

Aumento de produtividade em uma metalúrgica por meio de simulação

Cely Aparecida Pereira de Souza (FATEC Guarulhos) cely.souza@fatec.sp.gov.br
José Brito da Silva (FATEC Guarulhos) js-brito@outlook.com
Larissa Teles da Rocha (FATEC Guarulhos) lrochausp@gmail.com
João Roberto Maiellaro (FATEC Guarulhos) joao.maiellaro@yahoo.com.br
Enio Fernandes Rodrigues (FATEC Guarulhos) eniofr@uol.com.br

Resumo:

Empresas sofrem com problemas relacionados à produtividade. A melhoria dos processos fabris tem sido alvo de interesse, pois implica em possível redução de custos e aumento de lucratividade. O estudo procura abordar a análise da produtividade de uma empresa metalúrgica fabricante de estantes para mesa de máquina de costura, buscando localizar os gargalos e inserir melhorias no processo, a partir da tecnologia de modelagem e simulação. Realizou-se levantamento bibliográfico sobre a organização da produção e identificação das falhas alcançadas por meio de projeto de simulação, com a utilização do software Arena. A pesquisa ocorreu mediante coleta de dados referentes aos intervalos de tempo gasto no corte, dobra, perfuração, repuxe, solda e embalagem de cada peça componente da estante, que foram inseridos no software, sendo criado um modelo computacional, para avaliar as estratégias que trariam melhoria ao sistema. A partir da realocação dos recursos, foi possível gerar um aumento de cerca de seis por cento na produção. Este estudo pode viabilizar outras análises, em empresas de diversos segmentos, a fim de auxiliar na identificação de possíveis falhas em seus processos produtivos, servindo como amostra da contribuição da Pesquisa Operacional na busca pelo aperfeiçoamento do sistema produtor.

Palavras chave: Modelagem, Simulação, Melhoria, Metalúrgica.

Increased productivity in a metallurgical through simulation

Abstract

Companies suffer from problems related to productivity. The improvement of manufacturing processes has been the target of interest, because it implies possible reduction of costs and increased profitability. The study tries to tackle the productivity analysis of a metallurgical company manufacturer of shelving for sewing machine table, seeking to find the bottlenecks and insert process improvements, from the modeling and simulation technology. Existing literature was reviewed, emphasizing the organization of production and identifying faults achieved through simulation project, with the use of the software Arena. The research took place by collecting data on the intervals of time spent in the cut, fold, bore, stretch, weld and packaging of each component part of the stand machine that has been entered in the software, being created a computer model to evaluate the strategies that would bring improvement to the system. From the reallocation of resources, it was possible to generate a 6% increase in

production. This study may enable other analysis in companies of various sectors, to assist in the identification of possible failures in their production processes, serving as a sign of the contribution of operational research in the search for improvement of the productive system.

Key-words: Modeling, Simulation, Improvement, Metallurgical

1. Introdução

As melhorias dos processos fabris são importantes para detectar falhas e reduzir custos. Para a fabricação de mesas de costuras da empresa em estudo são utilizados recursos que percorrem todo um processo, envolvendo processos maquinários para sua fabricação, gerando gargalos e com espaço para um possível aperfeiçoamento de todo o processo antes da entrega do produto final.

A Pesquisa Operacional utiliza-se da Teoria das Filas e da Simulação para identificar gargalos, auxiliando gestores na tomada de decisão, sendo ferramenta para melhoria de processos.

Foi levantado como problema de pesquisa a contribuição da aplicação da técnica de simulação computacional para a identificação dos gargalos do processo de fabricação de estantes para mesas de costura doméstica em uma empresa na cidade de Guarulhos.

Este trabalho busca analisar e identificar os gargalos da linha de produção desta empresa, e levantar possíveis cenários de melhoria para tal processo, por meio da utilização do software ARENA.

Amostra aleatória de dados coletados diretamente na empresa em estudo foi utilizada para determinar os padrões de intervalo de chegadas e tempos de atendimento, a fim de analisar e identificar os possíveis gargalos do processo.

Optou-se pela abordagem da área de estudo, devido à grande importância das indústrias de transformação no cenário econômico, com representação de 10,9% no PIB em 2014, ainda que seja uma área que sofreu uma perda em torno de 40% de participação no PIB entre 2005 e 2015 (FIESP, 2015).

