Universidade Estadual de Maringá - UEM
Campus Sede - Paraná - Brasil
v. 01, n. 02: p. 13-23, 2014

Revista Produção Industrial & Serviços

SIMULAÇÃO DE PROCESSO PRODUTIVO DE UMA INDUSTRIA DE METAL MECÂNICA DE PEQUENO PORTE

PRODUCTION PROCESS SIMULATION OF A SMALL INDUSTRY METAL MECHANICS

Flávio Augusto Leopoldino Pereira[1]

Marcos Antonio Silva Cirilo[1]

Manoel Francisco Carreira[1*]

[1]Universidade Estadual de Maringá – Centro de Tecnologia – Departamento de Engenharia de Produção - Maringá – Paraná.
*Autor para correspondência. E-mail: mfcarreira@uem.br

Resumo

O presente documento tem como objetivo apresentar uma simulação de um processo produtivo de uma indústria metal mecânica de pequeno porte situada na cidade de Maringá, assim como, realizar melhorias a partir de dados reais. Na modelagem se utilizará o software FlexSim 7.1.2. objetivando uma simulação de um cenário o mais próximo possível do real. Começará sendo apresentado um referencial teórico, seguido da descrição da empresa juntamente com a descrição de seu processo produtivo. Na sequência será demonstrada a simulação realizada com dados reais tomados a partir de amostras da produção, e por fim um possível cenário melhorado será apresentado juntamente com os resultados da simulação.

Palavras-chave: *simulação; metal mecânica.*

Abstract

This document aims to present a simulation of a manufacturing process of a small metal mechanical industry located in Maringa, as well as make improvements from real data. Will be used in modeling the software Flexsim 7.1.2. aiming a simulation of a scenario as close as possible to the real. A theoretical reference, followed by the description of the company together with a description of the production process will begin being displayed. Following is shown the simulation performed with real data taken from samples of production, and ultimately improved possible scenario is presented together with the results of the simulation.

Key-words: *simulation, mechanical metal.*

1. Introdução

O crescente avanço industrial trouxe com ele uma crescente competitividade e uma constante busca por melhorias e redução de custos. Dentro deste cenário onde os mais fortes

sobrevivem, as empresas vêm buscado estratégias para tomadas de decisões confiáveis e de baixo custo, e empresas de software aproveitam essa oportunidade correndo atrás de clientes com a produção de programas de simulação de processos, o que se torna vantajoso para uma empresa quando há a necessidade de uma tomada de decisão de alto risco, e os recursos para tal decisão são escassos.

Para Shannon (1992) e Banks (1999) a simulação de eventos discretos apresenta grande potencial para auxiliar engenheiros e gestores no planejamento estratégico e operacional. A técnica pode melhorar a capacidade de análise de processos complexos e a tomada de decisões. De acordo com especialistas a simulação procura descrever o comportamento real do sistema ou parte do mesmo, construir teorias e hipóteses permitindo a observação de impactos e riscos.

Atualmente as organizações utilizam a simulação não apenas para resolver problemas específicos, mas incorporam a técnica em suas operações diárias obtendo constantes benefícios. Banks (1999) afirma que quanto maior for o custo de mudanças no sistema, ou aplicação de novos projetos, mais vantajosa é a simulação para as organizações se manterem competitivas.

Shannon (1992) destaca alguns objetivos da simulação como: o estudo de novas políticas e procedimentos, a determinação dos fatores mais significativos com relação aos impactos provocados no desempenho do sistema, a combinação de parâmetros que produzem o melhor resultado, e a análise de gargalos produtivos. A ferramenta pode ser usada para avaliar flutuações na demanda e mudanças na programação da produção além de auxiliar no treinamento e aprendizado de operadores, aprimorando suas práticas.

Nesse cenário, o objetivo deste trabalho está no estudo de caso de uma Indústria no ramo de metal mecânica situada na cidade de Maringá. O foco da indústria está no aumento da produção de seu principal produto, a Dobradiça Ferradura. Com a utilização do software de simulação FlexSim, será realizada uma modelagem do cenário atual da empresa, e após as devidas verificações, a entrega de uma tomada de decisão baseada na simulação.

