Algoritmia e Estruturas de Dados

Jorge Santos

Instituto Superior de Engenharia do Porto
Departamento de Engenharia Informática

Fevereiro de 2006

Índice

Lista de Figuras

Lista de Tabelas

Lista de Algoritmos

Resumo

Estes apontamentos têm como objectivo principal apoiar os leitores que pretendam aprender programação de computadores

Os conteúdos propostos têm como objectivo fornecer bases sólidas de metodologias de programação que auxiliem a compreensão de programas computacionais simples, a sua adaptação e desenvolvimento de novas aplicações, e estimular a capacidade dos leitores para: analisar e resolver problemas de programação.

A estrutura destes apontamentos foi definida de acordo com a abordagem de *aprender-por-exemplo*, pelo que, os conceitos são apenas introduzidos de acordo com a necessidade de explicar a resolução de um determinado algoritmo.

Neste manual introduzem-se as bases da algoritmia de acordo com o paradigma da programação estruturada. Em cada secção é apresentada um pequena introdução teórica sobre o tópico em destaque, apresentados problemas e propostas soluções para os mesmos, adicionalmente são propostos exercícios para resolução. Na codificação/apresentação das soluções é geralmente *Pseudo-Código* e/ou *Fluxogramas*.

Este documento compila exercícios de vários anos de ensino de muitos docentes do departamento nos quais me incluo. Ao longo do manual poderão ser encontrados exemplos e exercícios propostos pelos docentes nas disciplinas de *Algoritmia e Programação*, *Linguagens de Programação I* do curso de Engenharia Informática do Departamento de Engenharia Informática (DEI), bem como de *Programação I* e *Programação II* do curso Engenharia Electrotécnica do Departamento de Engenharia Electrotécnica (DEE), ambos do ISEP.

Agradecimentos

Gostaria de agradecer aos colegas que permitiram a utilização do seu material pedagógico, em particular, Alberto Sampaio, Ana Almeida Figueiredo, Ana Madureira, Carlos Vaz de Carvalho, Conceição Neves, Isabel Sampaio e José Avelino.

Estou igualmente grato a todos aqueles que reviram o manual e deram inúmeras sugestões para o seu melhoramento, nomeadamente Berta Baptista, Paulo Ferreira e Nuno Silva.

Pese embora a inúmeras sugestões/correções propostas pelos referidos colegas, quaisquer erros e gralhas que subsistam no documento são, naturalmente, da minha inteira responsabilidade.

Porto, Fevereiro de 2006
Jorge Santos

Capítulo 1

Algoritmia e Programação

Objectivos

- Familiarizar os alunos com os conceitos e a terminologia associados à Informática
- Programar com clareza usando a metodologia da Programação Estruturada

1.1 Conceitos básicos

Nesta secção são introduzidos os conceitos básicos necessários à disciplina de algoritmia e programação. Em particular, os conceitos de programação estruturada, programa, estrutura de dados e algoritmo.

1.1.1 Introdução

Informática é a ciência que estuda a informação, em particular, preocupa-se com a estrutura, criação, gestão, armazenamento, pesquisa, disseminação e transferência de informação. Para além disso, a informática estuda a aplicação da informação nas organizações. A palavra informática é resultado da contracção das palavras: **infor**mação auto**mática**.

A matéria prima da informática é a informação, na sua forma mais simples, dados e a ferramenta básica é o computador.

O computador está para a informática assim como o telescópio para astronomia.

Um computador é um conjunto de circuitos eléctricos e electrónicos capaz de realizar de modo autónomo uma determinada tarefa, por obediência a um programa armazenado internamente. Assim, um computador pode ser visto como um sistema de computação que compreende *hardware* e *software* (ver figura 1.1).

- **Hardware** - esta é a componente material/física do computador, que fornece a capacidade de:

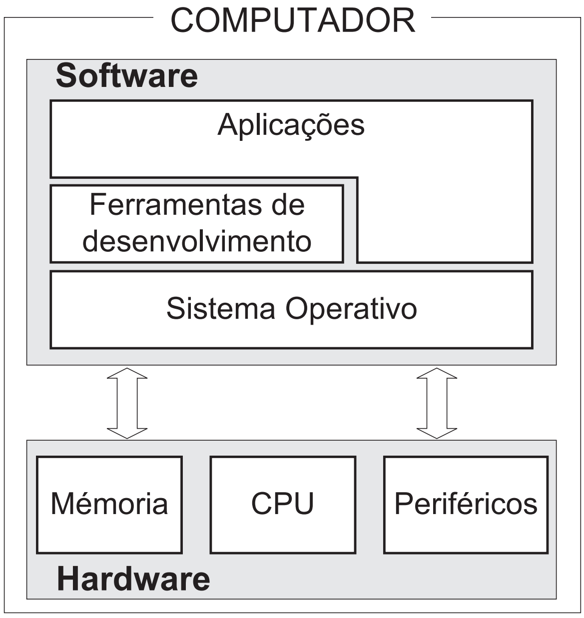


Figura 1.1: Estrutura de um computador

- executar um determinado tipo de instruções a uma determinada velocidade;
- armazenar um conjunto de bytes;
- comunicar com um conjunto de periféricos.

Estas componentes físicas têm que receber ordens do que fazer e como se articular. Esta é a função do software.

- **Software** - esta é a componente lógica do computador, que consiste num conjunto de programas que dirigem o funcionamento do computador.

  Para uma melhor sistematização do software e as respectivas funções, este pode ser organizado nas seguintes categorias:

  - Software de Sistema Operativo - conjunto de programas que comunica directamente com o hardware e é responsável pela gestão de recursos e periféricos. Neste conjunto incluem-se o sistema operativo e os programas de controle do funcionamento do hardware, tais como programas de parametrização, *drivers* e afins.
  - Ferramentas de desenvolvimento - conjunto de aplicações utilizadas no desenvolvimento de aplicações. Neste conjunto incluem-se as linguagens de programação (compiladores e interpretadores) e os sistemas de gestão de bases de dados.

– Aplicações - conjunto de aplicações que se destinam à utilização pelo utilizador final do sistema de computação. Regra geral o nível de abstracção é mais elevado do que nas categorias anteriores. Neste conjunto incluem-se as aplicações por medida, ferramentas de gestão, folhas de cálculo, editores de texto, etc.

1.1.2 Programação estruturada

Numa primeira fase, nas décadas de 50 e 60, o desenvolvimento do hardware era o responsável pela *expansão* dos computadores. A maioria do investimento era feito a este nível, sendo a programação vista como uma arte.

Na década de 70, incentivados pela melhoria das características de hardware (miniaturização e baixo custo) os informáticos foram confrontados com projectos cada vez mais sofisticados. Constata-se nessa altura a inversão dos custos dispendidos com hardware e software, para além do problema da fiabilidade do software passar a ser uma preocupação.

Surge então a necessidade de transformar a tarefa de construir software numa actividade com rigor comparável a uma disciplina de engenharia nascendo assim uma nova disciplina – a Engenharia de Software – cujo objectivo é a produção de Software de modo eficiente em custos controlados e segurança.

A produção de software, como de qualquer outro produto de engenharia passa por diferentes fases como sejam: planeamento, análise, projecto, programação, implementação e manutenção. Para cada uma das fases do desenvolvimento do software foram estudadas métodos e técnicas específicas. A programação estruturada enquadra-se num desses métodos e permite fasear o processo de construção de um programa descrevendo o processo computacional de um modo não ambíguo - **Algoritmo**.

A programação estruturada define um conjunto de regras para elaboração de programas. A programação estruturada baseia-se no desenho modular dos programas e no refinamento gradual do topo para a base.

De acordo com este paradigma um programa pode ser definido pela forma seguinte:

$$\text{Programa} = \text{Estrutura de Dados} + \text{Algoritmo}$$

Um algoritmo manipula dados que podem ser de diversos tipos, designadamente: números (inteiros ou reais), caracteres, cadeias de caracteres, endereços (apontadores), lógicos (verdadeiro e falso).

As estrutura de dados são o modo como os dados estão organizados, acedidos e alterados. De entre as mais relevantes destacam-se: variáveis simples, vectores mono e multi-dimensionais, listas, filas, árvores, grafos e ficheiros.

Um algoritmo consiste num conjunto finito e bem-definido de instruções que descrevem os passos lógicos necessários à realização de uma tarefa ou resolução de um problema, dado o estado inicial (único), a execução do algoritmo conduz ao estado final (único).

Considere-se por exemplo a seguinte receita para a confecção de uma omeleta de queijo.

OMELETA DE QUEIJO FRESCO

Ingredientes:

- 170 gr de queijo fresco
- 6 ovos grandes
- 30 gr de manteiga ou margarina
- Sal q.b.

Modo de Preparação:

Ponha o queijo fresco numa tigela e esmague-o com uma colher de pau, até formar um puré espesso e cremoso. Bata os ovos e misture-os com o queijo, adicionando um pouco de água fria. Tempere a gosto. Derreta um pouco de gordura numa frigideira de base larga e adicione a mistura de ovos e queijo. Cozinhe em lume brando até que a omeleta fique pronta mas não demasiado cozida.

Estabelecendo um paralelo entre esta receita culinária e um programa, os ingredientes são as estruturas de dados e o modo de preparação é o algoritmo. Naturalmente que uma receita culinária usa a linguagem natural e como tal é muito difícil a sua interpretação por parte de um computador.

De acordo com o paradigma da programação estruturada qualquer programa pode ser descrito utilizando exclusivamente as três estruturas básicas de controlo:

- **Instruções de Sequência** - as instruções de sequência são instruções atómicas (simples) permitem a leitura/escrita de dados, bem como o cálculo e atribuição de valores;

- **Instruções de Decisão** - as instruções de decisão, ou selecção, permitem a selecção em alternância de um ou outro conjunto de acções após a avaliação lógica de uma condição;

- **Instruções de Repetição** - as instruções de repetição, ou ciclos, permitem a execução, de forma repetitiva, de um conjunto de instruções. Esta execução depende do valor lógico de uma condição que é testada em cada iteração para decidir se a execução do ciclo continua ou termina.

Na descrição de algoritmos são utilizados diferentes formalismos conforme o objectivo ou audiência. Entre os mais comuns encontram-se o pseudo-código e fluxogramas.

- **Pseudo-código** - consiste na descrição do algoritmo numa linguagem parecida com a linguagem natural (português, inglês ou outra) de forma estruturada. O objectivo deste formalismo é centrar a atenção do programador na lógica ou fluxo do algoritmo, abstraindo-se das questões relacionadas com a sintaxe específica de uma determinada linguagem de programação;

- **Fluxograma** - consiste na descrição de um algoritmo de forma gráfica. Este formalismo inclui um conjunto de símbolos gráficos que representação os diferentes tipos de instruções anteriormente descritas: sequência, decisão e repetição.

