



**PCS3111**

Laboratório de Programação  
Orientada a Objetos para  
Engenharia Elétrica

**Aula 2:** Ponteiros, Testes e Depuração

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

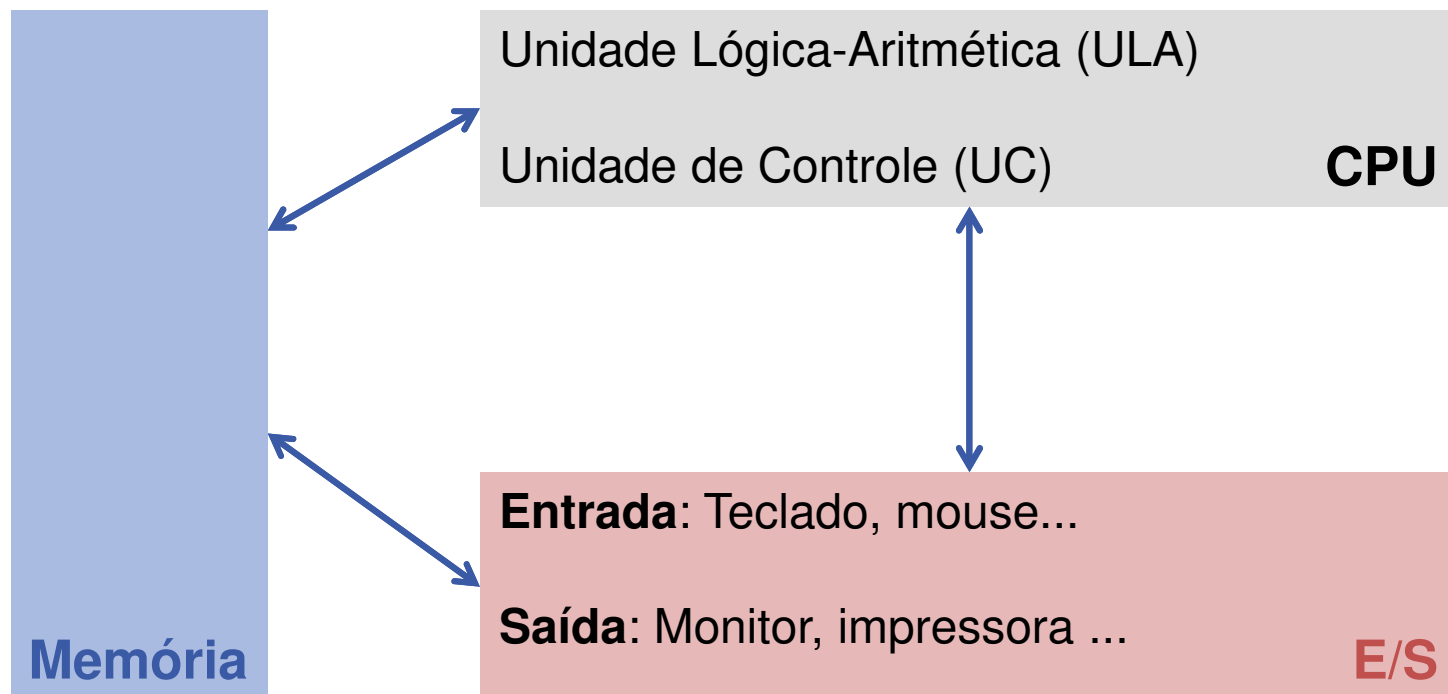
# Agenda

1. Arquitetura de von Neumann
2. Ponteiros
  - Ponteiros e vetores
  - Passagem de parâmetro em C++
3. Testes e depuração
4. **Qualidade de código (ler em casa)**

