

Utilização de modelagem e simulação na análise e na proposta de melhoria de processo de uma microempresa metal mecânica de Maringá

Gilberto Clóvis Antonelli (Universidade Estadual de Maringá-UEM) gcantonelli@uem.br

Manoel Francisco Carreira (Universidade Estadual de Maringá-UEM) mfcarreira@uem.br

Marcio Facci Junior (Universidade Estadual de Maringá-UEM) marciojr0910@hotmail.com

Thiago Takaoka Alves Baptista (Universidade Estadual de Maringá-UEM) thiago-takaoka@hotmail.com

Suely da Silva Carreira (Universidade Federal de Santa Catarina-UFSC) sscarreira@gmail.com

Resumo:

O objetivo deste trabalho é apresentar a modelagem e a simulação de um processo de produção de lavatórios industriais de uma empresa metalúrgica, especializada em aço inox, situada na cidade de Maringá, no noroeste do estado do Paraná. O trabalho propõe a construção de um modelo e a utilização da ferramenta computacional de simulação *FlexSim*, com a finalidade de simular o processo produtivo de lavatórios individuais (para uso de uma pessoa por vez) e validá-lo utilizando dados reais de produção. Além da validação, espera-se através da análise do modelo, propor melhorias para o processo produtivo. Essas melhorias são baseadas na análise gráfica de utilização de cada processo, na movimentação dos envolvidos no processo e na disponibilidade de recursos por parte da empresa. A modelagem foi feita seguindo as atividades e os setores envolvidos na fabricação do produto dentro dos setores produtivos da empresa, bem como, seguindo os tempos específicos de cada processo e os operários envolvidos em cada processo. Na proposta de melhoria optou-se primeiramente, pelos tópicos mais relevantes para a empresa, visando o aumento da produtividade e a redução de custos. A empresa espera uma viabilização do pensamento *lean* começando inicialmente com melhoras identificáveis na simulação proposta pelo software e por esse trabalho.

Palavras chave: Modelagem, Simulação dinâmica, Metalúrgica. *FlexSim*.

Use of modeling and simulation in the analysis and proposed improvement process of a micro mechanical metal Maringa

Abstract

The objective of this paper is to present the modeling and simulation of a production process of industrial sinks a metallurgical company specializing in stainless steel, in the city of Maringa, in the northwestern state of Paraná. The paper proposes the construction of a model and the use of computational tool *Flexsim* simulation, in order to simulate the production process of individual basins (for use by one person at a time) and validate it using real production data. In addition to the validation, is expected through the model analysis, propose improvements to the production process. These improvements are based on graphical analysis of usage of each process in the handling of those involved in the process and the availability of resources from the company. The modeling was done following the activities and sectors involved in the manufacture of the product within the productive sectors of the company as well as by following the specific times of each process and the workers involved in each process. The proposed improvement it was decided first, the most relevant topics for the company, aimed at increasing productivity and reducing costs. The company expects a feasibility lean thinking initially starting with identifiable improvements in the simulation software and the proposal for this work.

Key-words: Modeling, Dynamic Simulation, Metallurgical, *FlexSim*.

1. Introdução

O mercado atual é um local cada vez mais competitivo em que os clientes procuram um serviço rápido e de qualidade. Dessa forma muitas vezes é necessário que haja uma análise do processo produtivo. Essa análise pode ser realizada por meio da modelagem do processo seguida da simulação desse modelo em um software.

A modelagem e a simulação computacional podem ser utilizadas como forma de visualizar melhor o processo, detectando, gargalos, má alocação de recursos, processos ociosos ou bloqueados e propor melhorias nesse processo produtivo, pois além de permitir a visualização do processo, permite a criação de cenários com possíveis melhorias. De acordo com Prado (2010, p. 24) “simulação é uma técnica de solução de um problema pela análise de um modelo que descreve o comportamento do sistema usando um computador digital”.

Para Shannon (1992) e Banks (1999, p. 7) 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.