O presente estudo pretende contribuir para melhor entendimento da linha de produção, seu comportamento, e auxiliar na tomada de decisão visando à redução de custos, aumento de sua produtividade e ganhos financeiros. Estas técnicas serão aplicadas por meio do software ARENA, em uma empresa metalúrgica de fabricação de estantes para mesas de máquinas de costura, localizada na cidade de Guarulhos, no Estado de São Paulo.

2. Metodologia

Conforme Gil (2002), métodos flexíveis tendem a aproximar o pesquisador do problema, tornando-o mais claro, aprimorando ideias, levando à descoberta de intuições e a criação de hipóteses.

Foi realizada coleta de dados referentes aos intervalos de tempo gastos durante um dia de trabalho no corte, dobra, perfuração, repuxe, solda e embalagem de cada peça componente da estante. Esses dados foram inseridos no input analyzer do software que realiza o tratamento estatístico, identificando distribuições de probabilidade por meio de testes de aderência, representando o comportamento dos dados da produção (NETO *et al.* 2014). Foi criado modelo computacional, com animação, para avaliar os gargalos e sugerir as estratégias que poderiam apresentar melhorias ao sistema.

Realizou-se estudo a fim de identificar a produtividade presente na produção. Para que fossem realizadas análises e simulações objetivando possível melhoria do processo por meio de cenários propostos, buscou-se identificar os gargalos do processo, e redimensionar recursos presentes para avaliar como se comportavam dentro de todo o processo.

O estudo procura obter determinado desempenho, e, que ao não ser atingido, passa por uma reavaliação e revisão dos recursos escolhidos. A Figura 1 a seguir demonstra o fluxograma do processo de avaliação.

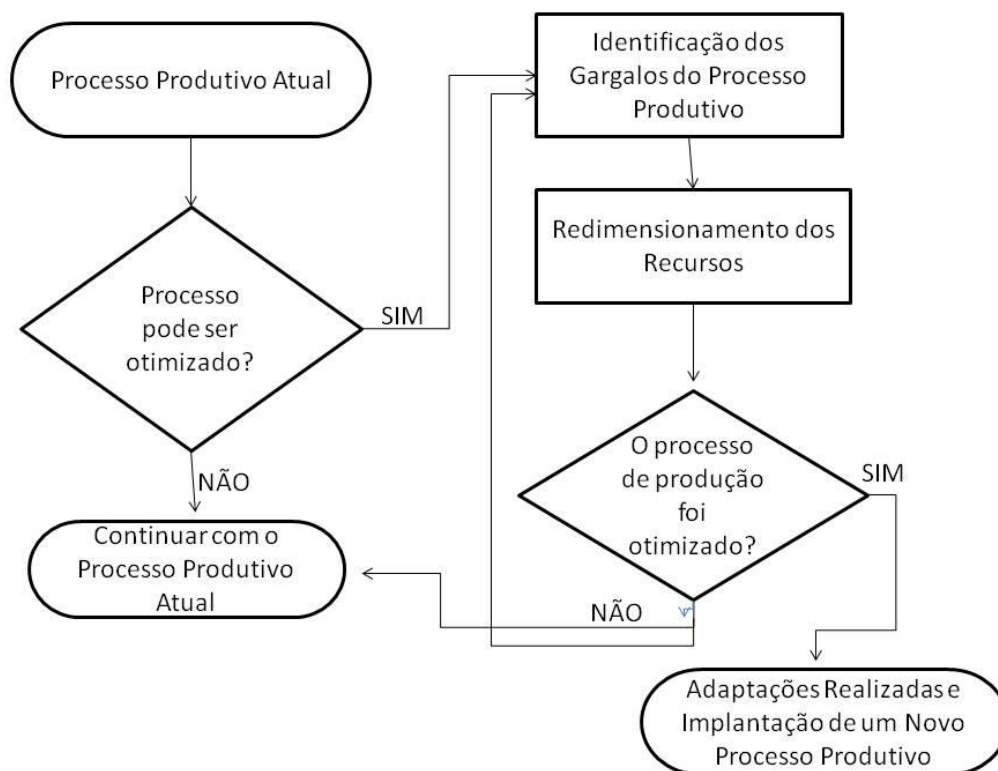


Figura 1: Fluxograma de Avaliação do Processo

Martins (2015) aplicou método semelhante no processo de uma lavanderia, implementando o modelo computacional, verificando a melhoria do sistema.

