

**APLICABILIDADE DO SOFTWARE ARENA NO SETOR DE MONTAGEM DE MOTORES ELÉTRICOS EM UMA METALÚRGICA NO INTERIOR DO ESTADO DE SÃO PAULO**

***APPLICABILITY OF ARENA SOFTWARE IN THE ASSEMBLY OF ELETRIC MOTORS IN A MEALLURGICAL INDUSTRY IN THE INTERIOR OF THE STATE OF SÃO PAULO BRAZIL***

Kalina Cayses Santos<sup>1</sup>

Lucas Itali Cao<sup>2</sup>

Paula Cristina Soares<sup>3</sup>

Raino Cezara Silva<sup>4</sup>

Rhadler Herculani<sup>5</sup>

**RESUMO**

Este artigo tem objetivo analisar e adequar possíveis gargalos durante processo de montagem dos motores elétricos, no intuito de aperfeiçoar as atividades e eliminar tempos desnecessários. A melhoria nas organizações tem sido constantemente estudada e para facilitar a simulação o uso dos computadores foi essencial para chegar no modelo ideal para utilização nos processos estudados. E com o uso do *software* ARENA que utiliza de recursos gráficos para demonstrar os resultados atuais, através dos tempos cronometrados e coletados através do sistema ERP da empresa em questão a fim de encontrar tempos desnecessários e propor as melhorias apresentadas no software. Com os resultados obtidos através da simulação efetuada identificou-se que apenas um colaborador atende o processo de montagem dos motores. Conclui-se que a simulação auxiliou na adequação dos gargalos da empresa, pois houve um aumento de quase 40% na produtividade e

---

<sup>1</sup> Graduação no Centro Universitário UNIFAFIBE. Bebedouro SP. E-mail: kalina.cayses@gmail.com

<sup>2</sup> Graduação no Centro Universitário UNIFAFIBE. Bebedouro SP. E-mail: lucascao@outlook.com

<sup>3</sup> Graduação no Centro Universitário UNIFAFIBE. Bebedouro SP. E-mail: paulac-soares@outlook.com

<sup>4</sup> Graduação no Centro Universitário UNIFAFIBE. Bebedouro SP. E-mail: raino.silva@fele.com

<sup>5</sup> Docente no Centro Universitário UNIFAFIBE. Bebedouro SP. E-mail: herculani@gmail.com

redução de dois operadores da linha de produção que foram realocados para outras funções.

Palavras-Chave: análise. simulação. otimização. resultados. melhoria.

## ABSTRACT

*This article has the objective of analyzing and adjusting possible bottlenecks during the assembly process of electric motors in order to optimize activities and eliminate unnecessary time. The improvement in organizations has been constantly studied and to facilitate the simulation the use of computers was essential to arrive at the ideal model for use in the studied processes. And with the use of ARENA software that uses graphical resources to demonstrate the current results, through the timed times and collected through the ERP system of the company in question in order to find unnecessary time and propose the improvements presented in the software. With the results obtained through the simulation performed it was identified that only one employee attends the assembly process of the motors. It is concluded that the simulation helped in the adjustment of the bottlenecks of the company, as there was an increase of almost 40% in productivity and reduction of two operators of the production line that were reallocated to other functions.*

*Keywords: analysis. simulation. optimization. results. improvement.*

## 1. INTRODUÇÃO

De acordo com Freitas Filho (2008), a ferramenta de simulação permite realizar estudos no sistema sem ter de comprometer o processo, pois a simulação ocorre em ambiente computacional. Através dos estudos realizados, proporcionam benefícios no auxílio para as tomadas de decisões (AGUILAR et al., 2009)

A simulação pode ser analisada através de um modelo de sistema, no intuito de estudar diversas variáveis, responder questões a fim de obter resultados para validar um modelo pesquisado para implementação ou corrigi-lo se necessário (PARAGON, 2005).

