



INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO

MESTRADO INTEGRADO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA E DE COMPUTADORES

AUTOMAÇÃO DE PROCESSOS INDUSTRIAIS

Prof. José Gaspar



VISITA À CENTRAL DE CERVEJAS

André Miranda Nº55073 | Carlos Rodrigues Nº57671 | Tiago Castanheira Nº57974

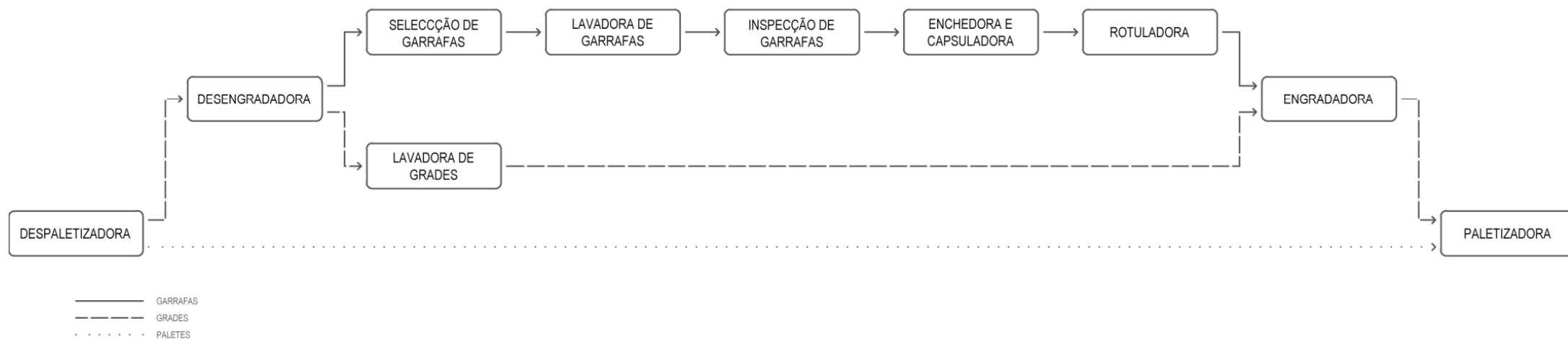
Grupo B2

1.º semestre | 2011/2012

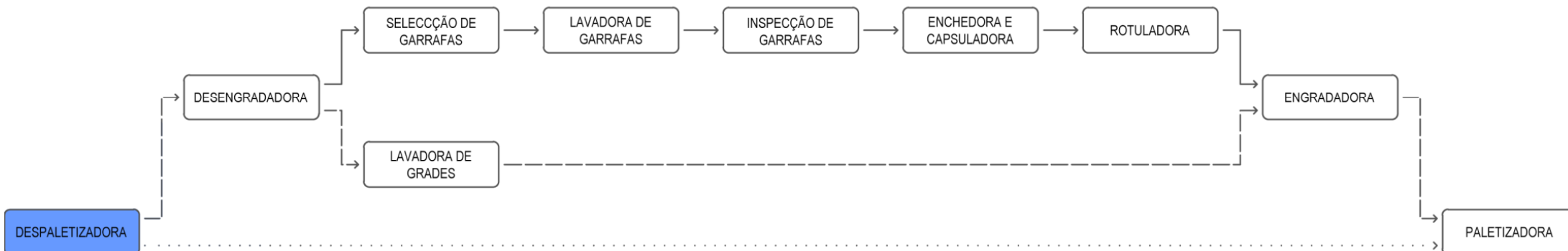
Objectivos

- Conhecer um processo industrial totalmente automatizado e perceber como funciona.
- Comparar e perceber a diferença de complexidade entre os processos utilizados numa indústria e os que fazemos na aula.
- Ver as possibilidades de utilização dos PLCs e os tipos de PLC utilizados.
- Perceber o sistema de sincronização das várias máquinas utilizadas no processo.
- Estudar exaustivamente uma das máquinas e perceber como funciona.
- Tentar simular o funcionamento dos vários componentes da máquina através de uma rede de Petri.
- Criar supervisores para sincronizar os vários elementos da máquina seleccionada.

Fluxograma Representativo da Linha de Lavagem e Enchimento de Minis



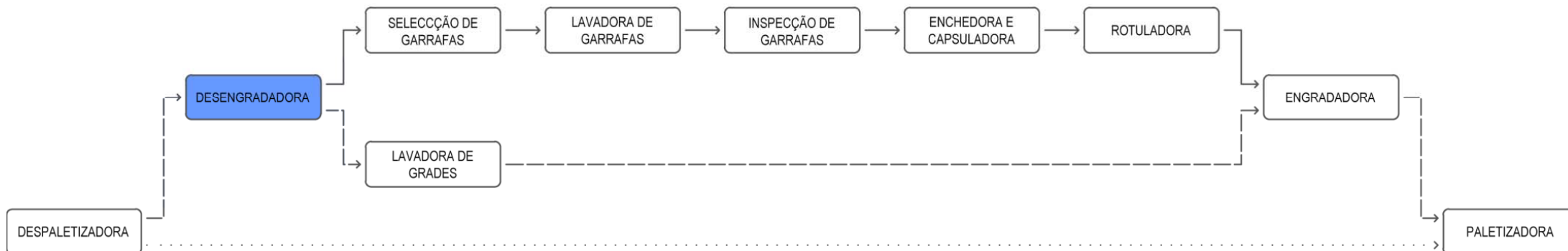
Despaletizadora



Retira as grades com garrafas vazias das paletes para a linha da desengradadora e envia as paletes para a paletizadora para serem reutilizadas.