A escolha do software FlexSim® (desenvolvido pela FlexSim Software Products Inc.) a ser usado na simulação deste trabalho foi fundamentada pela característica do mesmo e pela sua aplicabilidade no trabalho, já que se trata de um software de simulação de produção de eventos discretos, que permite modelar, analisar, visualizar e otimizar processo (FLEXSIM, 2014).

Os objetos do FlexSim® são definidos e programados em quatro classes: a classe de recursos fixos, que compreendem os principais objetos da simulação, determinando o fluxo do modelo de simulação (chegada, filas, processadores, meios de transportes, saída), a classe de executor de tarefas, que essencialmente atribuem tarefas a outros objetos, como é o caso dos operadores e transportadores, a classe nó, que são objetos usados para projetar a rota de trabalho e a classe de objeto visual, representando os objetos usados para exibir as mensagens de entrada e saída, como os diagramas e textos (FLEXSIM, 2014).

Este trabalho irá abordar o emprego da modelagem e simulação computacional em uma microempresa metalúrgica, com o objetivo de analisar e propor cenários de melhoria no processo da empresa.

2. Contextualização

A empresa em estudo é do ramo de metalurgia, especializada em aço inoxidável, situada na cidade de Maringá, noroeste do estado do Paraná, em atividade há 15 anos no mercado. Dentre diversos produtos para atender setores de produtos alimentícios, a empresa destaca-se pela produção de lavatórios industriais. Estes, variando quanto à capacidade para atendimento de uma pessoa (lavatório individual) a quatro pessoas (lavatório coletivo de quatro lugares).

A empresa realiza vendas em todo o território nacional. Alguns de seus produtos possuem dimensões específicas para atender as necessidades de seus clientes. Porém, para melhorar o atendimento aos clientes e agilizar as entregas, a empresa padronizou os produtos que apresentavam maiores saídas e baixa variação de dimensões. Dentre esses produtos, destaca-se o lavatório individual.

Como a empresa apresenta uma grande variedade de produtos e equipamentos para produzi-los (sendo que o processo produtivo para estes equipamentos é basicamente o mesmo). A empresa não possui uma linha específica para a produção de lavatórios. Quando a fábrica vai realizar a produção de itens padronizados, ela opta pela produção em lotes do mesmo. Ou seja, se ela tem um pedido de um único lavatório, ela atrasa a produção do mesmo até que seja agregada uma quantidade maior. Como a venda desses itens é expressiva, a empresa não tem problemas com esse método. Porém, alguns equipamentos necessitam de maiores recursos produtivos e por consequência, concentram a unidade produtiva em um produto só.

O modelo real escolhido refere-se ao processo produtivo de lavatório industrial modelo padrão de uma empresa de equipamentos industriais para o setor alimentício. O produto atua na higienização das mãos e braços para o manuseio de itens na indústria alimentícia e farmacêutica. Confeccionado em aço inoxidável liga AISI 304 ou AISI 316, resistente à corrosão e a intensas cargas de calor, exigida em norma ABNT para indústrias alimentícias e farmacêuticas.

O modelo foi baseado na idealização de uma linha produtiva para os lavatórios. Como a empresa não possui essa linha foi analisado a produção de um dia para um lote de lavatórios. A produção de um dia gira em torno de 15 lavatórios. Assim, as atividades envolvidas no processo foram cronometradas e adaptadas tendo em base uma linha exclusiva para a produção de lavatórios. O modelo real foi criado tendo como base essa linha exclusiva, onde não passam outros produtos, apenas os lavatórios. Para tanto, foram cronometradas apenas as atividades que envolviam a produção de lavatórios.