A empresa utilizada para realização do estudo é uma metalomecânica do

interior do estado de São Paulo, fabricante de conjuntos moto bombas submersas. Com seu Sistema de Gestão da Qualidade certificado através da Norma ISO 9001:2008 garante a qualidade dos seus processos e conseqüentemente a qualidade dos produtos, gerando assim confiança e credibilidade na marca.

Esta empresa foi escolhida, devido um dos autores atuar diretamente no processo de fabricação de motores elétricos na função de líder no processo, facilitando assim o levantamento de dados e às informações para simulação no *software* Arena.

Este artigo tem objetivo analisar e adequar possíveis gargalos durante processo de montagem dos motores elétricos, no intuito de aperfeiçoar e otimizar as atividades e eliminar tempos desnecessários.

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

De acordo com Paragon (2016), através dos estudos de simulação no ambiente Arena pode-se evidenciar e demonstrar mudanças significativas, permitindo o estudo detalhado dos resultados obtidos diante de uma linguagem de fácil interpretação.

### **2.1 Simulação e modelagem de processos**

Através da evolução da informática, agregaram muito às áreas da empresa, utilizando informações do cenário real que geram diversos relatórios de análise viabilizando melhorias as áreas no intuito de encontrar soluções viáveis para o cenário analisado (PRADO, 2014).

Utilizando um sistema virtual, podem-se obter diversos resultados através da modelagem no sistema, modificações necessárias e viáveis para organização, considerando fator importante de eficiência e custo adequado para agradar aos usuários do sistema.

Segundo Vieira (2006), a simulação permite flexibilidade na análise de

diversos cenários e modelos, tendo assim conquistado cada vez mais aceitabilidade e incorporado o cotidiano dos analistas. É empregada nas indústrias com grande frequência e considerada uma ferramenta útil para analisar problemas, verificar e encaminhar soluções em diferentes tipos de processos produtivos, portanto, com isso é obtida melhor orientação de investimentos, garantindo assim um diferencial competitivo.

Segundo Paragon (2016) o *software* Arena é a ferramenta mais utilizada no mundo para simulação de eventos discretos, contendo uma linguagem fácil e um ambiente gráfico integrado, análise estatística, animação, de resultados e modelagem de processos e, em paralelo com essa mesma ideia, o mesmo autor em (2005) diz que a simulação é capaz de apresentar resultados sem que seja feito qualquer alteração no quadro atual da organização, conciliando as tomadas de decisões e melhorando o desempenho.

## 2.2 Principais módulos do *software* Arena

Ainda de acordo com Paragon (2005) o Arena é composto por vários módulos que estabelecem a formação da modelagem desejada, os quais são chamados de templates, que nada mais é do que um conjunto de elementos que auxiliam no desenho, por meio de fluxograma, do cenário atual da área correspondente.

A função de cada um desses templates serão descritas abaixo:

- Create: Usado sempre no início do processo;
- Process: Simboliza a operação interna do processo, o tempo gasto em atendimento ou processamento pelo operador;
- Decide: Utilizado para subdivisão do processo e mudança do rumo das entidades;
- Batch: Utilizado para criar aglomerações de entidades;
- Separate: Utilizado para desfazer o lote temporário criado pelo template Batch;
- Assign: Utilizado para alterar ou associar valores às variáveis, atributos de entidades, alterar o desenho das entidades;
- Record: Utilizado para coletar estatísticas em pontos escolhidos pelo usuário;

- Dispose: Utilizado para retirar as entidades do sistema.

### 2.3 Análise dos resultados Arena

De acordo com Prado (2003) afirma que a simulação é uma técnica de solução de um problema pela análise de um modelo, o qual descreve o comportamento do sistema usando um computador digital, sendo que de acordo com Correa, Mello e Pereira (2014) o método consiste em uma forma de alocar tarefas aos operadores, distribuindo-as entre trabalhadores que estão sobrecarregados com os mais ociosos, a fim de encontrar um equilíbrio nos tempos das atividades.