Desengradadora

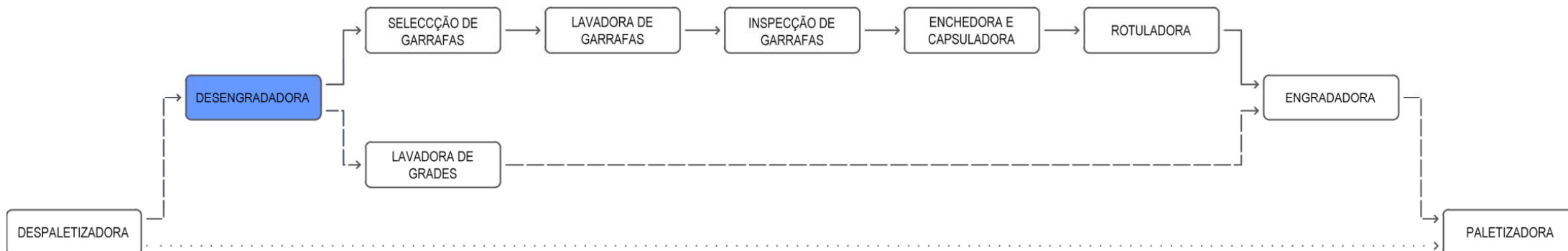
Entrada



Recebe grades com garrafas vazias e com a ajuda de um braço mecânico retira as garrafas das grades para um tapete.

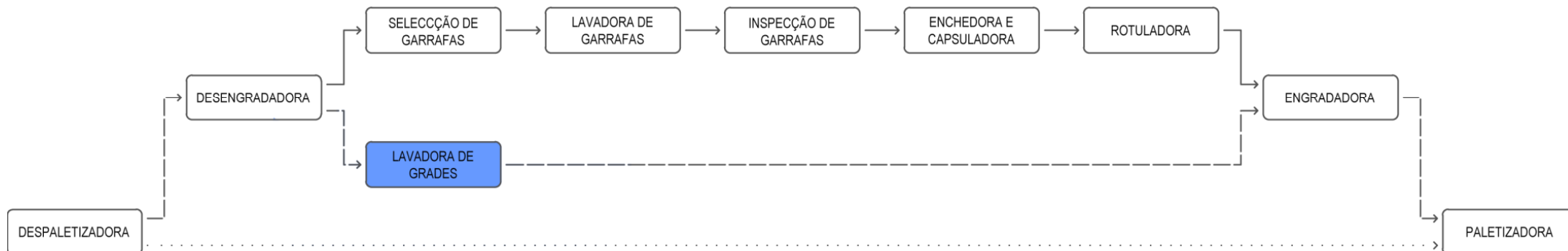
Desengradadora

Saída



Recepção das garrafas vazias retiradas das grades pelo braço mecânico.

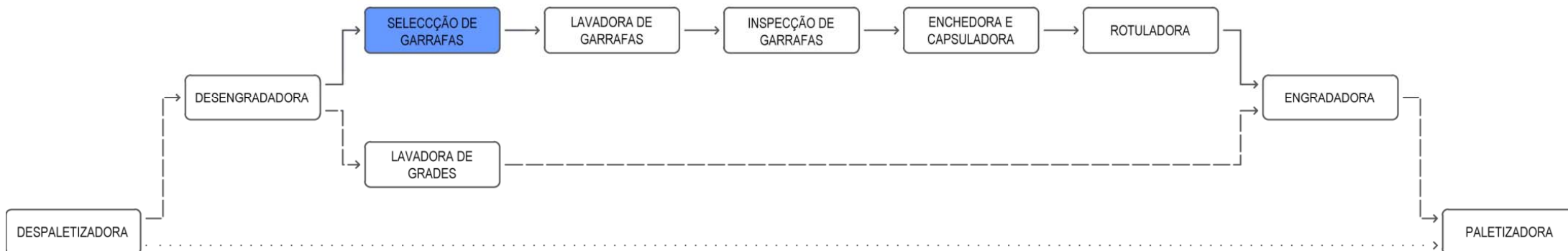
Lavadora de grades



As grades vazias usadas são lavadas e enviadas para a engradadora para receberem garrafas cheias.

Seleccção de garrafas

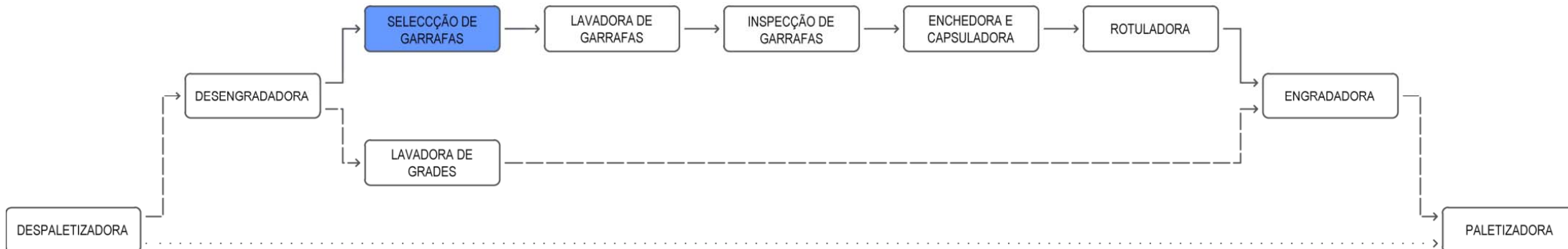
Garrafas com carga ou de outro modelo da empresa



Sensor óptico que detecta o estado da garrafa. Se tivesse carga era redireccionada para um depósito onde depois iria alguém retirar as cargas e repor as garrafas na linha.