3. Fundamentação Teórica

As organizações não possuem capacidade de planejar detalhadamente suas ações produtivas atuais ou futuras, mas podem saber como chegar lá, estudando as estações de trabalho que causam gargalos, atrasos ou problemas na operação (SLACK, 2002)

A simulação é uma das ferramentas da Pesquisa Operacional, que de acordo com Arenales *et. al* (2011, p3), “é um enfoque científico sobre a tomada de decisões”. Além do ambiente das indústrias, a pesquisa operacional pode ser aplicada em diferentes setores como na saúde, educação, agricultura, entre outros. (MACULAN & FAMPA, 2006).

Para Pegden (1991), a simulação projeta um modelo computacional de um sistema existente, por meio do qual são conduzidos experimentos a fim de se entender o comportamento de tal sistema e então avaliar as estratégias para sua operação. Um dos principais pontos positivos

para a utilização do processo de simulação é o baixo custo em relação aos benefícios das análises e resultados que este poderá apresentar, se utilizado da maneira correta.

Uma abordagem bem similar é apresentada por Prado (2009, p. 98), que define Simulação como “a técnica de um problema pela análise de um modelo que descreve o comportamento do sistema usando um computador digital”. Tais modelos discutem diversos métodos, nos quais são necessários ter conhecimento das ferramentas utilizadas e do modo como são apresentados os resultados.

Prado (2014) destaca ainda que, atualmente, a simulação possui diversas aplicações em diferentes áreas como, por exemplo, o setor de produção e movimentação de documentos em um setor administrativo.

Quanto à utilização da ferramenta de simulação e sua análise, Freitas (2008) destaca como um ponto positivo o fato de suas técnicas serem de fácil compreensão, para usuários e gerentes que optam por utilizar esta ferramenta em seus projetos. A utilização adequada desta ferramenta permite a identificação de gargalos no processo que segundo Slack (2009) é o ponto da linha de produção que apresenta limitação de produção, gerando redução da capacidade produtiva.

O ARENA é um dos simuladores mais utilizados nas melhores faculdades de Engenharia, segundo Marcelo Fioroni, diretor de pesquisas e desenvolvimento da Paragon. Este ainda enfatiza que o simulador usa “linguagem simples e intuitiva, o que o torna bastante didático e abrangente” (Fioroni, 2012 apud PRADO, 2014, p.17).

Segundo Prado (2014), a versão atual é produzida pela Rockwell Software®, substituindo a SIMAN e CINEMA, lançadas pela Systems Modeling (USA) em 1992.

No presente estudo, optou-se pela utilização do software ARENA (versão acadêmica), disponibilizado gratuitamente pela empresa Paragon em seu website.

Para a composição de um cenário a ser analisado em uma ferramenta de Simulação, Freitas (2008) destaca que devem ser utilizados como elementos as variáveis de estado, os eventos, as entidades e atributos, os recursos e as filas de recursos, as atividades e os períodos de espera, e ainda o tempo real e o tempo de simulação.

As variáveis de estado podem ser as informações que são necessárias para que o modelo seja compreendido em um determinado momento. Como exemplo, temos os números de peças em espera para o início de um processo de transformação em uma fábrica. Já os eventos são acontecimentos, programados ou não, “e que quando ocorrem, provocam uma mudança de estado em um sistema.” (Freitas, 2008). Um exemplo de um evento é a chegada das peças em uma máquina para o início de seu processo.

Entidades são objetos que interagem no sistema e com os demais recursos. Um exemplo são as peças que irão percorrer todo o sistema até sua transformação final, ou ainda os clientes que desejam realizar um determinado serviço. O atributo está ligado diretamente à identidade da entidade, às características que estas recebem. Como exemplo, podem-se citar as cores atribuídas a cada peça.

O recurso também é uma entidade, uma vez que compõe o sistema, porém de maneira estática, e realiza os serviços sobre as entidades que transitam por todo o processo (entidades dinâmicas). Como exemplos de recursos têm-se o forno e a solda em uma fábrica.

