9 }
```

mainBox9.cpp

```
1 // arquivo mainBox9.cpp
2 #include <iostream>
3 #include <iomanip>
4 #include "Box9.h"
5 using namespace std;
6
7 int main() {
8     Box abox {2.0, 3.0, 4.0};
9     Box bbox { abox };
10
11     cout << fixed << setprecision(2);
12     cout << abox.volume() << endl; // 24.00
13     cout << bbox.volume() << endl; // 24.00
14 }
```

mainBox9.cpp

```
1 // arquivo mainBox9.cpp
2 #include <iostream>
3 #include <iomanip>
4 #include "Box9.h"
5 using namespace std;
6
7 int main() {
8     Box abox {2.0, 3.0, 4.0};
9     Box bbox { abox };
10
11     cout << fixed << setprecision(2);
12     cout << abox.volume() << endl; // 24.00
13     cout << bbox.volume() << endl; // 24.00
14 }
```

Como compilar no terminal do Linux:

```
g++ Box9.cpp mainBox9.cpp -o main
```

ou

```
g++ *.cpp -o main
```

Compilação separada

Temos três arquivos: Box9.h, Box9.cpp e mainBox9.cpp

1. Gerando o arquivo objeto Box9.o

```
g++ -c Box9.cpp
```

2. Gerando o arquivo objeto mainBox9.o

```
g++ -c mainBox9.cpp
```

3. Fazendo a linkagem e gerando o executável

```
g++ Box9.o mainBox9.o -o main
```

Compilação separada

Temos três arquivos: Box9.h, Box9.cpp e mainBox9.cpp

1. Gerando o arquivo objeto Box9.o

```
g++ -c Box9.cpp
```

2. Gerando o arquivo objeto mainBox9.o

```
g++ -c mainBox9.cpp
```

3. Fazendo a linkagem e gerando o executável

```
g++ Box9.o mainBox9.o -o main
```

Essas operações podem ser automatizadas usando um arquivo [Makefile](#):

```
1 cliente: Box9.o mainBox9.o
2   g++ Box9.o mainBox9.o -o main && ./main
3 mainBox9.o: mainBox9.cpp
4   g++ -c mainBox9.cpp
5 Box9.o: Box9.cpp Box9.h
6   g++ -c Box9.cpp
```

Destrutor

- **Destrutor** é uma função-membro especial que é sempre invocada quando o objeto é liberado.
- Se você não implementar um destrutor para a classe, mesmo assim o C++ implementará um destrutor por você.
- Uma utilidade do destrutor é liberar memória que foi alocada dinamicamente dentro do objeto (usando o operador **new**)
- Assim como o construtor, o destrutor possui o mesmo nome que a classe, porém é antecedido pelo símbolo \sim (til)

Implementando um destrutor simples

```
1 #include <iostream>
2
3 class Box { // Arquivo Box10.h
4 private:
5     double length;
6     double width;
7     double height;
8
9 public:
10     Box(double lv = 1.0, double wv = 1.0, double hv = 1.0)
11         : length{lv}, width{wv}, height{hv}
12     {}
13
14     // Destrutor
15     ~Box() { std::cout << "Box liberada.\n"; }
16
17     double volume() {
18         return length * width * height;
19     }
20 };
```

Getters e Setters

- Para que possamos acessar os valores de atributos privados de uma classe, devemos criar funções-membro específicas para fazer isso, chamadas **getters** e **setters**.

Getters e Setters

- Para que possamos acessar os valores de atributos privados de uma classe, devemos criar funções-membro específicas para fazer isso, chamadas **getters** e **setters**.
- **Setters**: Modificam os dados do objeto.
- **Getters**: Acessam os valores, mas não permitem modificá-los.

Implementando getters e setters

```
1 // Arquivo Box11.h
2 #ifndef BOX11_H
3 #define BOX11_H
4
5 class Box {
6 private:
7     double length, width, height;
8
9 public:
10     Box(double lv = 1.0, double wv = 1.0, double hv = 1.0);
11     double volume();
12
13     double getLength() { return length; }
14     double getWidth() { return width; }
15     double getHeight() { return height; }
16
17     void setLength(double lv) { if(lv > 0) length = lv; }
18     void setWidth(double wv) { if(wv > 0) width = wv; }
19     void setHeight(double hv) { if(hv > 0) height = hv; }
20 };
21
22 #endif
```

Implementando getters e setters (cont.)

```
1 // arquivo Box11.cpp
2 #include "Box11.h"
3
4 Box::Box(double lv, double wv, double hv)
5     : length{lv}, width{wv}, height{hv}
6 {}
7
8 double Box::volume() {
9     return length * width * height;
10 }
```

Implementando getters e setters (cont.)