2. Referencial teórico

Para Prado (2004), quando realizamos certos tipos de estudos de planejamento, é normal aparecerem certos problemas de dimensionamento de fluxo cuja solução é complexa.

O estudo pode ser realizado em uma fábrica, no trânsito de uma cidade, um escritório, um porto, uma mineração, etc. Geralmente se está interessado em saber:

- Qual a quantidade certa de recursos (humanos, financeiros, físicos, tecnológicos, etc.)

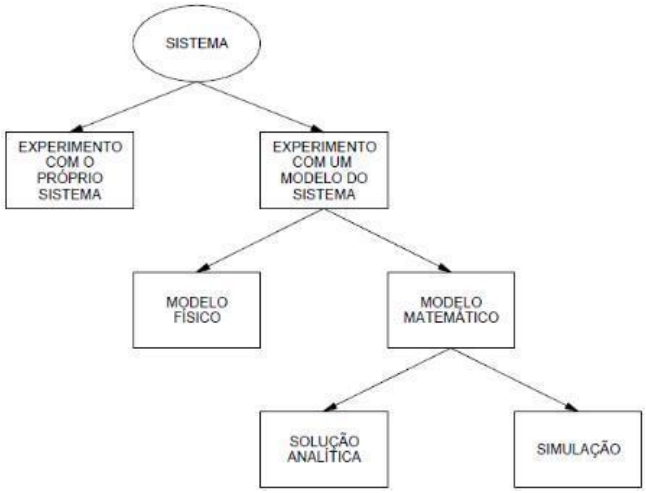
- Qual o melhor layout e o melhor roteiro de fluxo dentro de um sistema.

Ou seja, "desejamos que nosso sistema tenha um funcionamento eficiente ou otimizado. Por otimizado queremos dizer que teremos um custo adequado e que teremos usuários satisfeitos com o ambiente ou com o serviço oferecido. Dizemos também que um sistema ou processo adequadamente dimensionado está balanceado. Chamamos tais estudos de modelagem de sistemas" (PRADO, 2004).

Shmidt e Taylor (1970) e Law e Kelton (2000) afirmam que "um sistema pode ser definido por uma coleção de entidades, como pessoas ou máquinas, que agem e interagem juntos, para a realização de um objetivo final". Sistemas podem ser classificados como discretos ou contínuos e podem ser analisados por duas formas: experimentação com o sistema atual e experimentação com modelos do sistema.

O sucesso da análise de um problema e os recursos necessários para a sua solução dependerão da maneira como o objeto de estudo será abordado. Law e Kelton (1991) descrevem as maneiras como um sistema físico pode ser estudado. As maneiras possíveis de estudar um sistema são representadas na Figura 1.

Figura 1 - Maneiras de estudar um sistema



Fonte: Autoria própria (2014)

Na análise por experimentação com o sistema atual todas as mudanças necessárias e suas consequências são implementadas e analisadas no próprio sistema físico existente, no

entanto, esse tipo de experimento é consideravelmente custoso e demorado quando comparado ao experimento com um modelo do sistema. Como exemplos de experimentos com modelos físicos podem ser citadas as maquetes de projetos arquitetônicos ou, dentre outros, os protótipos para estudos aerodinâmicos em túneis de vento na indústria automobilística.

No caso da experimentação com modelos do sistema, esses podem ser físicos ou matemáticos e são capazes de realizar simplificações da realidade, com representações em termos lógicos e relações quantitativas, que são manipuladas e mudadas para observar-se como o modelo reage e, assim, como o sistema reagiria (LAW; KELTON, 2000). Caso um modelo matemático seja extremamente simples de ser resolvido com, por exemplo, lápis e papel, opta-se por utilizar solução analítica. Entretanto, se essa solução analítica para um modelo matemático torna-se consideravelmente complexa, a ponto de fugir do trivial, torna-se necessário recorrer ao recurso de simulação computacional.

Modelos de um sistema são concebidos por meio de uma abstração da realidade, onde apenas aspectos relevantes do sistema real são considerados. Segundo Shriber apud Freitas Filho (2008), "simulação implica na modelagem de um processo ou sistema, de tal forma que o modelo imite as respostas do sistema real numa sucessão de eventos que ocorrem ao longo do tempo".