As filas são criadas pelas entidades que não podem utilizar um recurso no momento em que já finalizaram os processos anteriores, e precisam aguardar até que este fique disponível para o seu processamento. Ou ainda, dependendo da configuração do processo, os recursos em fila

poderão ser direcionados para um processamento em outro recurso disponível para a realização do processo.

Prado (2014) ainda afirma que ao verificar um determinado sistema, um dos pontos de maior atenção são os gargalos, uma vez que são os locais em que ocorrem as filas.

As atividades equivalem a um tempo pré-determinado, e sobre o período de espera não se tem controle quando há variáveis aleatórias (Freitas, 2008).

4. Desenvolvimento da Temática

O Objeto de estudo escolhido para este projeto é uma fábrica de estante para mesa de máquinas de costura industriais e domésticas, sediada no bairro Cumbica na cidade de Guarulhos/SP, que atua no mercado há 20 anos. Localiza-se em uma área de 3000 m² e conta com uma marcenaria para a fabricação dos tampos de madeira, e uma metalúrgica para a confecção das estruturas em chapa de aço.

A empresa participa de feiras do setor e fabrica outros 36 produtos, entre móveis industriais e domésticos, peças e acessórios diversos.

Para esta análise, optou-se pela observação do processo de fabricação da base de uma mesa de máquina de costura, denominado mesa doméstica. Esta base é constituída por quatro peças: cabeçote, coluna, inferior e travessa.

As peças são fabricadas a partir de uma bobina de aço, de 1,5 mm de espessura, com diferentes dimensões conforme a seguir:

Peça	Comprimento (mm)	Largura (mm)
Inferior	400	100
Cabeçote	450	100
Coluna	900	130
Travessa	900	130

Fonte: Elaborada pelos autores.

Tabela 1: Dimensões dos Blanks

O processo se inicia com o corte das bobinas em lingotes, no comprimento correto para que cada peça formadora da mesa seja fabricada. A partir daí obtêm-se o Blank de cada peça (inferior, cabeçote, coluna e travessa), que são as entidades a percorrerem o processo, utilizando os recursos, e irão sofrer as modificações necessárias para que a base da mesa seja formada ao final.

Todos os Blanks iniciam o processo ao mesmo tempo nas ‘Prensas de corte’. O Blank Inferior, após a ‘Prensa de corte’, passa pelo recurso ‘Prensa de repuxe’, na qual são feitos pequenos orifícios, com formato de gancho, que serão necessários para o encaixe final da peça.

Os Blanks de coluna e travessa passam pelo processo na ‘Prensa de perfuração’, e seguem para o processo seguinte.

O próximo passo pelo qual todos os Blanks seguem é o de ‘Prensas de dobra’, quando recebem a formatação específica para o design da mesa de máquina de costura. Apenas após este momento os Blanks ‘Inferior’, ‘Cabeçote’ e ‘Coluna’ são soldados no recurso ‘Máquina de solda’, formando assim um dos ‘Pés da mesa’, e então seguem para a ‘Estufa de pintura’.

Após a ‘Prensa de dobra’, o Blank ‘Travessa’ segue diretamente para a pintura e quando pronto, fica no aguardo dos pés da mesa para juntos seguirem para a embalagem e finalizarem

a produção. A figura 2 demonstra o fluxograma da produção.

