

# Subprogramas (funções)

## Subprograma

### Definição

- Um subprograma é composto por um conjunto de comandos que, ao serem executados, realiza uma ou mais tarefas específicas
- Um subprograma constitui um módulo independente de quem o usa
- Um subprograma só pode ser usado/invocado/chamado
  - pelo programa principal (main), ou
  - por outro subprograma
- Um subprograma
  - recebe o comando do programa ou subprograma que o chama,
  - realiza as tarefas que lhe foram designadas, e por fim
  - devolve o comando ao programa ou subprograma que o chamou
- Um subprograma pode **devolver um elemento** de qualquer tipo de dados
- Na linguagem C, um subprograma designa-se habitualmente por **função**

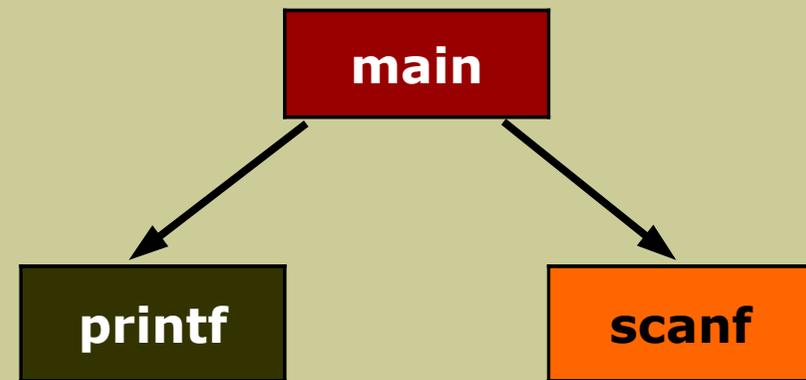
## Relação hierárquica entre subprogramas

- Um programa ou subprograma pode utilizar subprogramas
  - já "implementados" (incluídos nas bibliotecas padrão), tais como:
    - subprogramas de entrada e de saída de dados (scanf, printf, ...)
    - funções matemáticas (sqrt, sin, cos, ...)
  - desenvolvidos e implementados especificamente para aquele programa ou subprograma

## Relação hierárquica entre subprogramas

- A relação hierárquica entre subprogramas é estabelecida na escrita do programa ou subprograma que os chama

```
#include <stdio.h>
void main ()
{
    int x;
    float y;
    printf("Escreva um valor inteiro: ");
    scanf("%d", &x);
    y = x + 5.4;
    printf("Valor de y = %f\n", y);
}
```



- os subprogramas **printf** e **scanf**
  - encontram-se definidos na biblioteca padrão "stdio.h"
  - são módulos independentes do programa que os chama

## Vantagens e desvantagens de se usar subprogramas

- As **vantagens** são essencialmente as seguintes
  - evitar duplicação de código,
  - modular o programa (característico da programação estruturada),
  - reutilização de código já implementado (utilização de bibliotecas)
  - tornar o código-fonte mais claro
- A maior **desvantagem** é tornar o programa mais lento, pois a passagem do comando para os subprogramas e a sua devolução é uma tarefa que consome algum tempo

## Sintaxe

- Um subprograma é composto por um **cabeçalho** e um **corpo**

```
tipo nome (argumentos)
```

```
{
```

```
  declarações
```

```
  instruções
```

```
}
```

**cabeçalho**

**corpo**

- O **corpo** é
  - um bloco de instruções ou instrução composta (bloco delimitado por **{ }**),
  - composto por um conjunto de **declarações** e um conjunto de **instruções**

## Sintaxe - cabeçalho

### tipo nome (argumentos)

- O **cabeçalho** especifica o que o subprograma faz
- O **cabeçalho** é composto por três entidades:
  - **nome** do subprograma (que deve ser sugestivo relativamente às tarefas que realiza)
  - **argumentos**, que correspondem aos dados de entrada do subprograma
    - cada argumento representa um dado de entrada
    - os argumentos são separados por vírgulas (,)
  - **tipo** de dados do resultado, que o subprograma pode devolver, que é de qualquer tipo
    - se não houver devolução de resultado, o tipo é **void**
- Um subprograma pode ser **declarado**
  - definido apenas com o cabeçalho (sem corpo), mas termina com ponto e vírgula (;)
  - designa-se por **protótipo** e tem a seguinte sintaxe:

### tipo nome (argumentos);

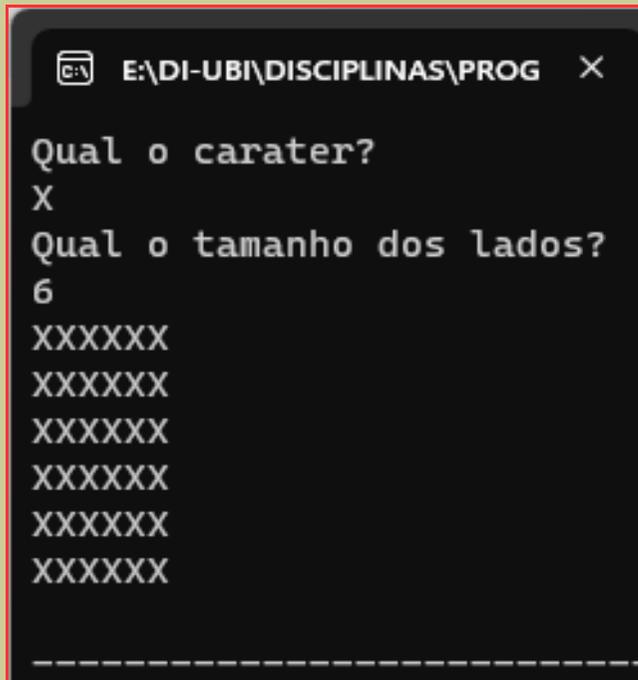
## Sintaxe - corpo

```
{  
  declarações  
  instruções  
}
```

- O **corpo** especifica **COMO** o subprograma faz, pois corresponde à implementação do algoritmo associado à realização das tarefas que lhe estão destinadas
- O **corpo** é composto pela zona de **declarações** e pela zona de **instruções**
- Na zona de **declarações** são declaradas as restantes entidades necessárias (em especial as variáveis) à realização das tarefas contidas na zona das **instruções**
- As variáveis da zona de **declarações** e as que fazem parte dos **argumentos**, são variáveis **locais**, pois os espaços de memória que ocupam são libertados quando o subprograma termina (devolve o comando a quem o chamou)

## Exemplo 1 (programa)

- Elaborar um programa para desenhar um quadrado com lado e caráter dados pelo utilizador.



```
E:\DI-UBI\DISCIPLINAS\PROG
Qual o carater?
X
Qual o tamanho dos lados?
6
XXXXXX
XXXXXX
XXXXXX
XXXXXX
XXXXXX
XXXXXX
-----
```

```
#include <stdio.h>
void main ()
{
    char ch;
    int k, j, lado;
    printf("Qual o carater?\n");
    scanf("%c", &ch);
    printf("Qual o tamanho dos lados?\n");
    scanf("%d", &lado);
    for (k = 1; k <= lado; k = k + 1)
    {
        for (j = 1; j <= lado; j = j + 1)
            printf("%c", ch);
        printf("\n");
    }
}
```

## Exemplo 1 (subprograma + programa)

- Subprograma para desenhar um quadrado com o caráter *c*, com lado *N*
  - nome: **desenharQuadrado**
  - argumentos (dados de entrada): um caráter (**char c**) e um valor inteiro (**int N**)
  - tipo de dados do resultado: **void** (não há devolução de resultado)

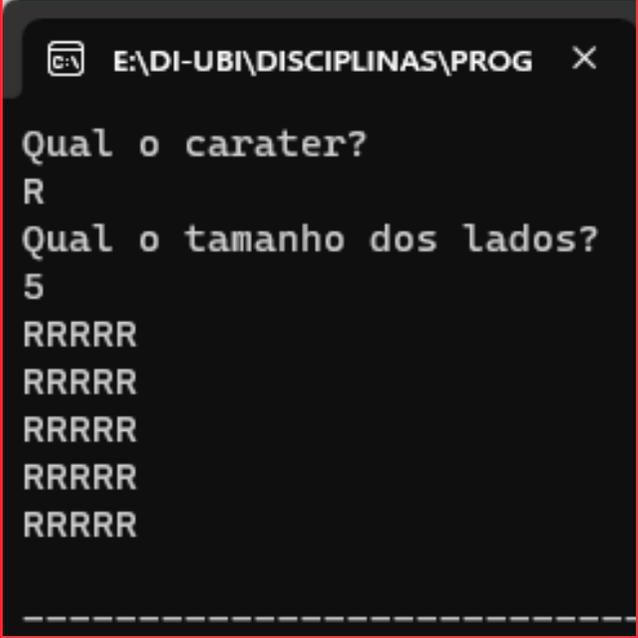
```
void desenharQuadrado (char c, int N)
```

```
{  
  int k, j;  
  for (k = 1; k <= N; k = k + 1)  
  {  
    for (j = 1; j <= N; j = j + 1)  
      printf("%c", c);  
    printf("\n");  
  }  
}
```

## Exemplo 1 (subprograma + programa)

- Elaborar um programa para desenhar um quadrado com lado e caráter dados pelo utilizador, usando o subprograma **desenharQuadrado**

```
#include <stdio.h>
void desenharQuadrado (char c, int N);
void main ()
{
    char ch;
    int lado;
    printf("Qual o carácter?\n");
    scanf("%c", &ch);
    printf("Qual o lado?\n");
    scanf("%d", &lado);
    desenharQuadrado(ch, lado);
}
```



```
E:\DI-UBI\DISCIPLINAS\PROG
Qual o carater?
R
Qual o tamanho dos lados?
5
RRRRR
RRRRR
RRRRR
RRRRR
RRRRR
```