O primeiro *software* de simulação comercial do mundo foi o GPSS (*General Purpose Simulation System*), distribuído pela empresa IBM (*International Business Machines*) e que foi muito popular durante a década de 1960 e o início da década de 1970. A linguagem de programação GPSS teve como um de seus desenvolvedores Thomas J. Shriber, que publicou o *livro Simulation Using* GPSS, em 1974.

Durante o início dos anos oitenta a linguagem GASP originou outras como, SIMAN e SLAM II. Nessa fase alguns simuladores ou pacotes de simulação foram projetados para acelerar o processo de modelagem. Esses simuladores possuíam elementos específicos para representar filas, transportadores, entre outros elementos. Outra característica dos pacotes de simulação foi à diminuição da exigência de conhecimento específico de programação como praticada nos períodos anteriores.

A década de noventa foi marcada pelo uso intenso dos micro-computadores, pela queda de preços dos equipamentos computacionais e pelo uso da tecnologia Windows e da Internet. Computadores mais potentes permitiram o desenvolvimento de modelos mais

complexos e em tempos melhores. Os simuladores WITNESS e ProModel foram os primeiros a apresentar melhor interatividade e animação. Em seguida foram comercializados os pacotes: Arena, QUEST, Taylor II, AutoMod, AweSim, Micro Saint, Enterprise Dynamics e FlexSim.

Dentre todas as opções citadas, no presente trabalho utilizou-se do software FlexSim pela grande gama de recursos, representações gráficas avançadas, poder de processamento e análise de dados externos.

3. Estudo de caso

3.1 Descrição da Empresa

A CINFER é uma empresa de pequeno porte do setor de metal-mecânica e dispõe de cerca de 70 funcionários, localiza-se em Maringá, norte do Paraná, tendo relevante participação na história do desenvolvimento da cidade, pois está em atividade há mais de 50 anos. Nasceu para atender uma demanda de ferragens para o setor agrícola da época, especialmente foices e enxadas, e foi evoluindo junto com seus clientes, inovando e ampliando sua linha de produtos, desenvolvendo soluções para facilitar o trabalho no campo.

Hoje presente nas principais lojas de ferragens de todo o Brasil, a CINFER atende aos clientes das mais diversas atividades da agricultura, pecuária, avicultura, etc.

Atualmente, o produto mais requisitado e que necessita de mudanças em sua linha de produção é a Dobradiça Ferradura, uma dobradiça utilizada geralmente em grandes porteiras.

3.2 Descrição do processo

A seguir será descrito o processo de fabricação do produto DOBRADIÇA FERRADURA pela empresa Cinfer. As informações aqui descritas foram tomadas através da coleta de dados, tanto da observação da produção quanto das fichas técnicas, e dados anteriormente coletados. Será descrito o processo de 7 modelos de Dobradiça Ferradura.

As etapas a seguir constituem a fabricação de uma DOBRADIÇA FERRADURA:

- Primeiramente é transportado do estoque até o alimentador da prensa uma bobina de aço, um(a) operário(a) ajusta a bobina no alimentador, iniciando-se assim a etapa de corte.

- Nesta etapa, uma prensa automática corta a matéria-prima no tamanho desejado. Caso seja uma ferradura, a matriz apenas fará o corte, caso seja um cabo, a matriz corta, estampa e grava o produto, sendo estes despejados em um carrinho logo à frente da prensa.

- Para a próxima etapa, pode-se transportar as fitas cortadas diretamente da prensa de corte para a prensa de enrolar olhal. Um(a) operador(a) realizará o transporte, pegando as peças no carrinho e depositando-as diretamente em uma caixa ao lado da próxima prensa.

- Um(a) operador(a) que conduz a prensa de olhal irá enrolar o olhal do cabo (apenas um) ou enrolar os dois olhais da ferradura, depositando-os em seguida em um carrinho de transporte.