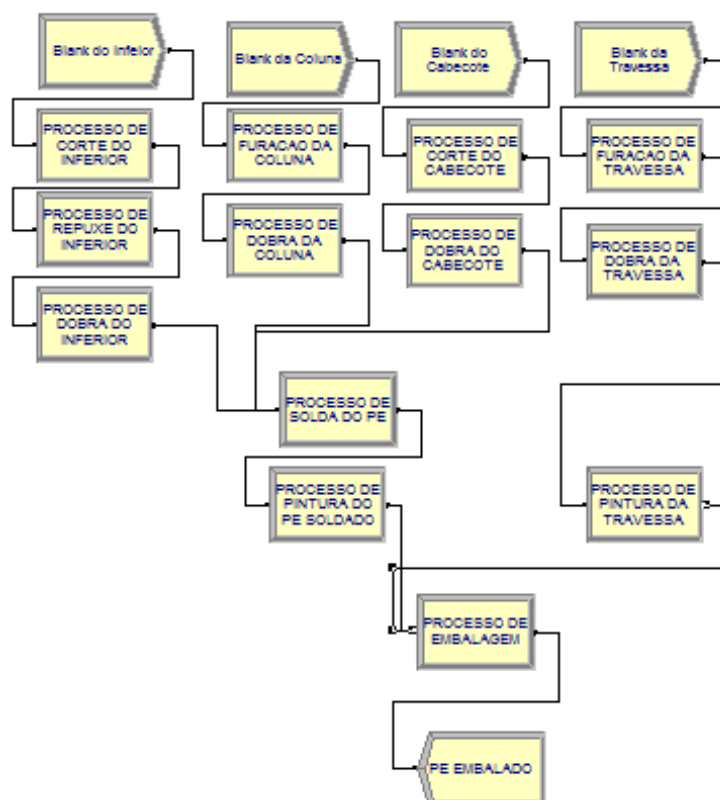


Figura 2: Fluxograma dos processos sofridos pelos blanks

Logo após todas as chegadas, é identificado um bloco ‘Assign’ que será sincronizado com o bloco ‘Record’ ao final de todo o processo, para que possam marcar o lead time de cada uma das entidades. A figura 3 demonstra a animação de todo o processo, projetada pelo sistema computacional, com os respectivos lead-times permitindo a visualização dos gargalos.

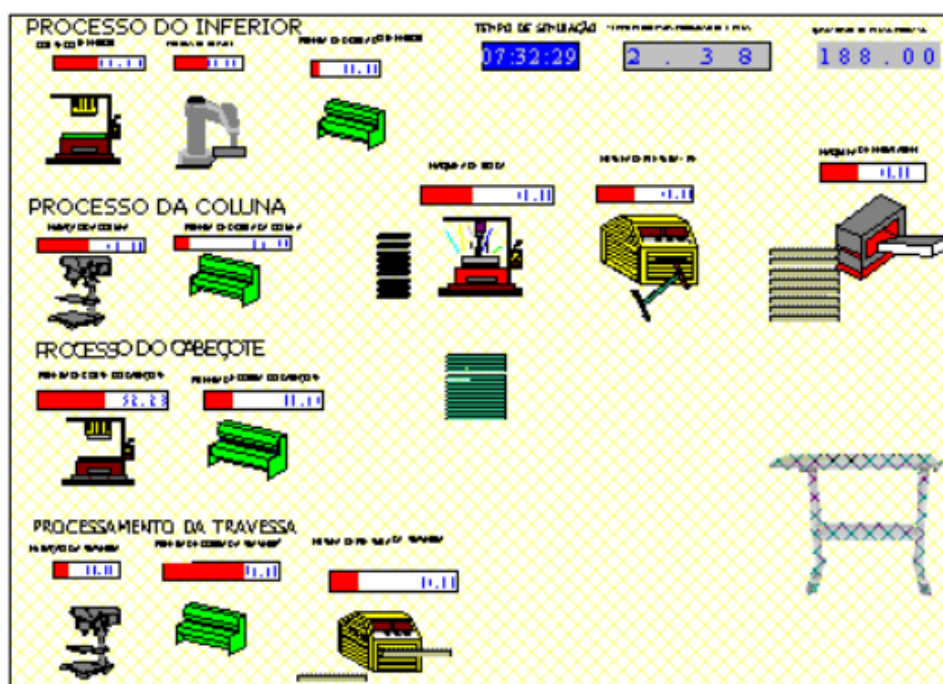


Figura 3 – Animação do processo de fabricação da estante.

5. Resultados e Discussão

Após a simulação de 8 horas, a entidade que apresentou o maior número de entradas foi o blank 'Inferior' com 663 peças. O Blank 'Coluna' teve o maior número de saídas do processo, com 649 peças. O Blank 'Cabeçote' teve o maior número médio de peças em espera, com uma média de 37 peças.

Os gargalos da produção são os processos de 'Embalagem' e o de 'Pintura do pé'. No processo de embalagem, o 'Embalador' e a 'Máquina de embalagem' apresentam ocupação média aproximada de 50%, o que acontece também com o processo de pintura realizado pela 'Estufa de pintura do pé' e pelo 'Operador da estufa de pintura do pé'. Desta forma, estes são os gargalos do processo.