1.1.3 Notação utilizada

Na representação de fluxogramas será utilizada a notação apresentada na figura 1.2:

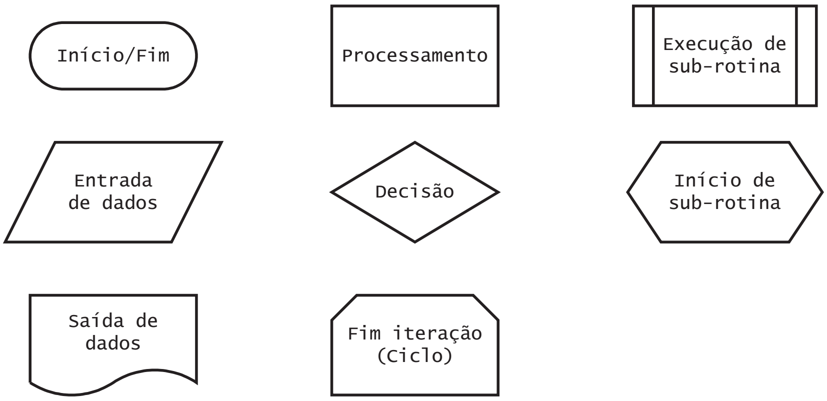


Figura 1.2: Notação dos Fluxogramas

Na escrita dos programas em pseudo-código serão considerados as seguintes opções:

- Os algoritmos são delimitados pelas etiquetas `início` e `fim`;

- As etiquetas `Entrada:` e `Saída:` são utilizadas na explicitação das entradas e saídas de dados, respectivamente, mais relevantes para o funcionamento do algoritmo;

- Os comentários são precedidos do caracter '#' e são meramente documentais, como tal, não são executados;

- As acções são descritas através de verbos no infinitivo;

- Foram utilizadas diferentes formatações para os conceitos a seguir explicitados, com o objectivo de tornar a leitura dos algoritmos mais simples:

  – variável;

- `palavra chave;`
- # *comentário*;

1.1.4 Operadores utilizados nos algoritmos

Na escrita de algoritmos são utilizados os operadores relacionais, lógicos e aritméticos. Na tabela 1.1 são apresentados os operadores relacionais considerados e respectiva semântica. Na explicitação dos operadores considerem-se as variáveis `a` e `b` apresentado os valores 13 e 5, respectivamente.

Tabela 1.1: Operadores relacionais

Símbolo	**Nome**	**Exemplo**	**Resultado**
$<$	menor que	$a < b$	falso
$>$	maior que	$a > b$	verdadeiro
$\geq$	maior ou igual que	$a \geq b$	verdadeiro
$\leq$	menor ou igual que	$a \leq b$	falso
$=$	igual a	$a = b$	falso
$\neq$	diferente de	$a \neq b$	verdadeiro

Na tabela 1.2 são apresentados os operadores aritméticos considerados e respectiva semântica. Na explicitação dos operadores considerem-se as variáveis `a` e `b` apresentado os valores 13 e 5, respectivamente.

Tabela 1.2: Operadores aritméticos

Símbolo	**Nome**	**Exemplo**	**Resultado**
`+`	soma	$a + b$	18
`-`	subtracção	$a - b$	8
`*`	multiplicação	$a * b$	65
`/`	divisão	a/b	2.6
`div`	divisão inteira	a `div` b	2
`%`	resto da divisão inteira	$a \% b$	3

Na tabela 1.3 são apresentados os operadores lógicos considerados, a conjunção, disjunção e negação.

Na avaliação das expressão lógicas é utilizada a lógica Boole de acordo com as tabelas de verdade de cada operação, conjunção (tabela 1.4), disjunção (1.5) e negação (1.6).

Tabela 1.3: Operadores lógicos

Símbolo	**Nome**
`e` , $\wedge$	conjunção
`ou` , $\vee$	disjunção
`não`, $\neg$	negação

Tabela 1.4: Tabela de verdade - conjunção

a	**b**	**a** $\wedge$ **b**
falso	falso	falso
falso	verdadeiro	falso
verdadeiro	falso	falso
verdadeiro	verdadeiro	verdadeiro

Tabela 1.5: Tabela de verdade - disjunção

a	**b**	**a** $\vee$ **b**
falso	falso	falso
falso	verdadeiro	verdadeiro
verdadeiro	falso	verdadeiro
verdadeiro	verdadeiro	verdadeiro

Tabela 1.6: Tabela de verdade - negação

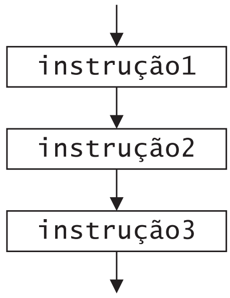
a	$\neg$**a**
falso	verdadeiro
verdadeiro	falso

1.2 Instruções sequenciais

As instruções do tipo sequencial são as mais simples de todas apresentando uma uma estrutura atómica. São responsáveis por permitirem fazer a entrada/saída de dados, execução de cálculos e atribuição de valores a variáveis. A noção de ordem/sequência é representada através da seta de fluxo (ver figura 1.3).

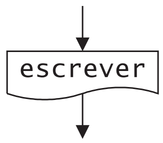
1.2.1 Saída de dados

As instruções de escrita permitem fazer a saída de dados (tipicamente para o écran) sejam estes variáveis e/ou textos e/ou resultado de cálculos. Na figura 1.4 é apresentada sintaxe proposta para a escrita de uma ou várias variáveis.
Conforme os exemplos seguintes:




```
inicio
...
<instrução1>;
<instrução2>;
<instrução3>;
...
fim
```

Figura 1.3: Fluxograma e sintaxe - Instruções sequenciais



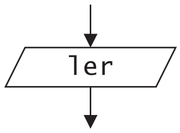

```
inicio
...
escrever <lista-de-variaveis/textos>;
...
fim
```

Figura 1.4: Fluxograma e sintaxe - Saída de dados

```
início
    # Escrever o conteúdo da variável x;
    escrever x;
    # Escrever o conteúdo das variáveis nome e idade;
    escrever nome, idade;
    # Escrever um texto seguido do valor da variável x;
    escrever "O valor de x é:", x;
    # Escrever o resultado da operação 4*4, 16;
    escrever 4*4;
    # Escrever 4*4;
    escrever "4*4";
fim
```

1.2.2 Entrada de dados

As instruções de leitura permitem fazer a entrada de dados, tipicamente a partir de um teclado, colocando-os em variáveis. Na figura 1.5 é apresentada a sintaxe proposta para a leitura de uma ou várias variáveis.
No caso de se pretender ler mais do que uma variável, os nomes das variáveis separam-se por vírgulas. Considerem-se os seguintes exemplos:



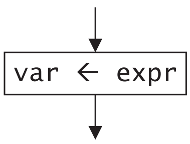

```
inicio
...
ler <lista-de-variaveis>;
...
fim
```

Figura 1.5: Fluxograma e sintaxe - Entrada de dados

início
  # ler a variável x;
  `ler` x;
  # ler as variáveis nome e idade;
  `ler` nome,idade;
fim

1.2.3 Atribuição

A instrução designada por atribuição permite atribuir o valor de uma expressão a uma variável. A variável que aparece no lado esquerdo da instrução vai assim receber o valor da expressão que aparece no lado direito da mesma instrução. Do lado direito da atribuição podemos ter: um número, um texto, o resultado de um cálculo ou o conteúdo de uma outra qualquer variável. Na figura 1.6 é apresentada a sintaxe proposta para a atribuição.




```
inicio
...
<variável> ← <expressão>;
...
fim
```

Figura 1.6: Fluxograma e sintaxe - Atribuição

Considerem-se os seguintes exemplos:

```
início
    # Atribuir o valor 5 à variável x;
    x ← 5;
    # Atribuir o resultado da operação 5*5-2=23 à variável resultado;
    resultado ← 5*5-2;
    # Atribuir o valor da variável n à variável maximo;
    maximo ← n;
    # Atribuir o texto "Olá Mundo"à variável txt;
    txt ← "Olá mundo";
fim
```

No exemplo seguinte são realizados dois incrementos consecutivos da variável contador. De início é atribuído o valor 1 a contador e posteriormente esta tomará o valor 2 e 3.

```
início
    # Inicialização da variável contador;
    contador ← 1;
    # Incremento da variável contador;
    contador ← contador+1;
    # O resultado desta instrução é 2;
    escrever contador;
    # Incremento da variável contador;
    contador ← contador+1;
    # O resultado desta instrução é 3;
    escrever contador;
fim
```

As linguagens de programação mais divulgadas utilizam o símbolo = para representar a atribuição. A razão de ser dessa opção é de ordem prática: resulta da inexistência do símbolo '←' nos teclados dos computadores. Note-se que caso fosse utilizado símbolo '=' o aspecto da instrução seria: `contador=contador+1`, o que constitui uma impossibilidade em termos estritamente matemáticos.

Chama-se a atenção para o facto de as linguagens estudadas normalmente pelos principiantes em informática serem linguagens imperativas. Isto é, o que o programador escreve no programa não são expressões matemáticas mas ordens (daí o *imperativo*) para o computador cumprir. O computador vai ver a atribuição não como uma igualdade matemática (seja ela escrita com '←' ou com '='), mas como uma ordem para primeiro calcular o valor da expressão à direita e depois guardar esse valor na variável indicada à esquerda.

1.2.4 Exercícios Resolvidos

Nesta secção são apresentados alguns problemas e respectivas soluções com o objectivo de ilustrar a utilização de instruções sequenciais.

1.2.4.1 Cambiar moedas

O algoritmo 1.1 permite cambiar euros em dólares considerando a taxa de conversão 1,17.

```
Entrada: taxa, valorEuro
Saída: valorDolar
início
    taxa ← 1,17;
    # Ler valor em euros;
    escrever "Introduza valor em euros=";
    ler valorEuro;
    # Calcular valor em dólar;
    valorDolar ← valorEuro*taxa;
    # Mostrar resultado;
    escrever "Valor em dolar=", valorDolar;
fim
```

Algoritmo 1.1: Cambiar euro para dólar

Sugestão: Escreva uma variação deste algoritmo que permita câmbios entre quaisquer moedas.

1.2.4.2 Distância euclidiana entre dois pontos

O algoritmo 1.2 permite realizar o cálculo da distância euclidiana entre dois pontos, sendo que cada ponto é definido pelas coordenadas (x,y). A distância pode ser calculada de acordo com a fórmula 1.2.1.

$$\text{distância} = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} \tag{1.2.1}$$

```
Entrada: x1, y1, x2, y2
Saída: distancia
início
    # Ler coordenadas do ponto 1;
    escrever "Coordenadas ponto1 (x/y):";
    ler x1,y1;
    # Ler coordenadas do ponto 2;
    escrever "Coordenadas ponto2 (x/y):";
    ler x2,y2;
    # Calcular distância;
    distancia ← √((x2 − x1)² + (y2 − y1)²);
    # Mostrar resultado;
    escrever "Distância=", distancia;
fim
```

Algoritmo 1.2: Calcular distância euclidiana entre pontos

1.2.4.3 Determinar perímetro e área de circunferência

O algoritmo 1.3 permite determinar o perímetro e área de uma circunferência, a partir do valor do raio.

```
Entrada: raio
Saída: perimetro, area
início
    pi ← 3,1415;
    # Ler o valor do raio;
    escrever "Introduza valor do raio:";
    ler raio;
    # Calcular perímetro e área;
    area ← pi * raio²;
    perimetro ← 2 * pi * raio;
    # Apresentar resultados;
    escrever "Área=", area;
    escrever "Perímetro=", perimetro;
fim
```

Algoritmo 1.3: Determinar perímetro e área de circunferência

1.2.5 Exercícios Propostos

Nesta secção são propostos alguns problemas com vista à aplicação conjugada de instruções sequenciais.