## Exemplo 2 (subprograma + programa)

- Subprograma para calcular o fatorial de um número inteiro positivo
  - nome: **fatorial**
  - argumentos (dados de entrada): um valor inteiro positivo (**int N**)
  - tipo de dados do resultado que é devolvido: **int**

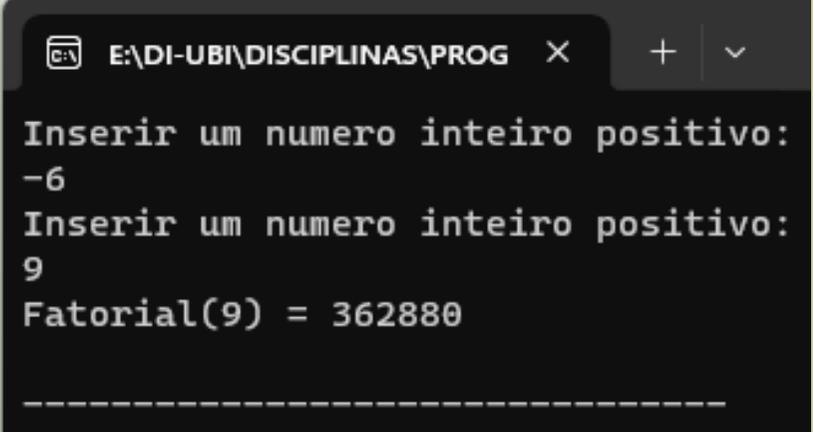
```
int fatorial (int N)  
{  
    int k, resultado;  
    resultado = 1;  
    for (k = 1; k <= N; k = k + 1)  
        resultado = resultado * k;  
    return resultado;  
}
```

- Observação: por definição,  $\text{fatorial}(0) = 1$

## Exemplo 2 (subprograma + programa)

- Elaborar um programa para calcular o fatorial de um número inteiro positivo, usando o subprograma **fatorial**

```
#include <stdio.h>
int fatorial (int N);
void main ()
{
    int num, fat;
    do{
        printf("Inserir um numero inteiro positivo:\n");
        scanf("%d", &num);
    }while (num < 0);
    fat = fatorial(num);
    printf("Fatorial(%d) = %d\n", num, fat);
}
```



```
E:\DI-UBI\DISCIPLINAS\PROG x + v
Inserir um numero inteiro positivo:
-6
Inserir um numero inteiro positivo:
9
Fatorial(9) = 362880
-----
```

## A instrução return

- Um subprograma devolve o comando para quem o chamou quando é executada:
  - a instrução **return**, ou
  - a última instrução do subprograma
- Se a devolução do comando é feita com a execução do **return** o subprograma
  - termina o seu processamento, e
  - devolve o comando para o programa ou subprograma que o chamou
- A instrução **return** pode ter associado um resultado
  - se **não tem**, então nada mais faz
  - se **tem**, então também envia este resultado para quem o chamou
- Sintaxe

```
return valor ;
```

em que **valor** (constante ou variável)

- é o resultado a enviar para quem chamou o subprograma
- é do mesmo tipo do subprograma

## Exemplo 1

- Subprograma para desenhar um quadrado com o caráter *c*, com lado *N* (não há devolução de resultado)

```
void desenharQuadrado (char c, int N)
```

```
{  
    int k, j;  
    for (k = 1; k <= N; k = k + 1)  
    {  
        for (j = 1; j <= N; j = j + 1)  
            printf("%c", c);  
        printf("\n");  
    }  
}
```

```
void desenharQuadrado (char c, int N)
```

```
{  
    int k, j;  
    for (k = 1; k <= N; k = k + 1)  
    {  
        for (j = 1; j <= N; j = j + 1)  
            printf("%c", c);  
        printf("\n");  
    }  
    return ;  
}
```

## Exemplo 2

- Subprograma para calcular (e **devolver**) o fatorial de um número inteiro positivo

```
int fatorial (int N)
{
    int k, resultado;
    resultado = 1;
    for (k = 1; k <= N; k = k + 1)
        resultado = resultado * k;
    return resultado;
}
```

## Argumentos/Parâmetros

- A passagem de valores para um subprograma é feito através dos argumentos (ou parâmetros)
- Os argumentos de um subprograma são definidos no seu cabeçalho

### **tipo nome (argumentos)**

- Cada argumento é definido como uma declaração de uma variável
- Uma lista de argumentos é definida com uma lista de declarações de variável

