

# Instructions for Authors of SBC Conferences Papers and Abstracts

Allan Yoshio Hasegawa<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC)  
Joinville – SC – Brasil

hasegawa.aran@gmail.com

## 1. Planta

Este trabalho automatizou uma planta virtual do software ITS PLC<sup>1</sup> da Real Games. ITS PLC é uma ferramenta didática que oferece cinco ambientes industriais emulados. Essas plantas virtuais simulam operações geralmente encontradas na indústria, e são executadas em tempo real usando gráficos 3D, som, simulações físicas e totalmente interativas. ITS PLC é um software privado e suporta, oficialmente, a automação por meio de CLP's.

A planta automatizada por este trabalho foi a *Palletizer*, que tem como objetivo principal o empilhamento de caixas em cima de um palete. A Figura 1 apresenta uma visão geral dos equipamentos dessa planta. As próximas subseções irão detalhar cada equipamento da planta.

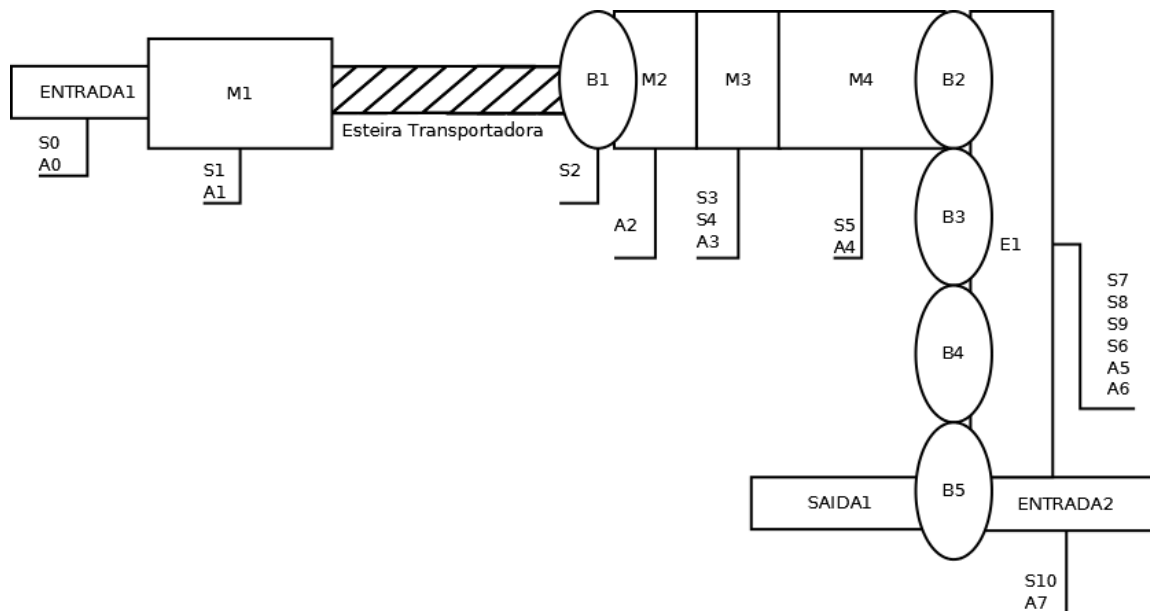


Figure 1. Visão geral da planta *Palletizer*.

### 1.1. ENTRADA1 e M1

Usando a Figura 1 como referência, os objetos **ENTRADA1** e **M1** têm como função:

<sup>1</sup>Disponível em: <http://www.realgames.pt/index.php/en/products>. Acesso (16/06/2013).

- **ENTRADA1:** Entrada de caixas no sistema. Possui um atuador (**A0**) que liga e desliga um elevador que transporta as caixas. Quando uma caixa está em posição de retirada, o sensor (**S0**) é ativado.
- **M1:** Transfere a caixa da **ENTRADA1** para a esteira transportadora. Ela possui um atuador (**A1**) que ao ligar empurra a caixa, acionando o sensor (**S1**), e ao desligar volta a posição original.

Esses dois objetos são responsáveis pela entrada de caixas no sistema, e estão ilustrados na Figura 2 usando a planta virtual.



Figure 2. ENTRADA1 e M1 no ambiente virtual.

