

Sistemas e Automação 2021/22

Guião do Trabalho

Versão 1.0

INTRODUÇÃO

Este documento descreve os requisitos funcionais do trabalho a realizar e está dividido em duas partes:

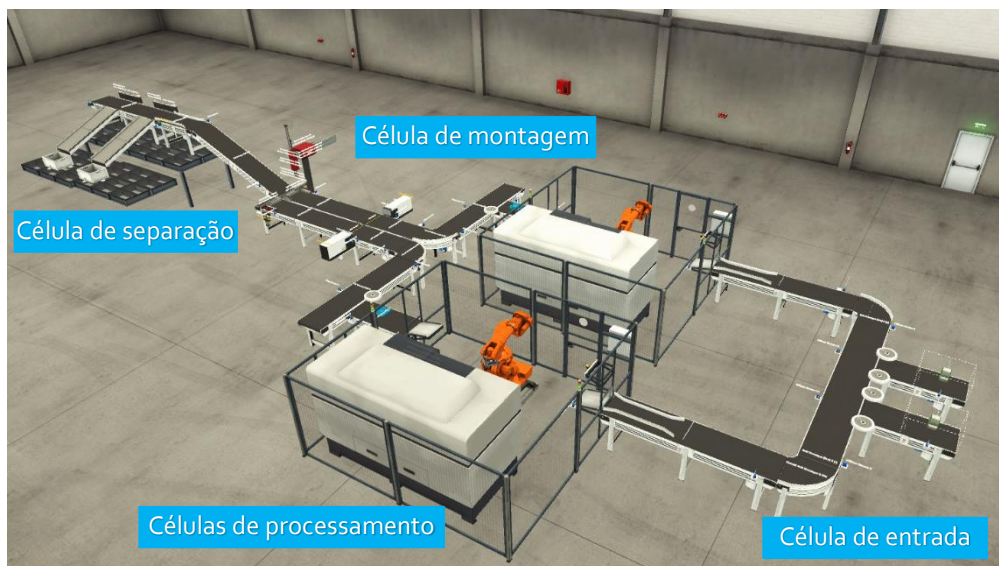
- **Linha de produção:** requisitos da aplicação de controlo executada pelo autómato.
- **Supervisão e monitorização:** requisitos da aplicação de supervisão e monitorização executada pelo SCADA.

LINHA DE PRODUÇÃO

Pretende-se nesta parte do trabalho desenvolver uma aplicação de controlo de uma linha de produção utilizando um autómato (SoftPLC).

A linha de produção é constituída por várias **células** com diferentes funcionalidades:

- Entrada de matérias-primas.
- Transformação de matérias-primas em peças intermédias.
- Montagem de peças finais a partir de peças intermédias.
- Separação de peças finais.

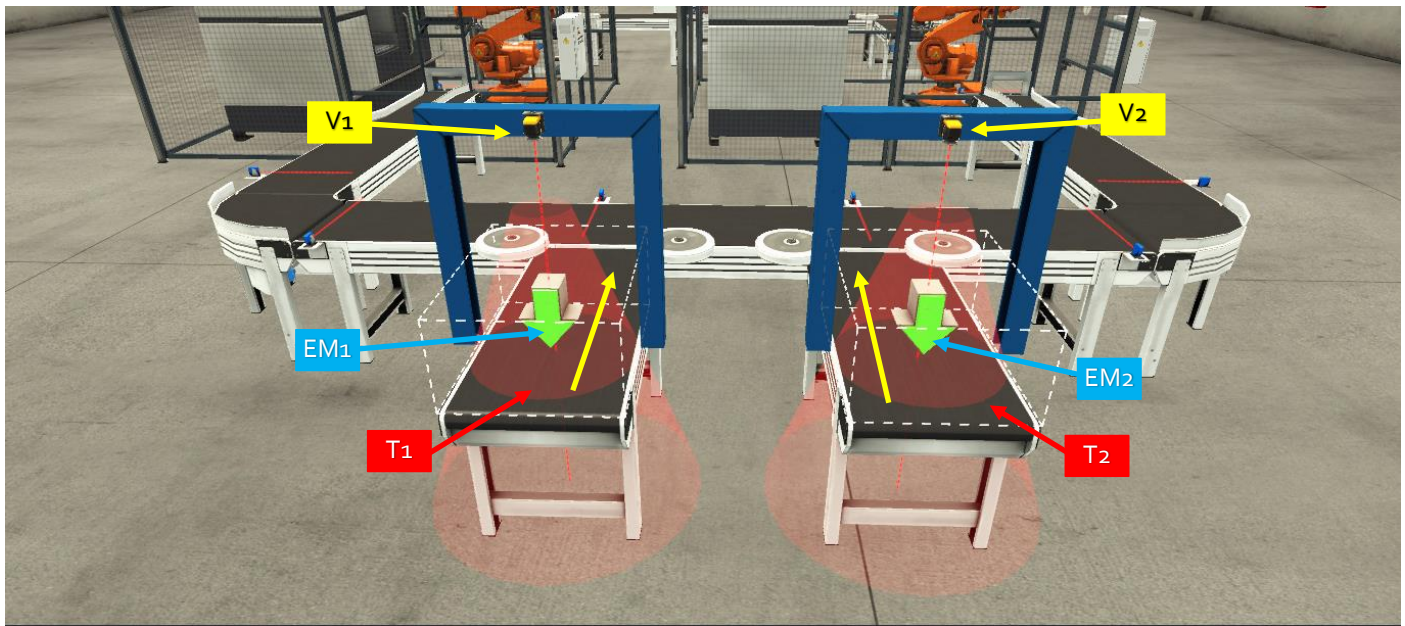


De forma simplificada, a sequência de produção é a seguinte:

1. As matérias-primas dão entrada na linha de produção através de uma **célula de entrada**.
2. As matérias-primas são transportadas até uma **célula de processamento** (existem duas), onde são transformadas em peças intermédias: bases e tampas.
3. As peças intermédias são transportadas até à **célula de montagem**.
4. Na **célula de montagem** é montada uma peça final constituída por 1 base + 1 tampa, ambas da mesma cor.
5. A peça final é transportada até à **célula de separação**.
6. Na **célula de separação**, as peças finais são encaminhadas para destinos diferentes em função do seu tipo.

CÉLULA DE ENTRADA

As matérias-primas¹ entram na linha de produção através da célula de entrada.



Existem 2 tipos de matérias-primas:

Tipo de matéria-prima	Imagem	Código
Matéria-prima AZUL		1
Matéria-prima VERDE		4

A entrada das peças realiza-se através de dois emissores: **EM1** e **EM2**, que operam da mesma forma:

- Cada emissor emite (i.e. gera) peças do tipo **Azul** e **Verde**, de forma aleatória. A emissão das peças no tapete **T1** (**T2**) é controlada pelo sinal **EH1** (**EH2**). Quando este sinal está ativo (True) a emissão de peças está habilitada (i.e. vão ser geradas peças), caso contrário está desabilitada.
- Em **EM1** (**EM2**) as peças vão surgir automaticamente no tapete **T1** (**T2**) quando a emissão estiver habilitada. Junto ao tapete **T1** (**T2**) existe um sensor de visão **V1** (**V2**) que identifica qual o tipo de peça que está no tapete.

