

Aplicação de controle modular em um processo industrial de manufatura

First Author¹, ii Author¹ and iii Author¹

¹Programa 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; iiauthor@gmail.com;
iiiauthor@gmail.com;

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



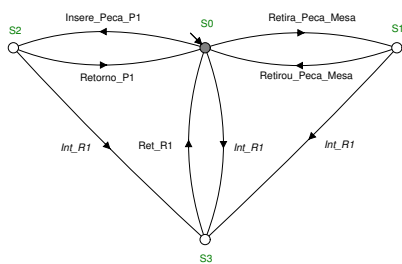
Fig. 1: Planta industrial

2 Modelos projetados

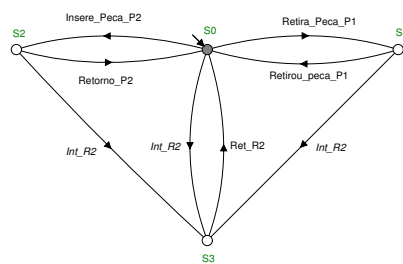
2.1 Plantas

Robôs 1 e 2

TODO: descrição do funcionamento dos robôs



(a) Robô 1

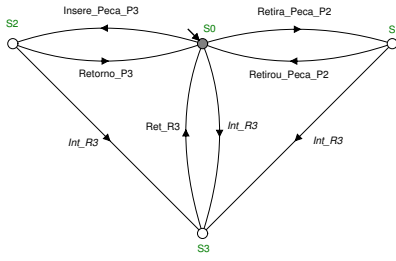


(b) Robô 2

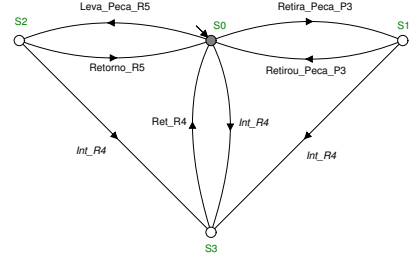
Fig. 2: Planta Robôs 1 e 2

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

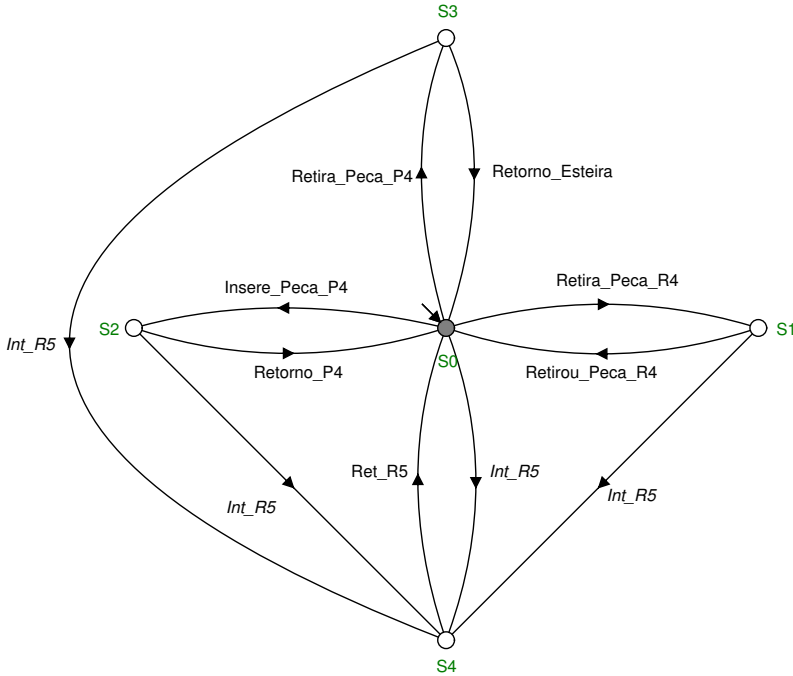
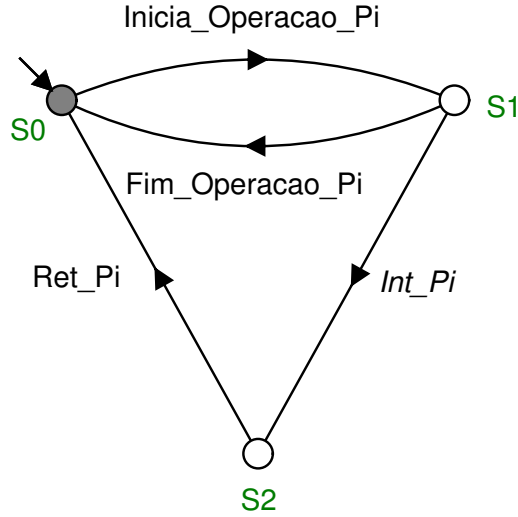