Ao se efetuar certos tipos de estudo de planejamento, alguns problemas relacionados a dimensionamento ou fluxo cujo solução aparentemente é complexa, podem aparecer, portanto, pensando nisso, é necessário efetuar testes para se verificar possíveis problemas em uma mudança no fluxo ou nas dimensões da empresa (PRADO, 2009).

## 3. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado em uma empresa Metalmecânica no interior do Estado de São Paulo que, por questões éticas não será divulgado a razão social da mesma e foi identificada como “Empresa X”. A pesquisa foi realizada no período de maio a junho de 2017 através de levantamento de dados do sistema ERP Totvs e cronometragem dos tempos de montagem.

A empresa em questão atua no segmento público e privado com marca conceituada no mercado nacional e internacional, possui longa trajetória e excelência de produtos, visando sempre à melhoria continua e foco nos clientes para se manter líder no mercado.

Na aferição dos tempos, foi utilizado o cronômetro digital e os dados coletados foram aplicados em um computador com o *software* ARENA versão 15. O método utilizado foi através de aferição dos tempos de montagem de motores

elétricos, para depois simular com a ajuda do *software* ARENA.

Foram coletadas nove (09) amostras com o tempo de chegada das peças até a saída do motor montado pronto para acoplar ao bombeador, para formação dos conjuntos motobombas submersas.

**Quadro 1** – Tempos cronometrados em segundos – Processo atual.

SEQUENCIA	ATIVIDADE	QUANTIDADE DE PESSOAS	TEMPO
1	COLETAR AS PEÇAS NO ESTOQUE	1	300
2	PREPARAÇÃO DE PEÇAS	1	420
3	MONTAR PARTE SUPERIOR MOTOR	1	120
4	APERTAR PARAFUSOS	1	360
5	VERIFICAR TORQUE	1	60
6	COLOCAR ROTOR MOTOR	1	60
7	MONTAR PARTE INFERIOR MOTOR	1	420
8	APERTAR PARAFUSOS	1	360
9	VERIFICAR TORQUE	1	60
TOTAL			2160

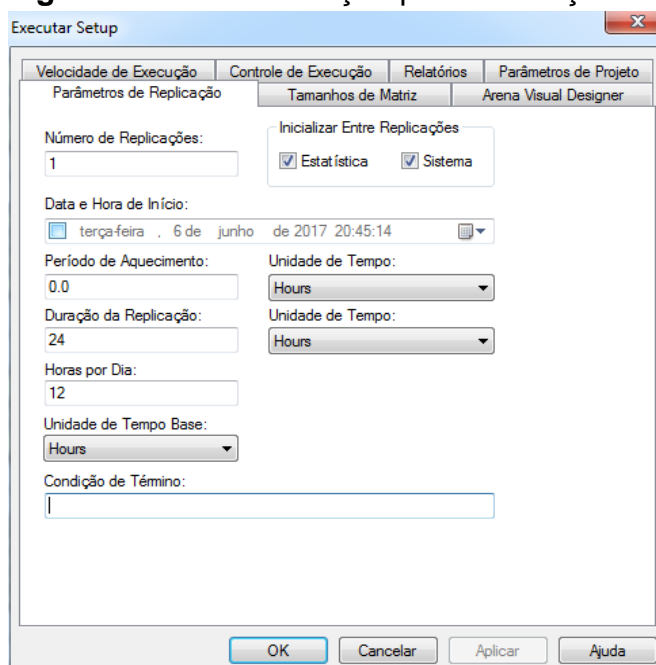
**Fonte:** Autoria própria

Com os dados encontrados conforme quadro 1, foram inseridos na *ferramenta Input Analyzer* do Arena para obtenção das distribuições estatísticas que representam a realidade do setor para cada um dos processos.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Realizado a parametrização no *software* ARENA para que o ambiente de simulação seja análogo ao disponível na empresa, apresentado na figura 1.