1.2.5.1 Calcular índice de massa corpórea (IMC)

O índice de massa corpórea (IMC) de um indivíduo é obtido dividindo-se o seu peso (em *Kg*) por sua altura (em *m*) ao quadrado. Assim, por exemplo, uma pessoa de 1,67m e pesando 55kg tem IMC igual a 20,14, já que:

$$IMC = \frac{peso}{altura^2} = \frac{55kg}{1,67m * 1,67m} = 20,14$$

Escreva um programa que solicite ao utilizador o fornecimento do seu peso em *kg* e de sua altura em *m* e a partir deles calcule o índice de massa corpórea do utilizador.

1.2.5.2 Converter horas, minutos e segundos

Descreva um algoritmo que a partir de um determinado número de segundos calcula o número de horas, minutos e segundos correspondentes. Conforme o seguinte exemplo:

$$8053s = 2h + 14m + 13s$$

1.2.5.3 Teorema de Pitágoras

Descreva um algoritmo para determinar a hipotenusa de um triângulo rectângulo, dados os catetos.

1.2.5.4 Converter temperaturas

Descreva um algoritmo que a partir de uma temperatura expressa em graus Fahrenheit (tempF), calcule a temperatura expressa em graus Celsius (tempC). A conversão pode ser realizada de acordo com a fórmula 1.2.2.

$$tempF = 32 + \frac{9 * tempC}{5} \tag{1.2.2}$$

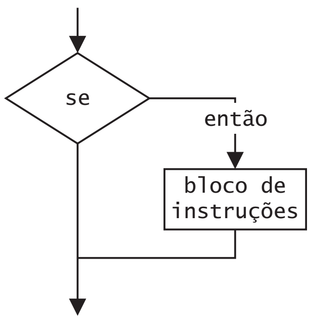
1.3 Instruções de Decisão

As instruções de decisão, ou selecção, permitem a selecção em alternância de um ou outro conjunto de acções após a avaliação lógica de uma condição.

1.3.1 Decisão binária

A decisão binária permite bifurcar a execução de um algoritmo em dois fluxos distintos, para tal é utilizada instrução `se`. Esta instrução pode ser utilizada de duas formas: `se-então` e `se-então-senão`.

Na figura 1.7 é apresentada a sintaxe para o primeiro caso. se a condição for verdadeira é executado o `bloco-instruções` caso contrário nada acontece.




```
inicio
...
se <condição>
então <bloco-instruções>
fim-se
...
fim
```

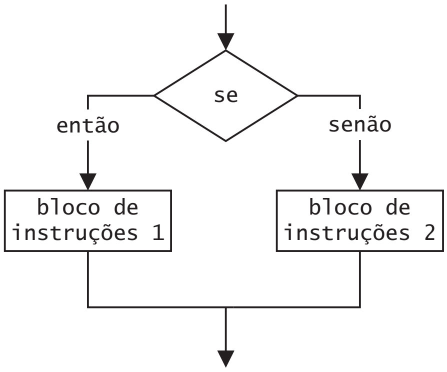
Figura 1.7: Fluxograma e sintaxe - Instrução decisão `se-então`

Considere-se o seguinte exemplo utilizando a forma `se-então`, no qual um aluno é aprovado se tem nota maior ou igual a 9,5:

Entrada: nota
início
  `escrever` "Introduza nota:";
  `ler` nota;
  se *nota* $\geq$ *9,5* **então**
    `escrever` "O aluno foi aprovado";
  fim-se
fim

Note-se que um bloco de instruções é delimitado pelas instruções `então` e `fim-se`.

No segundo caso (ver figura 1.8), em que a instrução tem a estrutura `se-então-senão`, se a condição for verdadeira é executado o `bloco-instruções1` senão é executado o `bloco-instruções2`.




```
inicio
...
se <condição>
então <bloco-instruções1>
senão <bloco-instruções2>
fim-se
...
fim
```

Figura 1.8: Fluxograma e sintaxe - Instrução decisão `se-então-senão`

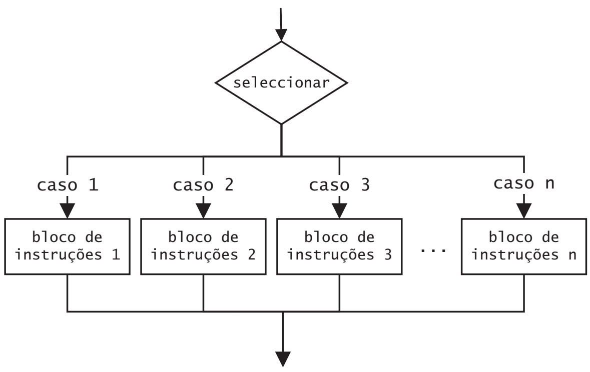
Considere-se o seguinte exemplo utilizando a forma `se-então-senão`.

Entrada: lado1, lado2
Saída: area
início
  # Ler as medidas dos lados;
  `escrever` "Introduza medidas dos lados:";
  `ler` lado1, lado2;
  # Calcular área;
  area $\leftarrow$ lado1*lado2;
  se *lado1 = lado2* **então**
    `escrever` "Área do quadrado=", area;
  senão
    `escrever` "Área do rectângulo=", area;
  fim-se
fim

Neste exemplo são lidas as medidas dos lados de uma figura rectangular, sendo que no caso particular de os dois lados serem iguais estamos na presença de um quadrado. Em qualquer um dos casos é apresentada a mensagem correspondente.

1.3.2 Decisão múltipla

A instrução de de decisão múltipla é um caso particular de instruções encadeadas do tipo `se-então-senão`. Normalmente é utilizada no teste de múltiplos valores de uma variável. A sintaxe proposta para a decisão múltipla encontra-se descrita na figura 1.9.




```
inicio
...
seleccionar <variável>
caso <valor1> <bloco-instruções1>
caso <valor2> <bloco-instruções2>
caso <valor3> <bloco-instruções3>
...
senão <bloco-instruçõesN>
fim-seleccionar
...
fim
```

Figura 1.9: Fluxograma e sintaxe - Instrução decisão múltipla `seleccione-caso`

Considere uma máquina que permite apenas três operações, ligar, desligar e furar. O algoritmo 1.4 permite modelar o funcionamento da respectiva máquina. Sendo que aquando da digitação das letras: 'L', 'D' e 'F', são apresentadas, respectivamente, as mensagens: *Ligar*, *Desligar* e *Furar*. No caso da letra digitada ser outra é apresentada uma mensagem de erro.

```
Entrada: letra
início
    # Ler letra;
    escrever "Introduza letra (L/D/F):";
    ler letra;
    # Testar casos e escrever mensagem respectiva;
    seleccionar letra
        caso 'L' escrever "Ligar";
        caso 'D' escrever "Desligar";
        caso 'F' escrever "Furar";
        senão
            escrever "Operação inválida";
        fim-seleccionar
    fim-seleccionar
fim
```

Algoritmo 1.4: Máquina de furação - decisão múltipla

Note-se que tal como acontece no caso da instrução `se-então` a componente `senão` é opcional.

O algoritmo 1.5 tem um funcionamento idêntico ao 1.4 mas é implementado através da instrução `se-então-senão`.

```
Entrada: letra
início
    # Ler letra;
    escrever "Introduza letra (L/D/F):";
    ler letra;
    # Testar casos e escrever mensagem respectiva;
    se letra='L' então
        escrever "Ligar";
    senão
        se letra='D' então
            escrever "Desligar";
        senão
            se letra='F' então
                escrever "Furar";
            senão
                escrever "Operação inválida";
            fim-se
        fim-se
    fim-se
fim
```

Algoritmo 1.5: Máquina de furação - decisão binária

1.3.3 Exercícios Resolvidos

Nesta secção são apresentados alguns problemas e respectivas soluções com o objectivo de ilustrar a utilização de instruções de decisão.

1.3.3.1 Distância euclidiana entre dois pontos

O algoritmo 1.6 permite realizar o cálculo da distância euclidiana entre dois pontos, sendo que cada ponto é definido pelas coordenadas (x,y). no cálculo da distância pode ser utilizada a fórmula 1.3.1.

$$\text{distância} = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} \tag{1.3.1}$$

Caso os pontos sejam coincidentes mostra mensagem *"Pontos Coincidentes"*.

```
Entrada: x1, y1, x2, y2
Saída: distancia
início
    # Ler coordenadas do ponto 1;
    escrever "Coordenadas ponto1 (x/y):";
    ler x1, y1;
    # Ler coordenadas do ponto 2;
    escrever "Coordenadas ponto2 (x/y):";
    ler x2, y2;
    # Calcular distância e mostrar resultado;
    distancia ← √((x2 − x1)² + (y2 − y1)²);
    se distancia=0 então
        escrever "Os pontos são coincidentes";
    senão
        escrever "Distância=", distancia;
    fim-se
fim
```

Algoritmo 1.6: Calcular distância euclidiana entre pontos

1.3.3.2 Classificar em função da média

O algoritmo 1.7 permite ler as notas de um aluno às disciplinas de Matemática, Português, Inglês e Geografia e calcular a média. Em função da média mostra uma mensagem com o conteúdo *"Aprovado"* ou *"Reprovado"*. Consideram-se notas positivas as notas iguais ou superiores a 9,5.

```
Entrada: mat, por, ing, geo
início
    # Ler as notas do aluno;
    escrever "Introduza notas (mat, por, ing, geo):";
    ler mat, por, ing, geo;
    # Calcular média;
    media ← (mat+por+ing+geo)/4;
    se media ≥ 9,5 então
        escrever "Aprovado";
    senão
        escrever "Reprovado";
    fim-se
fim
```

Algoritmo 1.7: Classificar em função da média

1.3.3.3 Determinar o máximo de 3 valores

Considere-se o problema de ler três números e calcular o maior deles. O fluxograma 1.10 permite capturar com grande facilidade a noção de fluxo e passos alternativos. Na resolução do problema foi adoptada uma estratégia de isolamento dos vários casos, primeiro é testado o número A, depois o número B e caso nenhum dos dois seja o máximo, por exclusão de partes, se concluí que o número C é o maior de todos.

Note-se que a utilização de fluxogramas está regra geral limitada à representação de pequenos programas ou processos com elevado grau de abstracção porque caso contrário o fluxograma estender-se-ia por inúmeras páginas tornando a sua interpretação muito difícil.

No algoritmo 1.8 foi codificado em pseudo-código a solução anteriormente delineada no fluxograma da figura 1.10.