## 1.2. B1, M2, M3 e M4

A segunda parte da planta ajusta as caixas para serem empilhadas em cima de um palete. Essa parte é caracterizada pelos objetos:

- **B1:** Buffer com capacidade para duas caixas. Possui um sensor (**S2**) que indica a presença de uma caixa na sua entrada, ou seja, quando uma caixa entra no sistema, tal sensor é ativado e desativado. Ele permanecerá ligado apenas quando uma segunda caixa entrar no sistema (pois ela ficará na frente do sensor).
- **M2:** Máquina que bloqueia o avanço das caixas. Ela possui apenas um atuador (**A2**) que determina o bloqueio(ou desbloqueio) da caixa.

- **M3**: Chão retrátil. Tem como função transportar a caixa da **M2** até a **M4**. Possui um atuador (**A3**) que abre/fecha o chão, além de dois sensores (**S3** e **S4**) e indicam quando o chão está: totalmente aberto (**S3** ligado), totalmente fechado (**S4** ligado), ou em andamento (nenhum sensor ligado). **M3** precisa trabalhar em conjunto com **M2**, pois caso **M2** libere uma caixa com **M3** aberto, essas irão cair na parte inferior da planta. Caso **M2** libere as caixas quando **M3** estiver fechado, essas caixas irão cair em uma região errada da **M3**, e problemas irão aparecer na próxima vez que **M3** se fechar, danificando as caixas. Essas duas máquinas precisam operar com um sincronismo correto.
- **M4**: Ajustador de caixas. Além de ajustar as caixas, essa máquina segura elas no lugar, evitando que elas caiam quando o chão retrátil (**M3**) abrir. Possui um atuador (**A4**) para ligar/desligar e um sensor (**S5**) que indica quando o ajusta está pronto.

A Figura 3 apresenta os objetos **B1**, **M2**, **M3** e **M4**.

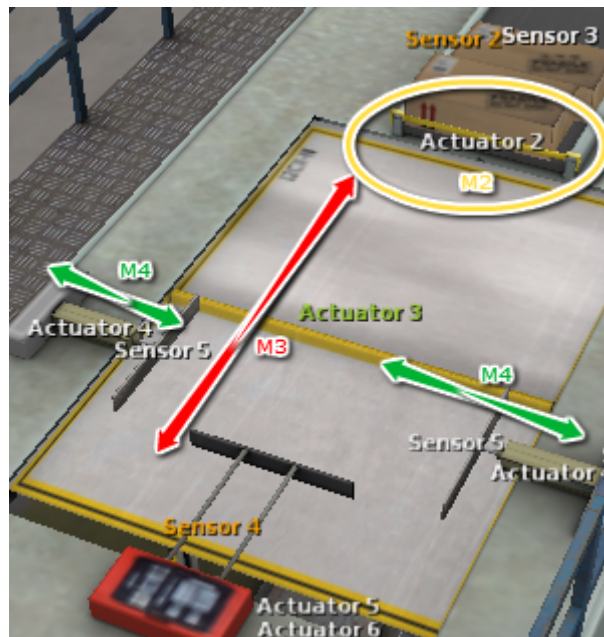
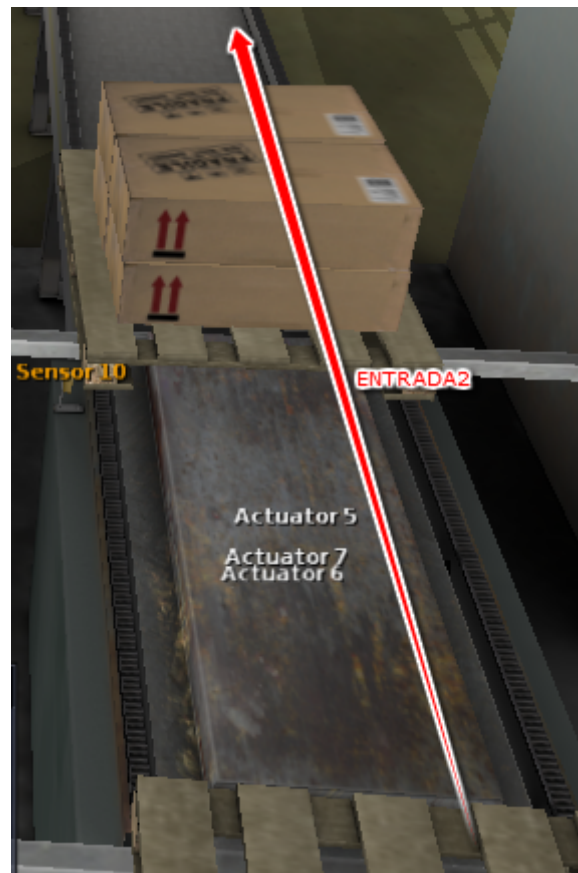


Figure 3. **B1**, **M2**, **M3** e **M4** no ambiente virtual.

