



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
ESCOLA DE ENGENHARIA

# Proposta para o Projeto de Final de Curso

[Digite o subtítulo do documento]

**Pedro Paulo Bergamini Braga**

**Sumário**

1. Descrição do Problema ..... 2

2. Objetivos ..... 5

3. Etapas ..... 5

4. Cronograma..... 6

5. Instituição parceira e recursos necessários ..... 6

6. Bibliografia ..... 7

## 1. Descrição do Problema

Atualmente, o lucro é o principal objetivo de qualquer processo produtivo, a eficiência e qualidade na hora da produção são muito importantes uma vez que o mercado está cada vez mais exigente. Para tanto, busca-se métodos ótimos de controle de produção associados às novas tecnologias para se obter resultados mais expressivos, satisfatórios e competitivos ao mesmo tempo. Para pleitear tais objetivos, várias empresas utilizam o chamado Sistema Flexível de Manufatura (SFM), que é um sistema moderno, geralmente controlado por métodos numéricos ligados ao controle computacional capaz de reagir a mudanças, sendo flexível até certo ponto.

Existem muitos estudos acerca dos SFM, procurando, cada vez mais otimizar sua execução para obter mais produtos em menos tempo, melhorar a qualidade, gastar menos material, maximizar o lucro, entre outros, ou seja, organizar as condições de execução da planta para tirar o maior proveito dos recursos e, por conseguinte aumentar o rendimento.

Partindo desses pressupostos, propõe-se um estudo de uma planta SFM disponível no laboratório de sistemas a eventos discretos. A planta mostrada na figura 1 é descrita segundo Queiroz (2004) citado por COSTA (2013). A figura 1 é composta por três retângulos numerados de 1 a 3, que representam esteiras, um robô, uma fresa, um torno, uma máquina de pintura (MP) e uma máquina de montagem (MM). Os círculos representam *buffers* de ligação, basicamente são depósitos onde a peça em processo de produção é depositada para mudar uma máquina para outra, tal depósito é unitário.

A planta é capaz de produzir dois tipos de produtos, os dois possuem a mesma base cilíndrica, contudo o produto A possui um pino cônico no topo e o produto B possui um cilindro no topo. Para produzir cada peça, o robô central deve alternar sua execução entre suas diversas posições. Várias sequências de eventos podem ser feitas para se produzir o mesmo produto, assim, é possível encontrar uma que seja mais eficiente que as outras sob o ponto de vista do tempo de execução, o que influi diretamente no resultado final e assim, no tempo total de produção.

Como apresentado por COSTA (2013), a execução segue os seguintes movimentos, podendo alternar a ordem: blocos brutos são depositados na esteira C1 pelo evento 11 e chega ao depósito B1 pelo evento 12. Tarugos brutos são colocados na esteira C2 pelo evento 21 e vão para B2 pelo evento 22. O robô transporta o bloco de B1 para B3, pelos eventos 31 e

32, ou transporta o tarugo de B2 para B3, pelos eventos 33 e 34. Do depósito B3 o bloco é levado para a fresa pelo evento 41, é processado, e retorna a B3 pelo evento 42. Do depósito B4 o tarugo é levado ao torno, e após processado, retorna a B3 um pino cônico (51,52) ou um pino cilíndrico (53,54). O robô então transporta a base de B3 para B5(35,36) e move um pino cônico de B4 a B6(37,38) ou um pino cilíndrico de B4 até B7(39,30). O pino cilíndrico ainda passa pelo processo de pintura indo de B7 até a esteira C3(71), de C3 ao depósito B8(72) e de B8 até a MP (81). Depois de pintado, o pino volta ao depósito B8(82), passando pela esteira C3(73) e retornando ao depósito B7(74). Na montagem final do produto, a base deve chegar primeira até a MM, passando de B5 até a máquina (61). Então um pino cônico vai de B6 a MM(63) ou um pino cilíndrico vai de B7 a MM(65). Assim, o produto final é montado e chega ao final da produção por meio do evento 64 se o pino for cônico ou por meio do evento 66 se o pino for cilíndrico.