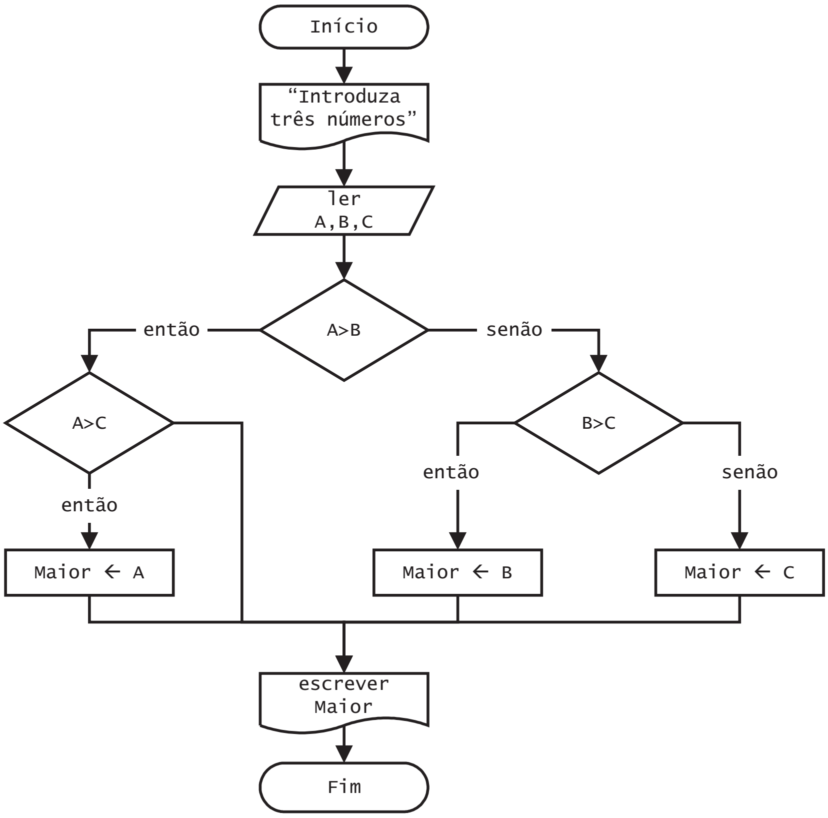


Figura 1.10: Fluxograma da determinação do máximo de 3 valores

Entrada: A, B, C
Saída: maximo
início
  # Ler números;
  `escrever` "Introduza número1, número2 e número3:";
  `ler` A, B, C;
  se $A \geq B$ **então**
    se $A \geq C$ **então**
      maximo ← A;
    fim-se
  senão
    se $B \geq C$ **então**
      maximo ← B;
    senão
      maximo ← C;
    fim-se
  fim-se
  `escrever` "O número maior é:", maximo;
fim

Algoritmo 1.8: Calcular máximo de 3 números

O algoritmo 1.9 apresenta uma solução alternativa para o mesmo problema.

```
Entrada: num1, num2, num3
Saída: maximo
início
    # Ler números;
    escrever "Introduza número1, número2 e número3:";
    ler num1, num2, num3;
    # Até prova em contrário o primeiro dos números é o maior;
    maximo ← num1;
    se num2 ≥ maximo então
        maximo ← num2;
    fim-se
    se num3 ≥ maximo então
        maximo ← num3;
    fim-se
    escrever "O número maior é:", maximo;
fim
```

Algoritmo 1.9: Calcular máximo de 3 números

Sugestão: Baseando-se nas soluções propostas escreva um algoritmo que permita a determinação do máximo entre 5 números. Qual é a solução mais elegante?

1.3.3.4 Determinar triângulo válido

O algoritmo 1.10 permite ler três pontos geométricos e determinar se estes formam um triângulo. Pode ser utilizada a fórmula da distância entre dois pontos para calcular as medidas dos lados do triângulo. Note-se que um triângulo só é válido se a medida de cada um dos seus lados é menor que a soma dos lados restantes.

```
Entrada: x1, y1, x2, y2, x3, y3
início
    # Ler coordenadas do ponto 1;
    escrever "Coordenadas ponto1 (x/y):";
    ler x1, y1;
    # Ler coordenadas do ponto 2;
    escrever "Coordenadas ponto2 (x/y):";
    ler x2, y2;
    # Ler coordenadas do ponto 3;
    escrever "Coordenadas ponto3 (x/y):";
    ler x3, y3;
    # Calcular a medida dos lados;
    a ← √((x2 − x1)² + (y2 − y1)²);
    b ← √((x3 − x2)² + (y3 − y2)²);
    c ← √((x1 − x3)² + (y1 − y3)²);
    # Validar triângulo de acordo com a fórmula;
    se (a < b+c) e (b < a+c) e (c < a+b) então
        # Triângulo válido;
        escrever "Os três pontos formam um triângulo";
    senão
        # Pelo menos 2 pontos são coincidentes ou os 3 são colineares;
        escrever "Os pontos não formam um triângulo";
    fim-se
fim
```

Algoritmo 1.10: Validar triângulo

1.3.4 Exercícios Propostos

Nesta secção são propostos alguns problemas com vista à aplicação de instruções de decisão.

1.3.4.1 Classificar triângulo

Classificar um triângulo quanto aos lados, sendo que um triângulo com todos lados iguais é designado *Equilátero*, com todos os lados diferentes entre si é designado *Escaleno* e caso tenha apenas dois lados iguais entre si, designa-se *Isósceles*.

1.3.4.2 Divisão

Descreva um algoritmo que dados dois valores, divide o primeiro pelo segundo. Note que não é possível fazer a divisão por zero, neste caso deve ser apresentada a mensagem adequada.

1.3.4.3 Resolver equação da forma $ax^2 + bx + c = 0$

Calcular as raízes de uma equação na forma $ax^2 + bx + c = 0$. Note que os valores a, b e c podem ser zero, podendo dar origem a equações sem solução ou equações de primeiro grau. Considere as fórmulas 1.3.2 e 1.3.3 na resolução do problema.

$$\mathsf{binómio} = b^2 - 4ac \tag{1.3.2}$$

$$\mathsf{x} = \frac{-b \mp \sqrt{\mathsf{binómio}}}{2a} \tag{1.3.3}$$

1.3.4.4 Converter entre escalas de temperaturas

Escrever um programa que faça conversões entre as três escalas de temperaturas, Kelvin, Celsius e Fahrenheit, com base em três valores de entrada: a temperatura e escala actual e escala pretendida. Conforme o seguinte exemplo:

As entradas 38, 'C' e 'K', significam que o utilizador pretende converter a temperatura 38 Celsius para Kelvin. Considere as fórmulas 1.3.4 e 1.3.5 na resolução do programa.

$$\mathsf{tempF} = 32 + \frac{9 * \mathsf{tempC}}{5} \tag{1.3.4}$$

$$\mathsf{tempC} = \mathsf{tempK} + 273 \tag{1.3.5}$$

Sugestão: Tentar a resolução com as estruturas `se-então-senão` e alternativamente utilizar a estrutura de múltipla decisão.

1.3.4.5 Calcular índice de massa corpórea (IMC)

O índice de massa corpórea (IMC) de um indivíduo é obtido dividindo-se o seu peso (em Kg) por sua altura (em m) ao quadrado. Assim, por exemplo, uma pessoa de 1,67 m e pesando 55 Kg tem IMC igual a 20,14, já que:

$$IMC = \frac{peso}{altura^2} = \frac{55kg}{1,67m * 1,67m} = 20,14$$

IMC	**Interpretação**
Até 18,5 (inclusive)	Abaixo do peso normal
De 18,5 a 25 (inclusive)	Peso normal
De 25 a 30 (inclusive)	Acima do peso normal
Acima de 30	Obesidade

Tabela 1.7: Índice de massa corpórea

Considerando a tabela 1.7, escreva um programa que leia o peso em kg e a altura em m de uma determinada pessoa de forma a calcular o índice de massa corpórea do mesmo e de seguida, estabeleça as comparações necessárias entre o IMC calculado e os valores da tabela 1.7 e escreva uma das frases, conforme for o caso:

- *Você está abaixo do peso normal.*
- *O seu peso está na faixa de normalidade.*
- *Você está acima do peso normal.*
- *Você precisa de perder algum peso.*

1.3.4.6 Determinar ano bissexto

Um ano é bissexto se é divisível por 4, excepto se, além de ser divisível por 4, for também divisível por 100. Então ele só é bissexto se também for divisível por 400. Escrever um algoritmo que leia o valor de um ano e escreva se o ano é ou não bissexto.

1.3.4.7 Parque de estacionamento

Considere um parque de estacionamento que pratica os preços seguintes:

- 1^a hora: 2 €
- 2^a hora: 1,5 €
- a partir da 2^a hora: 1 €/hora

O tempo de permanência no parque é contabilizado em horas e minutos. Por exemplo, se uma viatura permanecer 2 horas e 30 minutos no parque, pagará 2 € (1^a hora) + 1,5 € (2^a hora) + 0,5 € (30 minutos a 1 €/hora) = 4 €.

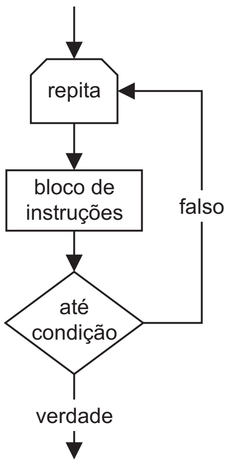
Elabore um algoritmo que, lido o tempo que determinada viatura permaneceu estacionada no parque, diga a quantia que deve ser paga.

1.4 Instruções de Repetição (Ciclos)

As instruções de repetição, ou ciclos, permitem a execução de forma repetitiva de um conjunto de instruções. Esta execução depende do valor lógico de uma condição que é testada em cada iteração para decidir se a execução do ciclo continua ou termina. Note-se que as diferentes instruções de ciclos a seguir apresentadas consistem em variações da mesma estrutura.

1.4.1 Ciclo condicional: repetir-até

O ciclo `repetir-até` executa um bloco de instruções até que uma determinada condição lógica seja verdadeira. Este ciclo testa a condição lógica após a primeira iteração, ou seja, o teste é realizado à saída. Este ciclo deve ser utilizado sempre que se desejar que o código seja executado pelo menos uma vez. Na figura 1.11 é apresentada a sintaxe proposta para o ciclo `repetir-até`.




```
inicio
...
repetir
 <bloco-instruções>
até <condição>;
...
fim
```

Figura 1.11: Fluxograma e sintaxe - Instrução ciclo `repetir-até`

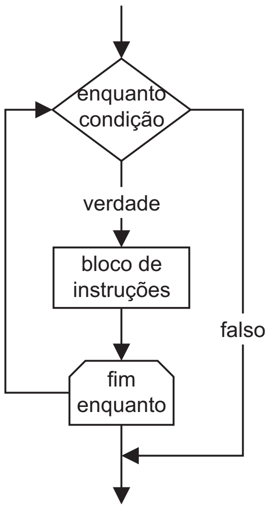
Considere-se o seguinte exemplo em que a utilização da estrutura `repetir-até` permite garantir que o valor da nota introduzida está situado entre 0 e 20.

```
Entrada: nota
início
  repetir
    escrever "Introduzir nota entre 0-20:";
    ler nota;
  até nota ≥ 0 e nota ≤ 20;
fim
```

1.4.2 Ciclo condicional: enquanto-fazer

O ciclo `enquanto` executa um bloco de instruções enquanto uma determinada condição lógica for verdadeira. Este ciclo testa a condição lógica à entrada. Na figura 1.12 é apresentada a sintaxe proposta para o ciclo `enquanto-fazer`.

Considere-se o seguinte exemplo em que a utilização da estrutura `enquanto-fazer` permite calcular e escrever a tabuada de um número.




```
inicio
...
enquanto <condição> fazer
 <bloco-instruções>
fim-enquanto
...
fim
```

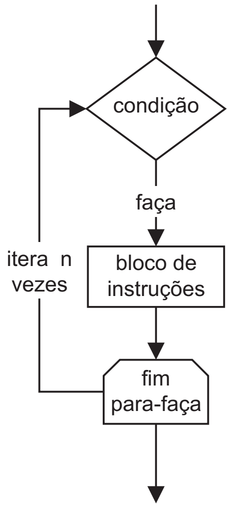
Figura 1.12: Fluxograma e sintaxe - Instrução ciclo `enquanto-fazer`

```
Entrada: numero
início
    # Ler o número para o qual será apresentada a tabuada
    escrever "Introduza número:";
    ler numero;
    i ← 1;
    enquanto i ≤ 10 fazer
        resultado ← numero*i;
        escrever numero, "*", i, "=", resultado;
        # Incrementar a variável i
        i ← i+1;
    fim-enquanto
fim
```

1.4.3 Ciclo determinístico: para-fazer

O ciclo `para-fazer` executa um bloco de instruções com um número pré-determinado de vezes. Na figura 1.13 é apresentada a sintaxe proposta para o ciclo `para-fazer`.