- Dois caminhos são possíveis para este carrinho, o primeiro é esse ser levado diretamente para a prensa de curvar ferradura (sendo o produto em questão uma ferradura), o que não demanda tempo de transporte de carrinho, pois a prensa está logo à frente; o outro caminho a ser tomado (sendo o produto um cabo) é o da primeira estocagem, onde um(a) operador(a) carrega o carrinho por aproximadamente 3,5 metros, deixando-o ali aguardando sua próxima etapa.

- Para se curvar a ferradura, deve-se colocar o material em um alimentador, neste caso um(a) operador(a) terá que transportar as ferraduras do carrinho para um alimentador ao lado da prensa.

- Estando na prensa de curvar a ferradura, um(a) operador(a) responsável curva e ajusta a ferradura, depositando-a logo em seguida em um carrinho de transporte. Para ferraduras mais pesadas (7L), há o aquecimento desta para que não haja quebra no processo de curvação.

- O carrinho contendo as ferraduras já curvadas, é encaminhado por um(a) operador(a) para a prensa de furar e estampar.

- O(a) operador(a) da prensa de furar e estampar a ferradura, pega as peças do carrinho, as fura, e deposita em um outro carrinho, ou as deposita diretamente no alimentador da montagem.

- Uma vez que as ferraduras estão na montagem, é necessário trazer os cabos e pinos para que esta possa ser feita. Os cabos que anteriormente foram estocados em um local à aproximadamente 3,5 metros da prensa de olhal, são encaminhados para a montagem, percorrendo assim aproximadamente outros 9,4 metros.

- Com o carrinho ao lado da montagem, o(a) operador(a) transfere os cabos do carrinho para a montagem.

- Uma vez que todos os componentes estão na montagem, o(a) operador(a) a inicia. Para as peças menores, primeiramente há o ajuste do pino ao cabo, e posteriormente a montagem

final. Para peças maiores (6L, 7L,), não há o ajuste do pino no cabo nesta operação, a montagem final é direta. Após a montagem, o produto é depositado em um carrinho.

- Um(a) operário(a) transporta o carrinho até a rebitagem. O(a) operador(a) da máquina de rebite pega uma peça no carrinho, rebita e deposita em outro carrinho, podendo se estender o tempo se a peça necessitar de ajuste após ser rebitada.

- As peças menores são enviadas para expedição para pintura, e após um dia voltam para a embalagem, as peças maiores (6L, 7L) passam pelo processo de ajuste de olhal na prensa hidráulica antes de serem enviadas para pintura.

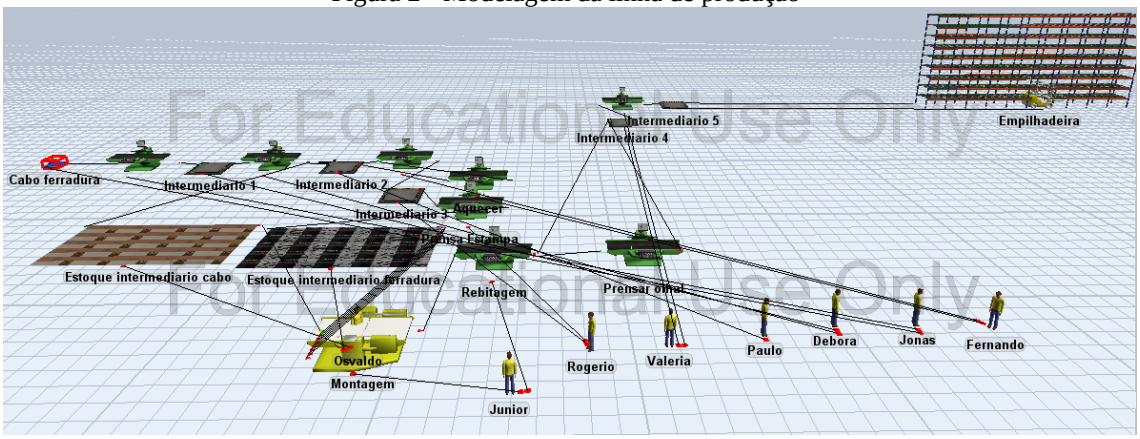
- Feito todo o processo, as peças são transportadas para o estoque, aguardando a sua expedição.