# **Arquitetura de von Neumann**

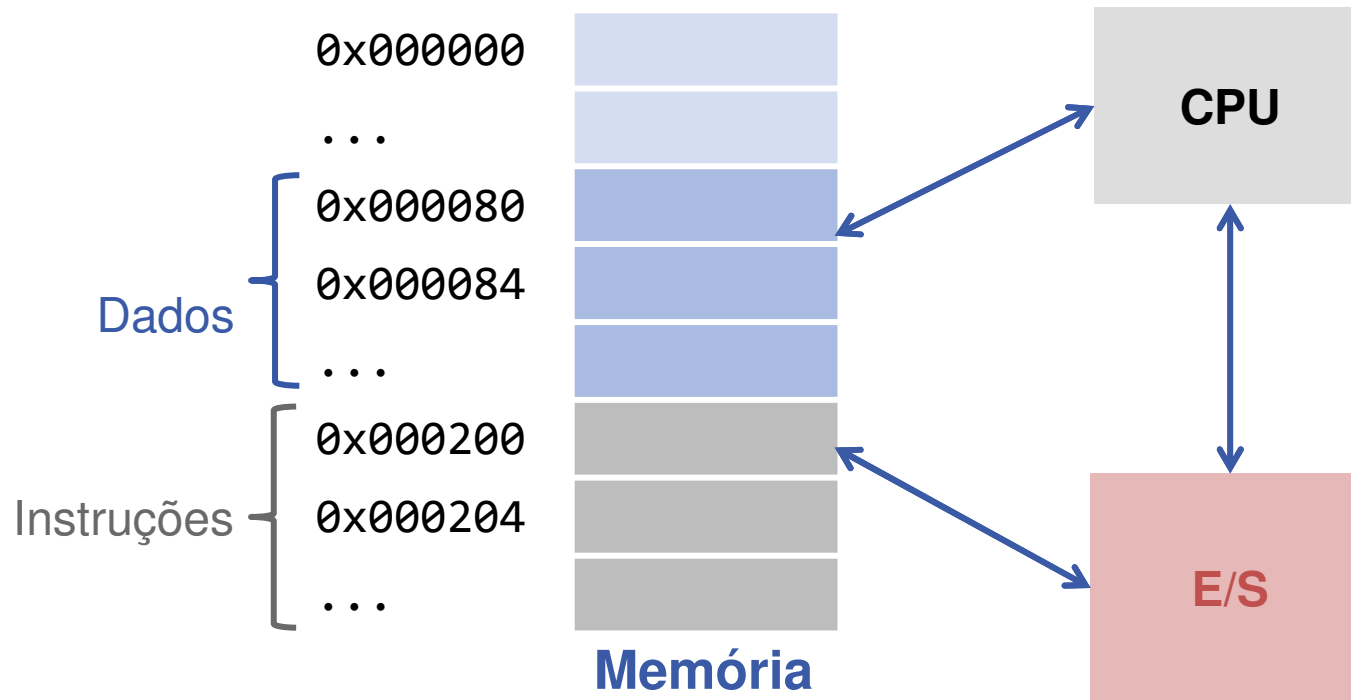
# Computador

- Arquitetura de von Neumann



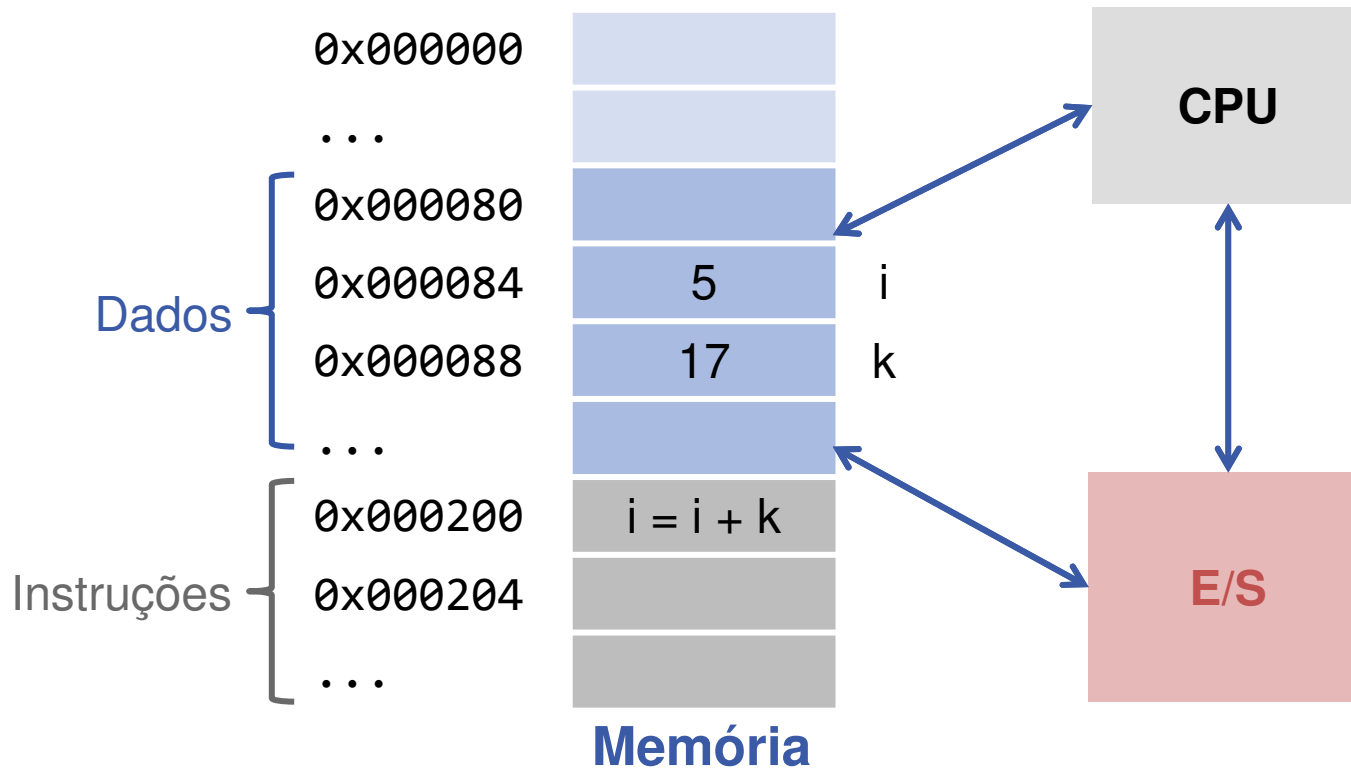
# Arquitetura de von Neumann

- A memória é uma sequência de bytes
  - 1 byte = 8 bits
  - Bytes são numerados sequencialmente
  - **Dados** e instruções (programa) ficam na memória