Seleccção de garrafas

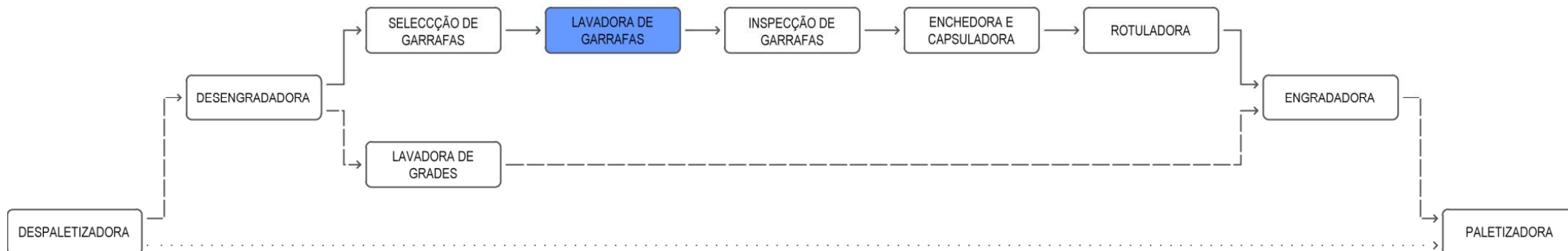
Garrafas partidas ou de outra marca



Sensor óptico que detecta o estado da garrafa. Se as garrafas estivessem partidas redireccionava-as para a reciclagem do vidro.

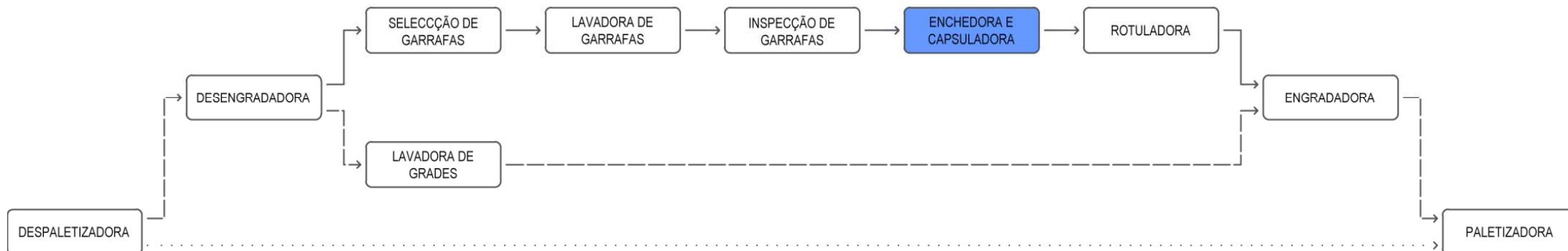
Lavadora de garrafas

Saída



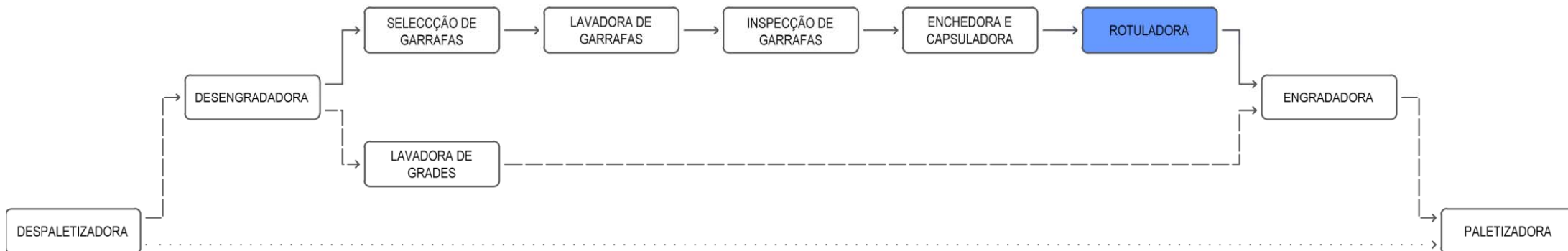
Após passarem na inspeção as garrafas são lavadas e secas e passadas para o sistema de inspeção de lavagem.

Enchedora e Capsuladora



Após as garrafas estarem limpas, vão para a enchedora e de seguida para a capsuladora.

Rotuladora



Após enchidas e capsuladas as garrafas são rotuladas.