### 1.3. ENTRADA2 e E1

A **ENTRADA2** possui apenas um atuador (**A7**) que liga a esteira que faz o transporte de novos paletes. O sensor (**S10**) indica quando um paleta está na posição do elevador (**E1**). A Figura 4 mostra a **ENTRADA1** na planta virtual.

A planta possui um elevador **E1** que transporta caixas entre os buffers **B2**, **B3**, **B4** e **B5**. A disposição desses buffers pode ser visualizada na Figura 5. Usando o elevador em conjunto com os buffers, a planta consegue fazer o empilhamento de até três níveis de caixa. Inicialmente é colocada um nível de caixa no buffer **B2**. Esse nível é transferido para o buffer **B3** e um novo nível é adicionado no buffer **B2**. Esse processo é repetido para o próximo nível, assim criando os três níveis de caixas.



**Figure 4. ENTRADA1 no ambiente virtual.**

O elevador **E1** é controlado por meio dos atuadores (**A5**) e (**A6**) que comandam a subida e descida do elevador, respectivamente. Os sensores (**S7**), (**S8**), (**S9**) e (**S6**) informam a posição do elevador, essas sendo os buffers **B2**, **B3**, **B4** e **B5**, respectivamente.

## **2. Controle Supervisório de Sistemas a Eventos Discretos**

O controle supervisório deste trabalho fez uso de supervisores modulares locais da teoria de sistemas a eventos discretos. O primeiro passo na modelagem desses supervisores foi a abstração da planta para um modelo mais simples. Esse processo está descrito na Seção 2.1. O segundo passo foi o desenvolvimento das especificações, que está detalhado na Seção 2.2. Em seguida foi gerado um supervisor monolítico para fazer testes manuais de funcionalidade. Este está presente na Seção 2.3. Após testado o supervisor monolítico, o supervisor modular local foi gerado, e o teste de modularidade executado. Esses últimos passos da teoria de controle supervisório estão presente na Seção 2.4.

### **2.1. Abstração da Planta**

A abstração da planta física apresenta dois objetivos. O primeiro é a própria modelagem na planta para a teoria de SED. O segundo objetivo é a simplificação que esses modelos proporcionam. A manutenção manual dos modelos é facilitada usando eventos mais intuitivos, como pode ser visto no primeiro modelo de planta **P\_INPUT\_BOX**, Figura 6. Informações que são desnecessárias para o modelo do supervisor são descartadas. Por exemplo, como a **ENTRADA1** e a **M1** trabalham em conjunto, e sem sequência, a

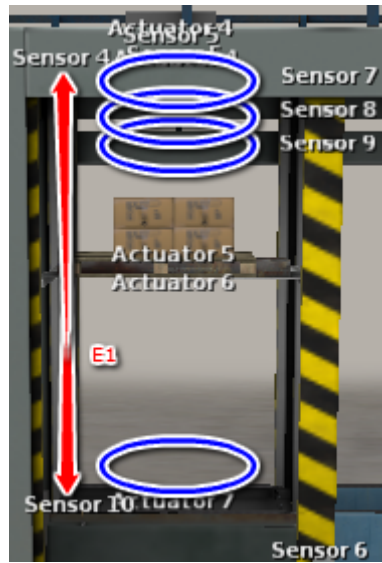


Figure 5. E1 e os buffers B2, B3, B4 e B5 no ambiente virtual.

introdução dessas informações no supervisor não trará nenhum benefício ao sistema, pois elas vão continuar funcionando da mesma forma.