Em relação ao tempo de espera em fila, o processo de 'Preparação para embalagem' é o que possui o maior tempo com uma média de 40,28 minutos e tempo máximo de 70,13 minutos, tendo o 'Processo de preparação para solda' o segundo maior tempo, com média de 38,01 minutos e tempo máximo de 53,09 minutos.

Os processos de 'Preparação para embalagem' e o de 'Preparação para a solda' são ainda os que apresentaram a maior fila, com um número médio de 19 e máximo de 33 entidades em fila, e um número médio de 33 peças e um máximo de 52 em fila, respectivamente.

Foram abordados cenários, como a redução do número de máquinas no processo produtivo, sendo retirada a 'Prensa de repuxe' e realocando este processo para a 'Prensa de corte do inferior', de forma que esta pudesse realizar as duas funções simultaneamente.

Por meio desta mudança, o resultado obtido foi o aumento no tempo de processo devido ao acúmulo de função da máquina, ocasionando a diminuição da produção total diária para 196 peças. Esta hipótese foi descartada.

Outro cenário simulado foi a inclusão de mais uma máquina de 'Processamento de máquina de solda' para a união das entidades 'Blank do inferior', 'Blank do cabeçote' e 'Blank da coluna'. Porém, esta inclusão, que poderia ser até óbvia para o processo, fez o nível da produção cair de 201 para 184 peças. Esta hipótese também foi descartada.

Foi simulada a introdução de uma nova 'Estufa de pintura do pé' após o 'Processo de solda'. Tal processo também resultou na redução do número de peças produzidas para 184, sendo descartada essa hipótese.

O cenário que apresentou melhores resultados foi a inclusão de mais uma 'Máquina embaladora' ao final do processo, permitindo que a produção aumentasse para 213 peças, reduzindo o nível de utilização dos gargalos apresentados anteriormente.

O 'Embalador' teve uma queda de 26% em sua utilização, sendo a sua nova ocupação em torno de 23,85% o que representa uma melhoria do processo, já que agora pode compartilhar a função com o 'Embalador alternativo'. Já a 'Estufa de pintura do pé' continua com um nível similar de ocupação, em torno de 46%, pois neste cenário ótimo não foi realizada nenhuma mudança neste processo.

O tempo de espera em fila do processo de 'Preparação para embalagem' e para o 'Processo de preparação para a solda' também reduziram. A preparação para a embalagem ficou com o tempo médio de 35,95 minutos e máximo de 66,45 minutos, com redução aproximada de 5 minutos em relação ao processo anterior ao de melhoria. Já o tempo de 'Preparação para a solda' passou a ter tempo médio de 10,49 minutos e tempo máximo de 26,64 minutos, com redução aproximada de 27 minutos em relação aos tempos anteriores.

Os números de entidades em fila, os processos de ‘Preparação para embalagem’ apresentaram redução nos números, caindo para um número médio de 17 entidades e número máximo de 33, porém para apenas um dos recursos, já que são duas máquinas de ‘Preparação para embalagem’ e uma delas não possui fila.

As máquinas de ‘Preparação para a solda’ possuem o maior número médio de 9 entidades, com o número máximo de 24 entidades.

6. Considerações Finais

O objetivo deste estudo foi demonstrar a aplicabilidade do simulador ARENA na fabricação de uma base de mesa de máquina de costura doméstica, e a identificação dos possíveis gargalos de sua produção para análise e sugestão de melhoria do processo. Foi atingido.

Os dados foram coletados com os tempos de cada processo inseridos na configuração do produto analisado e, após, lançados no programa, de forma detalhada. A seguir, esses dados foram processados pelo software, que gerou relatórios. Com a análise dos resultados demonstrados nos relatórios, foram encontrados os gargalos do processo e, assim, foi possível apontar os erros e sugerir as melhorias.