Optou-se pela análise de produção de lavatórios, pois esses têm uma representatividade grande nas vendas e faturamento da empresa. Outro tópico que facilitou a escolha desse produto para análise se dá na padronização que o mesmo possui. Como o produto é padrão, seu tempo de produção apresenta uma baixa variação. Esse fato contribuiu em peso para a aproximação dos tempos e a idealização da linha exclusiva. Para reforçar a escolha desse produto para análise, levou-se em consideração o fato de seu processo produtivo envolver toda a unidade produtiva da empresa. A produção do lavatório passa por todos os processos que a maioria dos demais produtos passam. Assim, uma melhoria no processo produtivo do lavatório, poderia ser refletida em uma melhoria no processo dos demais produtos produzidos pela empresa.

3. Metodologia

Como proposto no projeto, para a análise do processo produtivo de lavatórios em indústria de metalurgia de equipamentos, foi utilizado o software de simulação Flexsim. O software foi utilizado com a intenção de simular o processo produtivo de lavatórios, passando por todas as etapas (desde a chegada de matéria prima até a saída do produto final).

O fluxograma do processo produtivo do lavatório está representado pela Figura 1, onde temos as etapas de Corte da matéria prima; Conformação das peças cortadas (caso a peça necessite de conformação); Soldagem; Montagem das peças (união das peças conformadas e soldadas com as demais peças de encaixe ou de rosca, para a composição do produto final); Polimento e acabamento; Inspeção; Estocagem; Embalagem e Despacho.

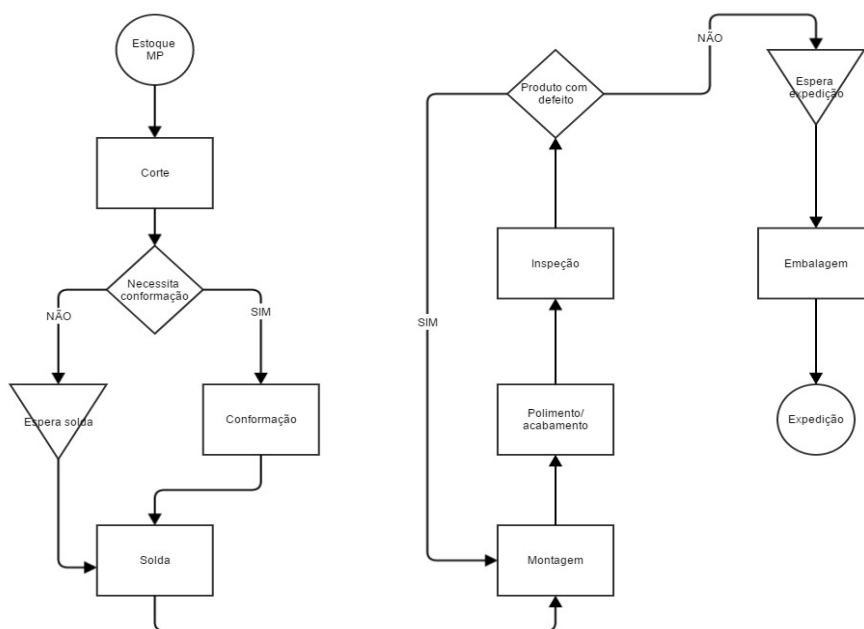


Figura 1 – Fluxograma do processo real
Fonte: Autoria própria (2014)

Cada etapa do processo possui a suas características, que são:

- Corte:** a matéria prima em formato de chapa entra na unidade de corte, onde as peças são cortadas e enviadas ao setor de conformação, caso apresentem necessidade de dobras ou outro tipo de conformação, ou uma fila de espera para aguardar as peças conformadas e serem enviadas para o processo de solda;
- Conformação:** as peças cortadas que apresentam dobras ou algum tipo de conformação, são então conformadas e passadas para o processo seguinte. Da composição das peças, 80% das mesmas apresentavam algum tipo de conformação, enquanto os outros 20% aguardam na fila.
- Soldagem:** as peças são soldadas conforme o projeto do lavatório, fechando-se cantos e reforçando a estrutura do lavatório. O corpo, por exemplo, apresenta seis dobras das quais quatro delas precisam ter os cantos fechados. Esse processo executa essa união com a inserção de material a altas temperaturas para a fusão do mesmo, reforçando assim a estrutura do produto e unindo partes necessárias.
- Montagem:** nessa etapa, as peças são todas unidas por meio de encaixes, roscas ou parafusos, para a confecção do lavatório. Algumas peças são inseridas provenientes de fora da linha, os insumos, como torneira, mangueira e válvula de fechamento automático. Todas essas peças são então posicionadas para a composição do produto e em seguida enviadas para o setor de polimento e acabamento.
- Polimento e acabamento:** nessa etapa, o lavatório praticamente finalizado passa por tratamento da chaparia para dar acabamento no material, deixando-o com aspecto polido e liso. Além do aspecto estético, essa etapa trata também do acabamento das soldagens, onde o material precisa ser tratado para evitar contaminações ou acúmulo de resquício de solda ou de outros materiais.