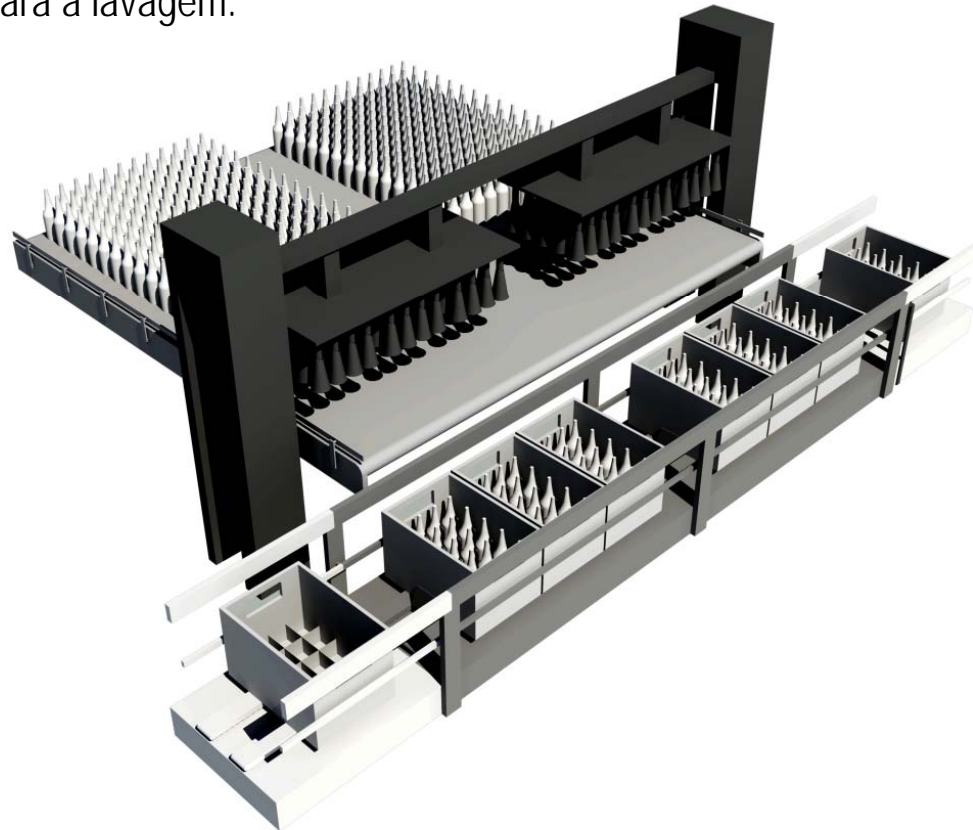
Capacidade



Esta linha de montagem tem capacidade para encher em média 56000 garrafas por hora chegando a picos de 60000 quando em condições ótimas.

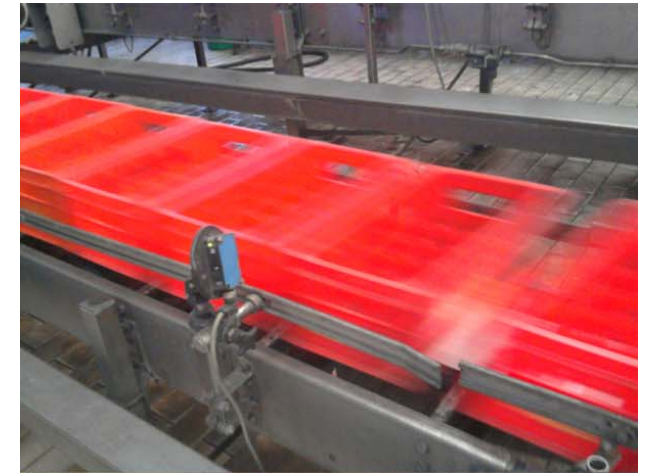
Máquina escolhida: Desengradadora

- Recebe 6 grades com garrafas vazias de cada vez.
- Retira as garrafas vazias para o tapete que as leva para a inspecção de garrafas.
- Envia as grades vazias para a lavagem.



Sensores

- Sensor de contagem de grades para o tapete.
- Sensor de congestionamento de grades vazias (fig. cima).
- Encoder de posição do braço (fig. centro).
- Pressostato.
- Sensor de inclinação da cabeça.
- Sensor de disponibilidade do tapete das garrafas.
- Sensor tripo de congestionamento do tapete ajustante (fig. baixo).
- Sensor de porta aberta.
- Sensor de presença sobre o tapete de recepção de garrafas (fig. centro).



