



Departamento de Engenharia Electrotécnica

# **PROGRAMAÇÃO DE MICROPROCESSADORES**

## **2022/2023**

Licenciatura em Engenharia Electrotécnica e de  
Computadores

1º Ano

1º Semestre

**Trabalho Final**

Armazém Automático

**Regente:** José Barata

André Lourenço

Francisco Marques

Pedro Prates

# 1 Introdução

O trabalho final consiste numa sequência de procedimentos de dificuldade crescente, relacionados com a matéria apresentada em Programação de Microprocessadores, cujo objetivo é fazer a gestão de uma estação robótica. Esta estação é composta por um Armazém Automático, estilo farmácia, e um braço robótico responsável por introduzir lotes de produtos à entrada do armazém. Existem ainda robôs móveis que transportam tabuleiros contendo lotes para serem armazenados.

O problema envolve a manipulação de todos os dados e operações relacionados com o funcionamento da estação e do armazém.

Os alunos serão encorajados a seguir um processo de implementação em que a cada etapa se incrementará a complexidade da construção e pela qual se regerá a avaliação do trabalho. As classificações mostradas são apenas indicativas da classificação que o aluno poderá ter, sendo que outras considerações podem fazer com que a nota seja diferente:

- Avaliação do desempenho de cada aluno ao longo do semestre nas aulas de laboratório.
- Outras considerações sobre este próprio trabalho, tais como: qualidade do código; legibilidade; indentação; simplicidade; etc.
- Observações realizadas durante a discussão do trabalho.

## 2 Descrição geral

O programa pretendido é um software de gestão automático de entradas e saídas de lotes de produtos de um armazém automático. Os produtos chegam ao armazém em tabuleiros transportados por robôs móveis. Posteriormente os produtos são introduzidos no armazém, um a um, por um braço robótico, onde ficam armazenados temporariamente até ao momento da sua expedição. Quando a expedição ocorre, todos os produtos para um determinado destino, com uma determinada data de expedição, são retirados do armazém e colocados em caixas de forma a poderem ser entregues à transportadora.

### Entrada no Armazém Automático

#### Tabuleiro

O conteúdo dos tabuleiros trazidos pelos robôs móveis é representado por um ficheiro de texto (ver Figura 1).

Cada linha deste ficheiro corresponde a um lote de produtos e tem os seguintes campos:

**ID– Destino – Data de Expedição - Quantidade - Tipo**

O **ID** de cada produto, representa o código interno do lote, ou seja, o seu código único. O **Destino** representa a localização do balcão para que o produto será enviado. A data de expedição é representada por uma string com o seguinte formato “aaaa-mm-dd”. O campo **Quantidade** representa o número de produtos que cada lote contém. Finalmente o **Tipo** é

representado por um inteiro que pode neste caso ter dois tipos (Cartões - 1; Livretes - 2).

**A estrutura Lote tem a seguinte composição**

- inteiro para o ID do lote.
- string com o destino(30 caracteres)
- string com a data de expedição (12 caracteres)
- inteiro com a quantidade de produtos do lote.
- inteiro com o tipo de produto (1 ou 2)

```
1 PORTO 2022-07-10 10 1
2 LISBOA 2022-07-10 17 2
3 COIMBRA 2022-07-12 5 1
6 COIMBRA 2022-07-12 7 2
7 FARO 2022-07-12 25 2
8 FARO 2022-07-12 10 1
10 FARO 2022-07-12 98 1
12 FARO 2022-07-12 15 1
13 FARO 2022-07-12 45 1
17 FARO 2022-07-12 30 2
18 FARO 2022-07-12 20 1
20 FARO 2022-07-14 50 2
22 SETUBAL 2022-07-12 10 1
27 BRAGA 2022-07-12 77 1
29 LISBOA 2022-07-12 45 1
33 FARO 2022-07-12 30 2
```

*Figura 1 – Ficheiro tray.txt*

Os lotes estão fisicamente dispostos nos tabuleiros numa matriz 4x4. A primeira linha do ficheiro corresponde à posição 0,0 e a segunda linha à posição 0,1 (ver Figura 2).