3.3 Modelagem e forma de validação

A modelagem do processo produtivo ilustrado na Figura 1 foi realizada com base em dados coletados na linha de produção juntamente com dados pré-existentes. As tomadas de tempo foram feitas com pelo menos 20 amostras de cada processo e assim tirada a média de tempo de cada operação, sendo esse tempo contado em segundos. Como a produção trabalha com lotes, cada produto que passa pela linha indica a fabricação de um lote contendo 300 peças, portanto, o tempo individual de processamento de cada peça em cada máquina foi multiplicado pelo número de peças de um lote para que os dados possam simular a produção dos lotes.

A validação dos dados foi realizada através da comparação da produção média da linha de produção real com a produção do modelo simulado, num período de 144000 segundos, o que equivale à uma semana de produção. Ver, por exemplo, a Figura 2.

Figura 2 - Modelagem da linha de produção

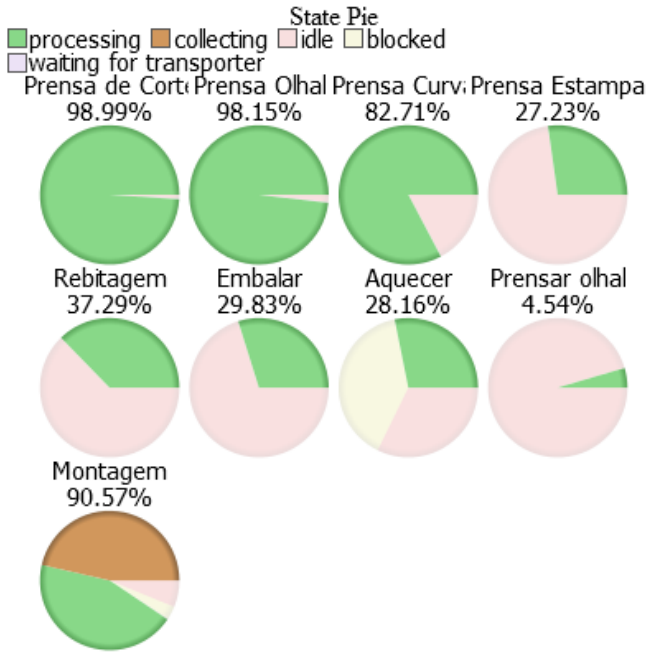


Fonte: Autoria própria (2014)

4. Simulação de cenários

Para que o objetivo de aumentar a produção fosse alcançado, primeiramente foram analisados os dados referentes a cada máquina ou processo da linha de produção. Em uma primeira análise foram verificados os percentuais de processamento e inatividade, indicados na Figura 3.

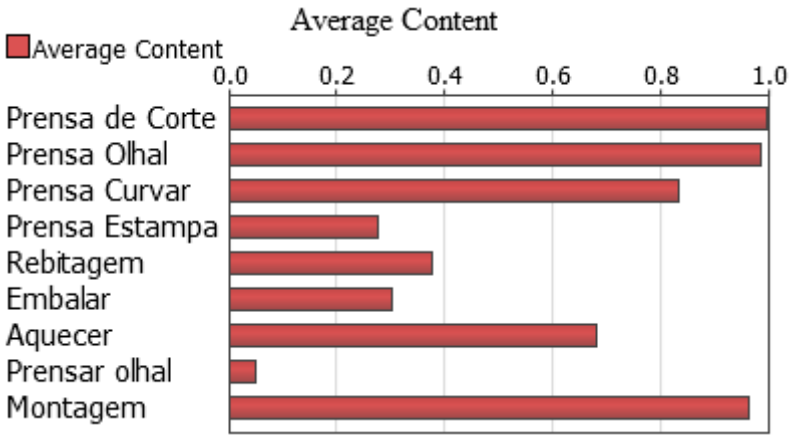
Figura 3 - Percentual de processamento individual



Fonte: Autoria própria (2014)

Os gráficos indicam que o primeiro gargalo se encontra na Prensa Olhal, onde impede um processamento maior na Prensa Curvar pelo atraso na produção. Pode-se perceber também, na Figura 4, que os processos à frente da Prensa Curvar também sofrem uma elevada taxa de inatividade.