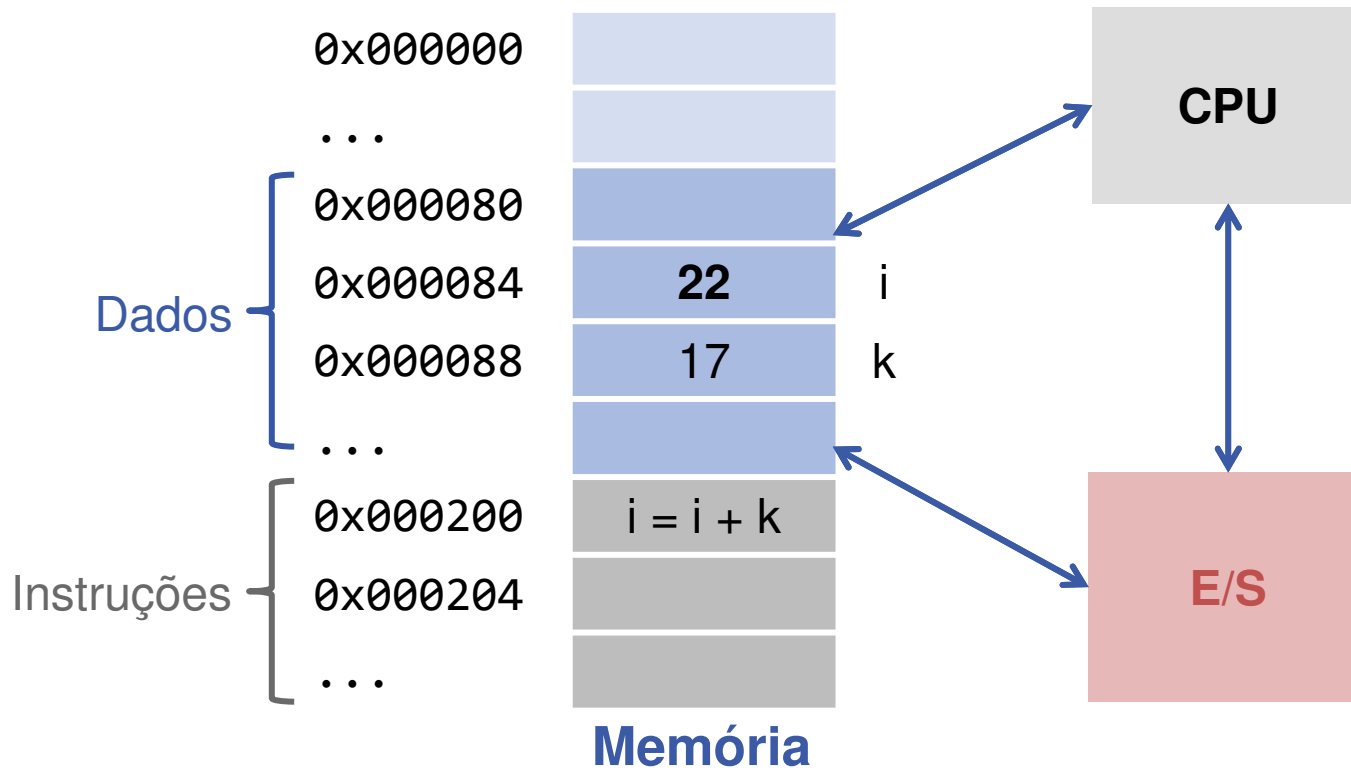
# Arquitetura de von Neumann

- Exemplo: antes da execução



# Arquitetura de von Neumann

- Exemplo: depois da execução



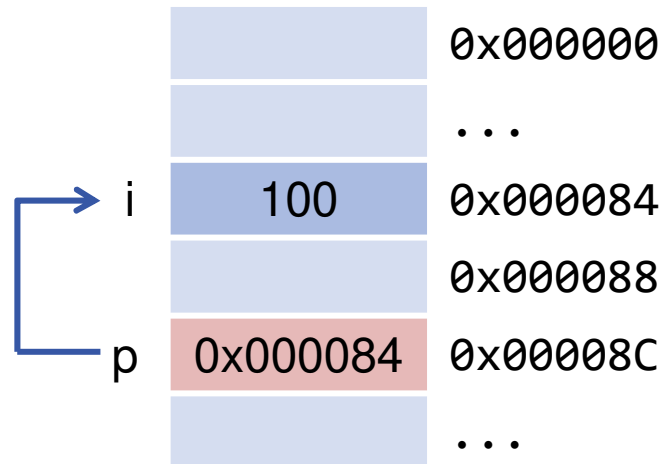
# Ponteiros



# Ponteiros

- Variável especial que referencia um endereço da memória
  - Também chamado de *apontador*

```
int i = 100;
```



- “p” é um ponteiro que aponta para o valor de “i”

# Ponteiros

## ■ Declaração `<Tipo> *p;`

- O ponteiro é específico para um tipo de variável

```
12  int *p1;  
13  double *p2;
```

## ■ Operador &

- Obtêm o endereço de uma variável

```
6  int i = 100;  
7  double j = 5.5;  
8  
9  cout << &i << endl;  
10 cout << &j << endl;
```

p1 aponta para i

```
12  int *p1;  
13  double *p2;  
14  
15  p1 = &i;  
16  p2 = &j;  
17  
18  cout << p1 << endl;  
19  cout << p2 << endl;
```

EX01

Saída

```
0x6afef4  
0x6afee8  
0x6afef4  
0x6afee8
```

# Ponteiros

- Operador \* (*desreferenciação*)
  - Permite obter o valor apontado pelo ponteiro

```
6   int i = 5;  
7   int *p = &i;  
8  
9   cout << i << endl;  
10  cout << *p << endl;
```

EX02

Saída

5  
5

- É possível usá-lo para alterar o valor

```
12  *p = 10;  
13  cout << *p << endl;  
14  cout << i << endl;
```

Saída

10  
10

# Usando um ponteiro

- O valor inicial de um ponteiro é indefinido

```
6   int *p1; // endereço indefinido
7
8   cout << *p1 << endl; // Ops... Problema!
```

EX03

## ■ NULL

- Representa que o ponteiro aponta para **nenhum** valor

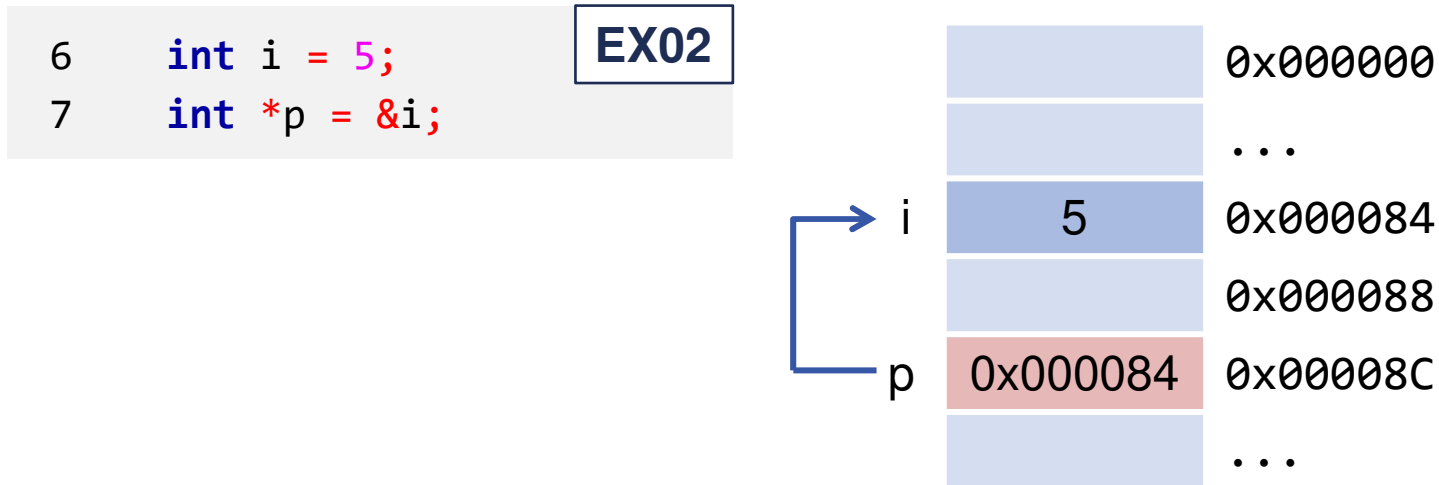
```
10  int *p2; // endereço indefinido
11  p2 = NULL; // nenhum valor
12
13  if (p2 == NULL) { É possível testar
14      cout << "Null" << endl;
15  }
```

