



FACULDADE DE TECNOLOGIA DE BOTUCATU

4ª Jornada Científica e Tecnológica da FATEC de Botucatu
7 a 9 de Outubro de 2015, Botucatu – São Paulo, Brasil



SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL APLICADA A UM SISTEMA MODULAR DE PRODUÇÃO DIDÁTICO

**Fernando Doriguel¹, Celso Fernandes Joaquim Junior², Gilson Eduardo Tarrento³,
Luiz Enéias Zanetti Cardoso⁴, Caio Antônio Villas Boas⁵**

¹Administrador de Empresas, Tecnólogo em Logística, Especialista em Engenharia de Produção,
Mestrando Faculdade de Ciências Agrônomicas, UNESP, Botucatu, São Paulo, e-mail:

fdoriguel@yahoo.com.br

^{2,3,4}Docente da Faculdade de Tecnologia de Botucatu.

⁵Discente da Faculdade de Tecnologia de Botucatu.

1 INTRODUÇÃO

A simulação computacional tem sido cada vez mais aceita, difundida e empregada como uma técnica que permite aos analistas dos mais diversos seguimentos, administradores, engenheiros, biólogos, técnicos em informática, entre outros, verificarem ou encaminharem soluções, com profundidade desejada, aos problemas com os quais lidam diariamente (FREITAS FILHO, 2008).

Bateman et al. (2013) descrevem a simulação como sendo a experimentação de um sistema real através de um modelo. A possibilidade de criar e simular fenômenos desejados permite conferir quão representativas seriam as mudanças, colaborando, dessa forma, com a tomada de decisão. Embora o início do emprego da simulação seja incerto, é evidente sua importância e crescimento.

Há no mercado inúmeros *softwares* de simulação, em particular, o Arena foi desenvolvido para simular sistemas e eventos discretos, tais como processos de manufatura e serviços, utilizando-se a interface gráfica e planilhas auxiliares (CASTRUCCI, 2004).

Estudo realizado por Aguilar et al. (2009) com base nas análises e no modelo computacional que o *software* Arena traz diversos benefícios para a simulação, sendo também uma poderosa ferramenta para auxiliar em escolhas e decisões de caráter estratégico, além de forma rápida, segura, sem custo algum e comportamentos futuros.

O presente trabalho teve por objetivo coletar dados amostrais dos tempos de chegada e de processos relativos à montagem seriada de atuadores pneumáticos em um Sistema Modular de Produção (MPS). Os dados coletados permitiram criar e validar o modelo de simulação do sistema no *software* Arena[®] 14.5, o qual, após validado, permitiu prever dados relativos a tempos e capacidades de produção em um período de

um ano.

2 MATERIALE MÉTODOS

2.1 Material

O Sistema Modular de Produção objeto deste estudo é utilizado para fins didáticos em instituição de ensino superior tecnológico na cidade de Botucatu, estado de São Paulo. Trata-se de Sistema da marca Festo, modelo S-MPS, integrada com 9 estações de trabalho, das quais 6 delas foram utilizadas neste processo de simulação.

O sistema possui duas linhas de produção, derivadas de um mesmo sistema de alimentação de matérias-primas, permitindo a montagem de atuadores pneumáticos e/ou de medidores. Neste trabalho, optou-se por estudar apenas o processo decorrente da montagem de atuadores, utilizando apenas uma das opções de processo do sistema.

Também foram utilizados uma câmera digital do celular marca Motorola, modelo Moto X para registro das imagens do processo e o *software* de planilha eletrônica *Excel* para registro dos tempos de processo.

2.2 Métodos

O estudo foi compreendido por etapas: na primeira etapa definiu-se a quantidade de 16 atuadores pneumáticos, cuja quantidade dessa amostragem foi considerada devido à pequena diferença entre o real e o simulado.

Foi estabelecido, ainda, para efeito de amostragem, que os módulos estivessem todos em regime de funcionamento, ou seja, a linha em questão já se estava mantida em operação. A cronometragem da primeira entidade entrando no sistema teve o seu início na estação de Distribuição, sendo cronometrados os tempos conforme a seguinte sequência de operações: seleção das entidades, na qual começa o processo de montagem, estação de processamento, estação de manipulação do robô, montagem do atuador pneumático e, finalmente, o atuador é encaminhado à estação de armazenamento. O período de coleta de amostras foi correspondente a 24,96 minutos.