- O `bloco-início` - é um conjunto de instruções que são executadas à *priori*;
- A `condição` é uma expressão lógica é testada em cada iteração do ciclo, sendo necessário que o seu valor lógico seja *verdade* para que o ciclo continue em execução;
- O `bloco-iter` é composto por um conjunto de instruções que são executadas em cada iteração.




```
inicio
...
para <bloco-início>;<condição>;<bloco-iter> fazer
 <bloco-instruções>
fim-para
...
fim
```

Figura 1.13: Fluxograma e sintaxe - Instrução ciclo `para-fazer`

Considere-se o seguinte exemplo em que a utilização da estrutura `para-fazer` permite calcular a soma os 100 primeiros números inteiros.

Saída: soma
início
    soma ← 0;
    para *i ← 1; i<100; i ← i+1* **fazer**
        soma ← soma + i;
    fim-para
    `escrever` soma;
fim

Neste exemplo é introduzido um conceito importante para a programação, o conceito de acumulador. A variável soma em cada iteração é adicionada do valor da variável i, permitindo que no final:

$$\text{soma} = 1 + 2 + 3 + 4 + 5 + \cdots + 100 = 5050$$

Por outro lado, a instrução i ← i+1 faz com que a variável i tome todos os valores inteiros de 1 a 100.

Considere-se a resolução do problema de calcular a soma os 100 primeiros números inteiros utilizando para tal a o ciclo `enquanto-fazer`.

```
Saída: soma
início
    soma ← 0;
    # A iniciação da variável de iteração tem de ser realizada antes do início do ciclo
    i ← 1;
    enquanto i ≤ 100 fazer
        soma ← soma + i;
        # Incremento da variável de iteração
        i ← i+1;
    fim-enquanto
    escrever soma;
fim
```

1.4.4 Exercícios Resolvidos

Nesta secção são apresentados alguns problemas e respectivas soluções com o objectivo de ilustrar a utilização de instruções cíclicas. Nas soluções são exploradas situações com utilização simples dos ciclos e/ou imbricados.

1.4.4.1 Calcular somatório entre dois limites

O algoritmo 1.11 permite calcular a somatório dos números existentes num intervalo definido por limites inferior e superior. Note que o utilizador pode introduzir os limites na ordem que entender, desta forma os intervalos [5-10] e [10-5] são igualmente válidos.

```
Entrada: limite1, limite2
Saída: soma
início
    # Ler intervalo;
    escrever "Introduza número1:";
    ler limite1;
    escrever "Introduza número2:";
    ler limite2;
    # Determinar o limite inferior e superior;
    se limite1>limite2 então
        maximo ← limite1;
        minimo ← limite2;
    senão
        maximo ← limite2;
        minimo ← limite1;
    fim-se
    # Calcular soma propriamente dita;
    soma ← 0;
    para i ← minimo; i≤maximo; i ← i+1 fazer
        soma ← soma + i;
    fim-para
    # Mostrar resultado;
    escrever soma;
fim
```

Algoritmo 1.11: Calcular somatório entre dois limites

1.4.4.2 Calcular factorial de um número

O algoritmo 1.12 permite calcular o factorial de um número sabendo que:

$$\texttt{factorial}(n) = \begin{cases} n = 0 & \rightarrow & 1 \\ n \geq 1 & \rightarrow & n * \texttt{factorial}(n-1) \end{cases}$$

Exemplo: `factorial`(5)=5*4*3*2*1=120

```
Entrada: numero
Saída: factorial
início
    # Ler o número para o qual se pretende calcular o factorial;
    escrever "Introduza número:";
    ler numero;
    # Efectuar o cálculo;
    factorial ← 1;
    para i ← 1; i≤numero; i ← i+1 fazer
        factorial ← factorial * i;
    fim-para
    # Apresentar resultado;
    escrever factorial;
fim
```

Algoritmo 1.12: Calcular factorial de um número

1.4.4.3 Determinar se um número é primo

Um número é primo se for apenas divisível por si próprio e pela unidade, por exemplo: 11 é número primo (visto que é apenas divisível por 11 e por 1), enquanto que 21 não é primo, pois tem os seguintes divisores: 1,3,7 e 21.

```
Entrada: numero
início
    escrever "Introduza número:";
    ler numero;
    # A variável ndiv será utilizada na contagem do número de divisores de um número;
    ndiv ← 0;
    para i ← 2; i<numero; i ← i+1 fazer
        # Determinar se i é divisor do número;
        se numero%i=0 então
            ndiv ← ndiv+1;
        fim-se
    fim-para
    # Testar se existem divisores diferentes de 1 e do próprio número;
    se ndiv>0 então
        escrever "O número ", numero, "não é primo";
    senão
        escrever "O número ", numero, "é primo";
    fim-se
fim
```

Algoritmo 1.13: Determinar se um número é primo

O algoritmo 1.13 permite determinar se um número é primo através da contagem de divisores diferentes da unidade e do próprio número. Esta solução necessita de testar todos os números, sendo obviamente pouco eficiente não se recomenda a sua utilização na prática.

Por sua vez, o algoritmo 1.14 permite determinar se um número é primo de uma forma muito mais eficiente, visto que termina o processo assim que encontra um divisor diferente da unidade e do próprio número. Por outro lado termina assim que o divisor atinge metade do valor do número, isto porque não é possível encontrar divisores inteiros entre metade do número e o próprio número.

```
Entrada: numero
início
    escrever "Introduza número:";
    ler numero;
    # Até prova em contrário um número é primo. Quando é encontrado um divisor deixa de o
    ser;
    primo ← verdadeiro;
    i ← 2;
    enquanto primo=verdadeiro e i≤numero/2 fazer
        # Determinar se i é divisor do número;
        se numero%i=0 então
            primo ← falso;
        fim-se
        i ← i+1;
    fim-enquanto
    # Testar se foi um encontrado algum divisor;
    se primo=falso então
        escrever "O número ", numero, "não é primo";
    senão
        escrever "O número ", numero, "é primo";
    fim-se
fim
```

Algoritmo 1.14: Determinar se um número é primo

1.4.4.4 Determinar nome e idade da pessoa mais nova de um grupo

O algoritmo 1.15 permite ler o nome e a idade de uma série de pessoas. Este programa deve terminar quando for introduzido o nome da pessoa = "STOP". No final deve ser mostrado o nome e idade da pessoa mais nova.

Neste programa é utilizada uma variável com a função de servir de sentinela, a variável primeiro pode assumir os valores `verdadeiro` ou `falso` em função das necessidades.

Uma **sentinela** é regra geral uma variável do tipo booleano (*i.e.*, pode apresentar os valores `verdadeiro` ou `falso`) e é utilizada com o fito de controlar a execução de uma determinada secção do programa, este conceito é muito útil em programação.

```
Saída: nomeMin, idadeMin
início
    # Esta sentinela permite controlar o primeiro elemento a ser lido de forma a iniciar a
    variável idadeMin;
    primeiro ← verdadeiro;
    repetir
        escrever "Introduza nome:";
        ler nome;
        se nome ≠ "STOP" então
            escrever "Introduza idade:";
            ler idade;
            se primeiro = verdadeiro então
                idadeMin ← idade;
                # Após a primeira leitura a sentinela é alterada para falso primeiro ← falso;
            senão
                # Se a idade acabada de ler for menor que o mínimo existente então actualiza o
                mínimo e guarda o nome da pessoa;
                se idade < idadeMin então
                    idadeMin ← idade;
                    nomeMin ← nome;
                fim-se
            fim-se
        fim-se
    até nome="STOP";
    escrever "Nome e idade da pessoa mais nova:", nomeMin, idadeMin;
fim
```

Algoritmo 1.15: Determinar nome/idade da pessoa mais nova

1.4.4.5 Determinar o aluno melhor classificado e a média das notas de uma turma

O algoritmo 1.16 permite ler as notas de português obtidas pelos elementos de uma turma. Este programa termina quando for introduzido o nome do aluno "STOP". No final deve ser mostrado o nome do aluno melhor classificado e a média de notas de turma. Neste programa são utilizados ciclos encadeados.

Note-se que este algoritmo lê pelo menos um nome, nem que o primeiro nome seja "STOP"graças à utilização do ciclo `repetir-até`. No caso de o nome introduzo ser válido (*i.e.*, diferente de "STOP") então são lidas notas do aluno.

```
Saída: nomeMax, notaMax, media
início
  soma ← 0;
  nAlunos ← 0;
  repetir
    escrever "Introduza nome:";
    ler nome;
    se nome ≠ "STOP" então
      repetir
        escrever "Introduza nota de português do aluno", nome;
      até nota≥0 e nota≤100;
      soma ← soma+nota;
      nAlunos ← nAlunos+1;
      se nota > notaMax então
        notaMax ← nota;
        nomeMax ← nome;
      fim-se
    fim-se
  até nome="STOP";
  se nAlunos > 0 então
    # Calcular média;
    media ← soma/nAlunos;
    escrever "Nome do aluno melhor classificado:", nomeMax;
    escrever "Média obtida pela turma:", media;
  senão
    # Não pode calcular média;
    escrever "Não foram inseridos dados.";
  fim-se
fim
```

Algoritmo 1.16: Determinar o aluno melhor classificado e a média das notas de uma turma

Sugestão: Resolver o último exercício utilizando ciclos do tipo `enquanto-fazer`.

1.4.5 Exercícios Propostos

Nesta secção são propostos alguns problemas com vista à aplicação dos diferentes tipos de instruções anteriormente introduzidas com particular ênfase na instruções cíclicas.

1.4.5.1 Divisão através de subtracções sucessivas

O resultado da divisão inteira de um número inteiro por outro número inteiro pode sempre ser obtido utilizando-se apenas o operador de subtracção. Assim, se quisermos calcular 7/2, basta subtrair o dividendo (2) ao divisor (7), sucessivamente, até que o resultado seja menor do que o dividendo.

O número de subtracções realizadas corresponde ao quociente inteiro, conforme o exemplo seguinte:

$$\begin{aligned} 7-2 &= 5 \\ 5-2 &= 3 \\ 3-2 &= 1 \end{aligned}$$

Descrever um algoritmo para o cálculo da divisão de um inteiro pelo outro. Note que se o dividendo for zero, esta é uma operação matematicamente indefinida.

1.4.5.2 Determinar o máximo e mínimo de uma série

Ler 100 valores e determinar os valores máximo e mínimo da série.

1.4.5.3 Determinar quantidade de números primos

Determinar quantos são os números primos existentes entre os valores 1 e 1000 (excluindo os limites do intervalo).

1.4.5.4 Determinar se um número é perfeito

Um número n é perfeito se a soma dos divisores inteiros de n (excepto o próprio n) é igual ao valor de n. Por exemplo, o número 28 tem os seguintes divisores: 1, 2, 4, 7, 14, cuja soma é exactamente 28. (Os seguintes números são perfeitos: 6, 28, 496, 8128.)