EX03

- NULL está definido em várias bibliotecas
  - Em `iostream`, por exemplo

# Usando um ponteiro

- Na verdade, o ponteiro também está na memória



- Então qual é o valor de:

`&i`

`p`

`*p`

`&p`

`*&i`

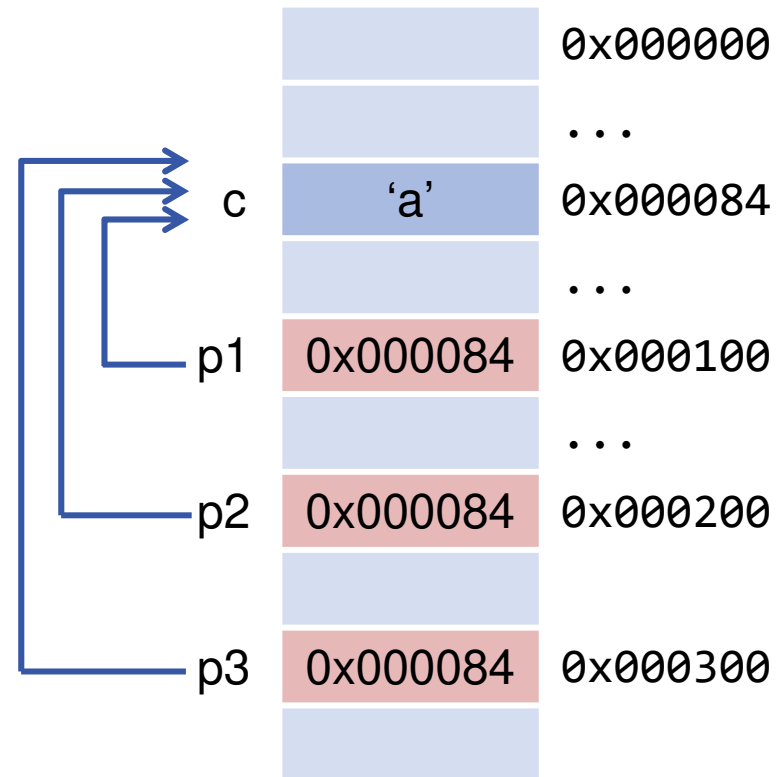
# Usando um ponteiro

- Vários ponteiros podem apontar para o mesmo valor

```
6   char c = 'a'; EX04
7
8   char *p1 = &c;
9   char *p2 = &c;
10  char *p3 = p1;
11
12  cout << *p3 << endl;
13
14  *p3 = 'b';
15
16  cout << c << endl;
```

**Saída**

```
a
b
```



# Usando um ponteiro

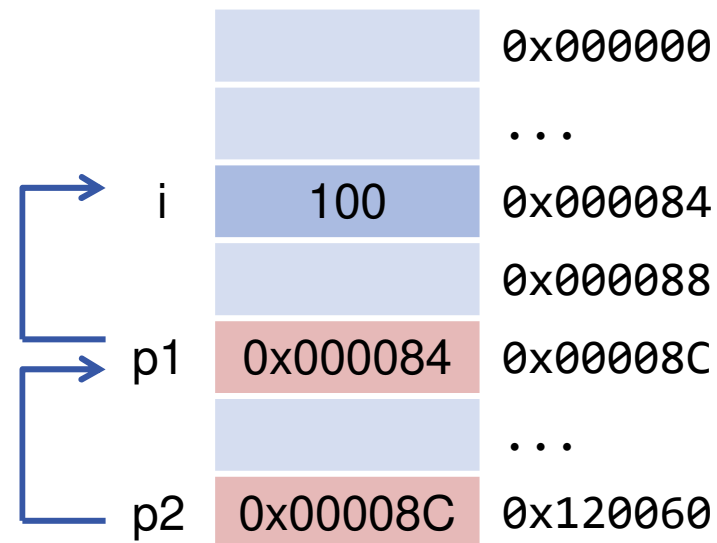
- É possível ter ponteiros de ponteiros

```
6  int i = 100;
7  int *p1 = &i;
8
9  int **p2;
10 p2 = &p1;
11
12 cout << i << endl;
13 cout << *p1 << endl;
14 cout << **p2 << endl;
```

EX05

Saída

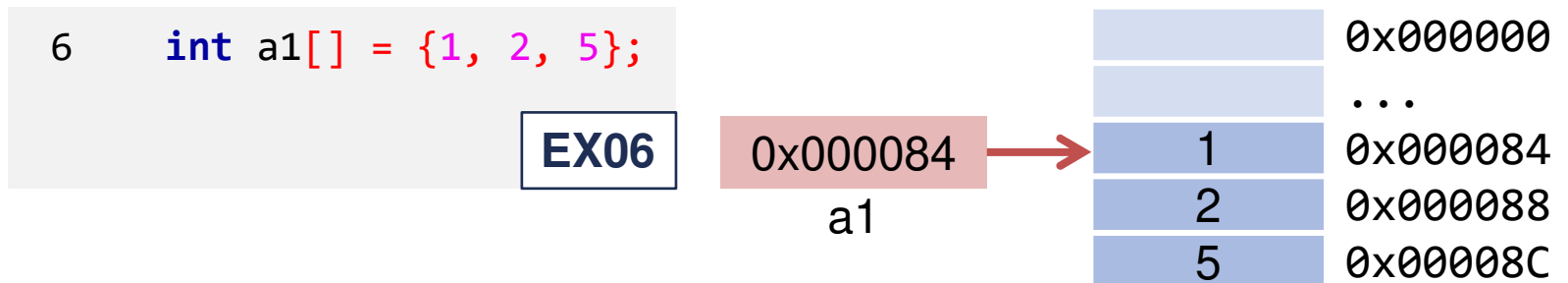
```
100
100
100
```



p2 é um ponteiro para  
ponteiro de inteiros

# Ponteiros e vetores

- Um vetor *funciona* como um ponteiro
  - A variável aponta para a primeira posição do vetor



- Um ponteiro para o vetor pode ser usado como um vetor

```
8   int *p = a1;
9
10  cout << p[0] << endl;
11  cout << p[2] << endl;
```

Saída

1  
5

**Observação:** em C++ não é possível retornar vetores. Mas é possível retornar um *ponteiro*.



# Passagem de parâmetro

- Como funciona a passagem de parâmetros?
  - Qual é a saída em tela?

```
5 void trocar(int a, int b) {  
6     int temp = a;  
7     a = b;  
8     b = temp;  
9 }  
...  
24 int main() {  
25     int a = 1;  
26     int b = 2;  
27  
28     trocar(a, b);  
29     cout << "a: " << a << " b: " << b << endl;  
...  