Fig. 4: Planta Robô 3

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

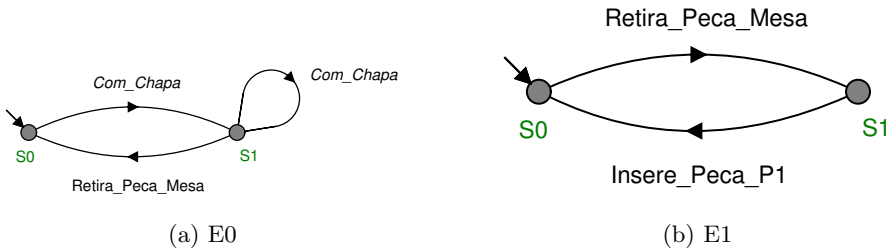
TODO: descrever funcionamento esperado para uma prensa, talvez.

**Fig. 5:** Planta Prensa

2.2 Especificações

A seção a seguir são apresentadas 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.

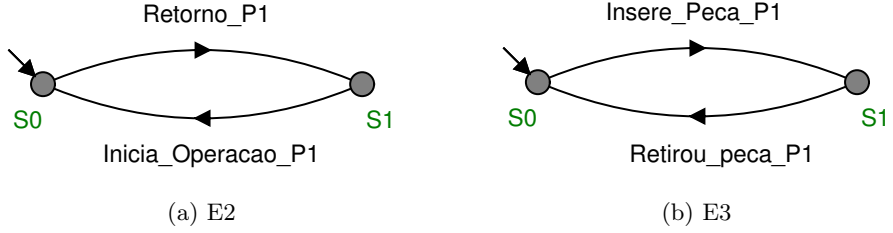


Fig. 7: Especificações 2 e 3

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.

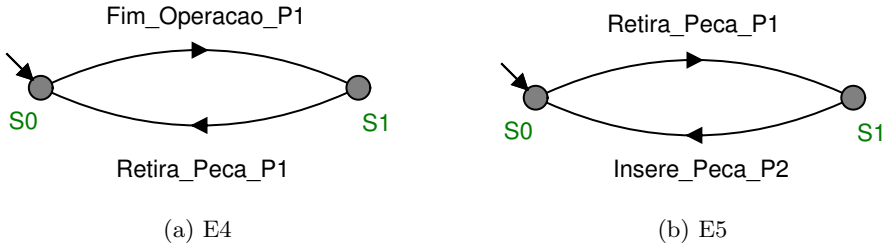


Fig. 8: Especificações 4 e 5

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.

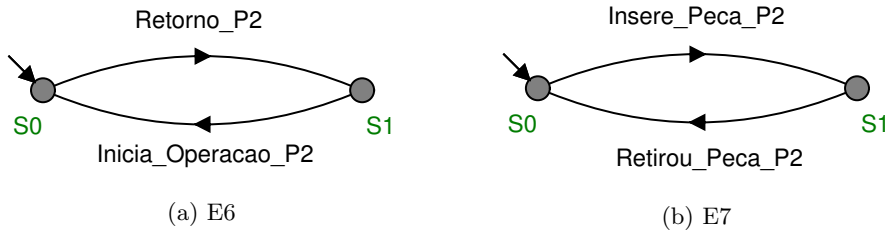


Fig. 9: Especificações 6 e 7

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..

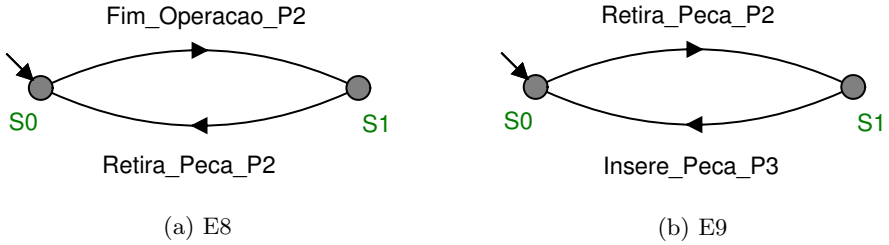


Fig. 10: Especificações 8 e 9

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.