Sempre que não exista uma peça no tapete **T1** (**T2**) a emissão de peças deve estar habilitada.

Cada peça é **identificada** por um **código**, indicado na tabela anterior.

A identificação das peças tem que ser realizada com os tapetes parados. O sensor **SV1** (**SV2**) retorna o **código da peça** ou ZERO caso não exista nenhuma peça no tapete **T1** (**T2**).

Os tapetes **T1** e **T2** são unidireccionais (i.e., movem-se apenas num sentido), tal como assinalado na figura (seta amarela).

Em cada instante só pode existir uma peça em cada tapete.

¹ Onde for adequado o termo **Peça** pode referir-se a matéria-prima, peça intermédia ou peça final.

A lista de sensores e atuadores associada à célula de entrada de peças é a seguinte:

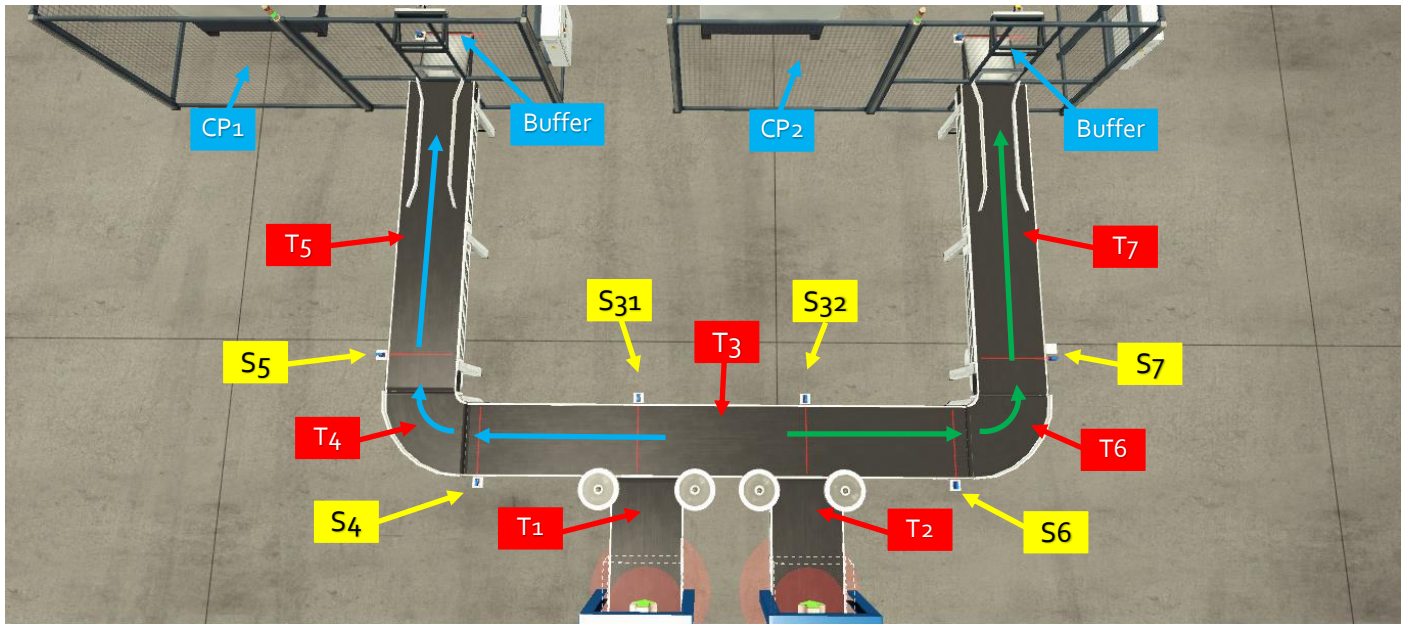
Sensores / sinais de entrada		
Sigla	Função	Tipo
SV1	Identifica a peça no tapete T1	Inteiro (0,1,4)
SV2	Identifica a peça no tapete T2	Inteiro (0,1,4)

Atuadores / sinais de saída		
Sigla	Função	Tipo
T1	Movimenta o tapete T1	Booleano (True/False)
T2	Movimenta o tapete T2	Booleano
EH1	Permite que EM1 emita peças	Booleano
EH2	Permite que EM2 emita peças	Booleano

TRANSPORTE DE MATÉRIAS-PRIMAS ATÉ ÀS CÉLULAS DE PROCESSAMENTO

As peças (matérias-primas) depois de chegarem à célula de entrada têm um destino pré-definido em função do seu tipo:

- As peças **AZUIS** são encaminhadas para a célula de processamento **CP1**.
- As peças **VERDES** são encaminhadas para a célula de processamento **CP2**.
- Os percursos das peças AZUIS e VERDES estão assinalados na figura por setas Azuis e Verdes, respetivamente.



O encaminhamento é realizado através dos tapetes **T3**, **T4** e **T5** no que diz respeito à célula **CP1** e **T3**, **T6** e **T7** no que diz respeito à célula **CP2**.

O tapete **T3** é bidirecional (i.e., move-se em ambos os sentidos). Os tapetes **T4**, **T5**, **T6** e **T7** são unidireccionais.

No tapete **T3** existem 4 sensores:

- **S31**: permite detetar uma peça chegou a **T3** vinda de **T1**.
- **S32**: permite detetar uma peça chegou a **T3** vinda de **T2**.
- **S4** e **S6**: permite detetar uma peça está numa das extremidades de **T3**.

O sensor **S5** permite detetar se a peça chegou ao início do tapete **T5**.

O sensor **S7** permite detetar se a peça chegou ao início do tapete **T7**.

Nos tapete **T4** e **T6** não existem sensores.

Os sensores **S31**, **S32**, **S4**, **S5**, **S6** e **S7** são do tipo difuso. Estes sensores ficam **ativos** (True) quando a peça reflete o feixe de luz emitido pelo sensor (assinalado na figura por uma linha vermelha tracejada). Caso contrário, estão **inativos** (False).

Para transportar uma peça de **T1** para **T3** ou de **T2** para **T3** é necessário **ativar os 2 tapetes em simultâneo**.

No caso do transporte de **T3** para **T5** é necessário **ativar 3 tapetes em simultâneo**: **T3**, **T4** e **T5**. O mesmo se aplica ao transporte de **T3** para **T7** onde é necessário **ativar T3, T6 e T7**.

No transporte de uma peça entre tapetes contíguos, quando se deteta que a peça já não está presente no tapete anterior (obtida através dos respetivos sensores), então esse tapete (ou tapetes) devem ser desativados.

Quando a peça chega à extremidade de **T5** (**T7**) entra automaticamente no *buffer* de entrada de **CP1** (**CP2**).

Em cada instante só pode existir uma peça em cada tapete.