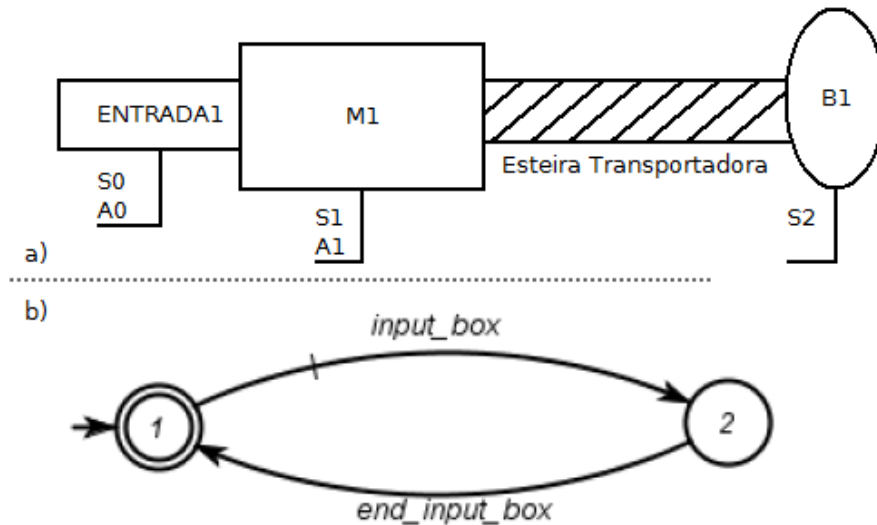


Figure 6. a) Parte original da planta. b) Modelo de planta P\_INPUT\_BOX.

O segundo modelo de planta, **P\_RETRACTABLE\_FLOOR**, Figura 7 apresenta o funcionamento da **M2** e **M3** em conjunto. Como visto na Seção 1.2, essas máquinas precisam trabalhar em sincronismo. A teoria de SED não oferece recursos de temporização, e a criação de especificações que impõem uma certa sequência enquanto bloqueia todas as outras operações (assim evitando que **M2** seja acionada fora de tempo), impedem uma solução elegante para este problema. A solução adotada neste trabalho foi a abstração do funcionamento dessas duas máquinas com os mesmos eventos controláveis/não controláveis. O evento não controlável *end\_mid\_close\_floor* foi inserido ao modelo após a realização de testes práticos. Essa novo evento permite que novas caixas possam entrar no sistema enquanto a porta estiver se fechando, otimizando o funcionamento da planta.

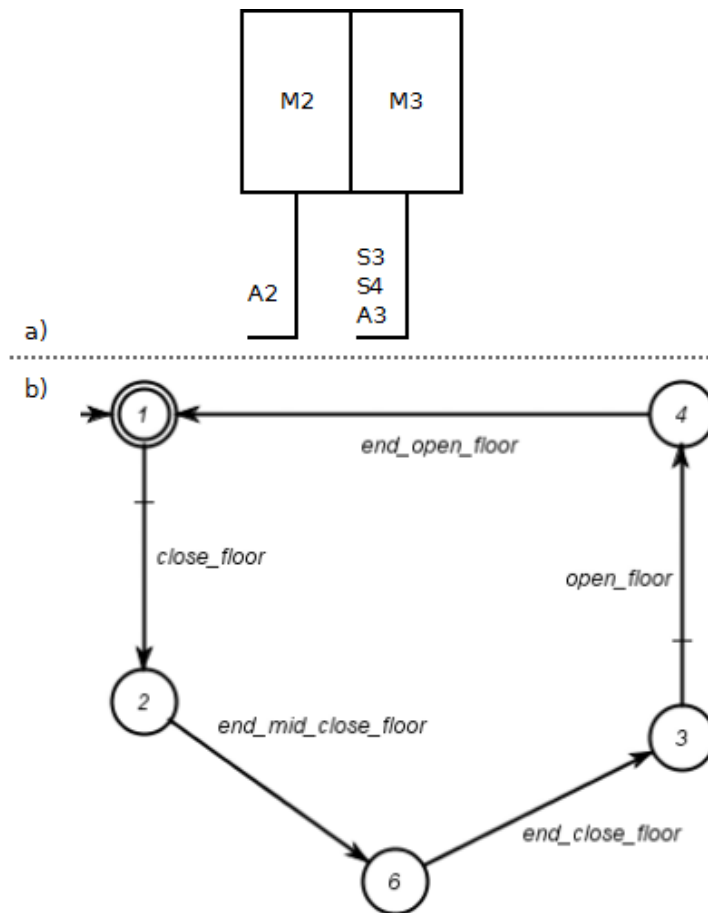


Figure 7. a) Parte original da planta. b) Modelo de planta P\_RETRACTABLE\_FLOOR.