Foram realizados diversos testes com o objetivo de aumentar a produção: 1) simulação do processo de fabricação do inferior, substituindo-se as duas prensas (corte e repuxe) por uma, que fizesse ambos os serviços; 2) simulação do processo com mais uma máquina de solda e mais um operador; 3) simulação do processo com mais uma estufa de pintura; no entanto, nenhum dos resultados atingiu as expectativas, visto que em cada relatório gerado constatou-se a diminuição na produtividade.

O resultado positivo foi obtido após a simulação do processo com o acréscimo de uma embaladora. Foi alcançado um aumento diário de quase 6% na produção (5,97%), ou seja, 12 peças por dia, o que totaliza 264 num mês.

Considerando que a estante de mesa de máquina de costura doméstica, que é apenas um dos produtos da empresa em análise, é formada pela base e pelo tampo de madeira, seria possível incluir a fabricação do tampo na modelagem colocada em estudo. Porém, a limitação da versão do software disponível a este estudo impossibilitou essa inclusão.

A empresa fabricante da mesa em estudo tem diversos produtos em seu portfólio. Cada processo de fabricação também poderia ser simulado no software Arena. Poderiam ser incluídos nessa simulação os fornecedores, bem como os clientes, a fim de buscar a excelência nos processos produtivos. Novas análises deverão ser feitas para outros processos em torno deste objeto de estudo.

Referências

ARENALES, M.; ARMENTANO, V.; MORABITO, R.; YANASSE, H. *Pesquisa Operacional*. Rio de Janeiro: Elsevier, ABEPRO, 2011.

FIESP - Federação das Indústrias do Estado de São Paulo. *A participação da indústria de transformação no pib: novas séries, piores resultados*. [S.I.], 2015. Disponível em: <<http://www.fiesp.com.br/indices-pesquisas-e-publicacoes/a-participacao-da-industria-de-transformacao-no-pib-novas-series-piores-resultados/>>. Acesso em 27 junho 2016.

FIORONI, M. Prefácio. In: PRADO, Darci. *Teoria das filas e da simulação*. 5. ed. Nova Lima: FALCONI, 2014. 388p. (Pesquisa Operacional: 3)

FREITAS FILHO, P.J. *Introdução à modelagem e simulação de sistemas: com aplicações em arena*. 2. ed. Florianópolis: VISUAL BOOKS, 2008. 384p.

GIL, A.C. *Como Elaborar Projetos de Pesquisa*. 4 ed. São Paulo: Atlas, 2002.

MACULAN, N.; FAMPA, M.H.C. *Otimização linear*. Editora Universidade de Brasília: Brasília, 2006.

MARTINS, E.R. *Modelo de simulação dos processos de uma lavanderia*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 5, 2015, Ponta Grossa. **Anais...** Ponta Grossa: CONBREPO, 2015. Disponível em: < <http://www.aprepro.org.br/conbrepro/2015/anais2015.php/>>. Acesso em: 17 set. 2016.

NETO, H.G.; OLIVEIRA, J.B.; ANDRADE, C.R.F. *Modelagem e Simulação Computacional em uma Empresa de Confeção de Roupas: Um Estudo sobre o Desempenho de um Processo Produtivo*. **XXXIV ENEGEP**, 2014.

PARAGON. *O que é simulação?* Disponível em: < <http://www.paragon.com.br/academico/o-que-e-simulacao/>>. Acesso em: 11 jun. 2016.

PEGDEN, C.D.; SHANNON, R.E.; SADOWSKI, R.P. *Introduction to simulation using siman*. 2. ed. New York: McGraw-Hill, 1991.

PRADO, D. *Teoria das filas e da simulação*. 5. ed. Nova Lima: FALCONI, 2014. 152p. (Pesquisa Operacional: 2)

_____. *Teoria das filas e da simulação*. 5. ed. Nova Lima: FALCONI, 2014. 388p. (Pesquisa Operacional: 3)

_____. *Programação linear*. 6. ed. Nova Lima: INDG, 2012. 232p. (Pesquisa Operacional: 1)

_____. *Teoria das filas e da simulação*. 4. ed. Nova Lima: INDG, 2009. 127p. (Pesquisa Operacional: 2)

SLACK N.; CHAMBERS S.; JOHNSTON R. *Administração da produção*. 2.ed. SÃO PAULO: Atlas, 2002.

_____. *Administração da produção*. 3.ed. SÃO PAULO: Atlas, 2009.