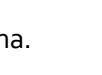

A lista de sensores e atuadores associada ao transporte de matérias-primas até às células de processamento é a seguinte:

Sensores / sinais de entrada		
Sigla	Função	Tipo
S ₃₁	Deteta peça a entrar em T ₃ vinda de T ₁	Booleano
S ₃₂	Deteta peça a entrar em T ₃ vinda de T ₂	Booleano
S ₄	Deteta peça na extremidade de T ₃ (sentido CP ₁)	Booleano
S ₆	Deteta peça na extremidade de T ₃ (sentido CP ₂)	Booleano
S ₅	Deteta peça no início de T ₅	Booleano
S ₇	Deteta peça no início de T ₇	Booleano

Atuadores / sinais de saída		
Sigla	Função	Tipo
T ₃₁	Movimenta o tapete T ₃ no sentido CP ₁	Booleano
T ₃₂	Movimenta o tapete T ₂ no sentido CP ₂	Booleano
T ₄	Movimenta o tapete T ₄	Booleano
T ₅	Movimenta o tapete T ₅	Booleano
T ₆	Movimenta o tapete T ₆	Booleano
T ₇	Movimenta o tapete T ₇	Booleano

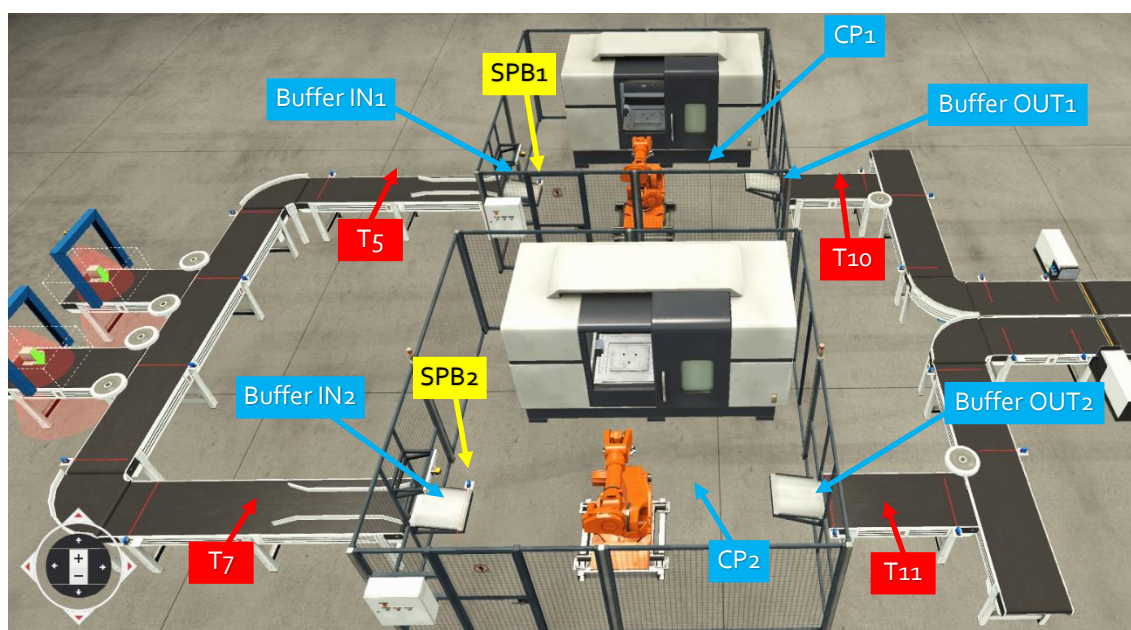
CÉLULAS DE PROCESSAMENTO

Na linha de produção existem 2 células de processamento: **CP1** e **CP2**, com um funcionamento idêntico, que têm como objetivo transformar matérias-primas em **peças intermédias: bases ou tampas**.

Tipo de peça intermédia	Imagem			
Base				
Tampa				

A célula é constituída por:

- Um **buffer de entrada** onde é recebida a matéria-prima.
- Uma **máquina CNC** que transforma matérias-primas em peças intermédias: **bases** ou **tampas**.
- Um **buffer de saída** por onde são expedidas as bases e as tampas.
- Um **robot** que transporta as peças entre o buffer de entrada (matérias-primas), a máquina e o buffer de saída (bases e tampas).



O funcionamento da célula é semi-automatizado de acordo com o seguinte procedimento:

1. A matéria-prima chega ao **buffer de entrada IN1 (IN2)** vinda do tapete **T5 (T7)**.
2. É necessário indicar o que tipo de peça intermédia se pretende produzir na máquina: **bases** ou **tampas**. Para tal existe um sinal para o efeito: **PPT**. Quanto este sinal é **TRUE** são produzidas **tampas**, quando é **FALSE** são produzidas **bases**.
3. A produção inicia-se ativando o sinal **PST**.
4. O robot transporta automaticamente a matéria-prima para a máquina.
5. A máquina processa a matéria-prima transformando-a em bases ou tampas.
6. Quando o processamento termina o robot transporta automaticamente a peça (base ou tampa) para o **buffer de saída OUT1 (OUT2)**.
7. Quando a peça chega ao buffer de saída, esta 'desliza' para o tapete **T10 (T11)**.

Estão também disponíveis os seguintes sinais:

- **PSP**: utilizado para parar o robot e o processamento na máquina. A célula re-arranca se o sinal **PST** for ativado de novo.
- **PMB**: indica que a célula está ocupada. O sinal toma o valor True quando entra uma peça no buffer de entrada e toma o valor False quando o robot deposita a peça no buffer de saída e o buffer de entrada está vazio, caso contrário mantém o valor True.
- **PMP**: indica a percentagem (%) de tempo que a máquina está em processamento (0...100%)

O buffer de entrada tem capacidade para 1 peça. No buffer de entrada existe um sensor **SPB1** (**SPB2**) que indica se existe uma peça no buffer. Os sensores são do tipo difuso.

O buffer de saída tem capacidade para 1 peça.

Em cada instante só pode existir uma peça em cada tapete.

A lista de sensores e atuadores associada às células de processamento é a seguinte:

