

# Aplicação de controle modular em um processo industrial de manufatura

First Author<sup>1</sup>, ii Author<sup>1</sup> and iii Author<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica,  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Via do  
Conhecimento, Pato Branco, 85503-390, PR, Brasil.

Contributing authors: [iauthor@gmail.com](mailto:iauthor@gmail.com); [iiauthor@gmail.com](mailto:iiauthor@gmail.com);  
[iiiauthor@gmail.com](mailto:iiiauthor@gmail.com);

## Abstract

ABSTRACT

**Keywords:** SEDs, Industry 4.0, TCS

## 1 Introdução

### 1.1 Processo industrial de manufatura

A Fig. 1 apresenta uma visão da planta industrial a ser modelada e simulada. A composição da planta é a seguinte:

- Mesa centralizadora com teste de chapa;
- 5 robôs manipuladores;
- 4 prensas;
- Esteira para destinação final das peças;

TODO: descrever processo de manufatura



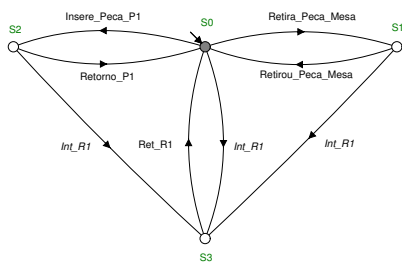
**Fig. 1:** Planta industrial

## 2 Modelos projetados

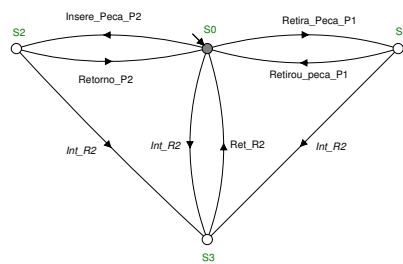
### 2.1 Plantas

Robôs 1 e 2

TODO: descrição do funcionamento dos robôs



(a) Robô 1