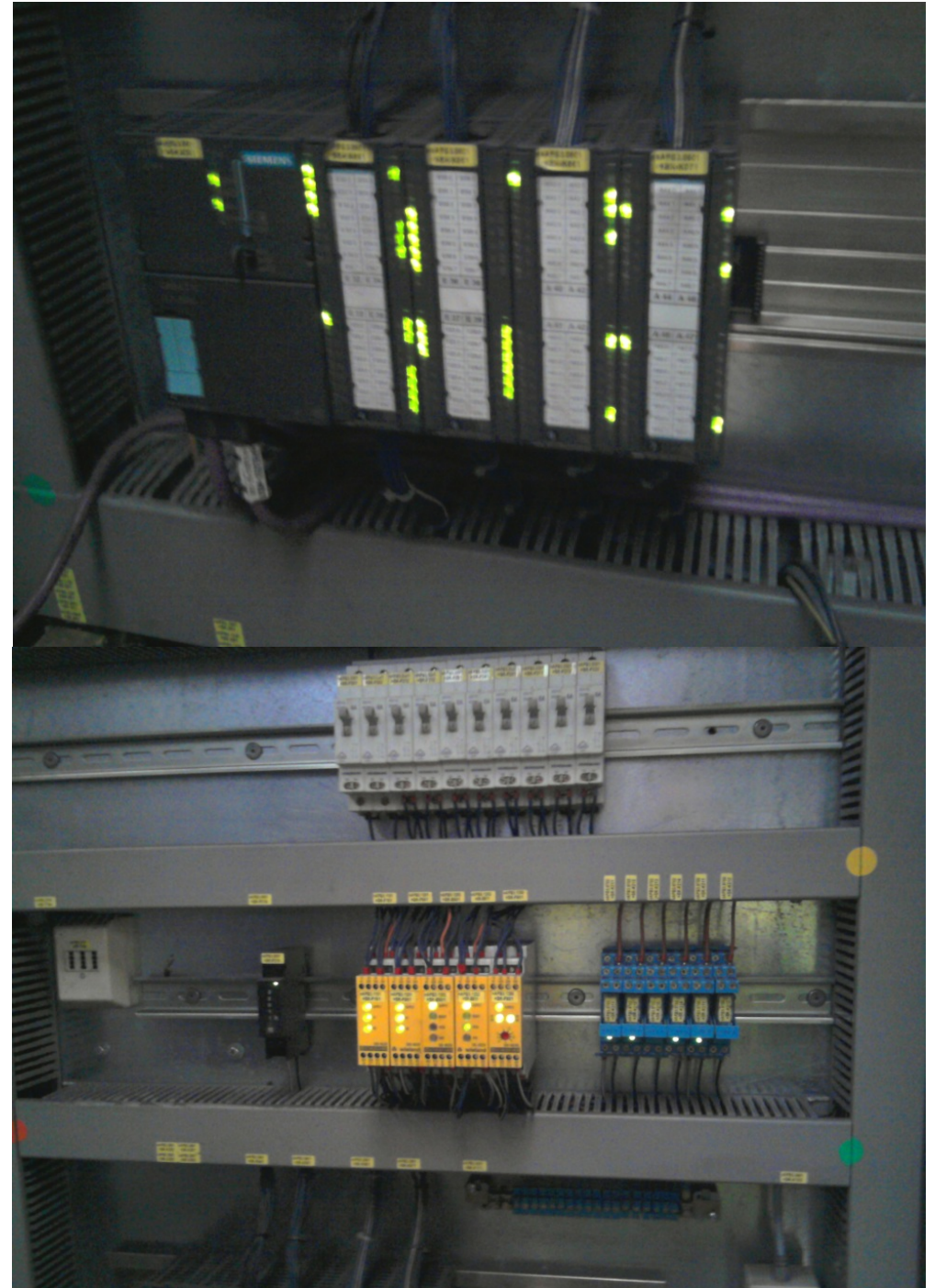
Actuadores

- Tapete de entrada das grades.
- Tapete do meio das grades.
- Tapete de saída das grades.
- Espigão 1 e 2 para o agrupamento das grades.
- Motor de deslocação do braço.
- Bomba de vácuo.
- Tapete de recepção das garrafas
- Tapete de saída das garrafas

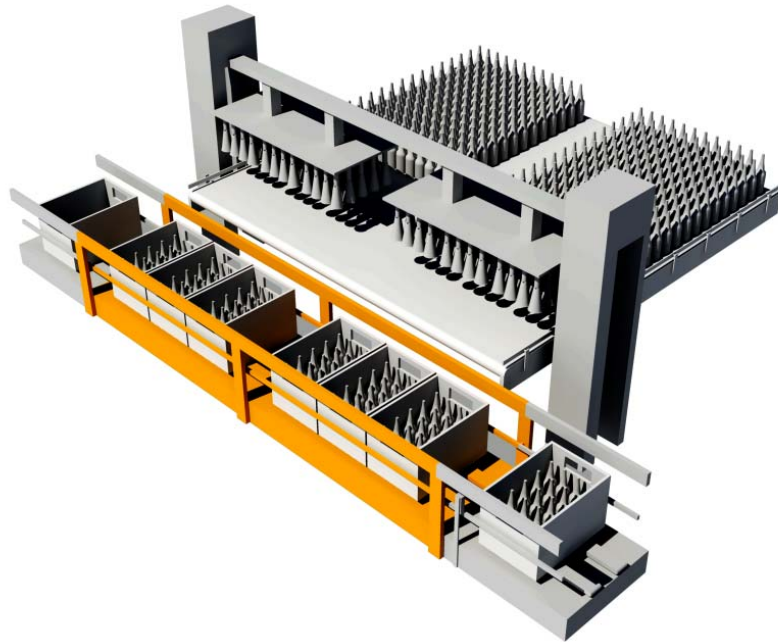


PLCs

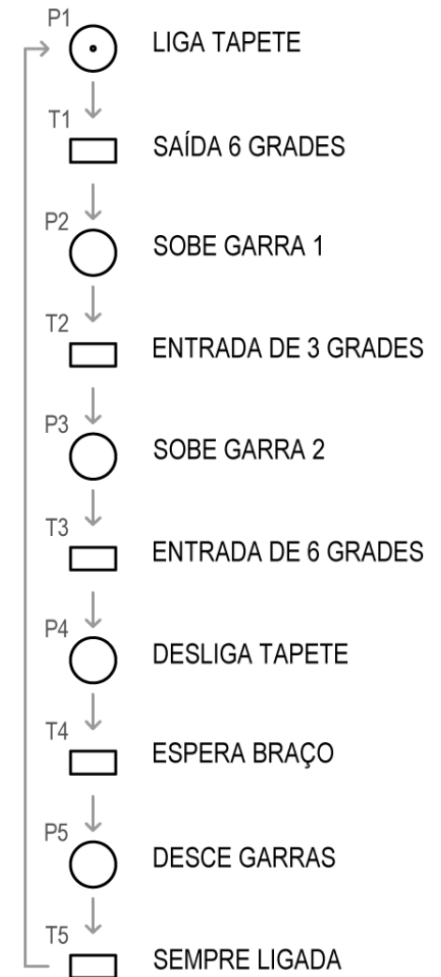
- PLCs principais, Siemens com 2 blocos de entrada e de saída (fig. cima).
- Arreios de segurança (fig. baixo).