```

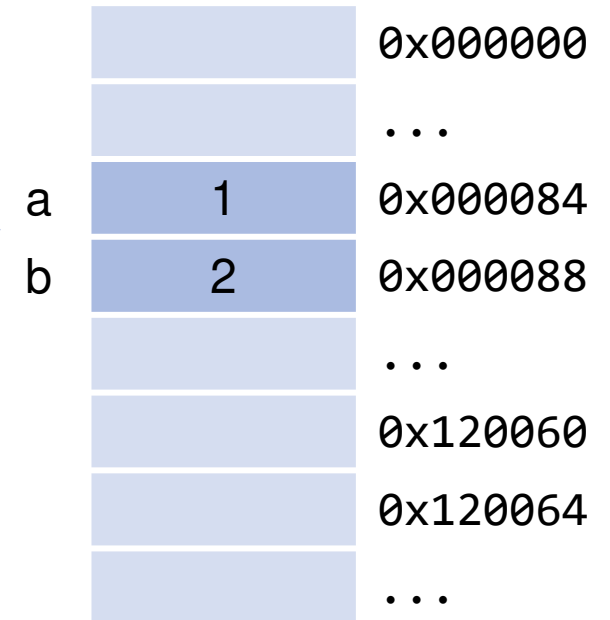
EX07

# Passagem de parâmetro

- O C++ passa argumentos por **valor**
  - Ou seja, é feita uma **cópia** do valor da variável

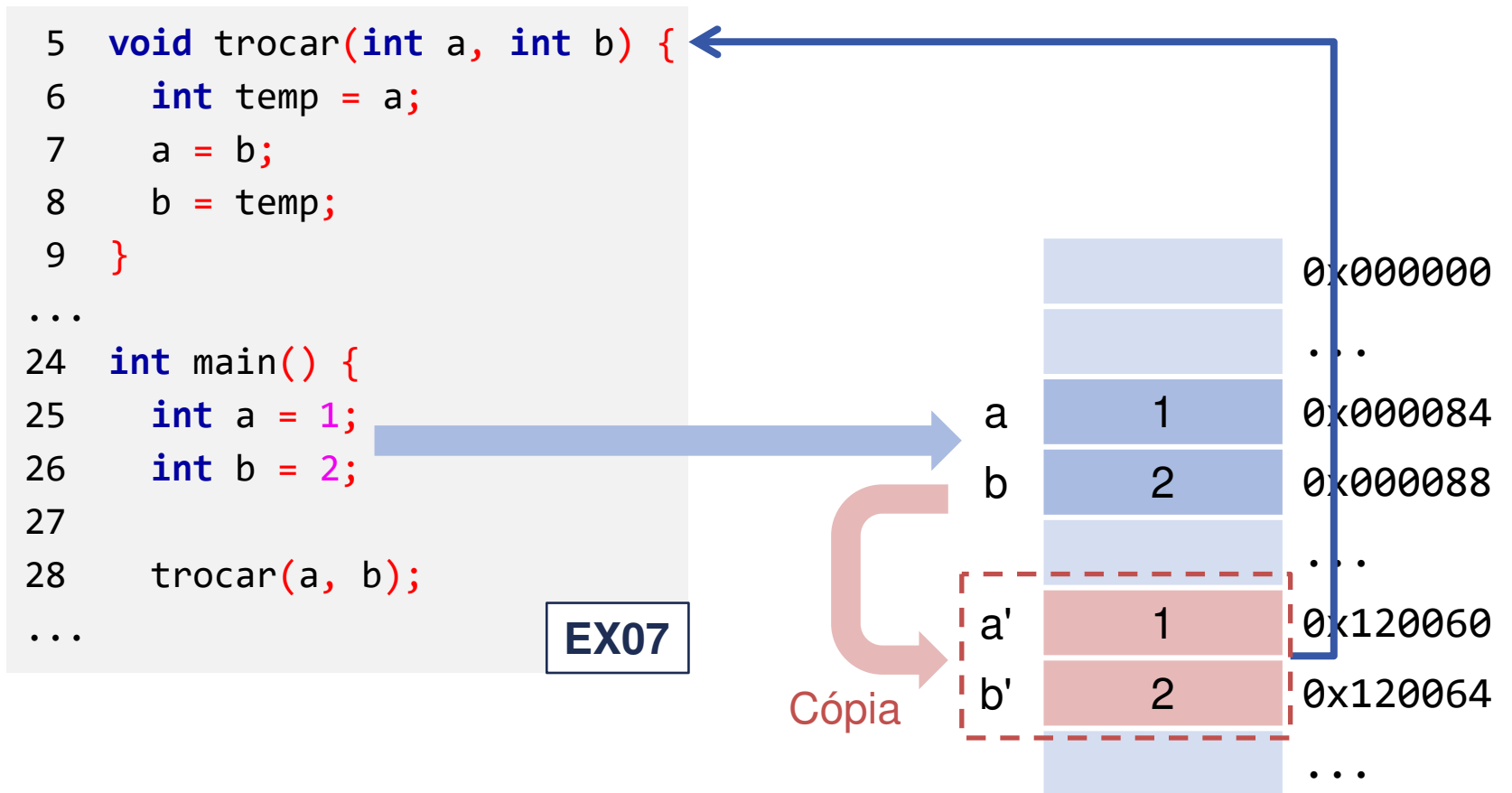
```
5 void trocar(int a, int b) {  
6     int temp = a;  
7     a = b;  
8     b = temp;  
9 }  
...  
24 int main() {  
25     int a = 1;  
26     int b = 2;  
27  
28     trocar(a, b);  
...
```