## Argumentos/Parâmetros

- Sintaxe (um argumento)

**tipo nome**

- Sintaxe (vários argumentos)

**tipo1 nome1, tipo2 nome2, ...**

em que se define um tipo para cada argumento

- mesmo que vários argumentos sejam do mesmo tipo
- Exemplo:
  - **errado**: `int soma (int a, b)`
  - **correto**: `int soma (int a, int b)`

## Utilização/Invocação/Chamada de subprogramas

- Na chamada de um subprograma os argumentos são posicionais, devendo-se utilizar
  - o número exato de argumentos e
  - a posição correta
- Por exemplo

```
void desenharQuadrado (char c, int N)
```

```
...
```

- um programa ou subprograma ao invocar/chamar este subprograma
  - deve ser com 2 argumentos (e não 1 nem 3) e
  - o primeiro deve ser um caráter e o segundo um inteiro

## Utilização/Invocação/Chamada de subprogramas

- Exemplos de chamadas **incorretas**

```
void desenharQuadrado (char c, int N);           (caráter, inteiro)
void main ()
{
  int a, b;
  char c, d;
  ...
  desenharQuadrado(a, b);           (inteiro, inteiro)
  desenharQuadrado(a, c);           (inteiro, caráter)
  desenharQuadrado(a);              (inteiro)
}
```

## Utilização/Invocação/Chamada de subprogramas

- Exemplos de chamadas **corretas**

```
void desenharQuadrado (char c, int N);           (caráter, inteiro)
void main ()
{
  int a, b;
  char c, d;
  ...
  desenharQuadrado(c, b);           (caráter, inteiro)
  desenharQuadrado('*', 4);        (caráter, inteiro)
  desenharQuadrado(d, a+b);       (caráter, inteiro)
}
```

## Características de um subprograma

- Identificação
  - tem nome/identificador único
- Utilização/Invocação/Chamada
  - é feita a partir do programa principal ou de outro subprograma
- Unicidade
  - deve realizar uma única tarefa bem definida
- Funcionamento
  - funciona como uma caixa opaca



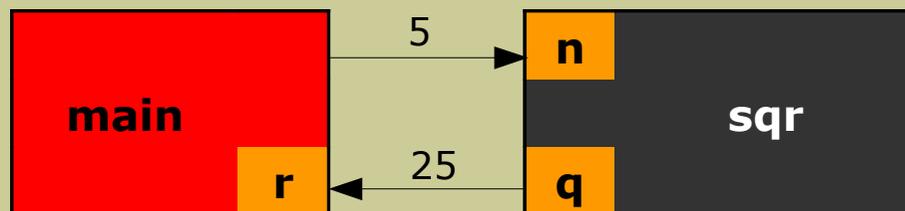
- Generalidade/Reutilização
  - a codificação de um subprograma deve ser **genérica** e **independente** de qualquer programa ou projeto, para que possa ser reutilizada por outros programas ou projetos

## Comunicação entre subprogramas

- Utilização/Invocação/Chamada
  - é feita a partir do programa principal ou de outro subprograma
  - o programa principal ou subprograma invocador é suspenso
  - o subprograma invocado é executado
  - o subprograma invocador retoma a sua execução
  
- Execução
  - após ser invocado, um subprograma é executado:
    - entrada de dados ou passagem de argumentos/parâmetros
    - executa bloco de instruções
    - saída de dados

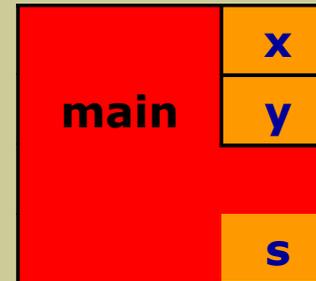
## Comunicação entre subprogramas

- Passagem de argumentos/parâmetros
  - é uma operação de entrada de dados
  - associação de 1 para 1:
    - cada argumento efetivo (ou concreto) a
    - um argumento formal (que é uma variável)
- Retorno/Devolução de valor
  - é uma operação de saída de dados (resultados)



## Variáveis locais – exemplo 1

```
#include <stdio.h>
int soma (int a, int b)
{
    int res;
    res = a + b;
    return res;
}
void main ()
{
    int x, y, s;
    x = 15;
    y = 10;
    s = soma(x, y);
    printf("Soma = %d\n", s);
}
```

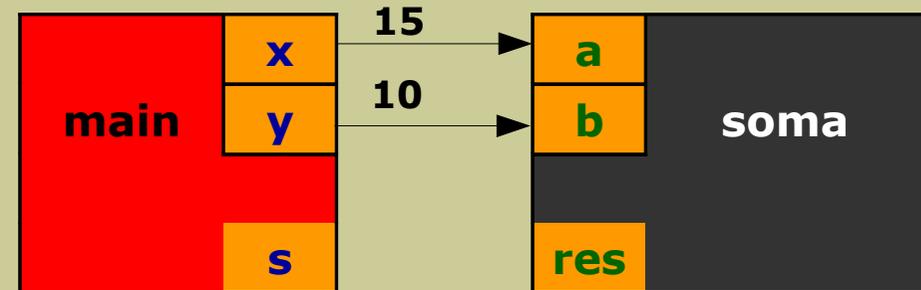


	...	
1001	15	x
	...	
2025	10	y
	...	
5459		s
	...	