- f) Inspeção: no processo de inspeção os lavatórios passam por observação e análise para a verificação de não conformidades. Caso este produto apresente uma não conformidade, ele é direcionado para a o processo de montagem, onde será feito seu desmembramento para a correção da não conformidade, passar novamente pelo processo de acabamento, pois o retrabalho na montagem gera necessidade de retrabalho no acabamento. Os tempos para retrabalho, tanto na montagem quanto no acabamento não sofrem alterações significativas quando comparados ao processo normal. Caso o produto não necessite de retrabalho, ou seja, seja aprovado pela inspeção, o mesmo é enviado para estocagem e posteriormente para a embalagem e expedição.
- g) Embalagem e expedição: neste processo o lavatório é devidamente embalado e, conforme o endereço de entrega presente na nota fiscal é etiquetado e endereçado para entrega juntamente com a nota de simples remessa do produto, indispensável para o transporte do mesmo sem a execução de encargos tributários pelo transporte. O transporte não é realizado pela empresa, mas sim por terceiros que podem variar conforme a região em que o cliente se encontra.

Para a análise do processo e validação do modelo realizado no software *FlexSim*, a produção foi observada e cronometrada pelo período de uma semana e foram coletadas algumas informações referentes ao processo produtivo com os funcionários envolvidos dentro da empresa.

Como a intenção era coletar apenas as informações referentes ao processo dos lavatórios, enquanto as atividades estavam dedicadas a este processo, foram cronometrados os tempos referentes a cada operação. E ao final de do processo, foi observada a quantidade final de lavatórios produzidos no dia. Um dado importante observado foi que ao final do dia, a produção parava mesmo que alguns itens estivessem no meio do processo.

Com o acompanhamento da produção, verificou-se que ao final da produção de um dia eram embalados e expedidos 15 lavatórios em média. Na Tabela 1 tem-se os tempos de cada processo que foram dedicados exclusivamente para a confecção dos lavatórios.

Processo	Tempo processamento de 1 peça em segundos
Corte	1200
Conformação	600
Solda	1800
Montagem	900
Polimento/Acabamento	600
Inspeção	300
Embalagem	400

Fonte: Autoria própria (2014)

Tabela 1 – Tempos dos processos

Baseando-se nessa coleta de dados, na quantidade final de produtos em um dia, e na disponibilidade de recursos do software, optou-se por realizar um modelo que mais se aproximasse da produção real de lavatórios, com base nos tempos respectivos de cada processo. Desta forma, foi esperada uma validação fidedigna entre o modelo simulado no software e o processo real observado na empresa.

4. Resultados e discussões

O modelo do processo foi construído no software *FlexSim* de acordo com o apresentado no fluxograma e com os dados obtidos no chão de fábrica. Com esses tempos foi possível validar o modelo, pois a produção apresentada na simulação foi praticamente igual à produção real. O processo descrito na metodologia foi simulado durante o período de um dia, com um turno 8 horas de trabalho iniciando às 8:00 da manhã e terminando às 17:45 da tarde. O processo simulado é apresentado na Figura 2.