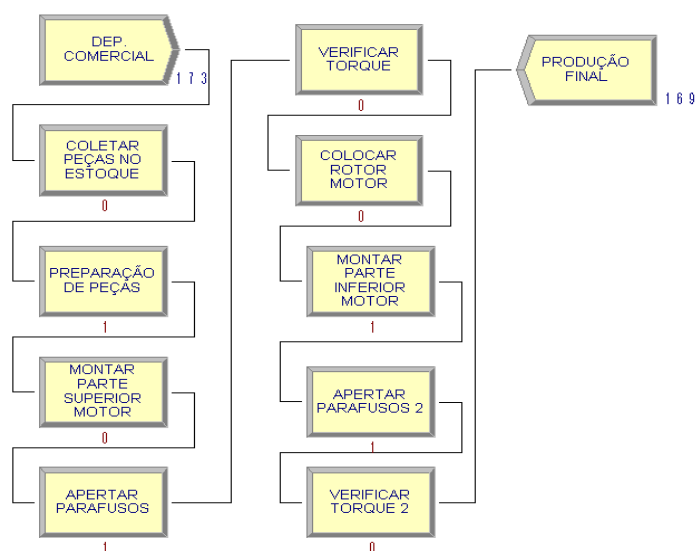
**Figura 1** – Parametrização para simulação



Fonte: Autoria própria

Desenhado o fluxograma do processo em ambiente Arena conforme apresentado na figura 2.

**Figura 2 – Fluxograma do Processo**



Fonte: Autoria própria (2017)

Para a realização da simulação, a programação dos módulos no Arena ocorreu da seguinte maneira: No item “Departamento Comercial” (módulo *Create*) foram inseridas a média de pedidos implantados por dia, ou seja, o intervalo em que a “Produção” é notificada sobre a necessidade de repor uma peça no kanban. Uma vez evidenciada a necessidade inicia-se o processo de montagem com a “Coleta de Peças no Estoque”. O passo seguinte é a “Preparação de Peças” que basicamente realiza uma montagem prévia nos componentes, lubrificação de peças, verificação de qualidade, enfim a liberação para “Montagem da parte superior”. Após essa atividade é realizado o “Aperto dos parafusos” e “Verificação de Torque”, ambas atividades são consideradas críticas, pois se não for realizada corretamente podem acarretar em mal funcionamento do equipamento durante o uso. Na sequência “Colocar o rotor” e “Montar parte inferior” e novamente o ciclo “Aperto dos parafusos” e “Verificação de Torque”.

Após a simulação ser gerada, as médias encontradas, no *software* ARENA, para a simulação de 12 horas/ dia apresentados na figura 3, foram:

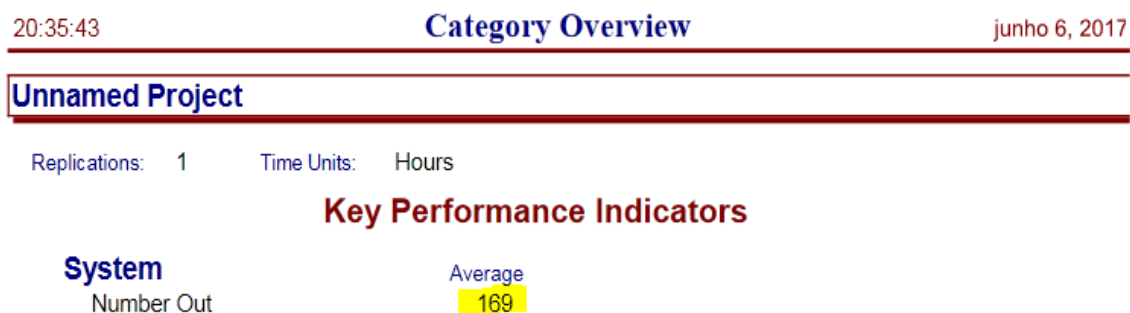
- 173 pedidos de clientes implantados.
- 169 são atendidos no mesmo dia

Com essas informações, o modelo se mostrou bem próximo da realidade, pois os dados levantados foram validados com o líder do setor. Foi possível



analisar o nível de utilização dos operadores para verificar a possibilidade de otimização da mão-de-obra, apresentado na figura 3.