```
1 // arquivo mainBox11.cpp
2 #include <iostream>
3 #include <iomanip>
4 #include "Box11.h"
5 using namespace std;
6
7 int main() {
8     Box box;
9
10    box.setLength(2.0);
11    box.setWidth(3.0);
12    box.setHeight(4.0);
13
14    cout << fixed << setprecision(2);
15    cout << "Length: " << box.getLength() << endl;
16    cout << "Width: " << box.getWidth() << endl;
17    cout << "Height: " << box.getHeight() << endl;
18    cout << "Volume: " << box.volume() << endl;
19 }
```

Ponteiro `this`

Como os objetos 'enxergam' as funções e atributos de uma classe?

1. Cada objeto tem seus próprios atributos.
2. Todos os objetos de uma dada classe compartilham uma única cópia das funções-membro.

Como os objetos 'enxergam' as funções e atributos de uma classe?

1. Cada objeto tem seus próprios atributos.
2. Todos os objetos de uma dada classe compartilham uma única cópia das funções-membro.

Questão: Se existe apenas uma cópia de cada função-membro e cada uma é usada por vários objetos, como os atributos apropriados são acessados e atualizados?

Ponteiro `this`

Como os objetos 'enxergam' as funções e atributos de uma classe?

1. Cada objeto tem seus próprios atributos.
2. Todos os objetos de uma dada classe compartilham uma única cópia das funções-membro.

Questão: Se existe apenas uma cópia de cada função-membro e cada uma é usada por vários objetos, como os atributos apropriados são acessados e atualizados?

- O compilador fornece um ponteiro implícito chamado `this` junto com os nomes das funções.
- O ponteiro `this` é passado como um argumento oculto para todas as chamadas de funções não-estáticas e está disponível como uma variável local dentro do corpo de todas as funções não-estáticas.

Ponteiro this — Exemplo 1

```
1 #ifndef BOX12_H // Arquivo Box12.h
2 #define BOX12_H
3
4 class Box {
5 private:
6     double length, width, height;
7
8 public:
9     Box(double lv = 1.0, double wv = 1.0, double hv = 1.0)
10         : length{lv}, width{wv}, height{hv} { }
11
12     double volume() { return length * width * height; }
13
14     double getLength() { return length; }
15     double getWidth() { return width; }
16     double getHeight() { return height; }
17
18     void setLength(double length) { this->length = length; }
19     void setWidth(double width) { this->width = width; }
20     void setHeight(double height) { this->height = height; }
21 };
22
23 #endif
```


Ponteiro this — Exemplo 1 (cont.)

```
1 // arquivo mainBox12.cpp
2 #include <iostream>
3 #include <iomanip>
4 #include "Box12.h"
5 using namespace std;
6
7 int main() {
8     Box box;
9
10    box.setLength(2.0);
11    box.setWidth(3.0);
12    box.setHeight(4.0);
13
14    cout << fixed << setprecision(2);
15    cout << "Length: " << box.getLength() << endl;
16    cout << "Width: " << box.getWidth() << endl;
17    cout << "Height: " << box.getHeight() << endl;
18    cout << "Volume: " << box.volume() << endl;
19 }
```

Ponteiro this — Exemplo 2

Retornando um ponteiro nos setters

```
1 #ifndef BOX13_H // Arquivo Box13.h
2 #define BOX13_H
3
4 class Box {
5 private:
6     double length, width, height;
7
8 public:
9     Box(double length=1, double width=1, double height=1)
10        : length{length}, width{width}, height{height}
11        {}
12
13     double volume() { return length * width * height; }
14
15     double getLength() { return length; }
16     double getWidth() { return width; }
17     double getHeight() { return height; }
```

Ponteiro this — Exemplo 2 (cont.)

Retornando um ponteiro nos setters

```
18     Box* setLength(double length) {
19         this->length = length;
20         return this;
21     }
22
23     Box* setWidth(double width) {
24         this->width = width;
25         return this;
26     }
27
28     Box* setHeight(double height) {
29         this->height = height;
30         return this;
31     }
32 };
33
34 #endif
```

Ponteiro this — Exemplo 2 (cont.)

Retornando um ponteiro nos setters

```
1 // arquivo mainBox13.cpp
2 #include <iostream>
3 #include <iomanip>
4 #include "Box13.h"
5 using namespace std;
6
7 int main() {
8     Box box;
9
10    // Atencao: agora eh possivel encadear chamadas
11    box.setLength(2.0)->setWidth(3.0)->setHeight(4.0);
12
13    cout << fixed << setprecision(2);
14    cout << "Length: " << box.getLength() << endl;
15    cout << "Width: " << box.getWidth() << endl;
16    cout << "Height: " << box.getHeight() << endl;
17    cout << "Volume: " << box.volume() << endl;
18 }
```

Ponteiro this — Exemplo 3

Retornando uma referência nos setters

```
1 #ifndef BOX14_H // Arquivo Box14.h
2 #define BOX14_H
3
4 class Box {
5 private:
6     double length, width, height;
7
8 public:
9     Box(double length=1, double width=1, double height=1)
10        : length{length}, width{width}, height{height}
11        {}
12
13     double volume() { return length * width * height; }
14
15     double getLength() { return length; }
16     double getWidth() { return width; }
17     double getHeight() { return height; }
```

Ponteiro this — Exemplo 3 (cont.)

Retornando uma referência nos setters