EX07



# Passagem de parâmetro

- O C++ passa argumentos por **valor**
  - Ou seja, é feita uma **cópia** do valor da variável

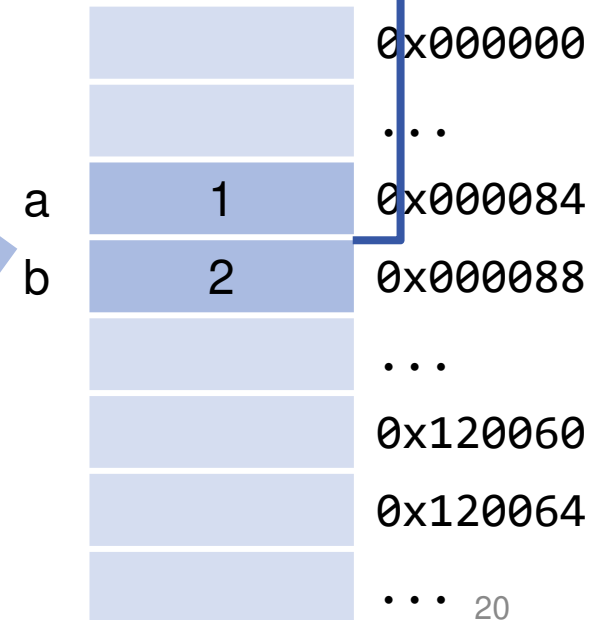


# Passagem por referência

- C++ permite parâmetros por **referência**
  - Nesse caso a referência ao valor é passada como parâmetro
  - Usar o símbolo & na declaração do parâmetro

```
11 void trocar1(int& a, int& b) {  
12     int temp = a;  
13     a = b;  
14     b = temp;  
15 }  
...  
24 int main() {  
25     int a = 1;  
26     int b = 2;  
...  
33     trocar1(a, b);  
...
```