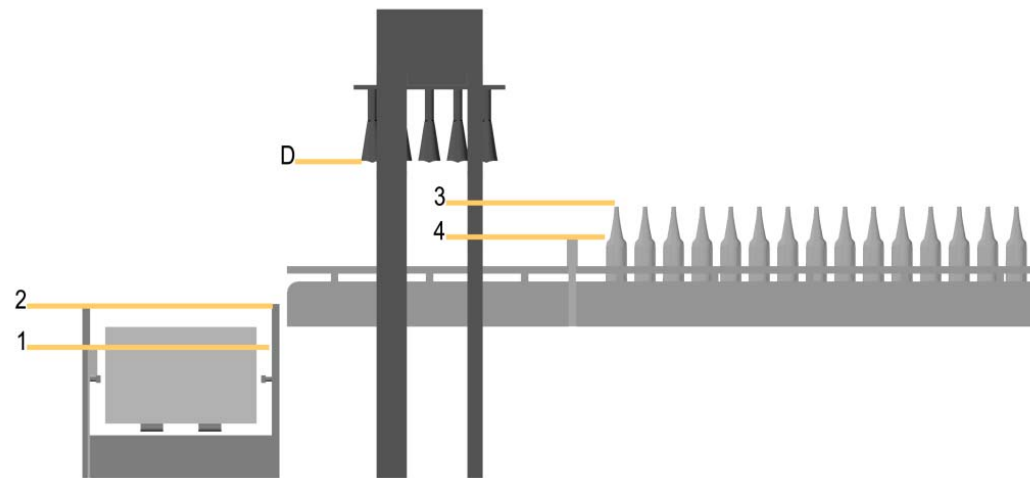
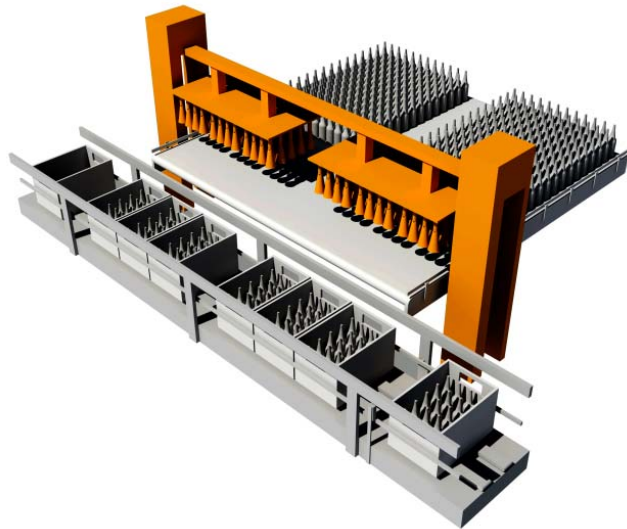
Rede de Petri do tapete das grades



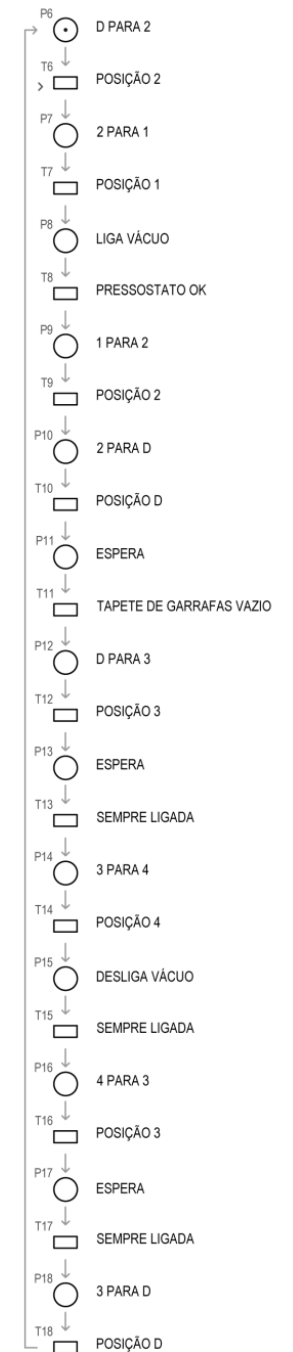
$$D_{P_1} = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & -1 \end{bmatrix} \text{ e } \mu_{P_1} = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$



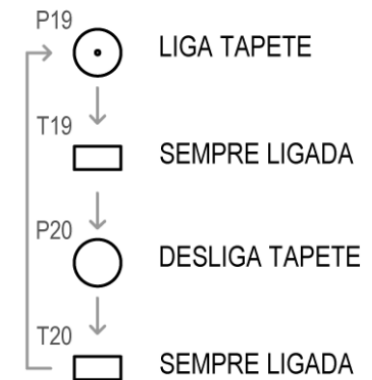
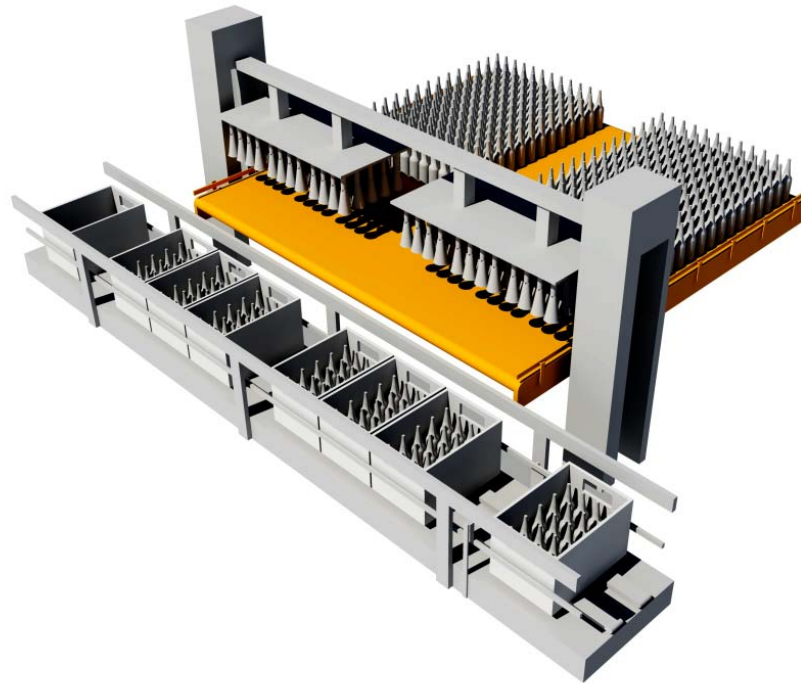
Rede de Petri do braço



$$D_{P_2} = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & -1 \end{bmatrix} \bullet \mu_{P_2} = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$