A Figura 8 apresenta o modelo de planta **P\_ELEVATOR**. Ele permite que o elevador **E1** se mova para qualquer um dos quatro buffers **B2-5**. O próprio modelo de planta impede que o elevador vá para a posição que ele já está. Paradas em lugares que não sejam os buffers não são possíveis no modelo, mas sim na planta, porém sem utilidade.

A **M4** esta modelada no modelo de planta **P\_BOX\_FITTER**, Figura 9. Esse modelo já informa a sequencia serial de operações que ela pode efetuar. Por último, o modelo de planta **P\_INPUT\_PALLET** é apresentado, Figure 10.

## 2.2. Especificações

Segue uma lista com as especificações:

1. **E\_IPALLET\_ELEVATOR** (Figura 11)
  - (a) Evitar a entrada de um palete com o elevador fora da posição **B5**;
  - (b) Evitar movimentos do elevador sem um palete.
2. **E\_FITTER\_FLOOR** (Figura 12)
  - (a) Evitar abrir a porta retrátil sem fixar a caixa;
  - (b) Evitar fechar a porta com o fixador ativado;
  - (c) Evitar fixar acionar **M4** sem uma caixa.
3. **E\_ELEVATOR\_FITTER** (Figura 13)

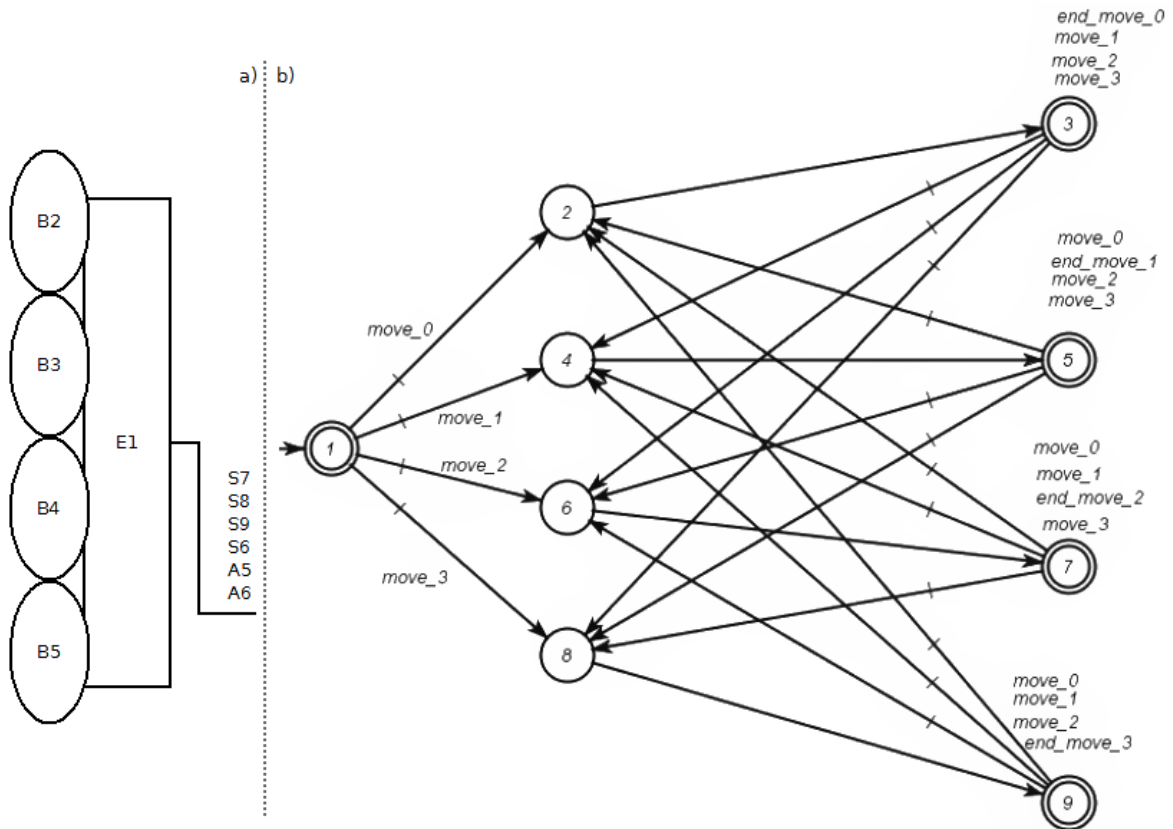


Figure 8. a) Parte original da planta. b) Modelo de planta P\_ELEVATOR.