Figura 4 - Teor médio de processamento



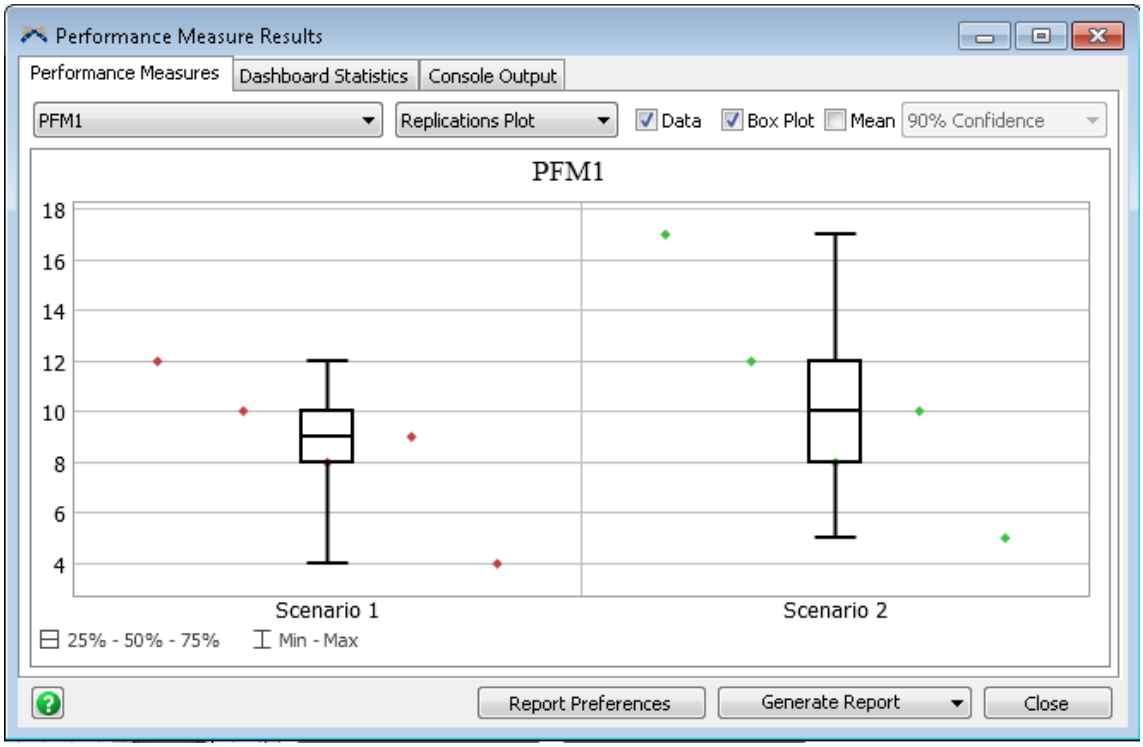
Fonte: Autoria própria (2014)

Tendo em vista os resultados, optou-se pela inserção de duas novas máquinas na linha de produção a fim de se aumentar a produção.

5. Resultados e conclusões

Os dados analisados anteriormente mensuraram a taxa de processamento de cada processo, e para que se tivesse uma maior rentabilidade, foi realizado a inserção de duas novas prensas, uma para enrolar olhal e outra para curvar a ferradura. Com a utilização da ferramenta *Experimenter*, pôde-se fazer uma comparação de resultados de produção do seu estado inicial com seu possível novo ajuste. A Figura 5 mostra a quantidade de lotes produzidos em uma simulação de 144000 segundos, o equivalente à uma semana de produção, em ambos os cenários.