0,0	0,1	0,2	0,3
1,0	1,1	1,2	1,3
2,0	2,1	2,2	2,3
3,0	3,1	3,2	3,3

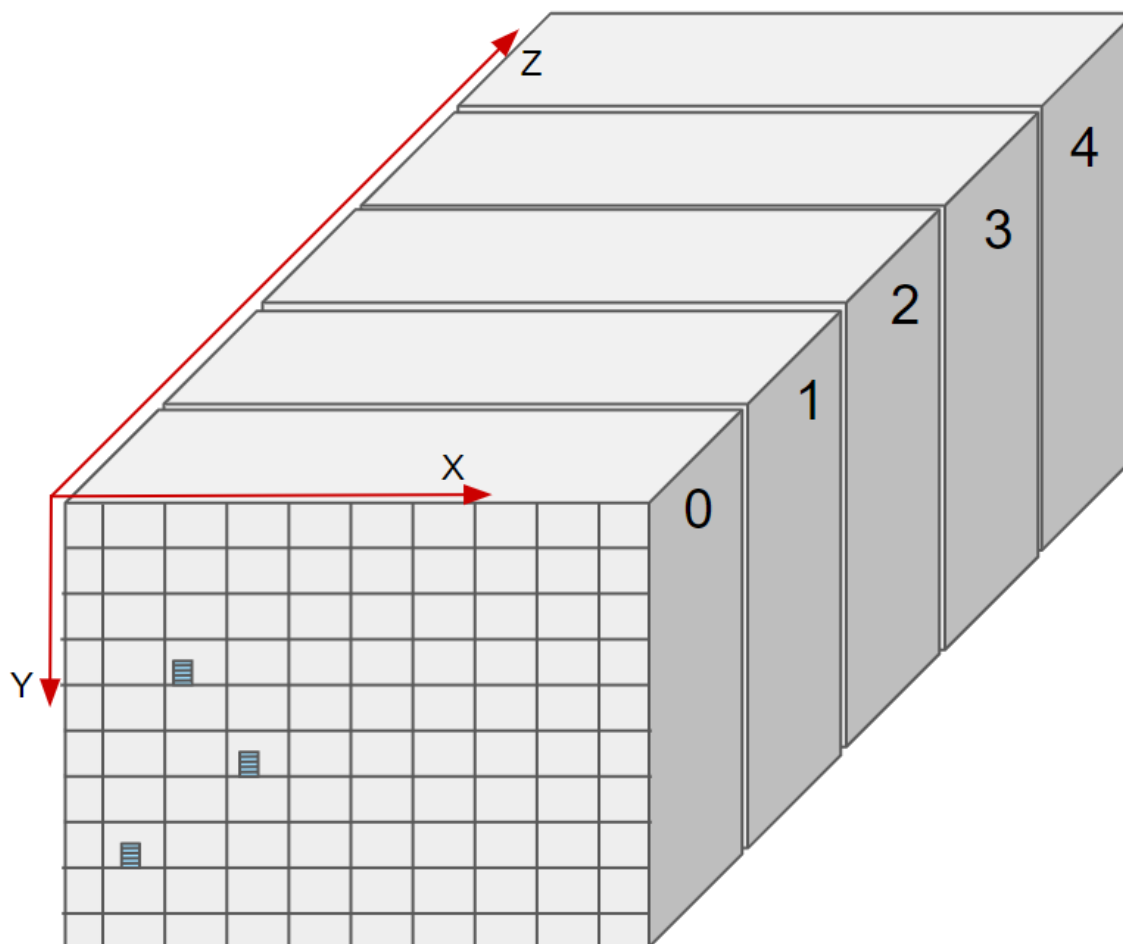
*Figura 2 – Representação do Tabuleiro numa matriz 4x4.*

## Armazém Automático

O Armazém automático é composto por 5 prateleiras, cada uma com 100 slots (ver Fig. 3). No caso deste trabalho o armazém será abstraído por uma matriz tridimensional de 10x10x5 slots. Cada slot por sua vez pode estar vazio ou ocupado por um lote de produtos. Cada Slot do armazém é representado então por:

- Estrutura do tipo Lote
- Inteiro representando uma flag de ocupação (Livre/Ocupado).

A estrutura do armazém deve ser guardada num ficheiro binário, de forma ao seu conteúdo poder ser preservado entre cada utilização do programa.



*Figura 3 – Armazém automático com 5 prateleiras cada uma com 100 slots.*

## Expedição

A expedição dos Lotes de produtos trata de seleccionar, agrupar e embalar os mesmos em caixas a serem entregues à transportadora. A ordem ao sistema deve incluir:

- Destino
- Data limite

Assim o sistema proposto neste trabalho deve apenas com estes dados seleccionar os lotes que se encontram no armazém com esse destino e data de expedição inferior à do limite.