Escreva um algoritmo que verifique se um número é perfeito.

1.4.5.5 Calcular potência por multiplicações sucessivas

Escrever um programa que permita calcular uma potência do tipo $\mathsf{base}^{\mathsf{expoente}}$ através de multiplicações sucessivas. Por exemplo: $2^4 = 2 * 2 * 2 * 2$. Considere as diferentes situações relacionadas com os valores da base e/ou expoente iguais a zero.

1.4.5.6 Maior número ímpar de uma sequência de valores

Descreva um algoritmo que lê uma sequência de números inteiros terminada pelo número zero e calcule o maior ímpar e a sua posição na sequência de valores.

1.4.5.7 Algarismos de um número

Escreva um programa para extrair os algarismos que compõem um número e os visualize individualmente.

1.4.5.8 Apresentação gráfica de temperaturas

Escreva um algoritmo que lê a temperatura de N cidades portuguesas e que represente a temperatura de cada uma delas com uma barra de asteriscos (*), em que cada asterisco representa um intervalo de 2°C. De acordo com os exemplos seguintes:

Porto	11	*****
Lisboa	16	********
Faro	20	**********
Chaves	8	****

1.4.5.9 Soma dos algarismo de um número

Escreva um programa que calcule a soma dos algarismos que compõem um número. Por exemplo: 7258 = 7+2+5+8 = 22

1.4.5.10 Jogo de adivinhar o número

Escrever um programa para o o jogo de adivinhar um número. Este jogo consiste no seguinte: o programa sorteia um número e o jogador deve tentar adivinhar o número sorteado. Para isso o programa deve indicar se o palpite do jogador foi maior, menor ou se acertou no número sorteado. Caso o jogador acerte deve visualizado no écran o número de tentativas utilizadas.

1.4.5.11 Capicua de um número

Escreva um programa que leia um número inteiro positivo e verifique se se trata de uma capicua, isto é, uma sequência de dígitos cuja leitura é a mesma nos dois sentidos (exemplo:32523). Sugestão: Inverter a ordem dos dígitos e verificar se o número obtido coincide com o original. Por exemplo, 327 invertido é ((7*10)+2)*10+3=723.

1.4.5.12 Conversão de base numérica

Elaborar um programa para converter um número escrito em binário para o correspondente na base decimal. A conversão faz-se de acordo com o exemplo seguinte:

$$\begin{aligned}
10110011_{(2)} &= \\
&= \mathbf{1}*2^7+\mathbf{0}*2^6+\mathbf{1}*2^5+\mathbf{1}*2^4+\mathbf{0}*2^3+\mathbf{0}*2^2+\mathbf{1}*2^1+\mathbf{1}*2^0 \\
&= 128+0+32+0+16+0+0+2+1 \\
&= 179_{(10)}
\end{aligned}$$

Note que os expoentes das potências na fórmula de conversão correspondem, respectivamente, à posição ocupada por cada algarismo no número em binário. Sendo que o algarismo mais à direita corresponde à posição zero.

1.5 Traçagens e Teste

A traçagem consiste em testar um algoritmo para um conjunto de valores de entrada, observando o comportamento interno do algoritmo para esses valores e ao longo dos vários passos que compõem o algoritmo.

Assim, a primeira fase consiste em numerar/etiquetar os passos do algoritmo. De seguida é necessário construir uma tabela colocando na primeira linha as entidades que queremos estudar ao longo dos passos do algoritmo, a saber, variáveis e condições, pois são as únicas entidades cujo valor pode variar. A última fase consiste em executar o algoritmo passo-a-passo.

Considere-se o problema de calcular o quociente e resto da divisão inteira. O cálculo destes calores pode ser realizado com sucesso através da aplicação sucessiva de subtracções, de acordo com o exemplificado na figura 1.14.

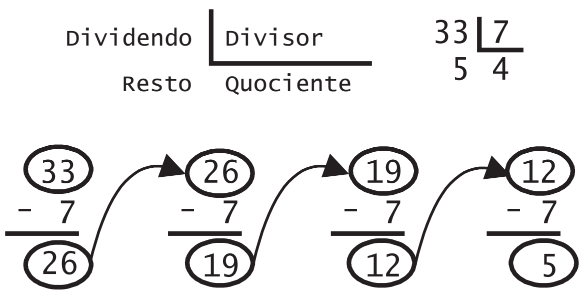


Figura 1.14: Divisão inteira através de subtracções sucessivas

Note-se que o quociente corresponde ao número de vezes para o qual é possível subtrair o divisor ao dividendo, no exemplo é possível subtrair 4 vezes o número 7 do 33, sendo que 5 será o resto inteiro.

Entrada: dividendo, divisor
início
    # Ler dividendo e divisor;
P1   `escrever` "Introduza o dividendo e divisor";
P2   `ler` dividendo,divisor;
P3   quociente $\longleftarrow$ 0;
    # Subtrair sucessivamente o divisor ao dividendo;
P4   **enquanto** *dividendo* $\geq$ *divisor* **fazer**
P5   dividendo $\longleftarrow$ dividendo - divisor;
P6   quociente $\longleftarrow$ quociente+1;
    fim-enquanto
P7   resto $\longleftarrow$ dividendo;
fim

Algoritmo 1.17: Divisão inteira através de subtracções sucessivas (numerado)

Na tabela 1.8 são representados os passos nos quais as condições e/ou variáveis podem mudar de valor (de *P2* a *P7*) e possível perceber as (quatro) iterações realizadas dentro do ciclo `enquanto-fazer`, sendo que em cada iteração do ciclo são executadas os passos: *P4*, *P5* e *P6* .

Passos	**dividendo**	**divisor**	**quociente**	**resto**	**dividendo $\geq$ divisor**
P2	33	7			
P3	33	7	0		
P4	33	7	0		verdade
P5	26	7	0		verdade
P6	26	7	1		verdade
P4	26	7	1		verdade
P5	19	7	1		verdade
P6	19	7	2		verdade
P4	19	7	2		verdade
P5	12	7	2		verdade
P6	12	7	3		verdade
P4	12	7	3		verdade
P5	5	7	3		verdade
P6	5	7	4		verdade
P4	5	7	4		falso
P7	5	7	4	5	

Tabela 1.8: Traçagem do algoritmo 1.14

1.6 Programação modular

De acordo com o paradigma da programação estruturada, a escrita de algoritmos (e programas) deve ser baseada no desenho modular dos mesmos passando-se depois a um refinamento gradual do topo para a base. A modularidade permite entre outros aspectos:

- Criar diferentes camadas de abstracção do programa codificado e que por sua vez facilitará a resolução de problemas complexos, leitura e manutenção do código mais simples;
- Reduzir os custos ao desenvolvimento de *software* e correcção de erros;
- Reduzir o número de erros emergentes durante a codificação;
- Re-utilização de código de forma mais simples;

A noção de modularidade é crucial para a programação. A modularidade pode ser conseguida, por exemplo, através do recurso à utilização de sub-rotinas. A utilização de sub-rotinas permite modularizar os programas e encapsular processamento o que resulta em programas mais simples de desenvolver e ler.

Quanto mais independentes os módulos (sub-rotinas) mais atentamente o programador se pode concentrar sobre cada uma ignorando os restantes. Com a chamada de uma sub-rotina num qualquer ponto de um programa é transferido o controlo para essa sub-rotina. isto é, passam a ser executadas do início ao fim as instruções presentes nessa sub-rotina, retornado-se depois ao programa principal, exactamente à instrução seguinte à da chamada da sub-rotina.

1.6.1 Sub-rotinas, parâmetros e variáveis locais

Na programação estruturada são normalmente referidos dois tipos de sub-rotinas: as funções e os procedimentos. A diferença entre funções e procedimentos consiste no facto de as primeiras retornarem um valor, e os segundos não.

No contexto da programação uma função tem um funcionamento similar a função matemática, isto é, funciona como uma **caixa preta** que recebe valores (designada por parâmetros) e devolve um resultado. Por exemplo a função `potencia` (ver fórmula 1.6.1) recebe a base e expoente, e devolve o resultado. Note-se que a lista de parâmetros passados para uma função pode ser vazia.

$$\mathsf{resultado} = \mathtt{potencia}(\mathsf{base}, \mathsf{expoente}) \tag{1.6.1}$$

As variáveis definidas no âmbito das sub-rotinas são criadas no momento em que se inicia a execução da sub-rotina e destruídas no momento em que a sub-rotina termina a sua execução, isto é, são **variáveis locais** (dentro do contexto da sub-rotina) por oposição às variáveis do programa que se designam por **variáveis globais**.

Este conceito é muito importante e implica que:

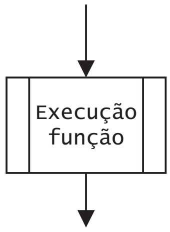
- a forma correcta de se passar valores para dentro de uma sub-rotina é através dos parâmetros (e não recorrendo a uma variável com o mesmo nome fora e dentro da sub-rotina);

- a forma correcta de se obter valores de uma sub-rotina é recorrer a uma função (e não a um procedimento) que tem a possibilidade de devolver valores.

1.6.1.1 Funções

A sintaxe e o fluxograma propostos para a definição de uma função são apresentados na figura 1.15.

A função é identificada por um nome (*nomeFuncao*), sendo a *listaParâmetros* constituída por zero ou mais variáveis passadas à função. A expressão representa o valor a retornar pela função.




```
Função nomeFuncao(listaParametros)
inicio
...
nome ← <expressão>
...
fim-função
```

Figura 1.15: Fluxograma e sintaxe - Função

Considere-se no seguinte exemplo a definição e utilização da função `potencia`[1] na construção de um programa modular.

```
Função potencia(base,expoente)
início
    # A variável resultado é local;
    resultado ← 1;
    # Calcular a potência através de multiplicações sucessivas;
    para i ← 1; i ≤ expoente; i ← i+1 fazer
        resultado ← resultado*base;
    fim-para
    # O valor calculado é retornado através do nome da função;
    potencia ← resultado;
fim-função
```

A `potencia` é utilizada no programa seguinte:

```
início
    # Ler base e expoente;
    escrever "Introduza base=";
    ler base;
    escrever "Introduza expoente=";
    ler expoente;
    # Apresentar resultado;
    escrever base," ^ ",expoente,"=",potencia(base,expoente);
fim
```

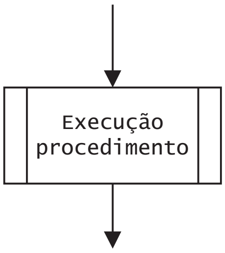
Executando o programa por exemplo para os valor 3 e 2, seria visualizado num monitor o seguinte texto:

```
Introduza base=3
Introduza expoente=2
3^2=8
```

[1]Por uma questão de simplicidade são considerados apenas expoentes inteiros e positivos no cálculo da potência.

1.6.1.2 Procedimentos

A sintaxe e o fluxograma propostos para a definição de um procedimento são apresentados na figura 1.16:




```
Procedimento nomeProcedimento(listaParametros)
...
blocos-de-instruções
...
Fim-procedimento
```

Figura 1.16: Fluxograma e sintaxe - Procedimento

Considere-se no seguinte exemplo a definição e utilização do procedimento `prtNumeroInvertido` que permite imprimir um número inteiro invertido.