...
...
...
...
...

## Variáveis locais – exemplo 1

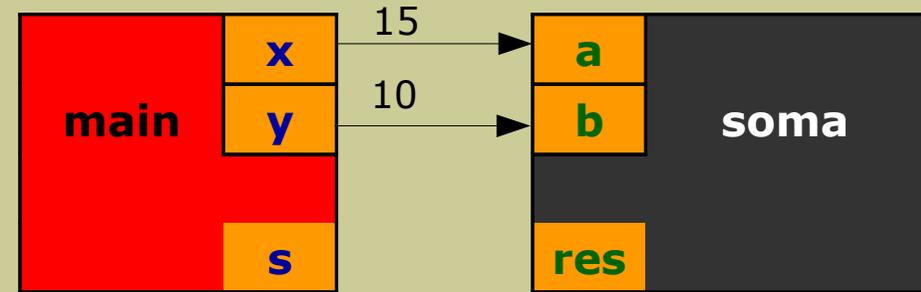
```
#include <stdio.h>
int soma (int a, int b)
{
    int res;
    res = a + b;
    return res;
}
void main ()
{
    int x, y, s;
    x = 15;
    y = 10;
    s = soma(x, y);
    printf("Soma = %d\n", s);
}
```



...	...		...		
1001	15	x	8001	15	a
...	...		...	...	
2025	10	y	8759	10	b
...	...		...	...	
5459		s	9875		res
...	...		...	...	

## Variáveis locais – exemplo 1

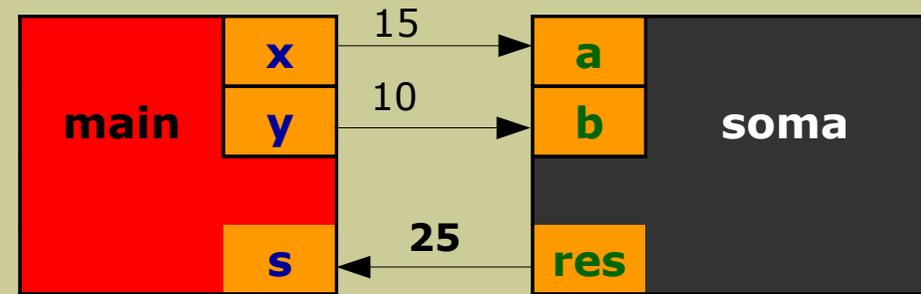
```
#include <stdio.h>
int soma (int a, int b)
{
    int res;
    res = a + b;
    return res;
}
void main ()
{
    int x, y, s;
    x = 15;
    y = 10;
    s = soma(x, y);
    printf("Soma = %d\n", s);
}
```



	...			...	
1001	15	<b>x</b>	8001	15	<b>a</b>
	...			...	
2025	10	<b>y</b>	8759	10	<b>b</b>
	...			...	
5459		<b>s</b>	9875	<b>25</b>	<b>res</b>
	...			...	

## Variáveis locais – exemplo 1

```
#include <stdio.h>
int soma (int a, int b)
{
    int res;
    res = a + b;
    return res;
}
void main ()
{
    int x, y, s;
    x = 15;
    y = 10;
    s = soma(x, y);
    printf("Soma = %d\n", s);
}
```



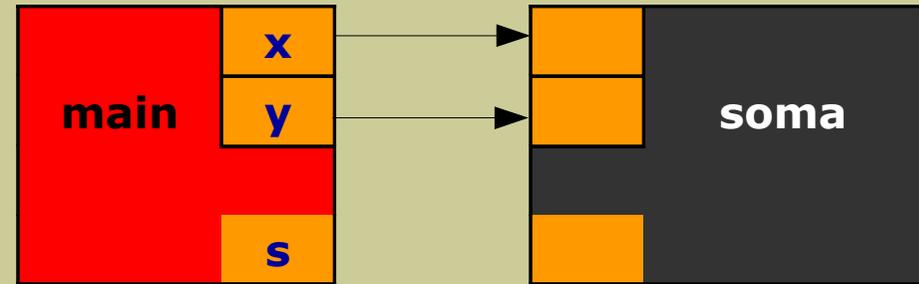
...	...		...	
1001	15	<b>x</b>	8001	<b>a</b>
...	...		...	
2025	10	<b>y</b>	8759	<b>b</b>
...	...		...	
5459	<b>25</b>	<b>s</b>	9875	<b>res</b>
...	...		...	