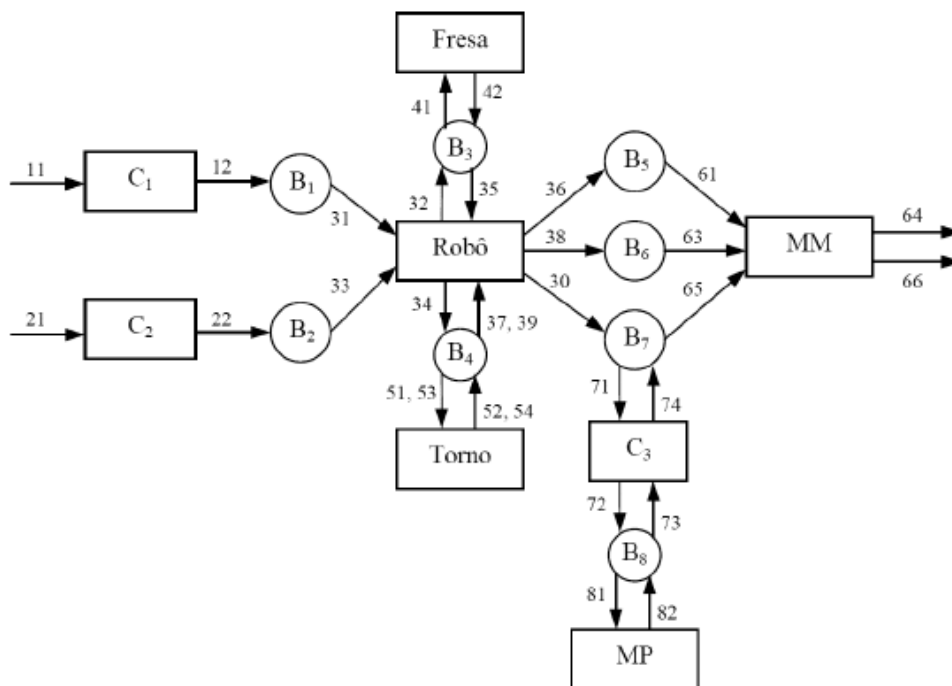


Figura 1 – Esquema da planta do SFM

Com o advento da tecnologia, novas formas de modelagem de sistemas foram surgindo. Uma modelagem desenvolvida é a por Sistemas a Eventos Discretos (SED), segundo Cury (2001), a definição SED é:

“Sistema a eventos discretos (SED) é um sistema dinâmico que evolui de acordo com a ocorrência abrupta de eventos físicos, em intervalos de tempos em geral irregulares e desconhecidos.”

Ainda segundo Cury (2001), entre a ocorrência de um evento e outro, o sistema permanece em um estado, tal estado permanece imutável até que ocorra um evento, assim tem-se que o tempo de execução está associado à mudança de estado da planta e à ocorrência de eventos.

Tais eventos podem ser classificados em dois tipos: os controláveis e os não-controláveis. É possível controlar a execução somente do primeiro tipo, assim pode-se determinar as sequências de eventos que desejamos, e com isso buscar a ordem de execução que proverá maior número peças em menos tempo. Os eventos controláveis são os principais causadores de uma execução boa ou ruim, são eles que serão posteriormente estudados para se otimizar uma sequência. Os eventos não-controláveis geralmente estão associados a ações resultados de eventos controláveis.

Garantir a execução correta da planta é de extrema importância em qualquer sistema. Evitar que a planta atinja um estado de bloqueio e/ou danoso ao sistema é o principal objetivo da Teoria do Controle Supervisório. Dessa forma, a partir de especificações, restringe-se a execução da planta para garantir a execução segura. Essa desabilitação de eventos acontece com a ajuda de um supervisor, que trabalha sobre o modelo da planta. Segundo Cury (2001) um supervisor interage com a planta e observa seu estado em malha fechada, de acordo com os eventos fisicamente possíveis de acontecer, o supervisor permite aqueles que respeitam as especificações.

Com o objetivo de otimizar ainda mais a produção, diversas técnicas de otimização podem ser utilizadas. No caso da planta modelada em SEDs, esses algoritmos procuram determinar a sequência ótima para cada lote de produção, podendo variar a ordem de execução, ainda de forma que respeite as especificações. Para a planta da figura 1, foi desenvolvido um trabalho em Costa (2012) com algoritmos evolutivos na busca das melhores sequências. Tal trabalho será utilizado nesse projeto, o algoritmo desenvolvido por Costa (2012) será integrado a um simulador desenvolvido com a teoria de SED e do controle supervisório.