Rede de Petri do tapete das garrafas



$$D_{P_3} = \begin{bmatrix} -1 & 1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix} \text{ e } \mu_{P_3} = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Sincronização das máquinas

Para sincronizar o tapete das grades e o braço, o tapete tem de estar desligado quando o braço for buscar garrafas. Portanto:

$$\begin{aligned}v_6 \leq v_3 &\Leftrightarrow v_6 - v_3 \leq 0 \\v_4 \leq v_9 &\Leftrightarrow v_4 - v_9 \leq 0\end{aligned}$$

Para sincronizar o braço com o tapete das garrafas, o tapete tem de desligar quando o braço for largar as garrafas. Portanto:

$$\begin{aligned}v_{19} \leq v_{12} &\Leftrightarrow v_{19} - v_{12} \leq 0 \\v_{13} \leq v_{19} &\Leftrightarrow v_{13} - v_{19} \leq 0 \\v_{20} \leq v_{16} &\Leftrightarrow v_{20} - v_{16} \leq 0 \\v_{17} \leq v_{20} &\Leftrightarrow v_{17} - v_{20} \leq 0\end{aligned}$$

Como tal ficamos com:

$$L = 0 \text{ e } F = 0$$

$$C = \begin{bmatrix} 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & -1 \end{bmatrix} \text{ e } b = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Supervisores

Teste:

$$b - L\mu_p = 0 - 0 \geq 0$$

Confere!

Cálculo:

$$D_c^- = \max(0, LD_p + C, F)$$

$$D_c^+ = \max(0, F - \max(\mu_i)(0, LD_p + C)) - \min(0, LD_p + C)$$

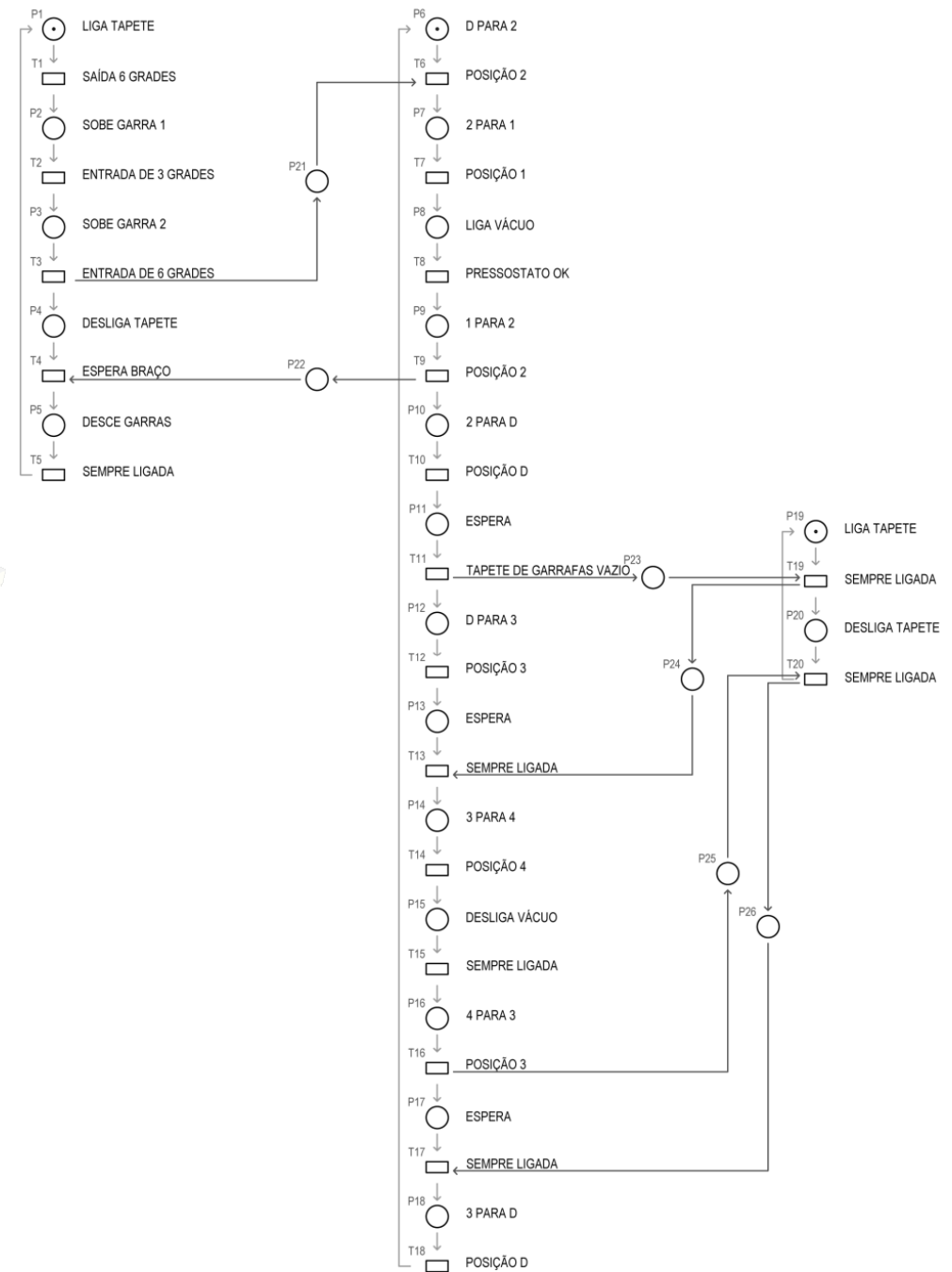
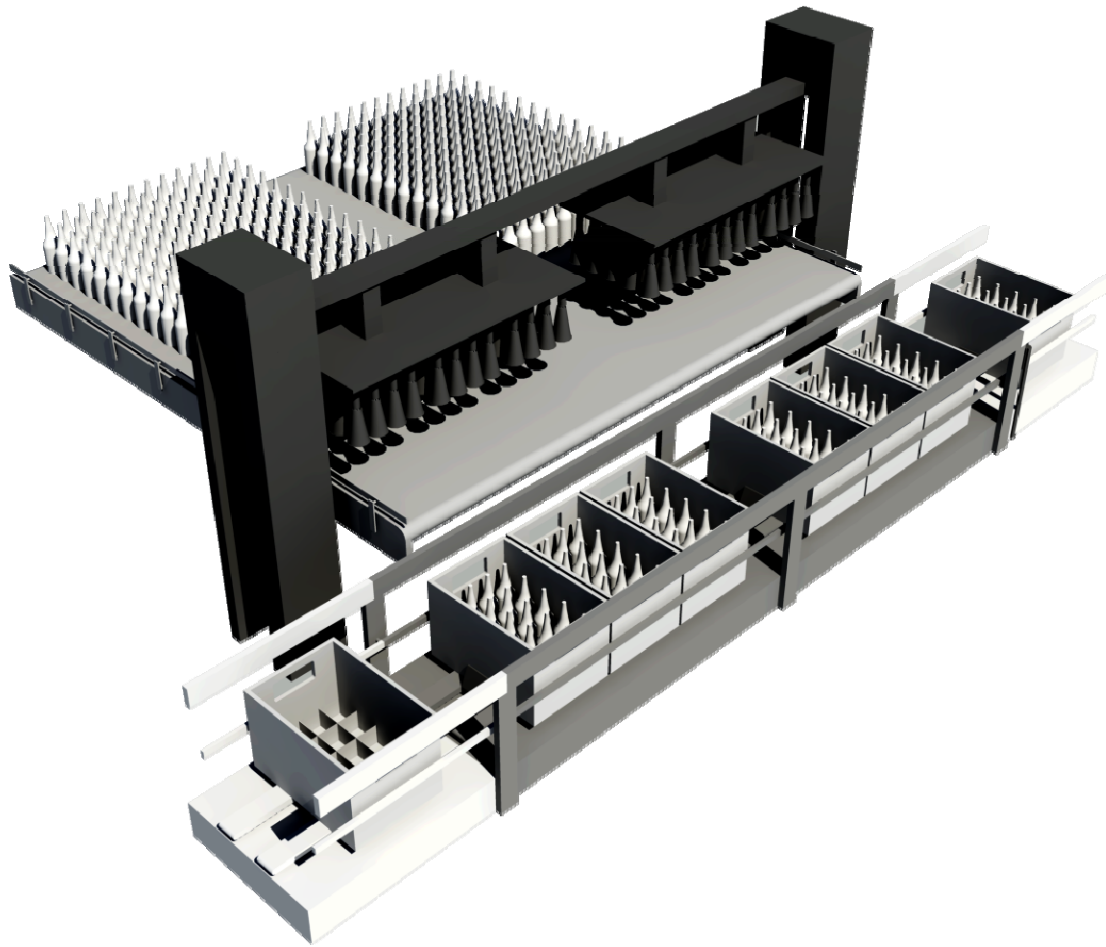
$$D_c = D_c^+ - D_c^-$$