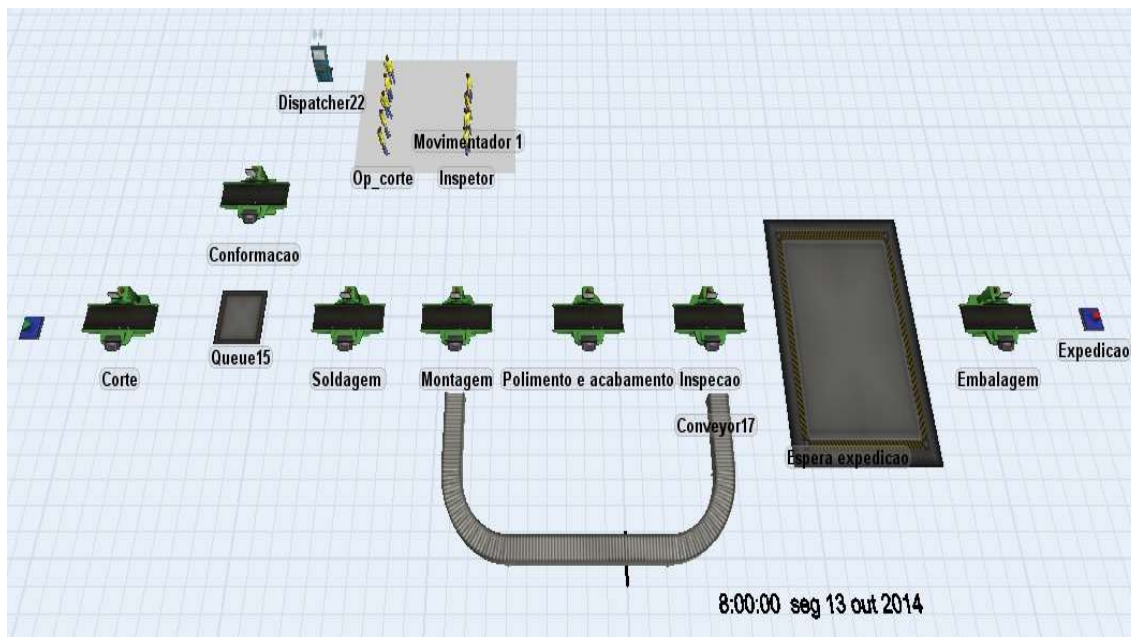


Figura 2– Layout da empresa no cenário 1
Fonte: Autoria própria (2014)

Foram simulados três cenários diferentes fazendo o uso do software, sendo o primeiro o processo real, e os outros dois cenários os processos com propostas de melhoria, a partir da análise do primeiro cenário.

4.1. Cenário 1

Este cenário apresenta o processo real da empresa com os tempos de processamento iguais aos medidos, e foi utilizado como forma de validação do modelo e de análise para construção de outros cenários. A produção real da empresa gira em torno de 15 lavatórios produzidos por dia. Baseado nisso foi possível validar o modelo, pois a produção na simulação obteve o mesmo valor da produção real da empresa. Este cenário é o apresentado na Figura 2.

Após a validação, simulação e análise dos resultados obtidos, conforme visto na Figura 3, pode-se observar que o processo de Soldagem é o mais utilizado, passando 84,1% do seu tempo em processo. E os processos anteriores ao da soldagem apresentam grande parte do seu tempo no estado “*blocked*” que significa que estão bloqueados. Este estado se caracteriza quando o produto fica travado no final do processo aguardando para ser enviado ao processo seguinte. Como o processo de soldagem recebe peça dos dois processos anteriores (Corte e Conformação), este acaba se apresentando como o processo mais utilizado e possivelmente um gargalo da produção.