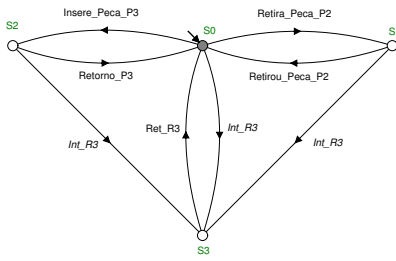


(b) Robô 2

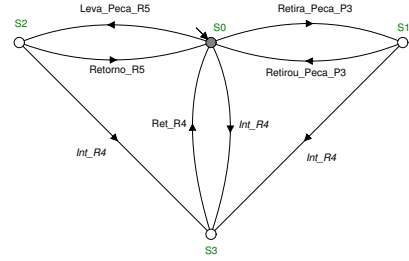
**Fig. 2:** Planta Robôs 1 e 2

Robôs 3 e 4

TODO: descrição do funcionamento dos robôs



(a) Robô 3

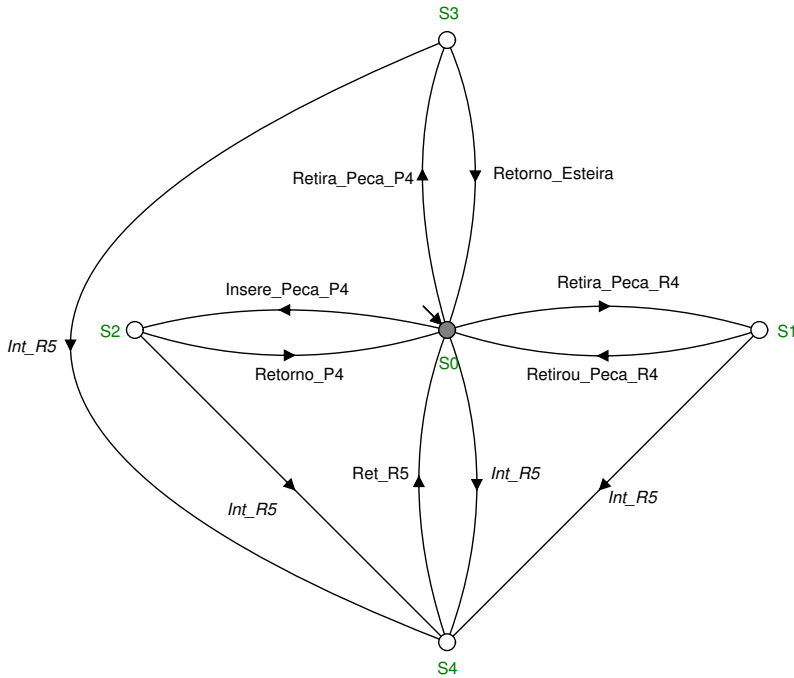


(b) Robô 4

**Fig. 3:** Planta Robôs 3 e 4

Robô 5

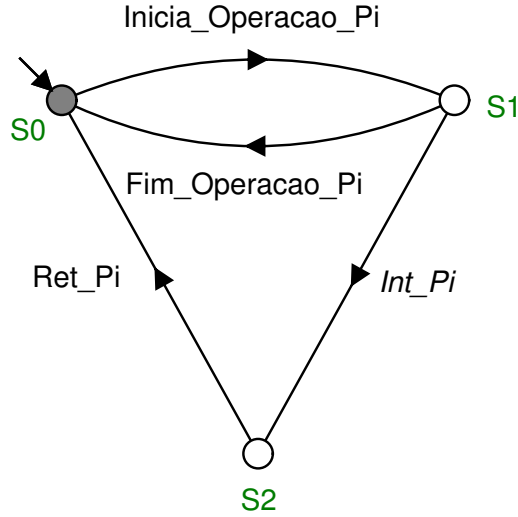
TODO: descrição do funcionamento do robô



**Fig. 4:** Planta Robô 3

Todas as prensas têm o mesmo modelo, a seguir apresenta-se o modelo genérico para as prensas.

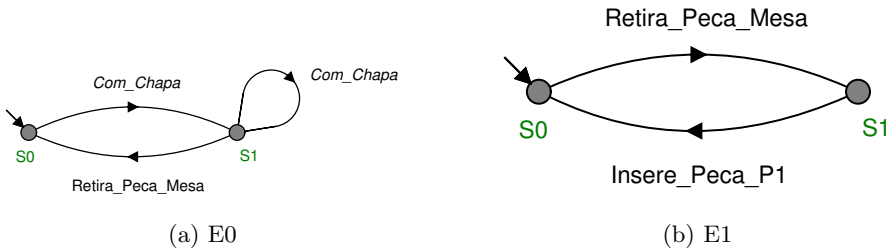
TODO: descrever funcionamento esperado para uma prensa, talvez.

**Fig. 5:** Planta Prensa

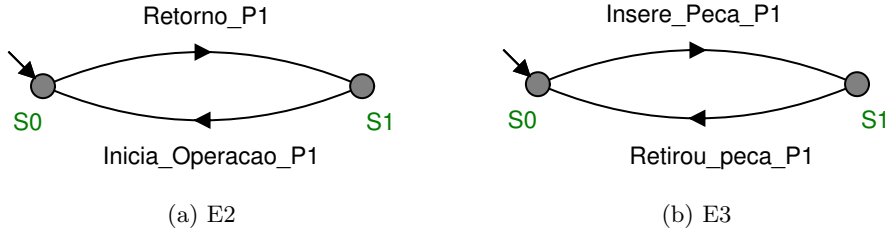
## 2.2 Especificações

A seção a seguir apresenta as especificações desenvolvidas para cumprir com os requisitos de controle desejados.

A especificação apresentada na Figura 6a permite ao Robô 1 retirar peças da mesa centralizadora após o sensor detectar existência de peça sobre a mesa. Já a especificação apresentada na Figura 6b limita o Robô 1 a iniciar o processo de inserção na Prensa 1 após ter peça presente na garra.