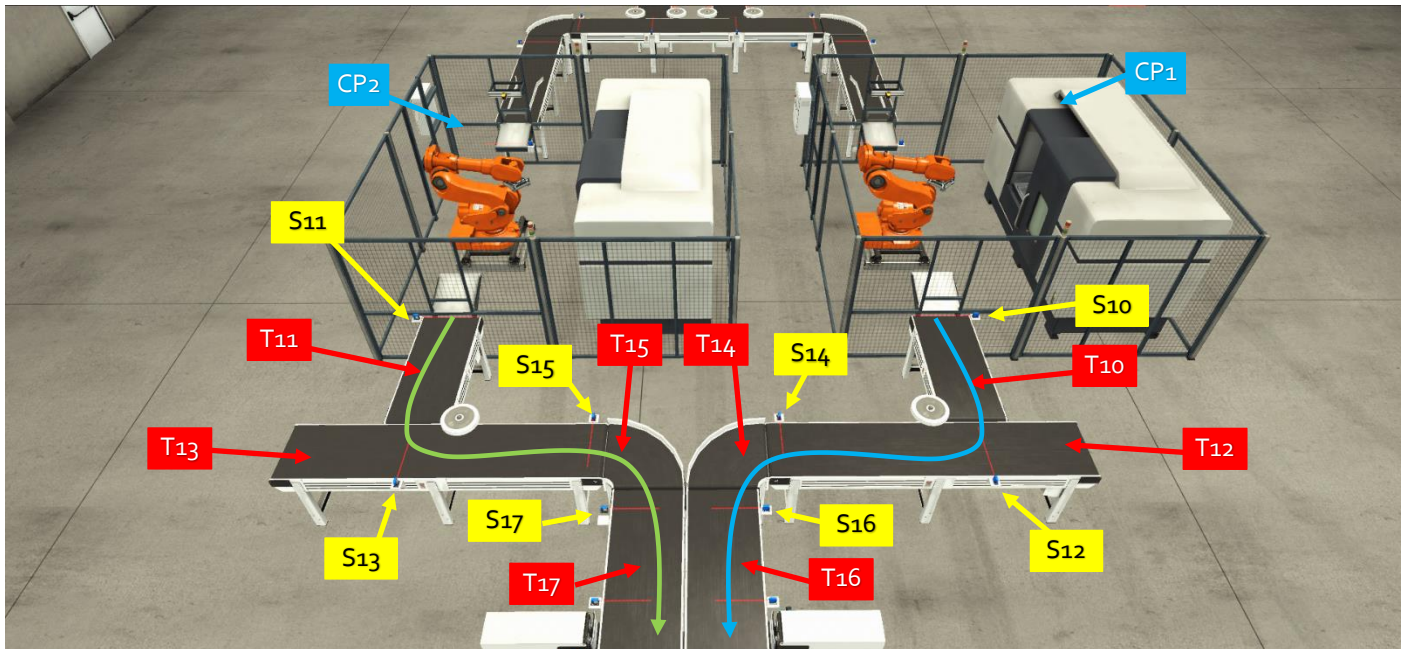
Sensores / sinais de entrada		
Sigla	Função	Tipo
SPB1	Peça no buffer de entrada de CP1	Booleano
SPB2	Peça no buffer de entrada de CP2	Booleano
PMB1	A máquina de CP1 está ocupada a processar uma peça	Booleano
PMB2	A máquina de CP2 está ocupada a processar uma peça	Booleano
PMP1	Percentagem de processamento na máquina de CP1	Inteiro (0...100)
PMP2	Percentagem de processamento na máquina de CP2	Inteiro (0...100)

Atuadores / sinais de saída		
Sigla	Função	Tipo
PPT1	Produz bases (FALSE) ou tampas (TRUE) em CP1	Booleano
PPT2	Produz bases (FALSE) ou tampas (TRUE) em CP2	Booleano
PST1	Inicia o processamento da matéria-prima em CP1 (ativo ao flanco ascendente)	Booleano
PST2	Inicia o processamento da matéria-prima em CP2 (ativo ao flanco ascendente)	Booleano
PSP1	Pára o robot e o processamento de peças em CP1	Booleano
PSP2	Pára o robot e o processamento de peças em CP2	Booleano

TRANSPORTE DE BASES / TAMPAS ATÉ À CÉLULA DE MONTAGEM

As bases / tampas são colocadas pelo robot no buffer de saída da célula **CP1** (**CP2**) e entra imediatamente no tapete **T10** (**T11**).

As bases / tampas têm de ser encaminhadas para a entrada da célula de montagem através de percursos pré-definidos (assinalados por uma linha verde e azul).



O encaminhamento até à célula de montagem é realizado através dos tapetes **T10**, **T12**, **T14** e **T16** no que diz respeito às peças processadas em **CP1**, e **T11**, **T13**, **T15** e **T17** no que diz respeito às peças processadas em **CP2**.

Os tapetes **T10**, **T11**, **T12**, **T13**, **T14**, **T15**, **T16** e **T17** são unidireccionais.

Para transportar uma peça de **T10** para **T12** ou de **T11** para **T13** é necessário **ativar os 2 tapetes em simultâneo**.

No caso do transporte de **T12** para **T16** é necessário **ativar 3 tapetes em simultâneo**: **T12**, **T14** e **T16**. O mesmo se aplica ao transporte de **T13** para **T17** onde é necessário ativar **T13**, **T15** e **T17**.

No transporte de uma peça entre tapetes contíguos, quando se deteta que a peça já não está presente no tapete anterior (obtida através dos respetivos sensores), então esse tapete (ou tapetes) devem ser desativados.

Em cada instante só pode existir uma peça em cada tapete.

O sensor:

- **S10** permite detetar se chegou uma peça ao início do tapete **TP10**.
- **S11** permite detetar se chegou uma peça ao início do tapete **TP11**.
- **S12** permite detetar se chegou uma peça ao início do tapete **TP12**.
- **S13** permite detetar se chegou uma peça ao início do tapete **TP13**.
- **S14** permite detetar se chegou uma peça à extremidade do tapete **TP12**.
- **S15** permite detetar se chegou uma peça à extremidade do tapete **TP13**.
- **S16** permite detetar se chegou uma peça ao início do tapete **TP16**.
- **S17** permite detetar se chegou uma peça ao início do tapete **TP17**.

Todos os sensores são do tipo difuso.

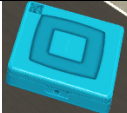
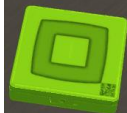
A lista de sensores e atuadores associada ao transporte de matérias-primas até à célula de montagem é a seguinte:

Sensores / sinais de entrada		
Sigla	Função	Tipo
S10	Deteta uma peça no início de TP10	Booleano
S11	Deteta uma peça no início de TP11	Booleano
S12	Deteta a peça a entrar em T12 vinda de T10	Booleano
S13	Deteta a peça a entrar em T13 vinda de T11	Booleano
S14	Deteta a peça na extremidade de T12	Booleano
S15	Deteta a peça na extremidade de T13	Booleano
S16	Deteta a peça no início de T16	Booleano
S17	Deteta a peça no início de T17	Booleano