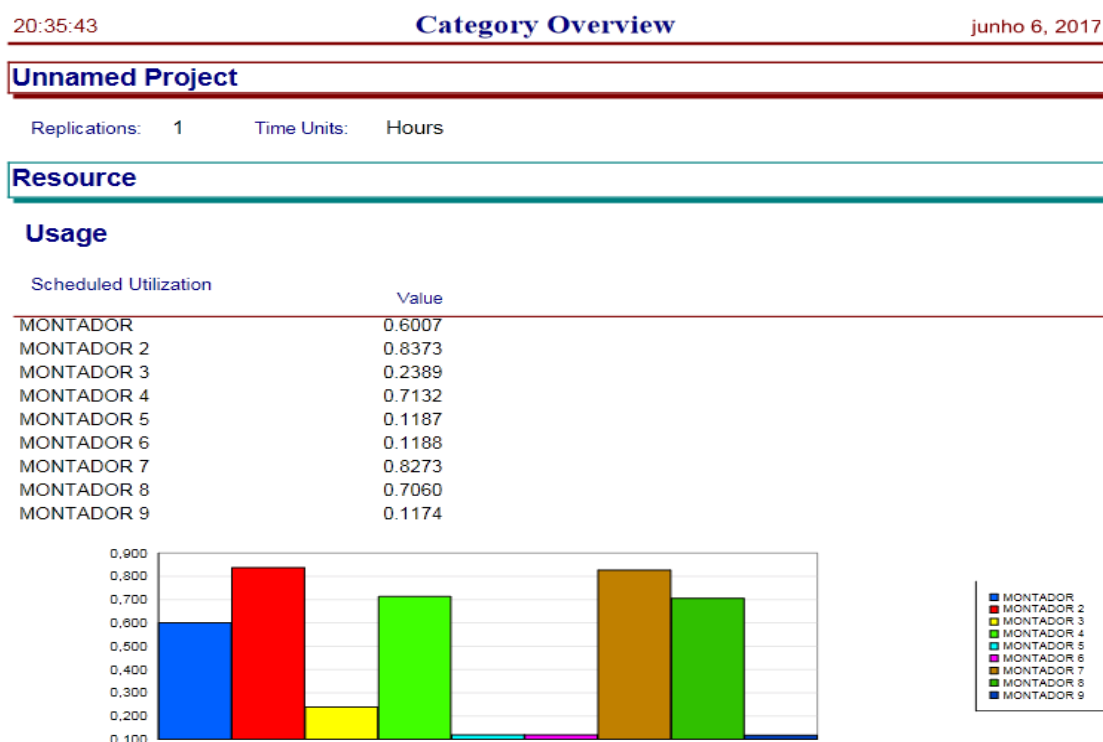
**Figura 3 – Resultado de motores montados**



Fonte: Autoria própria (2017)

Após inserção dos valores em *templates*, observa-se o total mão-de-obra durante 12 horas/ dia, apresentado na figura 4.