```
18     Box& setLength(double length) {
19         this->length = length;
20         return *this;
21     }
22
23     Box& setWidth(double width) {
24         this->width = width;
25         return *this;
26     }
27
28     Box& setHeight(double height) {
29         this->height = height;
30         return *this;
31     }
32 };
33
34 #endif
```

Ponteiro this — Exemplo 3 (cont.)

Retornando uma referência nos setters

```
1 // arquivo mainBox14.cpp
2 #include <iostream>
3 #include <iomanip>
4 #include "Box14.h"
5 using namespace std;
6
7 int main() {
8     Box box;
9
10    // Atencao: agora eh possivel encadear chamadas
11    box.setLength(2.0).setWidth(3.0).setHeight(4.0);
12
13    cout << fixed << setprecision(2);
14    cout << "Length: " << box.getLength() << endl;
15    cout << "Width: " << box.getWidth() << endl;
16    cout << "Height: " << box.getHeight() << endl;
17    cout << "Volume: " << box.volume() << endl;
18 }
```

Exercícios



TAD Point

- Criar de um TAD para representar um ponto (x, y) no espaço \mathbb{R}^2 .
- Todo ponto no plano \mathbb{R}^2 possui é determinado por duas coordenadas. Estes são os dois atributos de um ponto.
- Consideramos as seguintes operações:
 - criar um ponto com coordenadas x e y
 - se for necessário, liberar a memória alocada por um ponto
 - devolver a coordenada x de um ponto
 - devolver a coordenada y de um ponto
 - atribuir novo valor à coordenada x do ponto
 - atribuir novo valor à coordenada y do ponto
 - calcular a distância entre dois pontos.

Exercício: Implemente um TAD chamado **Point** como uma classe, seguindo os requisitos listados acima.

Exercício — TAD Matrix

- Criar um TAD para representar uma matriz com n linhas e m colunas. Os valores n e m são determinados no momento da criação da matriz.
- Implemente o TAD por meio de uma classe chamada **Matrix**. Esse TAD encapsula uma matriz com n linhas e m colunas sobre a qual podemos fazer as seguintes operações:
 - criar matriz alocada dinamicamente
 - destruir a matriz alocada dinamicamente
 - acessar valor na posição (i, j) da matriz
 - atribuir valor ao elemento na posição (i, j)
 - retornar o número de linhas da matriz
 - retornar o número de colunas da matriz
 - imprimir a matriz na tela do terminal
 - comparar a matriz com outra e decidir se são ou não iguais.

Exercício — TAD Circle

- Criar um TAD para representar um círculo no \mathbb{R}^2 .
- Implemente o TAD por meio de uma classe chamada `Circle`. Todo círculo pode ser definido a partir do seu **centro** e do seu **raio**.
- Sua classe deve ter as seguintes funções-membro:
 - o construtor `Circle(double radius, Ponto& center)`: cria um círculo cujo centro é um atributo do tipo `Ponto` e raio é um `double`.
 - `void setRadius(double r)`: atribui novo valor ao raio do círculo.
 - `void setCenterX(double x)`: atribui novo valor ao x do centro.
 - `void setCenterY(double y)`: atribui novo valor ao y do centro.
 - `void setCenter(const Ponto& p)`: muda o centro.
 - `double getRadius()` obtém o raio.
 - `Ponto getCenter()`: obtém o centro.
 - `double area()`: retorna a área do círculo.
 - `bool contains(const Point& p)`: verifica se o ponto p está dentro do círculo.

Objetos e Funções-membros constantes



Exemplo

```
1 #ifndef BOX15_H // Arquivo Box15.h
2 #define BOX15_H
3
4 class Box {
5 private:
6     double length, width, height;
7
8 public:
9     Box(double length=1, double width=1, double height=1)
10         : length{length}, width{width}, height{height}
11     {}
12
13     double volume() const {
14         return length * width * height;
15     }
16
17     double getLength() const { return length; }
18     double getWidth() const { return width; }
19     double getHeight() const { return height; }
```

Exemplo (cont.)

```
1      Box& setLength(double length) {  
2          this->length = length;  
3          return *this;  
4      }  
5  
6      Box& setWidth(double width) {  
7          this->width = width;  
8          return *this;  
9      }  
10  
11     Box& setHeight(double height) {  
12         this->height = height;  
13         return *this;  
14     }  
15 };  
16  
17 #endif
```

Exemplo (cont.)

```
1 // arquivo mainBox15.cpp
2 #include <iostream>
3 #include <iomanip>
4 #include "Box15.h"
5 using namespace std;
6
7 void print_box(const Box& b) {
8     cout << fixed << setprecision(2);
9     cout << "Length: " << b.getLength() << endl;
10    cout << "Width: " << b.getWidth() << endl;
11    cout << "Height: " << b.getHeight() << endl;
12    cout << "Volume: " << b.volume() << endl;
13 }
14
15 int main() {
16     const Box box { 2.0, 3.0, 4.0 };
17     print_box( box );
18 }
```

FIM