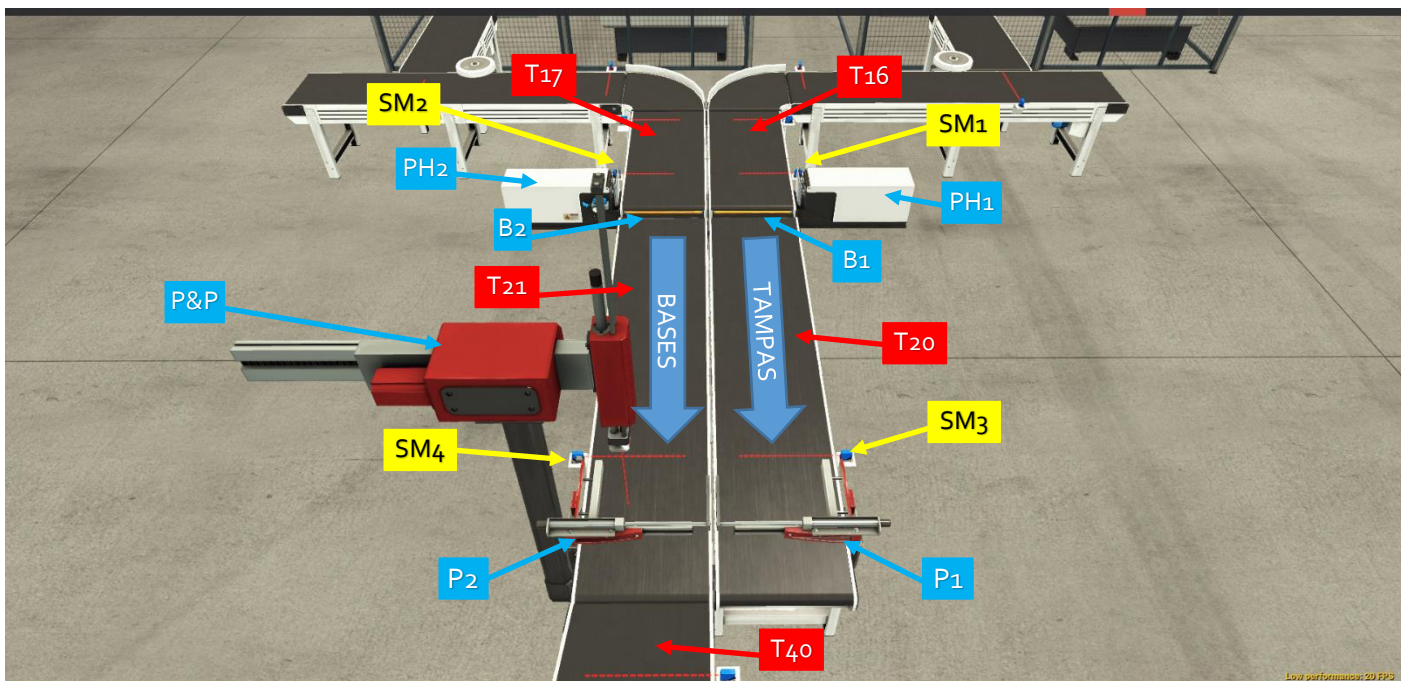
Atuadores / sinais de saída		
Sigla	Função	Tipo
T10	Movimenta o tapete T10	Booleano
T11	Movimenta o tapete T11	Booleano
T12	Movimenta o tapete T12	Booleano
T13	Movimenta o tapete T13	Booleano
T14	Movimenta o tapete T14	Booleano
T15	Movimenta o tapete T15	Booleano
T16	Movimenta o tapete T16	Booleano
T17	Movimenta o tapete T17	Booleano

CÉLULA DE MONTAGEM

A célula de montagem tem como objetivo produzir uma **peça final** resultante da montagem de uma **tampa** sobre uma **base**, ambas da mesma cor.

Tipo de peça final	Imagem
Base + tampa AZUL	
Base + tampa VERDE	

A montagem é realizada por um equipamento denominado *pick-and-place* (**P&P**) (assinalado a vermelho na figura). Esse equipamento é dotado de movimento nos eixos horizontal e vertical que lhe permite 'agarrar' uma **tampa** e coloca-la sobre uma **base**, montando assim uma **peça final**.



A montagem tem que ser realizada segundo um procedimento específico. Este procedimento tem duas partes: **movimentação** e **montagem**.

Movimentação:

A movimentação tem como objetivo levar as bases e as tampas até à posição correta no **P&P**.

1. As tampas / bases chegam à célula de montagem através dos tapetes **T16** e **T17**.
2. Para que a montagem possa ser realizada corretamente as **bases** têm que ser direcionadas para o tapete **T21** e as **tampas** para o tapete **T20**.
3. Como não é conhecida à partida qual o tipo de base / tampa que chega a célula proveniente de T16/T17, pode ser necessário movimentar as peças do tapete **T16** para **T17**, ou vice-versa, em função do seu tipo e cor. A movimentação é realizada por um equipamento denominado *pusher*. O movimento consiste em 'empurrar' uma peça entre 2 tapetes paralelos. O movimento é perpendicular aos tapetes.
4. Existem 2 *pushers*: **PH1** e **PH2**. O *pusher* **PH1** movimenta peças de T16 para T17 e o *pusher* **PH2** movimenta peças de T17 para T16.

Os *pushers* operam em modo monoestável. O sinal **PHM1** (**PHM2**) permite estender o braço do *pusher* **PH1** (**PH2**) para movimentar a peça. Quando este sinal é desativado, o braço retrai-se automaticamente. Quando o braço está totalmente estendido o sinal **SPHE1** (**SPHE2**) fica ativo. Quando o braço está totalmente recolhido o sinal **SPHR1** (**SPHR2**) fica ativo.

5. A aproximação das peças aos *pushers* é detetada pelos sensores **SM1** e **SM2**, respetivamente para os *pushers* **PH1** e **PH2**.
6. Se as peças estão no lado correto da célula, então basta acionar em simultâneo os tapetes **T16** e **T20** ou **T17** e **T21** para transportar as peças até ao **P&P**.
7. Se as peças **não estão no lado correto da célula** é necessário troca-las de tapete. Para exemplificar o procedimento assume-se que se pretende movimentar uma peça do tapete **T16** para **T21** (o procedimento de movimentar de **T17** para **T20** é análogo).
 - a. O tapete **T16** está em movimento. O tapete **T17** deve estar parado.
 - b. Quando a peça for detetada pelo sensor **SM1** a barreira metálica **B1** que existe entre **T16** e **T20** deve ser levantada. Esta barreira permite parar uma peça na extremidade de **T16**.

A barreira opera em modo monoestável (i.e. necessita apenas de um sinal de controlo). O sinal **BU1** permite subir a barreira **B1**. Quando o sinal é ativado a barreira sobe. Quando é desativado, a barreira recolhe automaticamente.

- c. O braço do *pusher* **PSH1** é ativado. Ao ser ativado, a peça é movimentada de **T16** para **T17**.
- d. Quando o braço do *pusher* **PSH1** chegar ao seu limite este deve ser desativado (recolhido).
- e. A peça está agora posicionada na extremidade do tapete **T17**.
- f. A barreira metálica **B1** deve ser recolhida (i.e. desativada).
- g. Os tapetes **T17** e **T21** são acionados em simultâneo e a peça movimenta-se para o **P&P**.

No arranque do sistema os *pushers* e as barreiras estão na posição de recolhidos.

Montagem:

A montagem é realizada pelo **P&P** e implica uma coordenação entre este equipamento, os tapetes **T20** e **T21** e um par de pinças: **P1** e **P2**. As pinças dispõem de movimentos do tipo abrir/fechar e subir/descer. Quando estão fechadas seguram as peças no tapete. Quando estão descidas bloqueiam o movimento da peça no tapete.

Os sinais de comando do **P&P** e das pinças operam em modo monoestável. Quando o sinal está ativo o movimento é executado. Quando o sinal é desativado o movimento retorna automaticamente à posição original.

O sinal **PIO1** (**PIO2**) controla a abertura / fecho da pinça. O sinal **PIU1** (**PIU2**) controla a subida / descida da pinça. Existe um sensor que deteta se a pinça está fechada: **SPIC1** (**SPIC2**) e um outro que deteta se está num dos extremos: totalmente subida ou descida: **SPIU1** (**SPIU2**) (nota: este sensor deteta 2 posições).