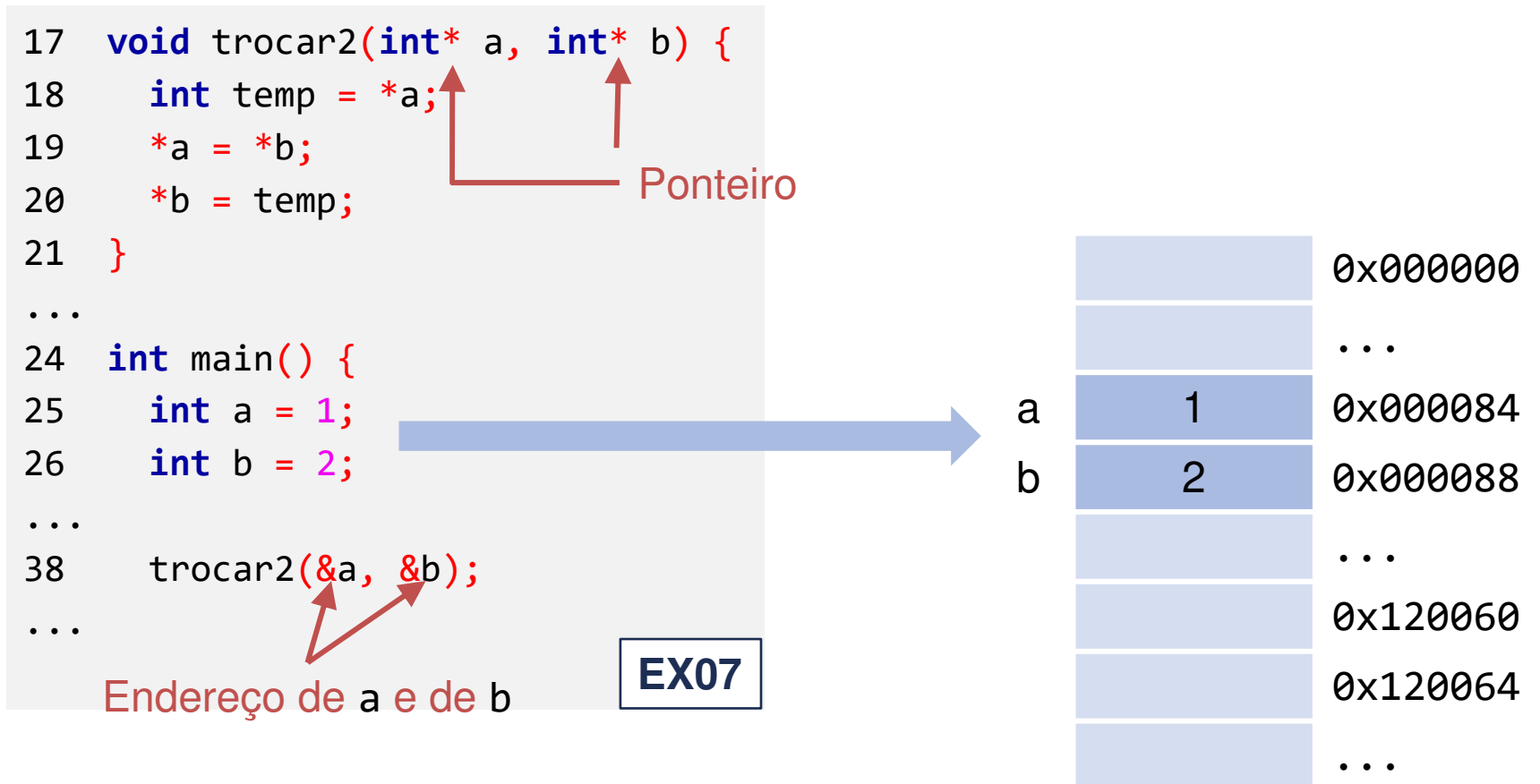
Por referência



EX07

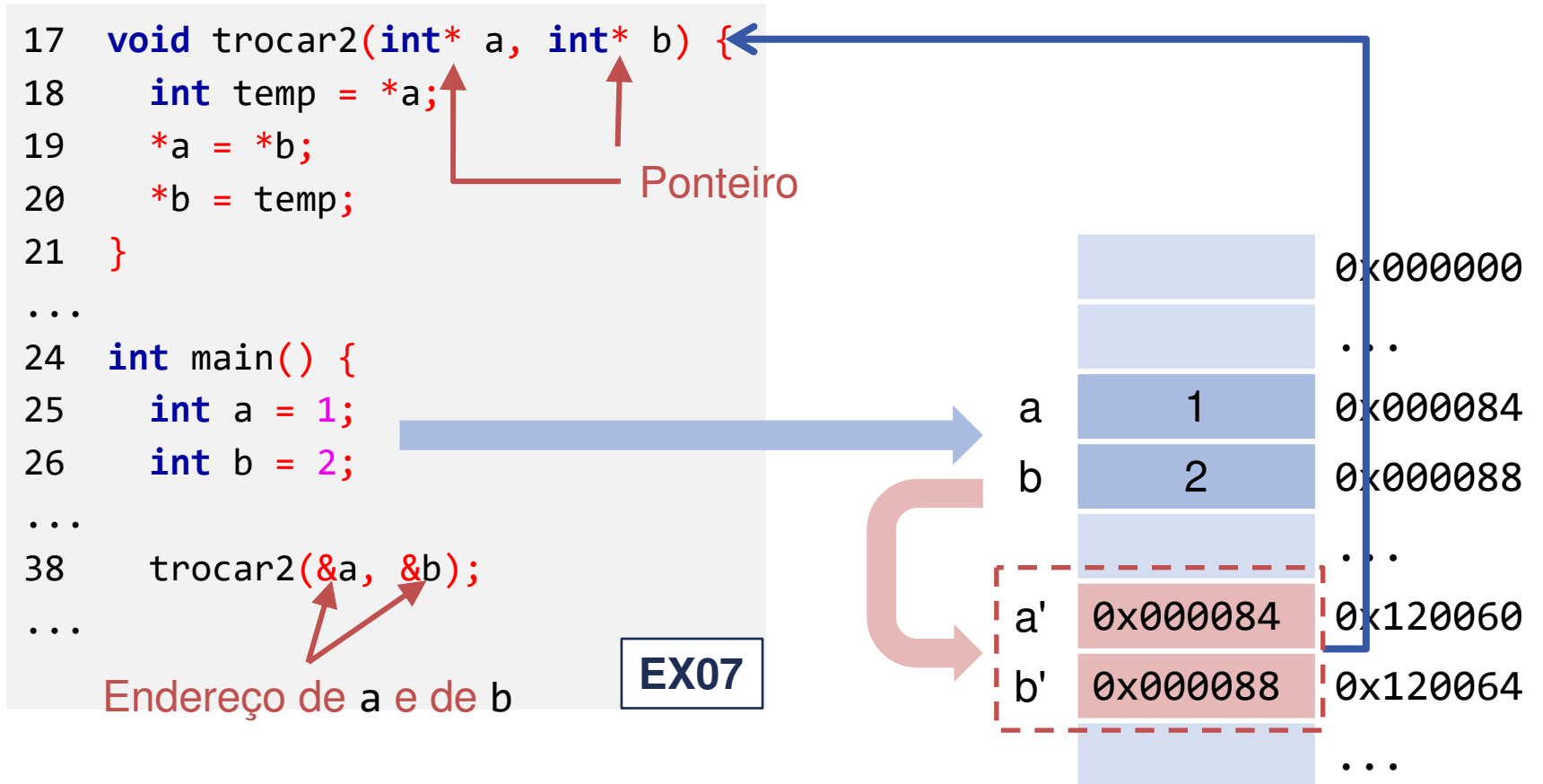
# Passagem usando ponteiros

- Uma outra forma é usar ponteiros



# Passagem usando ponteiros

- Uma outra forma é usar ponteiros



# Testes e Depuração

# Testes e depuração

- Definições
  - **Teste**: processo de executar um programa com o objetivo de encontrar erros
  - **Depuração**: processo de localizar um *suposto* erro e corrigi-lo
- Saídas corretas em um teste não *garantem* que o software não tem erros
  - O teste pode não ter sido bom o suficiente!
- Existem abordagens de teste e de depuração
  - Engenharia de Software



# Exemplo: total de uma compra

- Se a soma dos preços dos produtos for maior que "limite" reais, o frete não deve ser cobrado

```
11 double totalDaCompra (double produtos[], int quantidade,  
12                        double frete, double limite) {  
13     double total = 0;  
14     for (int i = 0; i < quantidade; i++)  
15         total = total + produtos[i];  
16     if (total > limite)  
17         total = total + frete;  
18     return total;  
19 }
```

EX08

- Como fazer testes?

# Exemplo: total de uma compra

- Se a soma dos preços dos produtos for maior que "limite" reais, o frete não deve ser cobrado

```
11 double totalDaCompra (double produtos[], int quantidade,  
12                        double frete, double limite) {  
13     double total = 0;  
14     for (int i = 0; i < quantidade; i++)  
15         total = total + produtos[i];  
16     if (total > limite)  
17         total = total + frete;  
18     return total;  
19 }
```