## Variáveis locais – exemplo 2

```

#include <stdio.h>
int soma (int a, int b)
{
    int res;
    a = 2 * a;
    res = a + b;
    return res;
}
void main ()
{
    int x, y, s;
    x = 15;
    y = 10;
    s = soma(x, y);
    printf("Soma = %d\n", s);
}

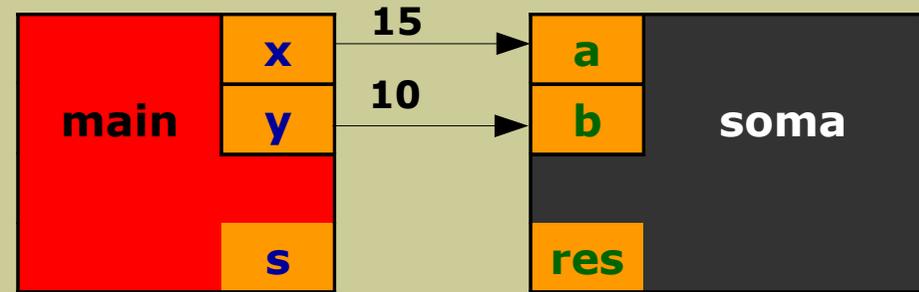
```



	...		...
1001	15	x	
	...		...
2025	10	y	
	...		...
5459		s	
	...		...

## Variáveis locais – exemplo 2

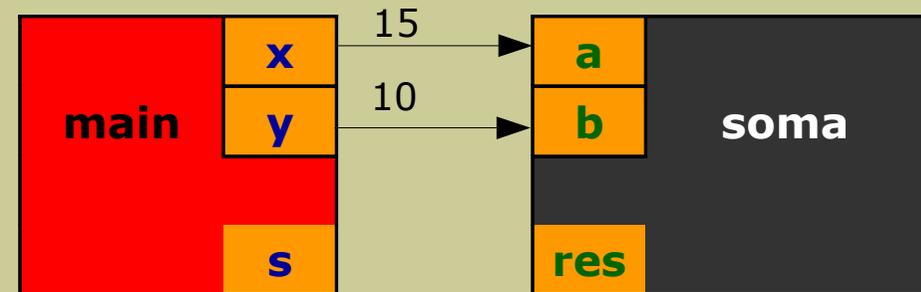
```
#include <stdio.h>
int soma (int a, int b)
{
    int res;
    a = 2 * a;
    res = a + b;
    return res;
}
void main ()
{
    int x, y, s;
    x = 15;
    y = 10;
    s = soma(x, y);
    printf("Soma = %d\n", s);
}
```



...	...		...		
1001	15	x	8001	15	a
...	...		...	...	
2025	10	y	8759	10	b
...	...		...	...	
5459		s	9875		res
...	...		...	...	

## Variáveis locais – exemplo 2

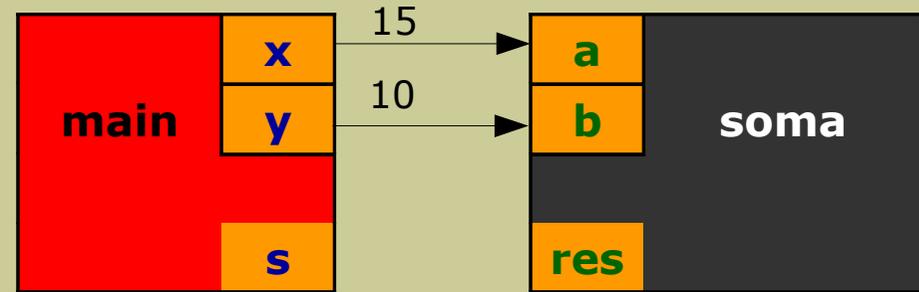
```
#include <stdio.h>
int soma (int a, int b)
{
    int res;
    a = 2 * a;
    res = a + b;
    return res;
}
void main ()
{
    int x, y, s;
    x = 15;
    y = 10;
    s = soma(x, y);
    printf("Soma = %d\n", s);
}
```



...	...		...	
1001	15	x	8001	30
...	...		...	
2025	10	y	8759	10
...	...		...	
5459		s	9875	
...	...		...	