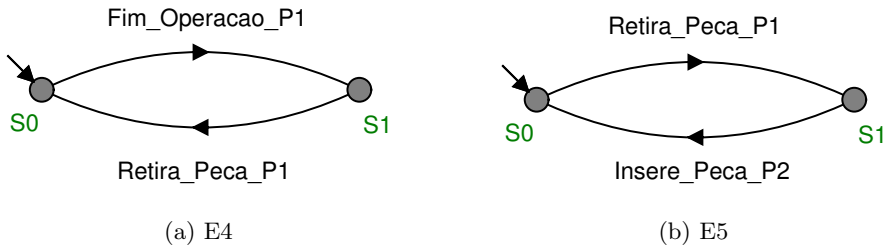
**Fig. 6:** Especificações 0 e 1

A especificação apresentada na Figura 7a permite que a Prensa 1 inicie a operação após o Robô 1 finalizar a inserção e estar em posição segura. Já a especificação apresentada na 7b é o modelo para overflow da Prensa 1 e libera uma nova inserção após a retirada da peça pelo Robô 2.



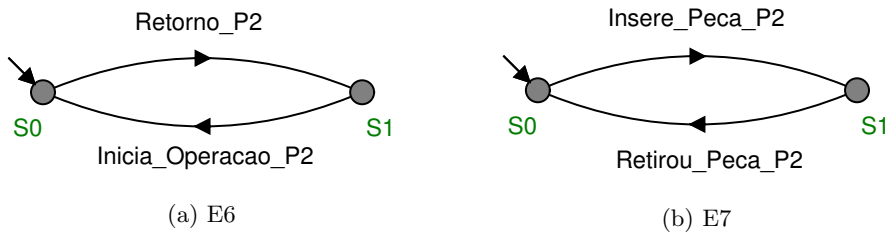
**Fig. 7:** Especificações 2 e 3

A especificação apresentada na Figura 8a limita o Robô 2 a retirar peça da Prensa 1 após o final da operação. Já a especificação apresentada na 8b limita o Robô 2 a iniciar o processo de inserção na Prensa 2 após ter peça presente na garra.



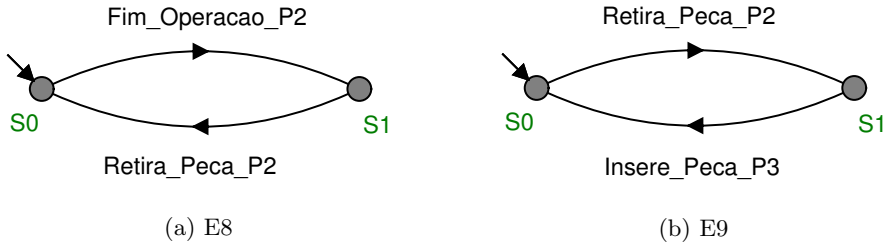
**Fig. 8:** Especificações 4 e 5

A especificação apresentada na Figura 9a permite que a Prensa 2 inicie a operação após o Robô 2 finalizar a inserção e estar em posição segura. Já a especificação apresentada na 9b é o modelo para overflow da Prensa 2 e libera uma nova inserção após a retirada da peça pelo Robô 3.



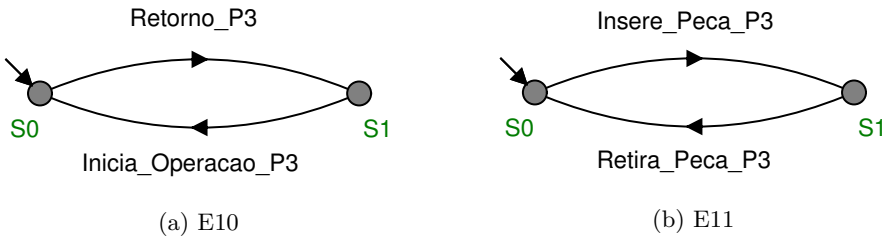
**Fig. 9:** Especificações 6 e 7

A especificação apresentada na Figura 10a limita o Robô 3 a retirar peça da Prensa 2 após o final da operação. Já a especificação apresentada na 10b limita o Robô 3 a iniciar o processo de inserção na Prensa 3 após ter peça presente na garra..