1. Quando a tampa (base) iniciar o transporte para o tapete **T20** (**T21**) a pinça **P1** (**P2**) deve estar descida e colocada na posição aberta.
2. Quando a peça **ultrapassar** o sensor **SM3** (**SM4**) o tapete **T20** (**T21**) deve ser parado. Assume-se que a peça está junto à pinça (pode ser necessário dar alguma 'folga' temporal para garantir esta situação).
3. A pinça **P1** (**P2**) deve ser colocada na posição fechada. A tampa está agora segura e na posição correta para ser manipulada pelo **P&P**.
4. Efetuar um procedimento semelhante para transportar uma **base** até à pinça **P2**.
5. Quando existir uma tampa em **P1** e uma base em **P2**, ambas devidamente seguras pelas pinças, pode iniciar-se o processo de montagem.
6. A montagem é realizada da seguinte forma:

- a. O **P&P** estende o braço horizontal na direção do tapete **T20** (para a direita segundo a figura). Para tal o sinal **PPMX** deve ser ativado. **Enquanto** o braço estiver em movimento o sensor **SPPX** fica ativo, caso contrário está inativo.
- b. O **P&P** estende o braço vertical na direção do tapete **T20** (para baixo segundo a figura). Para tal o sinal **PPMZ** deve ser ativado. **Enquanto** o braço estiver em movimento o sensor **SPPZ** fica ativo, caso contrário está inativo.
- c. Na extremidade do braço vertical existe uma garra de sucção que permite 'agarrar' uma peça. Quando o braço estiver próximo de uma peça e em condições de a 'agarrar' o sensor **SPPD** fica ativo.
- d. Para agarrar a tampa o atuador **PPG** deve ser ativado.
- e. A tampa está agora segura pela garra.
- f. A pinça **P1** deve ser colocada na posição aberta para permitir que a tampa seja levantada.
- g. O **P&P** recolhe o braço vertical na direção oposta ao tapete **T20** (para cima segundo a figura). Para tal o sinal **PPMZ** deve ser desativado.
- h. O **P&P** recolhe o braço horizontal na direção do tapete **T21** (para a esquerda segundo a figura). Para tal o sinal **PPMX** deve ser desativado.
- i. O **P&P** estende o braço vertical na direção do tapete **T21** (para baixo segundo a figura). Para tal o sinal **PPMZ** deve ser ativado.
- j. O sinal **PPG** deve ser desativado para 'libertar' a tampa da garra.
- k. A tampa fica colocada sobre a base e a peça final está montada.
- l. O **P&P** recolhe o braço vertical na direção oposta ao tapete **T21** (para cima segundo a figura). Para tal o sinal **PPMZ** deve ser desativado.
- m. A pinça **P1** deve ser colocada na posição aberta para permitir o movimento da peça.
- n. Ambas as pinças devem ser colocadas na posição subida.
- o. A peça final está pronta para ser transportada para a célula de separação, ativando simultaneamente os tapetes **T21** e **T40**.
- p. Quando a célula de montagem estiver livre, pode iniciar-se a montagem de uma nova peça.

No arranque do sistema o **P&P** está com os braços horizontais e verticais recolhidos, as pinças estão abertas e na posição descida.

Em cada instante só pode existir uma peça em cada tapete.

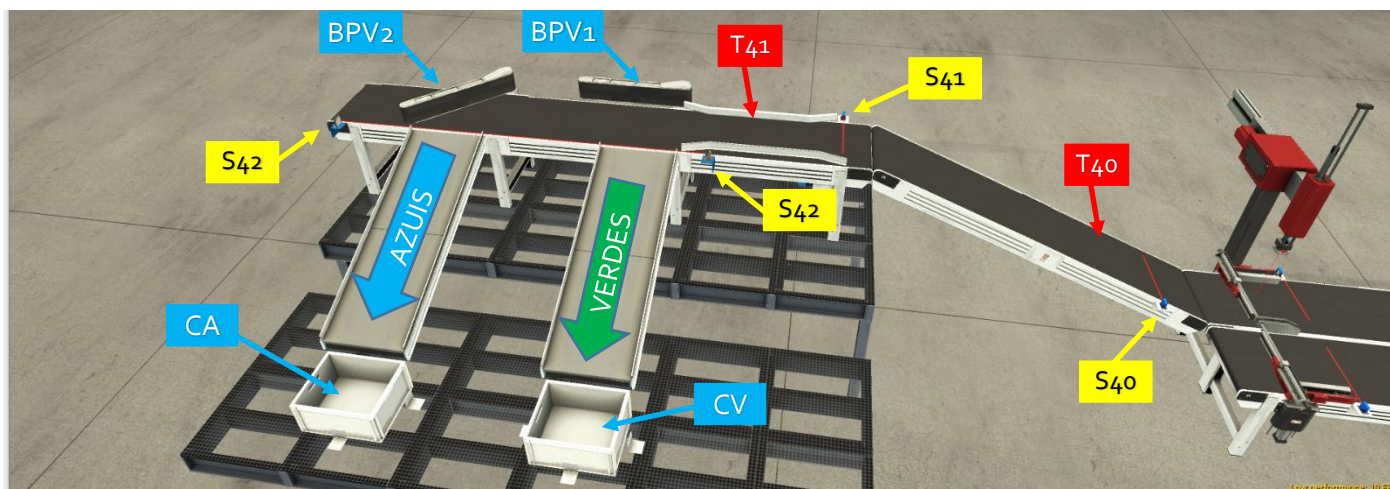
A lista de sensores e atuadores associados à célula de montagem é a seguinte:

Sensores / sinais de entrada		
Sigla	Função	Tipo
SM1	Deteta uma peça na extremidade do tapete T16	Booleano
SM2	Deteta uma peça na extremidade do tapete T17	Booleano
SPHE1	Braço do pusher PH1 está totalmente estendido	Booleano
SPHE2	Braço do pusher PH2 está totalmente estendido	Booleano
SPHR1	Braço do pusher PH1 está totalmente recolhido	Booleano
SPHR2	Braço do pusher PH2 está totalmente recolhido	Booleano
SM3	Deteta uma peça na extremidade do tapete T20	Booleano
SM4	Deteta uma peça na extremidade do tapete T21	Booleano
SPIC1	Deteta se a pinça P1 está fechada	Booleano
SPIC2	Deteta se a pinça P2 está fechada	Booleano
SPIU1	Deteta se a pinça P1 está totalmente subida / descida	Booleano
SPIU2	Deteta se a pinça P2 está totalmente subida / descida	Booleano
SPPX	Deteta se o braço horizontal do P&P está em movimento horizontal	Booleano
SPPZ	Deteta se o braço vertical do P&P está em movimento vertical	Booleano
SPPD	Deteta se a garra está próxima de uma peça para a 'agarrar'	Booleano

Atuadores / sinais de saída		
Sigla	Função	Tipo
T20	Movimenta o tapete T20	Booleano
T21	Movimenta o tapete T21	Booleano
BU1	Faz subir (descer) a barreira MB1	Booleano
BU2	Faz subir (descer) a barreira MB2	Booleano
PHM1	Estende (recolhe) o braço do pusher PH1	Booleano
PHM2	Estende (recolhe) o braço do pusher PH2	Booleano
PIO1	Abre (fecha) a pinça P1	Booleano
PIO2	Abre (fecha) a pinça P2	Booleano
PIU1	Sobe (desce) a pinça P1	Booleano
PIU2	Sobe (desce) a pinça P2	Booleano
PPMX	Movimenta o braço do P&P na horizontal (direção do tapete T20)	Booleano
PPMZ	Movimenta o braço do P&P na vertical (direção do tapete T20 / T21)	Booleano
PPG	Ativa a garra de sucção que existe na extremidade do braço vertical do P&P	Booleano

CÉLULA DE SEPARAÇÃO

A célula de separação tem como objetivo separar as **peças finais** em função da sua cor e colocá-las em caixas de armazenamento.