(a) Evitar que o elevador desça um andar sem que a caixa esteja ajustada em cima dele, no andar adequado.

#### 4. E\_IBOX\_FLOOR (Figura 14)

- (a) Evitar abrir o chão sem uma caixa no buffer de entrada;
- (b) Evitar iniciar entrada de caixa com a porta aberta.

### 2.3. Supervisor Monolítico

Etapas usadas para geração do supervisor monolítico:

1.  $PlantTotal \leftarrow P\_INPUT\_BOX \parallel P\_INPUT\_PALLET \parallel P\_ELEVATOR \parallel P\_BOX\_FITTER \parallel P\_RETRACTABLE\_FLOOR$
2.  $SpecsTotal \leftarrow E\_IPALLET\_ELEVATOR \parallel E\_FITTER\_FLOOR \parallel E\_ELEVATOR\_FITTER \parallel E\_IBOX\_FLOOR$
3.  $K \leftarrow PlantTotal \parallel SpecsTotal$
4. Supervisor Monolítico  $\leftarrow supcon(PlantTotal, K)$

A função *supcon* é implementada pelo software IDES<sup>2</sup>. A Tabela 1 apresenta os números de estados e transições dos modelos resultantes.

### 2.4. Supervisor Modular Local

A primeira etapa para a modelagem dos supervisores modulares locais é a determinação dos sistema produto. A Tabela 2 apresenta os sistemas produtos gerados nesse trabalho.

<sup>2</sup>Disponível em: <https://qshare.queensu.ca/Users01/rudie/www/software.html>. Acesso (16/06/2013).

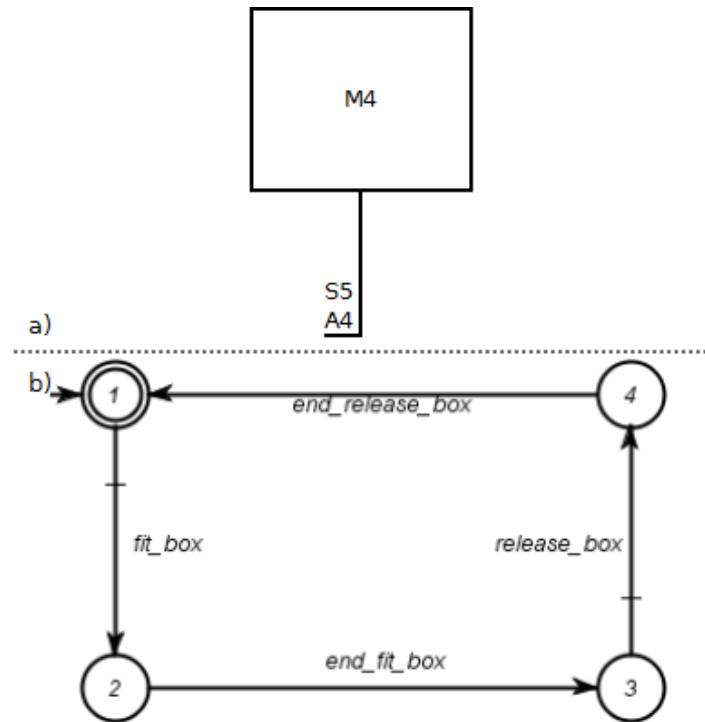


Figure 9. a) Parte original da planta. b) Modelo de planta P\_BOX.FITTER.