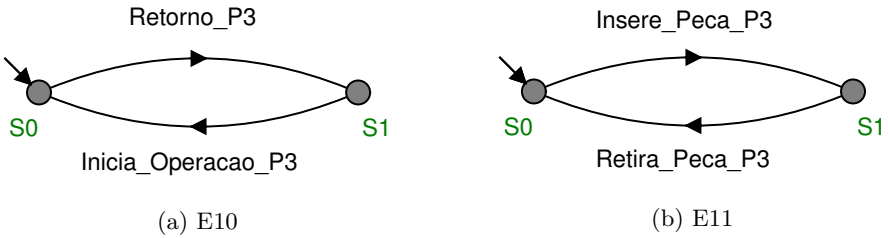


Fig. 11: Especificações 10 e 11

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.

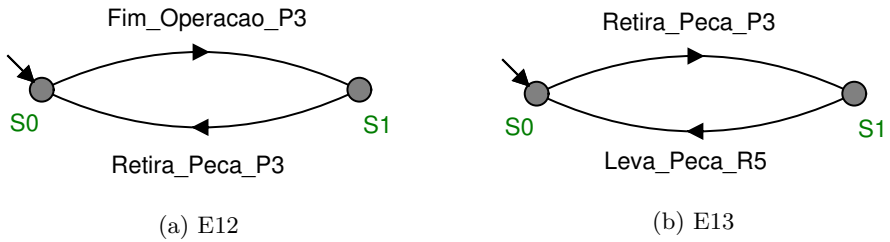


Fig. 12: Especificações 12 e 13

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.

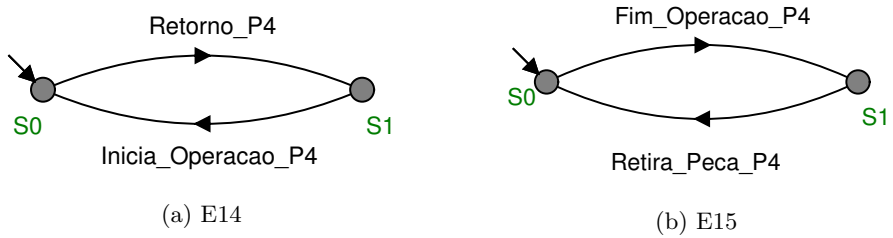


Fig. 13: Especificações 14 e 15

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.

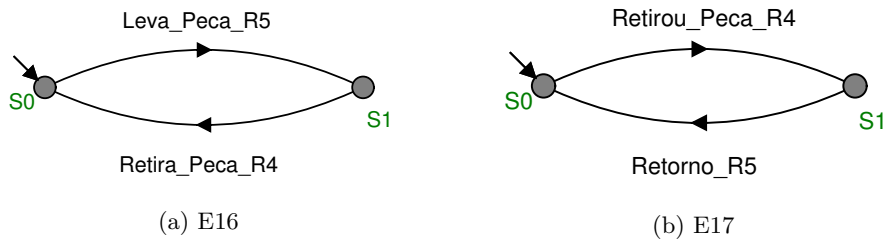


Fig. 14: Especificações 16 e 17

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.

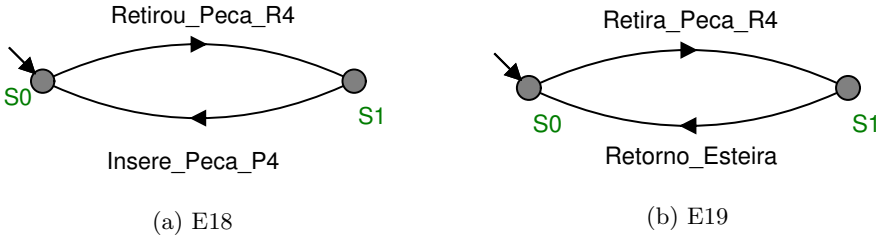


Fig. 15: Especificações 18 e 19

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.

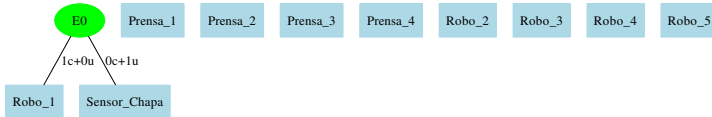


Fig. 16: Planta industrial

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
Final			