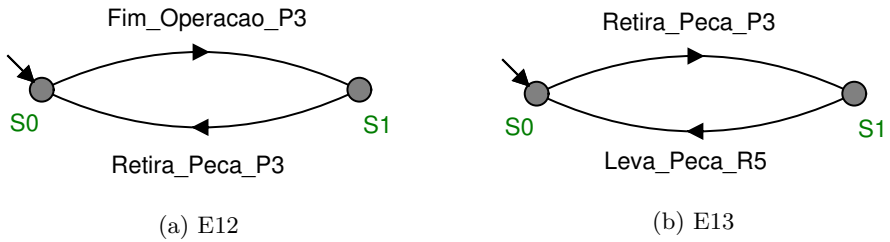
**Fig. 10:** Especificações 8 e 9

A especificação apresentada na Figura 11a permite que a Prensa 3 inicie a operação após o Robô 3 finalizar a inserção e estar em posição segura. Já a especificação apresentada na 11b é o modelo para overflow da Prensa 3 e libera uma nova inserção após a retirada da peça pelo Robô 4.



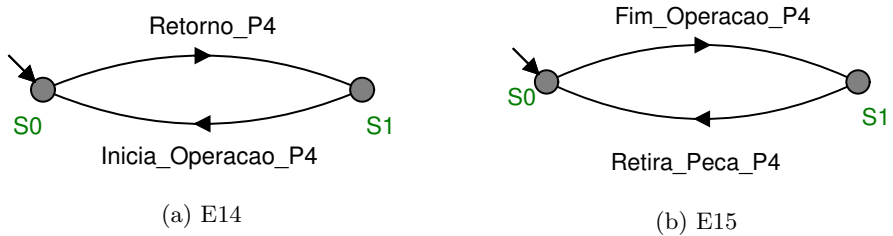
**Fig. 11:** Especificações 10 e 11

A especificação apresentada na Figura 12a limita o Robô 4 a retirar peça da Prensa 3 após o final da operação. Já a especificação apresentada na 12b limita o Robô 4 a iniciar o processo de entrega para Robô 5 após ter peça presente na garra.



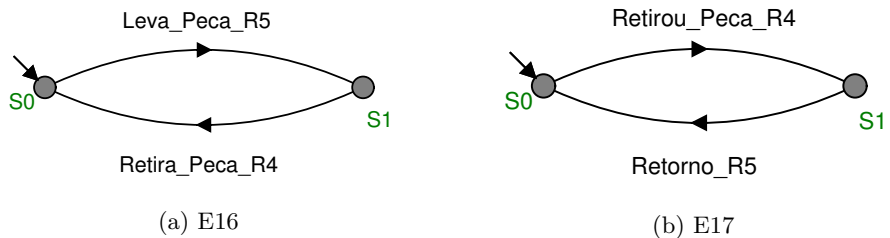
**Fig. 12:** Especificações 12 e 13

A especificação apresentada na Figura 13a permite que a Prensa 4 inicie a operação após o Robô 5 finalizar a inserção e estar em posição segura. Já a especificação apresentada na 13b limita o Robô 5 a retirar peça da Prensa 5 após o final da operação.