Deve ainda considerar que as caixas têm limitações físicas, o que implica que cada tipo de produto tenha disposições diferentes (ver Figura 4).

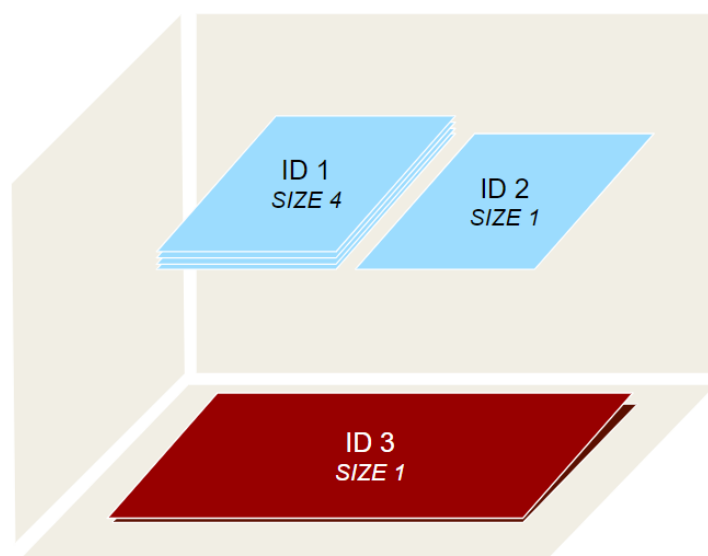


Figura 4 – Caixa e disposição dos Lotes. Cada Caixa permite apenas, pelas suas dimensões, juntar duas pilhas de Cartões (Azul) e uma de Livretes (Vermelho).

Os Lotes de Cartões podem ser dispostos em duas pilhas independentes, mas cada Lote de Livretes deve afectar ambas as pilhas.

Considere que a ordem em que se atribuem Lotes a determinada caixa é indiferente, isto é, que se delega para o embalamento das caixas (não incluído neste processo) a ordenação dos Lotes de maneira a manter os Livretes por baixo das pilhas cartões (mantendo a estabilidade das pilhas).

Assim, o sistema de expedição deverá distribuir os Lotes seleccionados consoante as quantidades (size) e os tipos (1 mm para Cartões e 4 mm para Livretes) pelas caixas (altura interior de 200 mm) na disposição anterior.

O exemplo da Figura 5, demonstra como para uma lista seleccionada (à esquerda), desordenada, a distribuição mais simples pelas caixas resultará em duas caixas (à direita). A maximização da ocupação das caixas não tem de ser óptima, mas tem quanto possível de minimizar o número de caixas totais. Uma solução com um Lote por caixa, que neste caso implicaria 3 caixas, será subvalorizada.

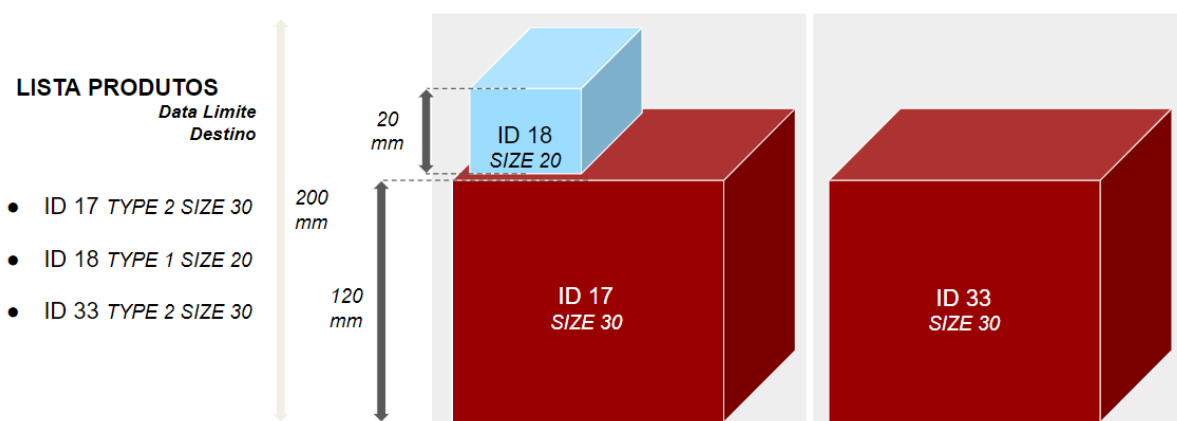


Figura 5 – Distribuição esperada dos Produtos seleccionados (lista à esquerda) por duas caixas (à direita).