$$\mu_c = b - L\mu_p$$

$$D_c = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \mathbf{e} \mu_c = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$D = \begin{bmatrix} D_p \\ D_c \end{bmatrix} \mathbf{e} \mu = \begin{bmatrix} \mu_p \\ \mu_c \end{bmatrix}$$

Rede de Petri final



Propriedades da Rede de Petri

1. **Reachability:** Não existem deadlocks portanto todos os estados são alcançáveis.
2. **Coverability:** Esta propriedade é coberta pois no final de cada ciclo da rede o número de marcas mantém-se o mesmo apesar de se alterar dentro de cada ciclo.
3. **Liveness:** Tem Liveness nível 4 em todas as transições pois todas elas são disparáveis, independentemente da sequência de lugares anteriormente alcançados.
4. **Conservation:** Rede não conservativa em sentido estrito pois existem transições que multiplicam marcas e outras que as consomem.
5. **Time Invariance:** A nossa rede de Petri é invariante no tempo pois existe mais do que uma sequência de transições que faz com que começando em cada um dos estados, se volte ao mesmo.
6. **Safeness:** A nossa rede de Petri é Safe pois não existe nunca mais do que 1 marca por lugar.
7. **k-Bounded:** A nossa rede de Petri é 1-bounded pois é Safe.

Conclusões

- Com esta visita tomámos noção de que existem vários PLCs em cada máquina a trabalhar em simultâneo.
- As diversas máquinas não estão em rede, ou seja, não comunicam entre si, mas estão sincronizadas através dos sensores inerentes a cada máquina.
- Nesta linha de montagem quase não são usados timers, como utilizámos ao longo dos laboratórios realizados na aula mas sim encoders devido à sua precisão de cerca de 1mm.
- Para o homem ser substituído são necessários bastantes sensores.
- A rede de Petri e os supervisores são uma excelente ferramenta para simular processos automáticos tendo como lugares os actuadores e como transições os sensores.

Agradecimentos

Agradecemos à empresa Central de Cervejas e Bebidas pela disponibilidade e em particular à Engenheira Teresa Apolónia por ter demonstrado boa receptividade à nossa visita e ao Engenheiro Pedro Madeira pela disponibilidade que demonstrou durante e após a visita.

Agradecemos também à Sandra Lopes por nos ter ajudado com a parte gráfica do trabalho, nomeadamente com a elaboração dos esquemas a 3D da desengradadora, dos fluxogramas e das redes de Petri.

Feliz Natal e um Bom Ano Novo