Comentário: Explicar a razão de subtrair algarismo!!

```
Procedimento prtNumeroInvertido(numero)
início
    enquanto numero>0 fazer
        # O algarismo mais à direita do número é calculado através;
        # da divisão inteira do número por 10;
        algarismo ← numero % 10;
        escrever algarismo;
        # Truncar o algarismo à direita;
        numero ← (numero-algarismo)/10;
    fim-enquanto
fim-procedimento
```

1.6.2 Exercícios resolvidos

Nesta secção são apresentados alguns problemas e respectivas soluções com o objectivo de ilustrar a utilização de procedimentos e funções na produção de programas modulares.

1.6.2.1 Função que devolve o maior algarismo de um número

Considere uma função que receba um número inteiro e devolva o maior algarismo contido nesse número.

```
Função maior(N)
início
    # max vai conter o maior algarismo;
    # alg vai conter os algarismos do número, partindo das;
    # unidades para as dezenas, centenas, etc;
    max ← N%10;
    enquanto N≠0 fazer
        alg ← N%10;
        N ← (N - alg)/10;
        se alg>max então
            max ← alg;
        fim-se
    fim-enquanto
    maior ← max;
fim-função
```

Função `maior`(n) que devolve o maior algarismo de um número

1.6.2.2 Função que indica se um número é perfeito

Um número n é perfeito se a soma dos divisores inteiros de n (excepto o próprio n) é igual ao valor de n. Por exemplo, o número 28 tem os seguintes divisores: 1, 2, 4, 7, 14, cuja soma é exactamente 28. (Os seguintes números são perfeitos: 6, 28, 496, 8128.). Consider a função que recebe um número inteiro e devolve os valores booleanos `verdadeiro` ou `falso` se o número é ou não perfeito, respectivamente.

```
Função perfeito(N)
início
    soma ← 0;
    para x ← 1; x≤(N/2); x ← x+1 fazer
        se (N%x)=0 então
            soma ← soma+x;
        fim-se
    fim-para
    se soma=N então
        perfeito ← verdadeiro;
    senão
        perfeito ← falso;
    fim-se
fim-função
```

Função `perfeito`(N) que indica se um número é perfeito

1.6.3 Exercícios propostos

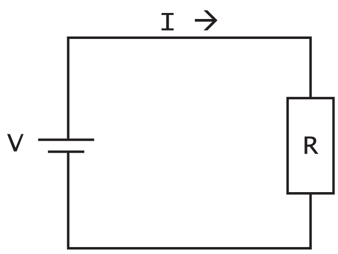
Nesta secção são propostos alguns problemas relacionados com a utilização de procedimentos e funções na escritas de programas modulares.

1.6.3.1 Função média de dois números

Escreva uma função que, dados dois números reais, retorna a média deles arredondada para um inteiro, e devolve os números por ordem crescente. Faça um programa que permita testar a função anterior.

1.6.3.2 Função lei de Ohm

A lei de Ohm é uma relação entre a corrente (I), a tensão (V) e a resistência (R), de acordo com o circuito eléctrico representado na figura 1.17.



Lei de Ohm:

$I = V/R$

Figura 1.17: Ilustração da lei de Ohm

a) Escreva uma função que recebe os valores de V e R como parâmetros, e calcule a corrente I.

b) Escreva um programa que permita testar a função anterior.

1.6.3.3 Função somatório

Calcular o somatório $\sum_{i=1}^{n} \frac{2^i}{\sqrt{i}}$

Sugestão: crie uma função para determinar cada termo i da série.

1.6.3.4 Funções para codificar e descodificar números

Uma empresa pretende enviar cifrada uma sequência de inteiros decimais de 4 dígitos (`DigDigDigDig`). A cifra consiste em: substituir cada dígito `Dig` por `(Dig+8)%10` (*i.e.*, adiciona 8 e calcula o resto da divisão do resultado por 10); depois troca o terceiro dígito com o primeiro e troca o quarto dígito com o segundo.

a) Escreva uma função que receba um inteiro decimal de 4 dígitos e o devolva cifrado.

b) Escreva uma função que receba um inteiro cifrado e o decifre para o valor original.

c) Escreva uma função que apresente um «menu» com 2 opções, cifrar e decifrar número, peça ao utilizador para escolher uma das opções, e retorne a opção escolhida.

d) Faça um programa que permita testar as funções anteriores.

1.6.3.5 Números primos

Escreva um procedimento que imprima os números primos existentes entre dois números. Na resolução deste problema deve ser utilizada uma função que determina se um número é primo.

1.7 Recursividade

Recursividade é uma característica comum a todas definições que necessitam de recorrer a si próprias para se definirem. A recursividade é largamente utilizada na matemática e nas ciências de computação. No contexto da computação a recursividade é muito utilizada na resolução de uma gama variada de problemas e muito particularmente na manipulação de estruturas de dados recursivas (*e.g.*, e listas, árvores e grafos).

Considerem-se o exemplo da função factorial definido através da formula 1.7.1. Normalmente uma definição recursiva compreende casos particulares e casos gerais, neste caso, $n = 1$ é o caso particular e $n > 1$ o caso geral. Note-se que no caso geral, a definição da função factorial é conseguida através da própria função factorial.

$$\texttt{factorial}(n) = \begin{cases} n = 0 & \rightarrow & 1 \\ n > 1 & \rightarrow & \texttt{factorial}(n-1) * n \end{cases} \tag{1.7.1}$$

No dia-a-dia também se encontram inúmeras definições recursivas, por exemplo, o caso dos ascendentes familiares.

- **Caso particular** – os ascendentes de determinada pessoa são os seus pais;
- **Caso geral** – os ascendentes de uma pessoa são os ascendentes dos seus ascendentes;

1.7.1 Exercícios Resolvidos

Nesta secção são apresentados alguns problemas e respectivas soluções com o objectivo de ilustrar a utilização de algoritmos recursivos.

1.7.2 Exercícios Propostos

Nesta secção são propostos alguns problemas com vista a ilustrar a utilização de algoritmos recursivos.

Capítulo 2

Estruturas de dados

2.1 Vectores

No contexto da programação de computadores, um vector, é uma das estruturas de dados mais simples. Um vector é conjunto de dados consecutivos, usualmente do mesmo tamanho e tipo. Cada um dos elementos do vector é acedido através do índice (número inteiro) que define a posição na qual o elemento está guardado.

Considere que se pretende desenvolver um programa que dadas as notas de 4000 alunos, calcule o desvio de cada uma relativamente à média das notas. Para o cálculo dos desvios é necessário o cálculo prévio da média, o que implica manter as notas após o cálculo da média, ou seja, guardar as notas em variáveis. O problema pode ser decomposto em sub-problemas, como se segue:

- Calcular a média;
- Guardar as notas (para cálculos posteriores);
- Calcular o desvio de cada nota.

Uma solução para guardar cada uma das notas (desaconselhável!!), seria definir 4000 variáveis, por exemplo: `nota1`, `nota2`, `nota3`, `nota4`, `nota5`, `nota6`, ..., `nota4000`

Assim, as instruções para a leitura das notas seriam repetir 4000 vezes algo de semelhante a:

```
início
    enquanto numero>0 fazer
        escrever "Introduza a média do aluno número 1:";
        ler nota1;
        escrever "Introduza a média do aluno número 2:";
        ler nota2;
        ...
        escrever "Introduza a média do aluno número 4000:";
        ler nota4000;
    fim-enquanto
fim
```

o que naturalmente se revela completamente impraticável.

A generalidade das linguagens de programação fornece este tipo de dados, chamado vector (ou *array*) que permite ultrapassar esta limitação. A solução consiste em definir um vector cujo tamanho corresponde ao número de elementos desejados e uma variável inteira para aceder a cada índice do referido vector.

Deste modo, para a leitura das 4000 notas poder-se-ia utilizar um ciclo, como a seguir se ilustra:

```
início
    para num ← 1; num<4000; num ← num+1 fazer
        escrever "Introduza a nota do aluno número",num;
        ler nota(num);
    fim-para
fim
```

Um **vector** pode então ser definido como um conjunto de tamanho fixo de elementos do mesmo tipo ocupando posições contíguas.

Antes de se utilizar um vector é necessário proceder à sua declaração, cuja sintaxe proposta é :

`DIM nomeVector (início ATE fim)`

No qual:

- *nomeVector* - é o nome do vector (escolhido pelo programador);
- *inicio* - é o valor início do índice;
- `fim` – é o valor máximo do índice;

O número de posições do vector obedece à formula 2.1.1, não sendo obrigatório preencher todas as posições com valores.

$$\texttt{tamanho} = \text{fim} - \text{inicio} + 1 \tag{2.1.1}$$

Por exemplo, a instruções seguinte:

`DIM notas(1 até 20)`

permite definir um vector unidimensional chamado notas com 20 posições numeradas de 1 a 20. Na figura 2.1 é apresentada uma representação gráfica possível deste vector.

Índice	1	2	3	4	5	...	20
Valor	12	8	9	17	15	...	11

Figura 2.1: Vector unidimensional: notas

A sintaxe utilizada no acesso a cada posição do vector é a seguinte forma:
`nome-do-vector[índice]`
Como por exemplo:

```
início
    # Declaração do vector;
    DIM notas(1 até 20);
    # Atribuir o valor 5 à posição 3 do vector;
    notas[3] ← 5;
    # Escrever no écran o valor da posição 1 do vector ;
    escrever notas[1];
fim
```

Um vector pode ter as dimensões que se pretenderem[1], fazendo-se a sua separação por vírgulas.

Considere-se ainda um outro exemplo, um vector bidimensional que permite representar uma imagem, as duas dimensões da matriz definem o tamanho da imagem (largura e altura) e o valor guardado em cada posição, a cor do pixel.

Na figura 2.2 é apresentada uma representação gráfica possível para esta matriz.

	1	2	3	...	800
1	4	56	11	...	6
2	12	8	1	...	5
...	...	...	...	...	...
640	5	83	9	...	4

Figura 2.2: Vector bidimensional (matriz): imagem

[1]Um vector também é designado matriz quando apresenta mais do que uma dimensão.

No seguinte exemplo é procedesse à declaração e consequente utilização deste vector bidimensional :

```
início
    # Declaração da matriz;
    DIM imagem(1 até 800, 1 até 640);
    # Atribuir o valor 5 à posição definida pela coluna 2 e linha 3 da matriz;
    imagem[2][3] ← 5;
    # Escrever no écran o valor da posição definida pela coluna 1 e linha 4 da matriz;
    escrever notas[1][4];
fim
```

Para além da utilização descrita nesta secção, os vectores são muito utilizados de forma combinada com outras estruturas de dados (*e.g.*, registos) por forma a definir estruturas mais complexas como por exemplo: filas, pilhas e árvores.

Existem alguns aspectos a que é necessário prestar atenção quando se manipula vectores em programação, nomeadamente:

- Os vectores têm dimensão fixa. O número de elementos é indicado na declaração e não pode ser alterado durante a execução do programa.
- Os vectores não se podem manipular como um todo, mas sim elemento a elemento. Isto significa que não se podem somar dois vectores directamente, mas sim os elementos de cada vector individualizados.
- Muitas linguagens de programação não avisam (isto é não dá erro) se o limite da dimensão de um vector for excedido. Neste caso os resultados da execução do programa podem ser imprevisíveis.