As peças finais chegam à célula de separação, provenientes da célula de montagem, através do tapete **T40**. O sensor **S40** existente nesse tapete deteta a entrada de peças na célula.

A separação das peças é realizada no tapete **T41** e utiliza 2 braços pivot: **BPV1** e **BPV2** para encaminhar as peças para as caixas de destino. Estes braços quando ativados ficam colocados a 45° (ver figura), permitindo redirecionar a peça para o tapete em frente. Para realizar este redireccionamento é necessário ativar dois sinais do braço: **BPM1** (**BPM2**) para rodar o braço 45° e **BPT1** (**BPT2**) para ativar o tapete que existe no braço e que permite 'empurrar' a peça para o destino.

As peças **AZUIS** devem ser encaminhadas para a caixa **CA** e as **VERDES** para a caixa **CV**. As peças entram nas caixas por gravidade através de rampas por onde deslizam.

O sensor **S41** permite detetar que a peça chegou ao início do tapete **T41**. O sensor é do tipo difuso.

O sensor **S42** permite detetar se uma peça foi enviada para a caixa **CA** ou **CB**. O sensor é do tipo barreira e cobre as 2 rampas que dão acesso às caixas. Estes sensores ficam **inativos** (False) quando a peça interrompe o feixe de luz emitido (assinalado na figura por uma linha vermelha tracejada). Caso contrário estão **ativos** (True).

Os tapetes **T40** e **T41** são unidireccionais. Em cada instante só pode existir uma peça em cada tapete.

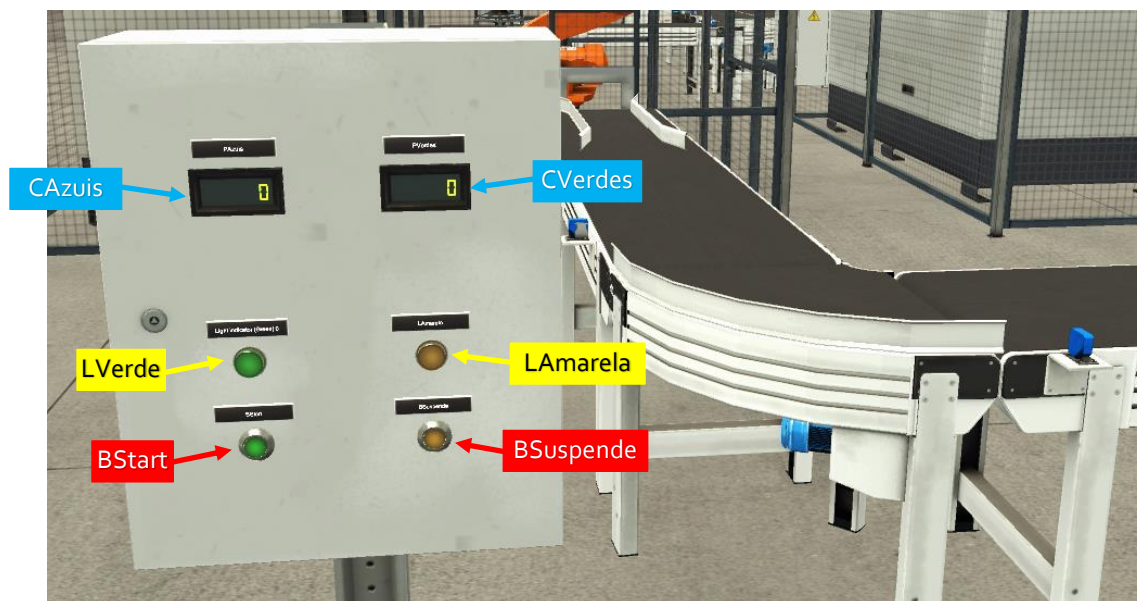
A lista de sensores e atuadores associados à célula de separação é a seguinte:

Sensores / sinais de entrada		
Sigla	Função	Tipo
S40	Deteta uma peça no início do tapete T40	Booleano
S41	Deteta uma peça no início do tapete T41	Booleano
S42	Deteta uma peça a entrar nas rampas que dão acesso às caixas	Booleano

Atuadores / sinais de saída		
Sigla	Função	Tipo
T40	Movimenta o tapete T40	Booleano
T41	Movimenta o tapete T41	Booleano
BPM1	Movimenta o braço pivot BPV1	Booleano
BPM2	Movimenta o braço pivot BPV2	Booleano
BPT1	Movimenta o tapete do braço pivot BPV1	Booleano
BPT2	Movimenta o tapete do braço pivot BPV2	Booleano

CONTROLO DA LINHA DE PRODUÇÃO

Junto à célula de entrada existe um painel com **botões** e **luzes** (indicadores luminosos) que permitem controlar a linha de produção.



Em concreto:

- A linha de produção só pode iniciar a laboração (i.e., entrada de peças, processamento, etc.) quando o botão **BStart** for pressionado. Caso contrário todos os equipamentos devem estar parados. Durante a laboração a luz **LVerde** deve permanecer ligada. Se o botão for pressionado de novo, a indicação é ignorada.
- Quanto o botão **BSuspende** for pressionado todas as operações que estão a decorrer na linha de produção devem parar de imediato (os equipamentos com controlo do tipo monostável devem, se estiverem em movimento, parar no final desse movimento). Imediatamente a seguir a luz **LAmarela** deve piscar com uma frequência de 1Hz e a luz **LVerde** deve ser desligada. Se o botão **BSuspende** for pressionado de novo, as operações devem retomar a partir do ponto onde foram suspensas. A luz **LAmarela** é desligada e a luz **LVerde** é ligada.

Todos os botões são do tipo *push*, i.e. um botão retrátil que volta à posição original quando deixa de ser pressionado.

Adicionalmente existem no painel 2 visualizadores numéricos (*displays*) que são utilizados para indicar quantas **peças finais Azuis e Verdes** foram produzidas até ao momento, respetivamente **CAzuis** e **CVerdes**. Considera-se que uma peça é produzida quando é colocada na caixa **CA** ou **CV**.