## Variáveis locais – exemplo 2

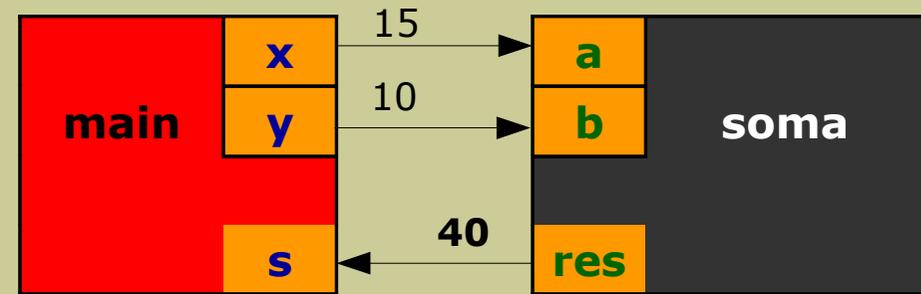
```
#include <stdio.h>
int soma (int a, int b)
{
    int res;
    a = 2 * a;
    res = a + b;
    return res;
}
void main ()
{
    int x, y, s;
    x = 15;
    y = 10;
    s = soma(x, y);
    printf("Soma = %d\n", s);
}
```



...	...		...		
1001	15	<b>x</b>	8001	30	<b>a</b>
...	...		...	...	
2025	10	<b>y</b>	8759	10	<b>b</b>
...	...		...	...	
5459		<b>s</b>	9875	40	<b>res</b>
...	...		...	...	

## Variáveis locais – exemplo 2

```
#include <stdio.h>
int soma (int a, int b)
{
    int res;
    a = 2 * a;
    res = a + b;
    return res;
}
void main ()
{
    int x, y, s;
    x = 15;
    y = 10;
    s = soma(x, y);
    printf("Soma = %d\n", s);
}
```



	...			...	
1001	15	x	8001	30	a
	...			...	
2025	10	y	8759	10	b
	...			...	
5459	40	s	9875	40	res
	...			...	

## Variáveis locais

- Uma variável local só existe na zona de memória associada ao subprograma onde está declarada
- Após a execução do subprograma, a memória ocupada pelas suas variáveis (locais) é libertada
- As variáveis declaradas no programa principal são também locais (ao programa principal), pelo que têm as mesmas características das declaradas nos subprogramas

## Outros exemplos

### Exemplo 3

- Enunciado
  - implementar o subprograma (função) **maior** que devolve o maior de dois números inteiros passados como parâmetros
  - construir um programa em C que determine o maior de três números inteiros, usando a função anterior

### Exemplo 3

- Subprograma (função)
  - maiorDe2
- Argumentos
  - dois valores inteiros
- Resultado (retorno)
  - um valor inteiro correspondente ao maior valor entre os dois de entrada

## Exemplo 3

- Algoritmo (subprograma) em pseudocódigo

```
algoritmo maiorDe2 (N1, N2)
  parâmetros de entrada: N1, N2 (inteiros)
  parâmetros de saída: maior (inteiro)
  se (N1 > N2) então
    maior ← N1
  senão
    maior ← N2
  fim_se
  devolver maior
fim_algoritmo
```

## Exemplo 3

- Subprograma em C

```
int maiorDe2 (int N1, int N2)  
{  
    int maior;  
    if (N1 > N2)  
        maior = N1;  
    else  
        maior = N2;  
    return maior;  
}
```

## Exemplo 3

- Algoritmo (programa principal) em pseudocódigo

```
algoritmo programaPrincipal  
  escrever: "Inserir três números inteiros: "  
  ler: A, B, C  
  maior ← maiorDe2(A, B)  
  maior ← maiorDe2(maior, C)  
  escrever: "Maior = ", maior  
fim_algoritmo
```

## Exemplo 3

- Programa principal em C

```
#include <stdio.h>
int maiorDe2 (int N1, int N2);
void main ()
{
    int  A, B, C, maior;
    printf("Insira tres numeros inteiros: ");
    scanf("%d%d%d", &A, &B, &C);
    maior = maiorDe2(A, B);
    maior = maiorDe2(maior, C);
    printf("Maior entre %d, %d e %d: %d\n", A, B, C, maior);
}
```

## Exemplo 4

### - Enunciado

- implementar o subprograma (função) **maiorVarios** que determine (e devolva) o maior número entre  $N$  números reais ( $N \geq 2$ ) introduzidos pelo utilizador (um de cada vez)
- construir um programa em C para determinar o maior número inserido pelo utilizador, entre  $N$  ( $N \geq 2$ ) números reais - usar a função **maiorVarios**

## Exemplo 4

- Subprograma (função)
  - maiorVarios
- Argumentos
  - um número inteiro  $N$  ( $N \geq 2$ )
- Resultado (retorno)
  - o maior valor dos  $N$  valores reais inseridos pelo utilizador

## Exemplo 4

- Algoritmo (subprograma) em pseudocódigo

```
algoritmo maiorVarios (N)
  parâmetros de entrada: N (inteiro)
  parâmetros de saída: maior (real)
  ler: X
  maior ← X
  k ← 2
  enquanto (k ≤ N) repetir
    ler: X
    se (X > maior) então
      maior ← X
    fim_se
    k ← k + 1
  fim_enquanto
  devolver maior
fim_algoritmo
```