Deve o sistema apresentar ao utilizador as Caixas (quantidade e produtos por caixa), perguntar ao utilizador se confirma a expedição das mesmas Caixas e, em resposta afirmativa, retirar os Lotes seleccionados do registo do Armazém Automático.

## 2.1 Funcionalidades

```
-----MENU-----
1 - Show tray
2 - Show batch info
3 - List batches
4 - Show warehouse occupancy

5 - Store tray
6 - Swap batch placement
7 - Show statistics

8 - Perform expedition

e - Exit
Option:
```

- **Representação do estado do Armazém** - O estado do armazém deve ser carregado em cada inicialização do programa, através da leitura de um ficheiro binário. Ao seleccionar a opção de saída, o conteúdo atual do armazém deve ser guardado no mesmo ficheiro binário, de modo a poder voltar a ser carregado em futuras utilizações do programa.
- **Representação do tabuleiro** – Dado o nome de um ficheiro de texto representando um tabuleiro, este deve ser lido e a disposição dos lotes deve ser apresentada numa matriz 4x4, com o ID do lote e o seu tipo (ver Figura 6).

```
Option:1
Filename :tray.txt
  1_C   2_L   3_C   6_L
  7_L   8_C  10_C  12_C
 13_C  17_L  18_C  20_L
 22_C  27_C  29_C  33_L
```

*Figura 6 – Representação do tabuleiro transportado pelos robôs móveis*

Deve ser possível ainda usar esta funcionalidade a partir da linha de comandos do seguinte modo:

```
./final tray.txt
```

- **Listar Lotes** – Devem ser listados todos os produtos contidos no armazém e as suas informações.
- **Mostrar informação de um Lote** – O programa deve pedir o ID de um lote guardado em armazém e todas as informações relativas ao mesmo devem ser apresentadas. Caso não exista um Lote com esse ID uma mensagem de erro deve ser apresentada.

```

----PRODUCT----
Id: 33
Destination: FARO
Quantity: 2
Type: Livrete
Exp. Date: 2022-07-12 30
Slot 1 5 Shelf: 0
-----

```

Figura 7 – Apresentação dos dados de um determinado lote

- **Mostrar ocupação de uma prateleira** - Deve ser apresentado uma matriz de ocupação de um determinada prateleira do armazém. Lugares livres devem ser representados por '.', e lugares ocupados por um 'x'

```

Option:4
Choose shelf: 0

-----WAREHOUSE-----
  0  1  2  3  4  5  6  7  8  9
0 X  X  X  X  X  X  X  X  X  X
1 X  X  X  X  X  X  .  .  .  .
2 .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
3 .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
4 .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
5 .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
6 .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
7 .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
8 .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
9 .  .  .  .  .  .  .  .  .  .

```

Figura 8 – Representação da matriz de ocupação de uma das prateleiras do armazém

- **Guardar tabuleiro** - Dado o nome de um ficheiro de texto representando um tabuleiro, os lotes devem ser guardados em slots livres do armazém. Devem ser indicadas as coordenadas do Lotes que o braço robótico deve pegar assim como as coordenadas do slot de destino no armazém, ex: (0,0) -> (2,2,1). Deve ainda ser verificado se o ID do Lote a ser colocado no armazém já existe dentro do mesmo. Se já existir, deve ser emitida uma mensagem de erro e esse lote ignorado.

```

Option:5
Filename :tray.txt
Id:  1 Tray: 0 0 -> Slot: 0 0 0
Id:  2 Tray: 0 1 -> Slot: 0 1 0
Id:  3 Tray: 0 2 -> Slot: 0 2 0
Id:  6 Tray: 0 3 -> Slot: 0 3 0
Id:  7 Tray: 1 0 -> Slot: 0 4 0
Id:  8 Tray: 1 1 -> Slot: 0 5 0
Id: 10 Tray: 1 2 -> Slot: 0 6 0
Id: 12 Tray: 1 3 -> Slot: 0 7 0
Id: 13 Tray: 2 0 -> Slot: 0 8 0
Id: 17 Tray: 2 1 -> Slot: 0 9 0
Repeated product Id: 12 Discarding
Id: 20 Tray: 2 3 -> Slot: 1 0 0
Id: 22 Tray: 3 0 -> Slot: 1 1 0
Id: 27 Tray: 3 1 -> Slot: 1 2 0
Id: 29 Tray: 3 2 -> Slot: 1 3 0
Id: 33 Tray: 3 3 -> Slot: 1 4 0