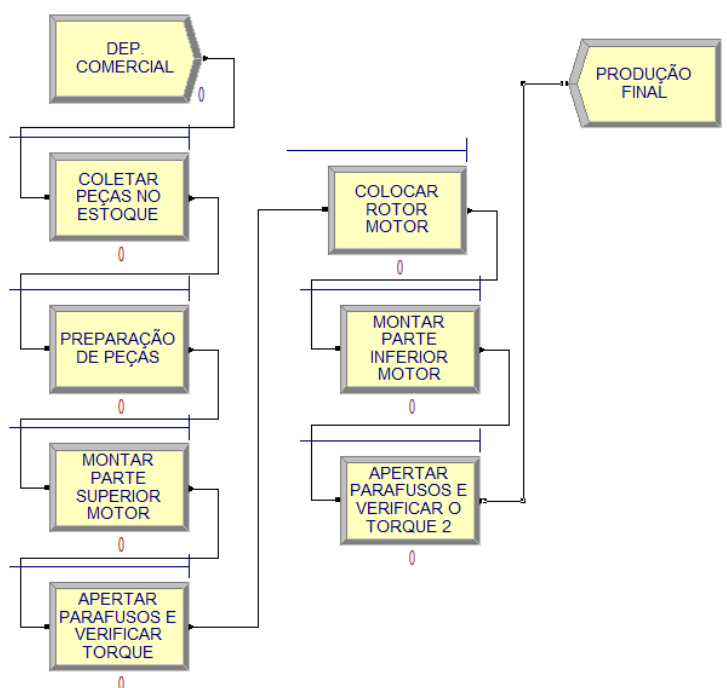
**Figura 4: Resultado de nível de utilização da mão-de-obra**



Fonte: Autoria própria (2017)

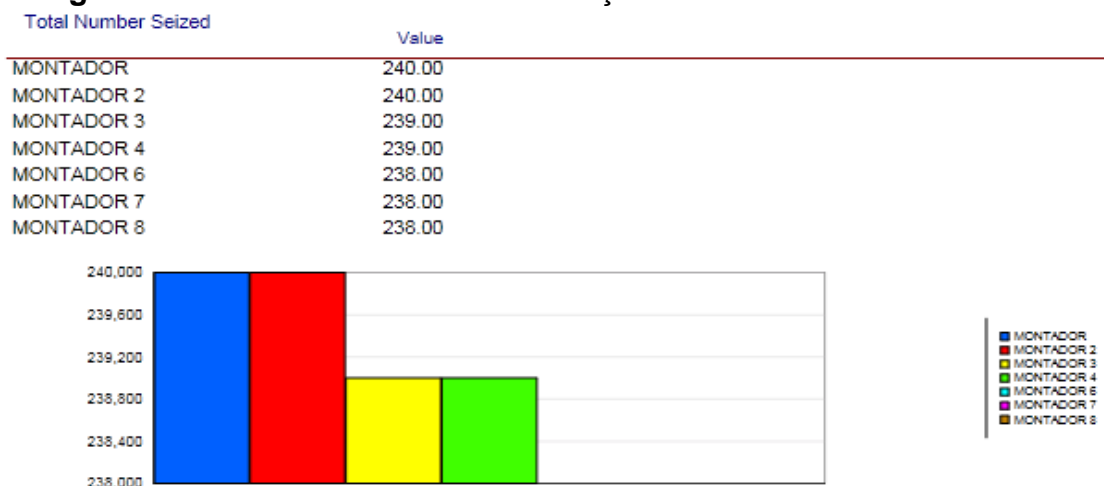
A implementação da melhoria consistiu em eliminar a operação de conferência do aperto dos parafusos com um modelo de chave que além de apertar verifica o torque, apresentado na figura 5.

**Figura 5 – Fluxograma Melhorado**



**Fonte:** Autoria própria (2017)

Após melhoria no processo de montagem, foi possível maximizar a produção, reduzir o tempo de ciclo, reduzir também a quantidade de colaboradores para a realização da atividade, conforme demonstrado na figura 6.

**Figura 6** – Resultado do nível de utilização da mão-de-obra melhorados.

Fonte: Autoria própria

Aumentando significativamente a montagem de motores/ dia, apresentado na figura 7.

**Figura 7** – Resultado de motores montados após melhoria

Fonte: Autoria própria

O módulo “Apertar parafuso e verificar o torque” (módulo *ação*) foi criado para que ao invés de duas etapas, fosse realizado em apenas 1 etapa.