A sequência de operações pode ser visualizada, esquematicamente, através da Figura 1, na qual o MPS foi dividido em diversos módulos, descritos de acordo com Festo (2009).

Os tempos de entrada e saída de cada atuador pneumático em cada uma das

estações ou módulos de produção foram cronometrados e tabulados, através das imagens filmadas do processo.

Figura 1. Módulos para montagem dos atuadores pneumáticos



Fonte: Festo, 2009.

Onde, D-Estação de Distribuição; SL-Estação de Seleção; P-Estação de Processamento; R-Estação de Manipulação com Robô; A-Estação de montagem; e, ST-Estação de Armazenagem.

Os dados coletados no levantamento amostral do processo de montagem dos 16 atuadores foram tabulados em intervalos entre chegadas e tempos de operações (ou tempos de processos) e, através do módulo *Input Analyzer* do software *Arena*[®], foram levantadas as funções estatísticas que representam os comportamentos de intervalos entre chegadas e tempos de processos (FREITAS FILHO, 2008). Estas funções são apresentadas no tópico Resultados e foram utilizadas no modelo de simulação para previsão de comportamentos.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foram avaliados os resultados de amostras dos atuadores pneumáticos no sistema modular de produção durante o processo. As coletas foram efetuadas em três dias diferentes no mês de março de 2015. Os levantamentos foram realizados no laboratório da Faculdade de Tecnologia de Botucatu.

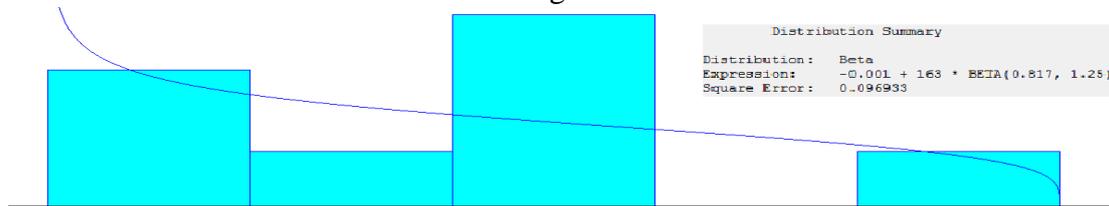
Desse modo, a Tabela 1 apresenta os dados coletados no Sistema Modular de Produção quanto aos intervalos entre chegadas dos atuadores ou entidades.

Tabela 1. Intervalos entre as Chegadas das entidades

Entidade	Intervalos	Entidade	Intervalos	Entidade	Intervalos	Entidade	Intervalos
1	0	5	15	9	78	13	163
2	14	6	52	10	54	14	80
3	16	7	73	11	20	15	80
4	142	8	84	12	79	16	82

A Figura 1 apresenta a função estatística obtida no *Input Analyzer* referente aos intervalos entre chegadas e que foi utilizada para retratar o seu comportamento no modelo de simulação.

Figura 1. Função estatística dos intervalos entre chegadas



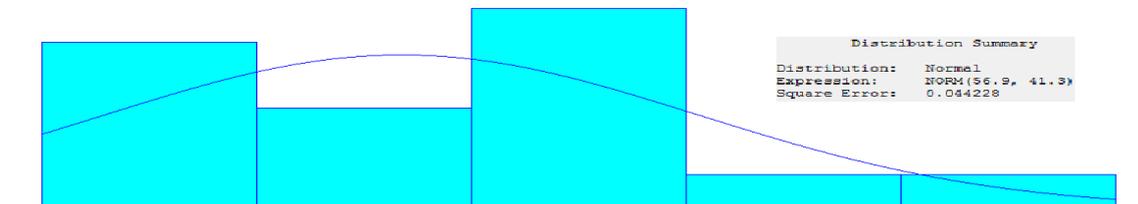
A Tabela 2 apresenta os dados coletados referentes aos tempos de processo na estação de distribuição (D).