```

Figura 9 – Representação da colocação dos lotes dentro do armazém automático, por parte do braço robótico. Notar o Descarte de Lotes com Ids repetidos

- **Trocar lote de slot** - Deve ser dado o ID de um lote já presente no armazém e a coordenada do slot destino. O Lote deve ser então colocado no novo slot e o slot onde o lote estava originalmente deve ser desocupado. Caso o slot de destino já esteja ocupado, os dois lotes devem trocar de slot entre si.
- **Estatísticas** - Devem ser mostradas estatísticas em relação à ocupação do armazém. Deve ser mostrada uma tabela com todos os destinos de lotes presentes no armazém, assim como as quantidades de produtos de cada tipo que existem. Deve ser apresentado um histograma com o total de produtos para cada destino. O máximo de “asteriscos” indicadores dos vários valores deve ser de 50, e deve ser atribuído ao valor máximo. As outras linhas devem estar em proporção direta.

```

Option:7
PORTO   Total:  1      Cartao: 10      Livrete:  0
LISBOA  Total:  2      Cartao: 45      Livrete: 17
COIMBRA Total:  2      Cartao:  5      Livrete:  7
FARO    Total:  9      Cartao:188     Livrete:135
SETUBAL Total:  1      Cartao: 10      Livrete:  0
BRAGA   Total:  1      Cartao: 77      Livrete:  0

PORTO (10)      :*
LISBOA (62)     :*****
COIMBRA (12)    :*
FARO (323)      :*****
SETUBAL (10)    :*
BRAGA (77)      :*****

```

Figura 10 – Apresentação de estatísticas referentes à ocupação atual do armazém



- **Expedição** - Deve ser realizada a expedição de todos os lotes com um determinado destino, com datas de expedição anteriores à data introduzida. Deve ser calculado a quantidade de caixas necessárias para a expedição.

```

Option:8
Destination :FARO
Date :2022-07-13

CREATING BOXES FOR DESTINATION FARO
BOX 0
    ID 7
    ID 8
    ID 10
    ID 12
    ID 13
BOX 1
    ID 17
    ID 18
BOX 2
    ID 33
Confirm Expedition (y/n) :

```

*Figura 10 – Expedição de lotes com a discriminação dos conteúdos de cada caixa a ser expedida.*

- **Sair** – O programa deve ser dado com terminado e a informação de ocupação do armazém guardada no ficheiro binário.

### 3 Avaliação

Tal como foi referido aquando da introdução deste trabalho, estipulou-se um percurso de etapas de crescente complexidade que o aluno deverá seguir:

#### **10-13 Valores:**

- Representação do tabuleiro
- Listar lotes
- Mostrar informação de um lote
- Mostrar ocupação de uma data prateleira

#### **13-16 Valores:**

- Guardar tabuleiro
- Trocar lote de slot

#### **16-18 Valores:**

- Estatísticas

#### **18-20 Valor:**

- Expedição

## 4 Entrega do Trabalho

O trabalho deve ser entregue, num arquivo **.zip** com o ficheiro **.c** respeitante ao trabalho, e cada aluno deverá submetê-lo na plataforma Moodle na página da cadeira. O nome do ficheiro deve indicar o turno do o número do aluno da seguinte forma:

***PY\_XXXXX.zip***

A data limite para entrega do trabalho é dia 3 de Janeiro de 2023, às 23:59 horas e não serão permitidas entregas posteriores (a nota será zero valores após aquela data).

## 5 Dicas para melhor implementação do trabalho

- Procure organizar o seu tempo e distribuí-lo pelas tarefas a cumprir neste trabalho.
- Comece por implementar inicialmente as tarefas simplificadas do trabalho e só depois de as ter implementado proceda para as de maior complexidade.
- Procure estruturar o programa antes de começar a implementá-lo por forma a saber do que vai precisar.
- Não perca tempo com a estética de entrada e saída de dados
- Programe de acordo com os princípios gerais de uma boa codificação
- (utilização de indentação, apresentação de comentários, uso de variáveis com nomes conformes às suas funções...) .
- Vá fazendo vários backups ao longo do desenvolvimento do programa de forma a evitar contratempos.