EX08

Saída

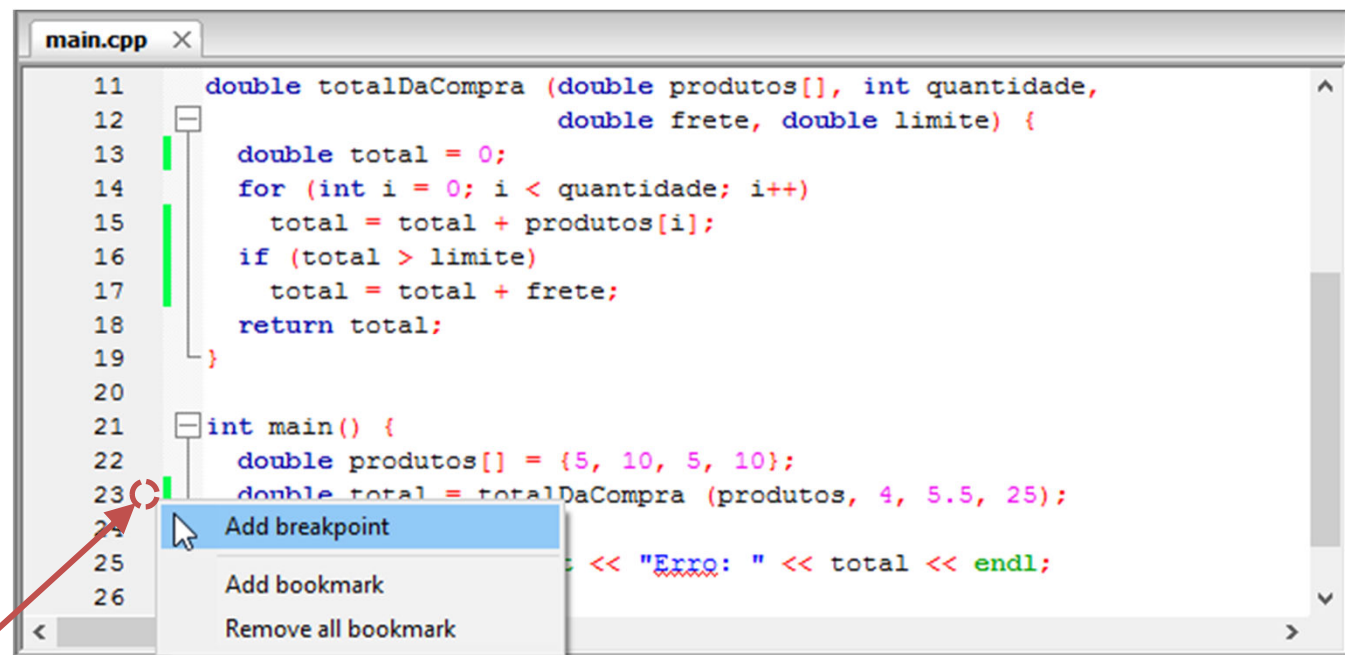
Erro: 35.5

```
21 int main() {  
22     double produtos[] = {5, 10, 5, 10};  
23     double total = totalDaCompra (produtos, 4, 5.5, 25);  
24  
25     if (total != 30) cout << "Erro: " << total << endl;
```

Teste

# Depuração

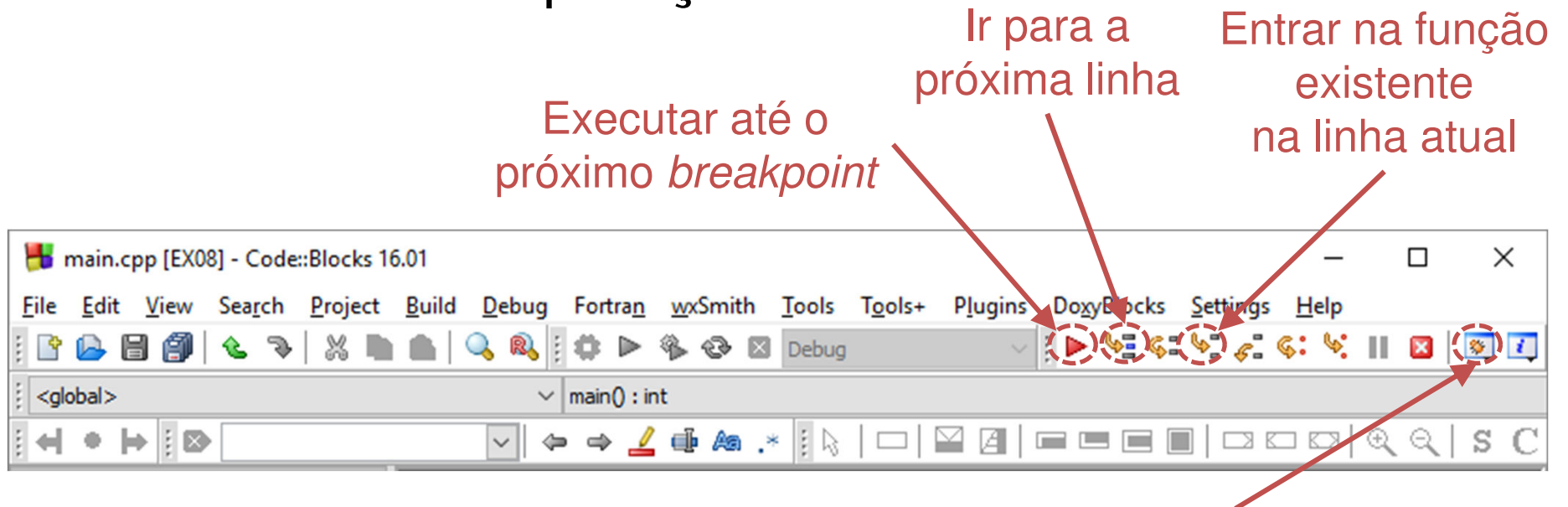
- *Breakpoint*
  - Ponto de parada no programa para depuração



Inserir *breakpoint* na linha  
23 usando botão direito  
**ou** 1 clique na linha 23

# Depuração

- Controle da depuração



Watches (new)

Function arguments		
Locals		
produtos		
[0]	5	
[1]	10	
[2]	5	
[3]	10	
total	1.9763250266786954e-307	

Janelas de depuração  
(a mais importante é a **watches**,  
que mostra os valores  
das variáveis)

# Observação

- Nunca compare `double` com `==` ou `!=`
  - Pontos flutuantes tem *problemas de precisão*

```
1  #include <iostream>
2  #include <cmath>
3
4  using namespace std;
..
21
22 int main() {
23     double produtos[] = {5, 10, 5, 10};
24     double total = totalDaCompra (produtos, 4, 5.5, 25);
25
26     if (abs(total - 30) > 0.01) cout << "Erro: " << total << endl;
27     return 0;
28 }
```

Inclua `cmath` para usar o `abs`  
e faça `using namespace std`

EX08b

Se a diferença entre o valor esperado e o obtido for maior que um *épsilon*, há um erro

# Bibliografia

- MYERS, G. J. **The Art of Software Testing**. John Wiley & Sons, 2ª edição, 2004.
- SAVITCH, W. **C++ Absoluto**. Pearson, 1<sup>st</sup> ed. 2003. Seção 10.1.