Após a simulação ser executada com as alterações propostas no *software* ARENA, podemos observar que o nível de utilização dos operadores aumentar exponencialmente reduzindo a ociosidade nesta linha de produtos, observados na Quadro 2.

**Quadro 2** – Tempos cronometrados em segundos – Processo futuro.

SEQUENCIA	MELHORIAS	QUANTIDADE DE PESSOAS	TEMPO
1	DEIXAR O ESTOQUE PRÓXIMO AO MONTADOR	1	120
2	FAZER KITS COM PEÇAS PARA REDUZIR O TEMPO	1	250
3	-	1	120
4	UTILIZAR CHAVE ELÉTRICA DE APERTO CONTROLADO	1	240
5	UTILIZAR CHAVE ELÉTRICA DE APERTO CONTROLADO	1	0
6	-	1	60
7	DEIXAR PARTE DO PROCESSO PRONTO NA PREPARAÇÃO	1	180
8	UTILIZAR CHAVE ELÉTRICA DE APERTO CONTROLADO	1	240
9	UTILIZAR CHAVE ELÉTRICA DE APERTO CONTROLADO	1	0
TOTAL			1210

**Fonte:** Autoria própria

## 5. CONCLUSÃO

Conclui-se que a simulação demonstrou que existiam ao menos dois colaboradores ociosos, e que um pequeno kaizen realizado na ferramenta de trabalho causou diferença no resultado final do experimento, pois houve um aumento de quase 40% na produtividade e redução de dois operadores da linha de produção que foram realocados para outras funções.

## REFERÊNCIAS

AGUILAR, S. M. S. et al. **Avaliação dos benefícios da aplicação da simulação, através do software Arena 10.0, em uma empresa de transporte ferroviário.** ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO–A Engenharia de Produção e o Desenvolvimento Sustentável: Integrando Tecnologia e Gestão, 29. Salvador, Brasil, v. 6, 2009.

FREITAS FILHO, P. J. **Introdução à modelagem e simulação de sistemas**: com aplicações em Arena. 2. ed. São Paulo: Visual Books, 2008.

MOREIRA, D. A. **Pesquisa operacional**: curso introdutório. 2. ed. São Paulo: Cengage, 2010.

MIYAGE, P. E. **Introdução à simulação discreta**. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Mecatrônica e de Sistemas Mecânicos. São Paulo, SP, 2006. Disponível em: <[http://sites.poli.usp.br/d/PMR2460/Arquivos/Apostila\\_Simulacao.pdf](http://sites.poli.usp.br/d/PMR2460/Arquivos/Apostila_Simulacao.pdf).> Acesso em: 16 maio 2017.

PARAGON. **Usando o Arena em simulação**. 3.ed. Belo Horizonte: INDG, 2003.

\_\_\_\_\_. **Introdução à Simulação**. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. Porto Alegre, 2005. Anais.... Porto Alegre: ENGENEP, 2005.

\_\_\_\_\_. **O que é simulação**. Disponível em: <<http://www.paragon.com.br/academico/o-que-e-simulacao/>> Acesso em: 16 maio 2017.

PRADO, D. S. **Teoria das filas e da simulação**. 4. ed. Belo Horizonte: INDG, 2009.

\_\_\_\_\_. **Usando o Arenas em Simulação**. 5. ed. Minas Gerais: Falconi, 2014. v.3.

VIEIRA, G. E. **Uma revisão sobre a aplicação de simulação computacional em processos industriais**. Simpósio de engenharia de produção, XIII, Bauru, Anais, p. 1-10, 2006.

AGRADECIMENTOS ao Centro Universitário UNIFAFIBE pela infraestrutura e apoio à pesquisa, e à “Empresa X” do Estado de São Paulo pela infraestrutura e apoio, oferecidos durante a condução do experimento.

*Recebido em 14/08/2017*

*Aprovado em 12/08/2017*