Tabela 2. Tempo de processo na estação D

Entidade	Processo	Entidade	Processo	Entidade	Processo	Entidade	Processo
1	8	5	43	9	47	13	71
2	8	6	65	10	13	14	72
3	120	7	76	11	72	15	73
4	8	8	71	12	156	16	7

A Figura 2 apresenta a função estatística obtida no *Input Analyzer* referente aos tempos de processo na estação de distribuição (D) e que foi utilizada para retratar o seu comportamento no modelo de simulação.

Figura 2. Função estatística do tempo processo da estação D



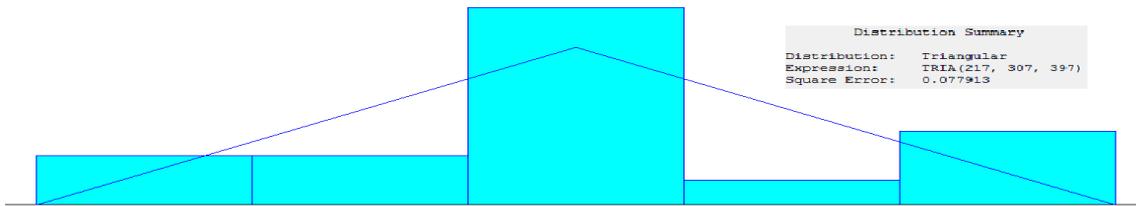
Os dados coletados nas estações de seleções e processamento (SL e P) referente aos tempos de processos são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Tempo de processo nas estações SL e P

Entidade	Processo	Entidade	Processo	Entidade	Processo	Entidade	Processo
1	217	5	304	9	334	13	308
2	277	6	310	10	396	14	311
3	231	7	312	11	397	15	310
4	281	8	314	12	312	16	375

A Figura 3 apresenta o comportamento dos tempos de processo na estação de Seleção e Processamento (SL e P), obtidos através do *Input Analyzer*, bem como a sua correspondente função estatística.

Figura 3. Função estatística do tempo processo da estação SL e P



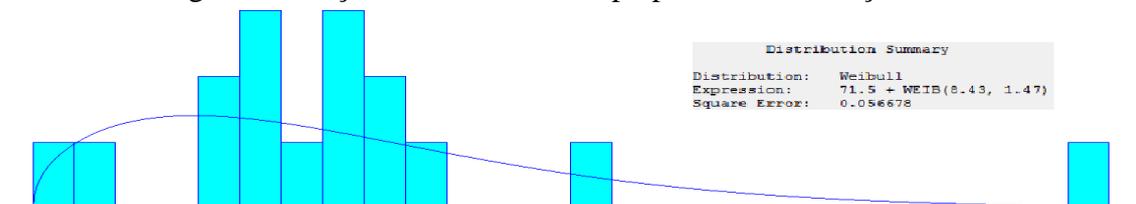
Na tabela 4 são apresentados os tempos de processo referentes à estação de Manipulação com o Robô e a Montagem dos atuadores pneumáticos.

Tabela 4. Tempo de processo nas estações R e A

Entidade	Processo	Entidade	Processo	Entidade	Processo	Entidade	Processo
1	72	5	79	9	80	13	76
2	97	6	85	10	80	14	79
3	77	7	79	11	77	15	81
4	78	8	73	12	77	16	375

A Figura 4 apresenta o comportamento estatístico do tempo em processo da estação de Manipulação do Robô e Processamento.

Figura 4. Função estatística do tempo processo da estação R e A



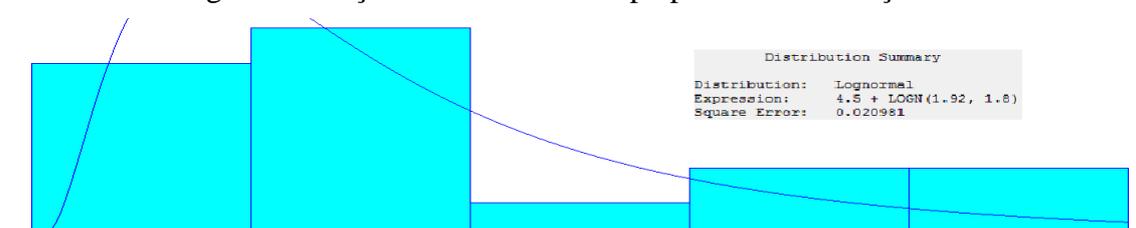
Os tempos de armazenamento referentes à estação de Armazenagem são apresentados por meio da Tabela 5.