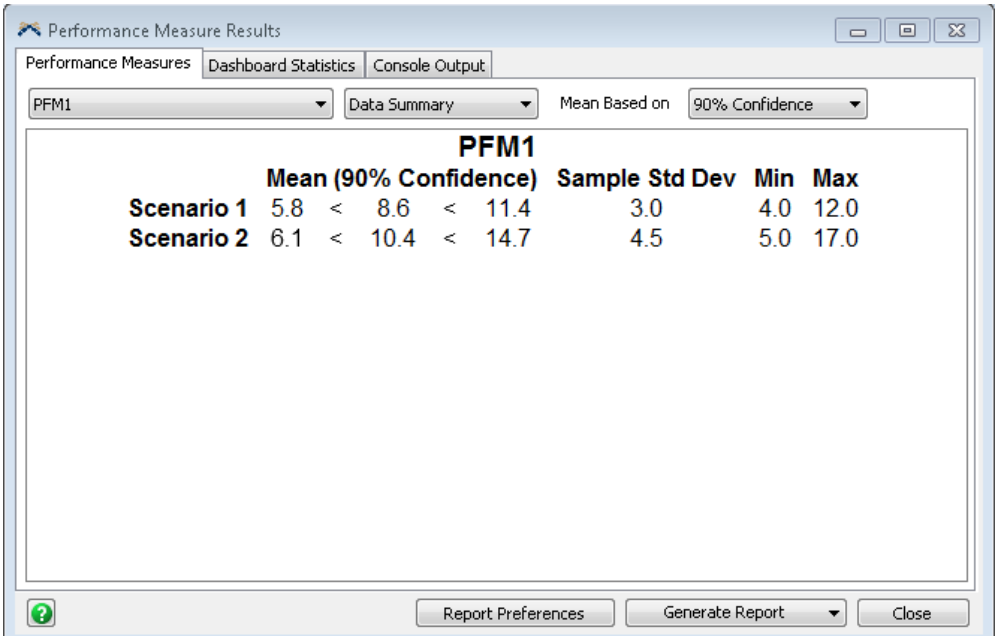
Figura 5 - Simulação de produção semanal



Fonte: Autoria própria (2014)

Pode-se notar um aumento considerável na produção de Dobradiças Ferraduras no intervalo simulado. Enquanto a produção no cenário 1 alcançava ao final de 5 dias o total de 12 lotes, o equivalente a 3600 peças semanais, no cenário 2 podemos observar a produção de 17 lotes, o que equivale a 5100 peças, um aumento diário de produção de 300 peças, ou um lote a mais produzido por dia. Outra tabela fornecida pelo Experimenter nos confirma os dados positivos, na Figura 6.

Figura 6 - Dados de produção nos cenários



Fonte: Autoria própria (2014)

O sistema produtivo atual mostra que os principais problemas encontram-se na Prensa Olhal e na Prensa Curvar. Como metade das peças necessárias para a fabricação da Dobradiça Ferradura ficam prontas para montagem logo após a Prensa Olhal, apenas a metade segue na linha, continuando seu processo na Prensa Curvar, e como foi verificado que na Prensa Curvar havia uma baixa taxa de processamento, foi inserido na linha uma nova Prensa Olhal, o que acabou exigindo uma nova Prensa Curvar, pois a com o aumento de ferraduras à serem curvadas na prensa, acabou ocorrendo a formação de estoque intermediário entre a Prensa olhal e a Prensa Curvar.

Com ambas as inserções o cenário simulado se pareceu favorável, pois através da modelagem pôde-se verificar gargalos, e utilizando-se de uma estratégia viável a empresa poderia aumentar sua produção em 41,6%. Cabe a empresa fazer a análise dos dados simulados e tomar sua decisão, pois sempre há a preocupação do retorno financeiro ultrapassar o tempo esperado. Mas com a confiabilidade do software e a obtenção de um resultado otimista, a compra de duas novas prensas é uma correta indicação de investimento.

Referências

PRADO, D. S. do. **Teoria das Filas e Simulação. Série Pesquisa Operacional**. V2. 2. ed. Nova Lima: INDG, 126 p. ISBN 85-98254-01-00, 2004.

LAW A. M.; KELTON W. D. ***Simulation Modeling and Analysis***. 3. ed. New York: McGraw-Hill, ISBN 0070592926, 2000.

FREITAS FILHO, P. J. **Introdução à Modelagem e Simulação de Sistemas**. Com aplicações em Arena. 2. ed. Florianópolis: Visual Books, 384 p. ISBN 978-857502-228-3, 2008.

SHANNON, E. R. ***Introduction to simulation. Proceedings of Winter Simulation Conference***, 1992.

BANKS, J. ***Introduction to Simulation***. *In: Proceedings of the Simulation Conference*, pp. 7-13, 1999.