Table 1. Mono

Modelo	Número Estados	Número Transições
<i>PlantTotal</i>	720	4480
<i>SpecsTotal</i>	72	188
<i>K</i>	5920	20984
Supervisor Monolítico	339	753

Após criação dos sistemas produtos foi realizado os seguintes passos:

- $K\_IPALLET\_ELEVATOR \leftarrow S\_IPALLET\_ELEVATOR \parallel E\_IPALLET\_ELEVATOR$
- $K\_FITTER\_FLOOR \leftarrow S\_FITTER\_FLOOR \parallel E\_FITTER\_FLOOR$
- $K\_ELEVATOR\_FITTER \leftarrow S\_ELEVATOR\_FITTER \parallel E\_ELEVATOR\_FITTER$
- $K\_IBOX\_FLOOR \leftarrow S\_IBOX\_FLOOR \parallel E\_IBOX\_FLOOR$
- $SUP\_IPALLET\_ELEVATOR \leftarrow supcon(S\_IPALLET\_ELEVATOR, K\_IPALLET\_ELEVATOR)$
- $SUP\_FITTER\_FLOOR \leftarrow supcon(S\_FITTER\_FLOOR, K\_FITTER\_FLOOR)$
- $SUP\_ELEVATOR\_FITTER \leftarrow supcon(S\_ELEVATOR\_FITTER, K\_ELEVATOR\_FITTER)$
- $SUP\_IBOX\_FLOOR \leftarrow supcon(S\_IBOX\_FLOOR, K\_IBOX\_FLOOR)$

As operações acima geram os quatro supervisores modulares. O teste de modularidade foi feito sincronizando todos os supervisores, o que resultou no mesmo modelo do supervisor monolítico.



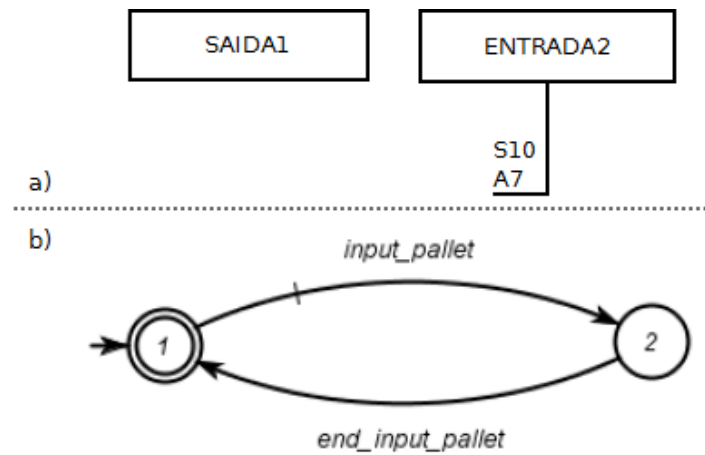


Figure 10. a) Parte original da planta. b) Modelo de planta P\_INPUT.PALLET.

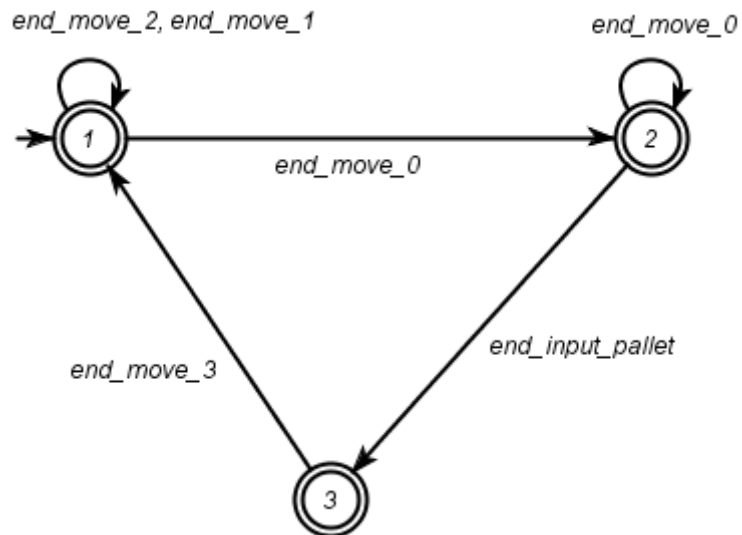


Figure 11. Especificação E\_IPALLET\_ELEVATOR.