A lista de sensores e atuadores associados ao controlo da linha de produção é a seguinte:

Sensores / sinais de entrada		
Sigla	Função	Tipo
BStart	Botão de arranque da linha de produção	Booleano
BSuspende	Botão de suspensão da linha de produção	Booleano

Atuadores / sinais de saída		
Sigla	Função	Tipo
LVerde	Luz Verde	Booleano
LAmarela	Luz Amarela	Booleano
CAzuis	Contador de peças finais Azuis	Inteiro
CVerde	Contador de peças finais Verdes	Inteiro

AVALIAÇÃO DA APLICAÇÃO DE CONTROLO - ALTERNATIVAS DE IMPLEMENTAÇÃO

A avaliação da aplicação de controlo resultará da confrontação do comportamento observado com os requisitos funcionais descritos no guião do trabalho.

Existem duas alternativas para a implementação da **aplicação de controlo**, com níveis de dificuldade distintos. Cada grupo decidirá, com base nos seus próprios critérios, que alternativa pretende implementar. Cada alternativa tem classificações máximas finais diferentes:

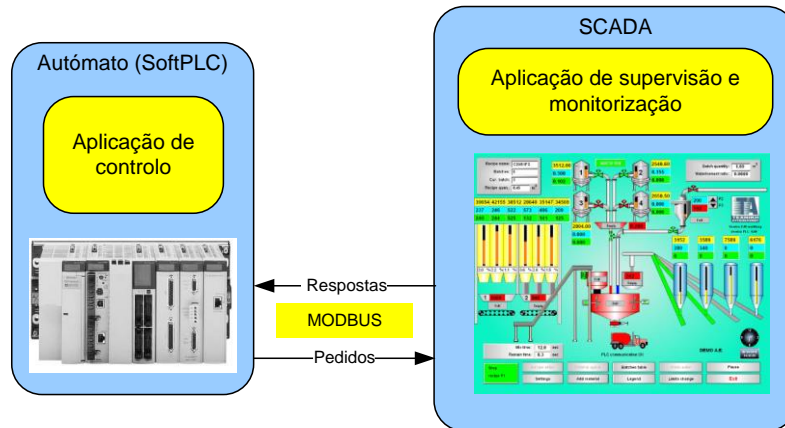
- **Alternativa 1:** podem ser montadas peças finais com cores distintas. Neste caso a nota da aplicação de controlo terá um valor máximo de 16 valores (escala 0...20).
Nesta opção a separação das peças finais deve ser feita de forma alternada: a 1ª peça vai para a caixa CA, a 2ª para CV, a 3ª para CA e assim sucessivamente. Os contadores CAzuis e CVerdes contam as peças que são depositadas em CA e CB, respetivamente.
- **Alternativa 2:** só pode ser montadas peças finais da mesma cor. Neste caso a nota da aplicação de controlo terá um valor máximo de 20 valores (escala 0...20).

Na avaliação final será aplicado um fator adicional relacionado com o desempenho da solução que foi implementada. Em concreto, será utilizado um fator multiplicador da nota associado ao número de peças finais produzidas num período de tempo fixo (ex. 10 min.), contabilizado a partir do momento que a linha de produção é iniciada. Quantas mais peças forem produzidas, mais elevado será este fator multiplicador. O fator multiplicador é diferente para cada alternativa.

SUPERVISÃO E MONITORIZAÇÃO

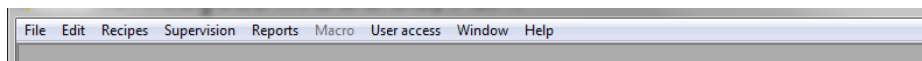
Pretende-se nesta parte do trabalho desenvolver uma aplicação de supervisão e monitorização da linha de produção utilizando um SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition).

A aplicação de supervisão será executada num PC (onde reside o SCADA) e irá trocar dados com aplicação de controlo (que executa no autómato) por forma a obter o estado da linha de produção. A troca de dados realiza-se através do protocolo de comunicações MODBUS.



A aplicação deverá suportar as seguintes funcionalidades:

1. O SCADA ao iniciar deve apresentar de imediato ao operador o sinótico principal. Este sinótico deve representar (em termos visuais) **apenas as células de entrada e processamento e os respetivos tapetes de ligação**, e também os elementos indicados nos pontos 2, 3 e 4.
 - Todos os menus automáticos (indicados na figura seguinte) não devem aparecer nos sinóticos que forem criados.



2. Informação a incluir no sinótico principal:
 - Estado da linha de produção: PARADA, EM FUNCIONAMANTO, SUSPENSA
 - Estado dos tapetes: em movimento/parados.
 - Estado das máquinas: paradas / em processamento / % de processamento (CP1 & CP2)
 - Peças:
 - Tipo de peça em cada tapete.
 - Localização (tapete / máquina).
 - Quantidade de matérias-primas, por tipo, que entraram na linha de produção.
 - Número de peças finais, por tipo, que saíram da linha de produção.
 - Um gráfico temporal com o tempo de processamento de cada máquina das células CP1 e CP2.
 - Permitir ao operador comandar a linha de produção utilizando botões equivalentes aos existentes no painel de comando principal: **BStart** e **BSuspende**.
 - A data e hora atual.
3. Assinalar situações de alarme. Considera-se que existem as seguintes situações de alarme:
 - Paragem das células CP1 ou CP2 (simulada ativando o Botão de Paragem **PSP** no painel que existe junto de cada célula)
 - O tapete T3 não se movimenta (simulado ativando o modo de avaria do tapete).

4. Indicar quais os alarmes que estão ativos. Devem ser disponibilizados os seguintes elementos:
 - Mensagem de alarme / Hora / Data / Ativo / ACK
 - Todas as situações de alarme devem ser confirmadas (*acknowledge*) pelo operador.
5. Manter um registo histórico de todas as ocorrências de alarmes.
 - Para cada alarme devem ser disponibilizados os seguintes elementos:
 - Mensagem / Hora de início / Data de início / Hora de fim / Data de fim / Duração
 - Estes elementos devem estar disponíveis para o operador numa página à parte.
6. Manter um registo histórico dos seguintes elementos:
 - Matérias-primas que entraram na célula e peças finais que foram produzidas
 - i. Devem ser armazenados os seguintes elementos: tipo de peça / data / hora
 - Eventos relacionados com as máquinas das células CP1 e CP2: início e fim do processamento de peças.
 - i. Devem ser armazenados os seguintes elementos: evento / máquina / data / hora.
 - Estes elementos devem estar disponíveis para o operador numa página à parte.
7. Permitir ao operador gerar um relatório de produção com os seguintes elementos:
 - Quantidade de matérias-primas que entraram na célula, por tipo.
 - Número de peças finais que foram produzidas, por tipo.
 - Percentagem média de utilização de cada máquina das células CP1 e CP2.
 - Data e hora.
 - Estes elementos devem estar disponíveis para o operador numa página à parte.

AValiação DO SCADA

A avaliação da aplicação supervisão & monitorização resultará da confrontação do comportamento observado com os requisitos funcionais descritos no guião do trabalho.

Caso optem por implementar a **Alternativa 1 da aplicação de controlo** o número de peças finais corresponde ao número de peças nas caixas CA e CV.

As situações de avaria não devem implicar nenhuma alteração na aplicação de controlo. A deteção dos alarmes é feita unicamente pelo SCADA.

Os elementos gráficos desenvolvidos para o SCADA têm que ser criados de raiz pelos estudantes e não podem reutilizar os elementos que são fornecidos com o projeto de demonstração.