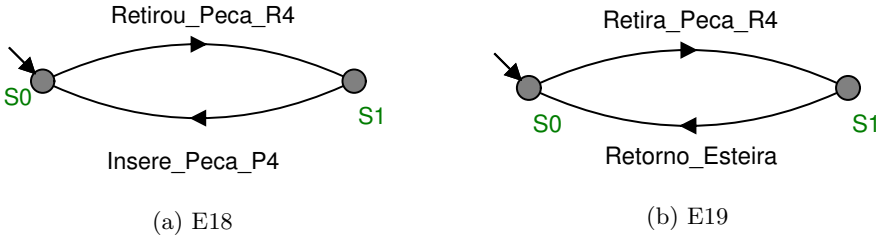
**Fig. 13:** Especificações 14 e 15

A especificação apresentada na Figura 14a força Robô 4 ao entregar uma peça aguarde o movimento do Robô 5 de buscar a peça. Já a especificação apresentada na 14b força o Robô 4 a aguardar posição segura do Robô 5 para retornar do movimento de entrega de peça.



**Fig. 14:** Especificações 16 e 17

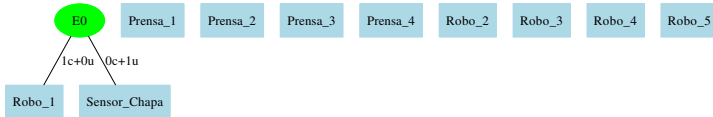
A especificação apresentada na Figura 15a limita o Robô 5 a iniciar o processo de inserção na Prensa 4 após ter peça presente na garra. Já a especificação apresentada na 15b permite que o Robô 5 pegue uma nova peça do Robô 4 após entregar a peça manufaturada na esteira.



**Fig. 15:** Especificações 18 e 19

## 2.3 Solução modular de controle

O software Supremica [1] disponibiliza funcionalidade para verificação da modularidade dos modelos desenvolvidos. A Figura 16 apresenta o resultado da análise da modularidade da especificação E0 com as plantas, podemos verificar que a especificação realiza controle de eventos sobre o Robô 1 e sobre Sensor Chapa sem ter dependencia com outras plantas.



**Fig. 16:** Planta industrial

O processo de verificação de modularidade foi executado para todas as especificações, a tabela 1 apresenta o resultado para cada especificação e as respectivas plantas com atuação. Foi verificado que o número máximo de interações de uma especificações é com duas plantas.

A Tabela 2 apresenta o número de estados, transições e eventos para cada supervisor modular e para o supervisor final.

## 3 Conclusões

## References

- [1] Malik, R.: Waters/Supremica IDE, 2.6, The University of Waikato (2020)



**Table 1:** Relações entre plantas e especificações

Especificação	Planta 1	Planta 2
E0	Sensor Chapa	Robô 1
E1	Robô 1	
E2	Robô 1	Prensa 1
E3	Robô 1	Robô 2
E4	Robô 2	Prensa 1
E5	Robô 2	
E6	Robô 2	Prensa 2
E7	Robô 2	Robô 3
E8	Robô 3	Prensa 2
E9	Robô 3	
E10	Robô 3	Prensa 3
E11	Robô 3	Robô 4
E12	Robô 4	Prensa 3
E13	Robô 4	
E14	Robô 5	Prensa 4
E15	Robô 5	Prensa 4
E16	Robô 4	Robo 5
E17	Robô 4	Robo 5
E18	Robô 5	
E19	Robô 5	

**Table 2:** Supervisores Modulares

Supervisor	Estados	Eventos	Transições
Sup 0	6	6	17
Sup 1	6	6	10
Sup 2	24	10	73
Sup 3	32	12	120
Sup 4	24	10	73
Sup 5	6	6	10
Sup 6	24	10	73
Sup 7	32	12	120
Sup 8	24	10	73
Sup 9	6	6	10
Sup 10	24	10	73
Sup 11	32	12	120
Sup 12	24	10	73
Sup 13	6	6	10
Sup 14	30	12	98
Sup 15	30	12	98
Sup 16	40	14	159
Sup 17	40	14	159
Sup 18	9	8	18
Sup 19	9	8	18
<b>Final</b>			