Tabela 5. Tempo de processo na estação ST

Entidade	Processo	Entidade	Processo	Entidade	Processo	Entidade	Processo
1	8	5	6	9	9	13	8
2	9	6	6	10	5	14	6
3	7	7	5	11	6	15	6
4	5	8	5	12	6	16	5

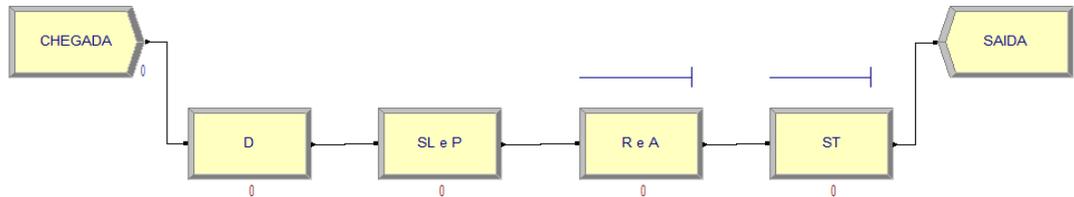
O comportamento estatístico dos tempos em processo da estação de Armazenagem é visualizado na Figura 5.

Figura 5. Função estatística do tempo processo da estação ST



O fluxograma do modelo de simulação executado no *software* Arena é transcrito na Figura 6.

Figura 6. Fluxograma processo *software* Arena



Após a simulação do modelo por um período de 24,96 minutos, os dados obtidos na simulação foram comparados aos dados reais do sistema, apresentados na Tabela 6.

Tabela 6. Comparação dos dados reais e simulados

Serviços	Real	Simulado	Diferença (%)
Entidades (Atuadores) processados	16	17	6,25
Tempo total em processo (minutos)	24,96	24,96	-

A pequena diferença entre os dados reais e simulados, considerando-se o pequeno tamanho da amostra, permite considerar que o modelo de simulação proposto é válido e representa bem o fenômeno real estudado.

Após validação das informações, através do comparativo apresentado na Tabela 6, o modelo de validação foi considerado como base para a projeção de produção anual, a fim de estimar-se a capacidade produtiva, considerando a jornada de trabalho mensal de 220 horas, totalizando assim 2.640 horas de trabalho/ano.

A partir do modelo final, após simulação do período anual, obteve-se uma produção média de 118 770 entidades/ano.

4 CONCLUSÕES

Com base neste estudo realizado e nos resultados obtidos, conclui-se, que, através de dados amostrais, que é possível a utilização de uma planta piloto para estimar capacidades produtivas e tempos de processos em plantas reais, através da simulação computacional com uso do *software* Arena 14.5, desde que devidamente validado o modelo computacional elaborado.

5 REFERÊNCIAS

AGUILAR, S. M. S.; GUIMARÃES, I. F. G.; SCHUCHTER, D. C.; MENDES, L. G. Avaliação dos benefícios da aplicação da simulação, através do *software* Arena 10.0 em uma empresa de transporte ferroviário. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 2009, Salvador. *Anais...* Salvador, BA: ENEGEP, 2009. p. 1-13.



FACULDADE DE TECNOLOGIA DE BOTUCATU

4ª Jornada Científica e Tecnológica da FATEC de Botucatu
7 a 9 de Outubro de 2015, Botucatu – São Paulo, Brasil



BATEMAN, R. E.; BOWDEN, R. O.; GOGG, T. J.; HARRELL, C. R.; MOTT, J. R. A.; MONTEVECHI, J. A. B. **Simulação de sistemas:** aprimorando processos de logística, serviços e manufatura. Rio de Janeiro, ed. Elsevier, 2013, 200p.

CASTRUCCI, P. L. **Modelos computacionais para gestão:** princípios e aplicações. Barueri, São Paulo, ed. Manole, 2004, 390p.

FESTO. Festo Didatic: Sistemas Modulares de Produção MPS® 200. **Workshop:** Ceetec, 2009.

FREITAS FILHO, P. J. **Introdução à modelagem e simulação de sistemas com aplicação em Arena.** 2 ed, Florianópolis. ed. Visual Books, 2008, 384p.