2.1.1 Exercícios resolvidos

2.1.1.1 Funções manipulando vectores

Faça um algoritmo que permita:

a) Uma função que faça a leitura de 10 valores (inteiros), guardando-os num vector;

b) Uma função que retorne a diferença entre o maior e o menor valor do vector;

c) Uma função que devolva o número de valores pares e ímpares do vector;

No procedimento `leituraVector` apresentada de seguida é realizada a leitura do vector. Note-se que tanto o próprio vector como a respectiva dimensão são passados para o procedimento como argumentos.

```
Procedimento leituraVector(vector,dim)
início
    para i ← 1; i≤ dim; i ← i+1 fazer
        escrever "Introduza o elemento", i;
        ler vector[i];
    fim-para
fim-procedimento
```

A função `contarPares` apresentada de seguida contabiliza a quantidade de números existentes no vector. A função recebe próprio vector e a respectiva dimensão como parâmetros e retorna a quantidade de pares.

```
Função contarPares(vector,dim)
início
    soma ← 0;
    para i ← 1; i≤ dim; i ← i+1 fazer
        se vector[i] % 2 então
            soma ← soma+1;
        fim-se
    fim-para
    # Retornar resultado;
    contarPares ← soma;
fim-função
```

A função `maiorDiferenca` apresentada de seguida, recebe o próprio vector e a respectiva dimensão como parâmetros e retorna a diferença entre os valores máximo e mínimo existentes no vector.

```
Função maiorDiferenca(vector,dim)
início
    # Os valores máximo e mínimo são iniciados com o primeiro elemento do vector;
    máximo ← vector[1];
    mínimo ← vector[1];
    para i ← 1; i≤ dim; i ← i+1 fazer
        se vector[i] > máximo então
            máximo ← vector[i];
        senão
            se vector[i] < mínimo então
                mínimo ← vector[i];
            fim-se
        fim-se
    fim-para
    # Retornar resultado;
    maiorDiferenca ← máximo-mínimo;
fim-função
```

No seguinte extracto (algoritmo 2.1) é definido o vector e evocadas as funções e procedimento anteriormente definidos.

```
início
  DIM vector (1 até 10);
  # Evocar o procedimento de leitura do vector;
  lerVector(vector,10); # Calcular a diferença entre máximo e mínimo e apresentar
  resultado;
  escrever "Diferença máxima=", maiorDiferenca(vector,10);
  # Contar os números pares e ímpares;
  nPares ← maiorDiferenca(vector,10) escrever "Números pares=", nPares;
  escrever "Números ímpares=", 10-nPares;
fim
```

Algoritmo 2.1: Manipulação de Vectores (leitura, diferença entre máximo e mínimo e número de pares e ímpares)

2.1.2 Exercícios propostos

2.1.2.1 Determinar desvio padrão de uma série

Escreva um programa modular que permita determinar o desvio padrão de um série de números de acordo com a formula 2.1.2. Considere a definição de funções e procedimento para os diversos sub-problemas.

$$\texttt{desvioPadrao} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \texttt{media})}{n-1}} \tag{2.1.2}$$

2.1.2.2 Prova de atletismo

Faça a leitura das pontuações que 5 juízes de uma determinada prova atribuíram a um atleta (valores compreendidos entre 0 e 9 inclusive). Determine e apresente com formato adequado, os seguintes valores:

- média obtida pelo atleta;
- a pior e a melhor pontuação;
- a percentagem de pontuações iguais ou superiores a 8 valores;
- supondo que a 1ª nota foi atribuída pelo juiz nº1 e assim sucessivamente determine os números dos juízes que atribuíram a melhor nota do atleta.

2.2 Ordenação e pesquisa de vectores

A ordenação de vectores e a pesquisa de um dado elemento num vector, são operações muito comuns em programação. Existem inúmeros métodos para ordenar vectores e para pesquisar valores em vectores. Serão apresentados nesta secção apenas um exemplo de cada um. Também por uma questão de simplificação serão apenas utilizados vectores de números. No entanto estes métodos poder-se-iam adaptar facilmente a vectores de outro tipo de dados.

2.2.1 Ordenação por selecção

O algoritmo do método de ordenação por selecção consiste em seleccionar repetidamente o menor elemento dos que ainda não foram tratados (daí o nome do método). Pretendendo-se uma ordenação por ordem crescente, primeiro selecciona-se o menor elemento do vector e faz-se a sua troca com o elemento na primeira posição do vector, em seguida selecciona-se o segundo menor elemento e faz-se a sua troca com o elemento na segunda posição do vector, repetindo-se o processo até que todo o vector fique ordenado.

De seguida é apresentado o algoritmo que implementa este método onde vector é o vector a ordenar e dim o número de elementos do vector. Este método é bastante eficiente para vectores de pequena e média dimensão.

```
Procedimento ordenarVector(vector,dim)
início
    para i ← 1; i ≤ dim-1; i ← i+1 fazer
        para j ← i+1; j≤ dim; j ← j+1 fazer
            se vector[j] < vector[i] então
                # Fazer a troca dos dois elementos utilizando uma variável auxiliar;
                temp ← vector[j];
                vector[j] ← vector[i];
                vector[i] ← temp;
            fim-se
        fim-para
    fim-para
fim-procedimento
```

No procedimento `ordenarVector` é necessário fazer a troca de valores entre duas variáveis. Este conceito é muito utilizado em programação e como tal merece uma análise atenta.

Comentário: Falta fazer desenhos!!!

Considere-se o problema o problema de trocar os conteúdos de duas garrafas cheias contendo líquidos (*e.g.*, água e sumo de laranja). Para proceder à trocas dos conteúdos é necessário considerar uma terceira garrafa vazia que servira como auxiliar do processo, pois não é possível proceder à trocar directa.

O problema de trocar os conteúdos de duas variáveis é similar e como tal o extracto de código seguinte está errado, pois no final ambas as variáveis A e B conterão o mesmo valor, 5.

```
início
  A ← 10;
  B ← 5;
  # Fazer a troca dos conteúdos - ERRADO!!!;
  A ← B;
  B ← A;
fim
```

No extracto seguinte é adoptado o procedimento adequado, conforme descrito anteriormente, a utilização de uma variável auxiliar. No final, as variáveis A e B conterão os valores 5 e 10, respectivamente.

```
início
  A ← 10;
  B ← 5;
  # Fazer a troca dos conteúdos - CORRECTO!!!;
  temp ← A;
  A ← B;
  B ← temp;
fim
```

2.2.2 Pesquisa Sequencial

A pesquisa sequencial é o método mais simples de implementar na procura de um elemento num vector. Este método consiste em pesquisar sequencial e exaustivamente um vector na procura de um dado valor. A pesquisa termina quando for encontrado o valor a procurar ou quando tenha chegado ao fim do vector. Este método funciona em vectores ordenados e/ou desordenados.

No exemplo seguinte é considerado um vector notas com 100 elementos em que se pretende procurar um valor usando o método de pesquisa sequencial descrita.

```
início
    DIM notas (1 até 100);
    escrever "Introduza o valor a pesquisar=";
    ler valor;
    # Evocar a função de pesquisa;
    posicao ← pequisarValor(notas, 100, valor);
    se posicao= -1 então
        escrever "O valor desejado não existe no vector";
    fim-se
    escrever "O valor desejado existe na posição=",posicao;
fim
```

Algoritmo 2.2: Utilizar a pesquisa sequencial)

A pesquisa propriamente dita é realizada pela seguinte função:

```
Função pequisarValor(vector,dim,valor)
início
    encontrou ← falso;
    i ← 0;
    # Percorrer o vector até encontrar o elemento ou chegar ao fim do vector;
    enquanto encontrou=falso e i≤dim fazer
        se valor = vector[i] então
            encontrou ← verdade;
        senão
            i ← i+1;
        fim-se
    fim-enquanto
    se encontrou = verdade então
        # Caso encontre o valor retorna a posição;
        pequisarValor ← i;
    senão
        # Caso não encontre o valor retorna -1;
        pequisarValor ← -1;
    fim-se
fim-função
```

2.2.3 Exercicios resolvidos

2.2.3.1 Inverter um vector

Considere o problema de inverter um vector para o qual é apresentada de seguida uma solução possível. Esta solução troca o primeiro elemento com o último, o segundo com o penúltimo, o terceiro com o antepenúltimo e assim sucessivamente até inverter a totalidade do vector. Note-se que o iterador do vector vai variar desde a primeira posição até metade da dimensão.

```
Procedimento invertervector(vector,dim)
início
    para i ← 1; i ≤ dim/2; i ← i+1 fazer
        # Fazer a troca dos dois elementos;
        temp ← vector[i];
        vector[i] ← vector[dim-i+1];
        vector[dim-i+1] ← temp;
    fim-para
fim-procedimento
```

2.2.4 Exercícios propostos

2.2.4.1 Junção ordenada de vectores

Suponha que as notas dos alunos de duas turmas são lidas para dois vectores, um para cada turma. Considere que as notas foram inseridas em ambos os vectores ordenadamente, da menor para a maior.

Escreva um programa que faça a junção ordenada dos dois vectores de notas num terceiro vector.

2.2.4.2 Método de ordenação por troca directa

Neste método compara-se cada posição do vector com todas as outras sucessivamente e troca sempre que encontrar um valor menor numa posição à frente. Escreva um algoritmo que implemente este método.

2.2.4.3 Filtro gráfico

Uma unidade industrial na área da metalomecânica utiliza sistemas de vídeo para o reconhecimento automático de componentes que passam num tapete rolante. Após a captura de cada imagem, esta tem que ser tratada com filtros de *software* que permitem eliminar erros menores e suavizar a imagem.

Construa um programa que implementa um filtro que substitui cada *pixel* pela média dos valores das oito células que o rodeiam.

Na imagem 2.3 está representada a imagem conforme foi capturada em que cada célula representa o tom de cinzento de um *pixel*.

Exemplo de cálculo das células:

$$
\begin{aligned}
\text{célula } B2 &= A1 + A2 + A3 + B1 + B3 + C1 + C2 + C3 = 108 \\
\text{célula } C2 &= B1 + B2 + B3 + C1 + C3 + D1 + D2 + D3 = 114
\end{aligned}
$$

Note-se que as células dos limites da imagem (assinalados a cinzento) não podem ser calculados pois não têm o número suficiente de vizinhos.

	A	B	C	D	E	F
1	29	28	70	47	65	...
2	214	84	18	175	118	...
3	214	150	141	198	158	...
4	129	130	31	51	36	...
5	...	...	...	...	...	...

Figura 2.3: Imagem vídeo - original

Na imagem 2.4 são apresentados os valores da células **B2** e **C2** após serem calculadas enquanto que as restantes células ainda não foram calculadas.

	A	B	C	D	E	F
1	29	28	70	47	65	...
2	214	**108**	**114**	175	118	...
3	214	150	141	198	158	...
4	129	130	31	51	36	...
5	...	...	...	...	...	...

Figura 2.4: Imagem vídeo - em tratamento

Bibliografia

[CCT, 2001] CCT. *C Programming -Foundation Level, Training Manual & Exercises*. Cheltenham Computer Training, Gloucester/UK, 2001.

[Kernighan e Ritchie, 1988] Brian W. Kernighan e Dennis M. Ritchie. *The C Programming Language, Second Edition*. Prentice Hall, Inc., 1988.

[Mosich, 1988] D. Mosich. *Advanced Turbo C Programmer's Guide*. John Wiley & Sons, 1988.

[Sampaio e Sampaio, 1998] Isabel Sampaio e Alberto Sampaio. *Fundamental da Programação em C*. FCA- Editora Informática, 1998.