A planta mostrada na figura 1 foi dividida em quatro grandes áreas com o intuito de modularizar os subproblemas, tais áreas são: modelagem, controle, simulação e otimização. Foram desenvolvidos trabalhos que procuram tratar cada parte, contudo, nota-se que todos os módulos não estão integrados e há a importância de comprovar os resultados obtidos, bem como adaptá-los à realidade. Para tanto, propõe-se nesse projeto de final de curso uma integração dessas áreas. Os trabalhos previamente desenvolvidos servirão como base para validar toda a teoria envolvida, e todas as adaptações necessárias serão feitas quando for oportuno.

## 2. Objetivos

Esse trabalho tem como objetivo integrar as diversas soluções para as quatro grandes áreas do problema de uma planta SFM (modelagem, controle, simulação e otimização), e a partir da validação no modelo real, verificar se tais soluções são eficientes. A modelagem será feita utilizando a teoria de Sistemas a Eventos Discretos o que permitirá o controle utilizando a Teoria do Controle Supervisório. Para evitar o desgaste físico da planta e permitir que os algoritmos de otimização rodem em modo *off-line*, será construído um simulador que representará a planta real juntamente com seu controle, assim os algoritmos evolutivos poderão determinar a melhor sequência lógica.

Por fim, utilizando um PLC juntamente com um Arduíno, pretende-se validar as sequências ótimas na planta real com o objetivo de comprovar que há uma melhora no tempo de execução quando comparadas com as sequências não otimizadas.

## 3. Etapas

1. Revisão bibliográfica.
2. Familiarização com a planta.
3. Estudo de como utilizar Arduíno no acionamento do motor do robô.
4. Integração da solução existente com o Arduíno.
5. Medição dos tempos de deslocamento.
6. Confecção do Simulador computacional para a planta.
7. Integração do simulador com o otimizador.
8. Revisão dos resultados teóricos com o novo simulador.
9. Validação dos resultados teóricos obtidos com o novo simulador na planta real.
10. Elaboração do texto da monografia.

## 4. Cronograma

	2014					2015					
Etapas	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun
Revisão bibliográfica											
Familiarização com a planta											
Estudo de como utilizar Arduino no acionamento do motor do robô											
Integração da solução existente com o Arduino											
Medição dos tempos de deslocamento											
Confeção do Simulador computacional para a planta											
Integração do simulador com o otimizador											
Revisão dos resultados teóricos com o novo simulador											
Validação dos resultados teóricos obtidos com o novo simulador na planta real											
Elaboração do texto da monografia											

Obs . A célula pontilhada indica que a etapa começa na metade daquele mês.

## 5. Instituição parceira e recursos necessários

Todo esse trabalho será realizado nas dependências da Escola de Engenharia da UFMG, dentro do laboratório LACSED (Laboratório de Análise e Controle de Sistemas a Eventos Discretos). O laboratório tem todos os recursos necessários para a realização do mesmo. Os recursos são: uma planta de um sistema flexível de manufatura, um Arduino e um computador com os softwares necessários.

## 6. Bibliografia

**CURY, José Eduardo Ribeiro.** Teoria de Controle Supervisório de Sistemas a Eventos Discretos. **2001. 71 f. - V Simpósio Brasileiro de Automação Inteligente**, Departamento de Departamento de Automação e Sistemas, Universidade Federal de Santa Catarina, Canela, 2001.

**COSTA, Daniel Eugênio Moreira da.** **Integração da otimização com o controle supervisório em um protótipo de um sistema flexível de manufatura.** 2013. 74 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Controle e Automação, Departamento de Departamento de Engenharia Eletrônica, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2013. Cap. 2.

**COSTA, Tatiana Alves.** **Métodos Metaheurísticos associados à Teoria de Controle Supervisório aplicados à Resolução do Problema de Sequenciamento de Tarefas em Sistemas Flexíveis de Manufatura.** 2012. 69 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012.

(de Queiroz, 2004) de Queiroz, M. H. (2004). **Controle Supervisório Modular e Multitarefa de Sistemas Compostos.** Tese de Doutorado, Universidade Federal de Santa Catarina.



---

Pedro Paulo Bergamini Braga

---

Profa. Patrícia Nascimento Pena

Belo Horizonte, 27 de julho de 2014.