## Exemplo 4

- Subprograma em C

```
float maiorVarios (int N) {  
    int k;  
    float maior, X;  
    printf("Inserir um numero real: ");  
    scanf("%f", &X);  
    maior = X;  
    for (k = 2; k <= N; k = k + 1)  
    {  
        printf("Inserir outro numero real: ");  
        scanf("%f", &X);  
        if (X > maior)  
            maior = X;  
    }  
    return maior;  
}
```

## Exemplo 4

- Algoritmo (programa principal) em pseudocódigo

```
algoritmo programaPrincipal
  repetir
    escrever: "Quantos numeros quer inserir ( $\geq 2$ )?"
    ler: N
    enquanto (N < 2)
      maior  $\leftarrow$  maiorVarios(N)
    escrever: "Maior número inserido: ", maior
fim_algoritmo
```

## Exemplo 4

- Programa principal em C

```
#include <stdio.h>
float maiorVarios (int N);
void main ()
{
    int N;
    float maior;
    do{
        printf("Quantos numeros quer inserir ( $\geq 2$ )? ");
        scanf("%d", &N);
    }while (N < 2);
    maior = maiorVarios(N);
    printf("Maior número inserido: %f\n", maior);
}
```

## Exemplo 5

### - Enunciado

- implementar o **subprograma** (função) que determine (e devolva) o preço final de um produto, dado o seu código (valor inteiro positivo) e o seu preço base (valor real);
  - o preço final depende do seu preço base e do IVA a incidir sobre ele
  - o IVA de um produto está relacionado com o algarismo das unidades do seu código, da seguinte forma:
    - códigos terminados em 0, 1, 2 e 3, têm IVA de 6%
    - códigos terminados em 4 e 5, têm IVA de 13%
    - códigos terminados em 6, 7, 8 e 9, têm IVA de 23%
- construir um **programa** para determinar o total a pagar por vários produtos adquiridos num supermercado
  - a introdução de produtos termina quando for inserido um código com valor negativo

## Exemplo 5

- Subprograma (função)
  - precoFinal
- Argumentos
  - código de produto (um número inteiro positivo)
  - o preço base do produto (um número real)
- Resultado (retorno)
  - o preço final do produto

## Exemplo 5

- Algoritmo (subprograma) em pseudocódigo

```
algoritmo precoFinal (cod, pBase)
  parâmetros de entrada: cod (inteiro), pBase (real)
  parâmetros de saída: pFinal (real)
  se (restoDivisão(cod, 10) <= 3) então
    IVA ← 6
  senão
    se (restoDivisão(cod, 10) <= 5) então
      IVA ← 13
    senão
      IVA ← 23
  fim_se
  fim_se
  pFinal ← pBase + (pBase * IVA/100)
  devolver pFinal
fim_algoritmo
```

## Exemplo 5

- Subprograma em C

```
float precoFinal (int cod, float pBase)  
{  
    int IVA;  
    float pFinal;  
    if (cod % 10 <= 3)      // cod termina em 0, 1, 2 ou 3  
        IVA = 6;  
    else  
        if (cod % 10 <= 5) // cod termina em 4 ou 5  
            IVA = 13;  
        else                // cod termina em 6, 7, 8 ou 9  
            IVA = 23;  
    pFinal = pBase + (pBase * (float)IVA / 100);  
    return pFinal;  
}
```

## Exemplo 5

- Algoritmo (programa principal) em pseudocódigo

```
algoritmo programaPrincipal
  totalPagar ← 0
  escrever: "Inserir o código do produto (valor negativo para terminar): "
  ler: cod
  enquanto (cod > 0) repetir
    escrever: "Inserir o preço base do produto: "
    ler: pBase
    pFinal ← precoFinal(cod, pBase)
    totalPagar ← totalPagar + pFinal
    escrever: "Inserir o código do produto (valor negativo para terminar): "
    ler: cod
  fim_enquanto
  escrever: "Preço total a pagar: ", totalPagar
fim_algoritmo
```

## Exemplo 5

- Programa principal em C

```
#include <stdio.h>  
float precoFinal (int cod, float pBase);  
void main ()  
{  
    int cod;  
    float pBase, pFinal, totalPagar;  
    ...
```

## Exemplo 5

- Programa principal em C

```
...
totalPagar = 0;
printf("Inserir o código do produto (valor negativo para terminar): ");
scanf("%d", &cod);
while (cod > 0)
{
    printf("Inserir o preço base do produto: ");
    scanf("%f", &pBase);
    pFinal = precoFinal(cod, pBase);
    totalPagar = totalPagar + pFinal;
    printf("Inserir o código do produto (valor negativo para terminar): ");
    scanf("%d", &cod);
}
printf("Preço total a pagar: %f\n", totalPagar);
}
```