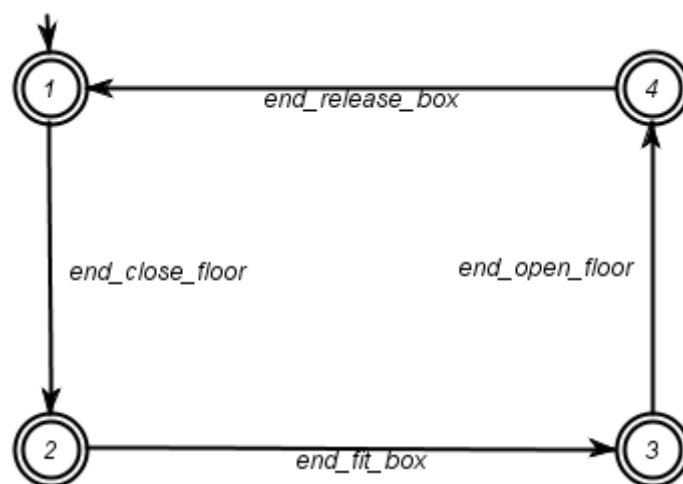


Figure 12. Especificação E\_FITTER\_FLOOR.

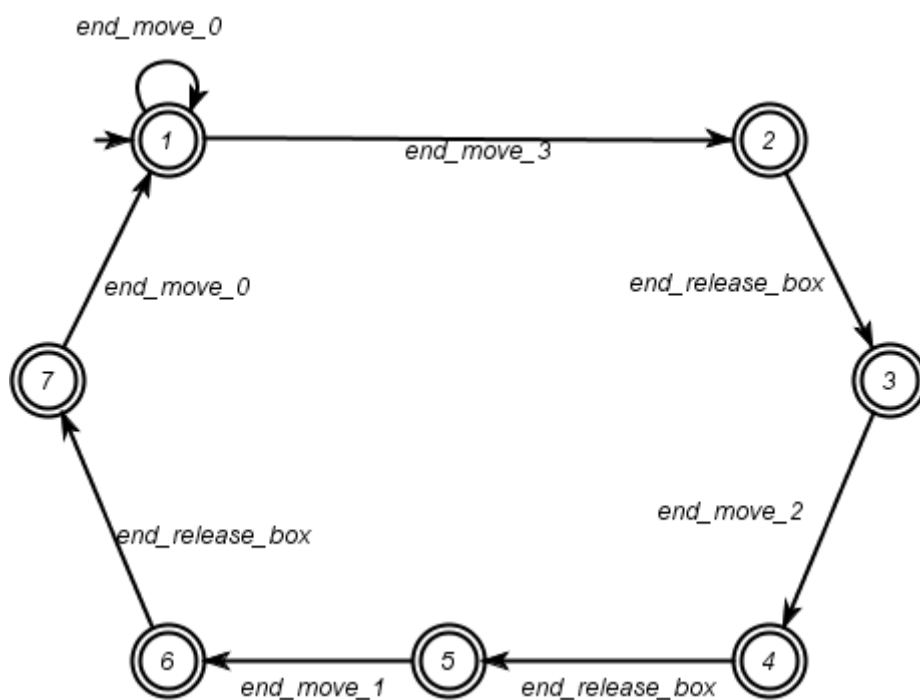


Figure 13. Especificação E.ELEVATOR.FITTER.

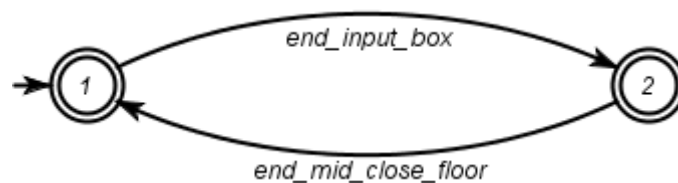


Figure 14. Especificação E.IBOX.FLOOR.

Table 2. Tabela de Sistema Produto.

Plantas	Especificações			
	IPALLET.ELEVATOR	FITTER.FLOOR	ELEVATOR.FITTER	IBOX.FLOOR
INPUT_BOX				X
INPUT_PALLET	X			
ELEVATOR	X		X	
BOX_FITTER		X	X	
RETRACTABLE_FLOOR		X		X
Sistema Produto	S_IPALLET_ELEVATOR	S_FITTER_FLOOR	S_ELEVATOR_FITTER	S_IBOX_FLOOR