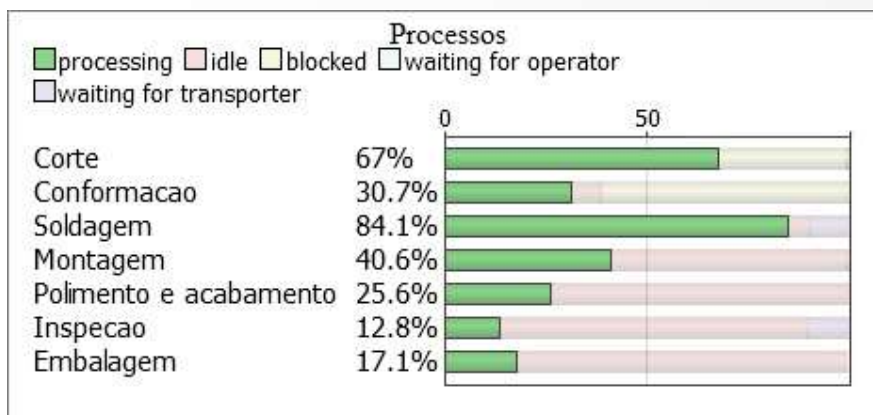


Figura 3– Utilização dos processos no cenário 1

Fonte: Autoria própria (2014)

4.2. Cenário 2

Para verificar a possibilidade de a Soldagem ser o processo de gargalo, como melhoria foi proposto a instauração de mais uma unidade de soldagem para a linha produtiva, conforme mostra a Figura 4. Dessa forma, após a simulação, esperou-se avaliar a porcentagem de utilização dos processos e a produção diária final da linha.

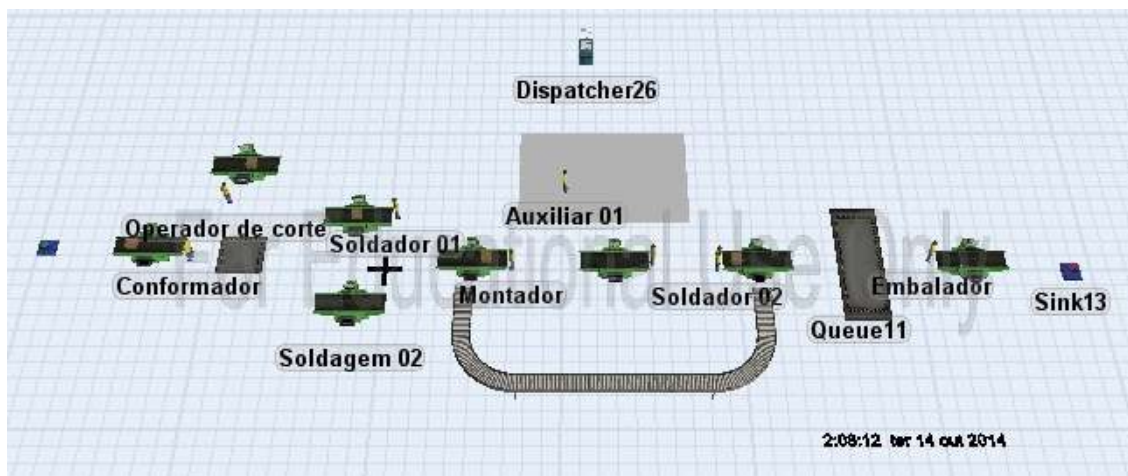


Figura 4– Modelo do cenário 2

Fonte: Autoria própria (2014)

Após a realização da simulação do cenário 2 para um dia, observou-se um aumento significativo da produção. De 15 lavatórios que eram produzidos no modelo real, em que existia apenas um setor de soldagem, a produção passou para 22 lavatórios/dia. Esse aumento deve-se a colocação de mais um setor de soldagem.

Conforme demonstram os gráficos presentes na Figura 05, com a utilização de mais um setor de solda no processo, pode-se observar, além de um aumento na produtividade da linha, uma diminuição na utilização do setor de soldagem. Essa utilização foi distribuída pelos dois setores. O setor de montagem, sucessor dos setores de soldagem, mostra um percentual muito baixo ou quase nulo em estado “idle” que significa que o processo está parado ou inoperante sem nenhum produto em seu interior. Isso demonstra que os processos de soldagem agilizaram a produção, o que pode ser demonstrado pelo aumento da produtividade.

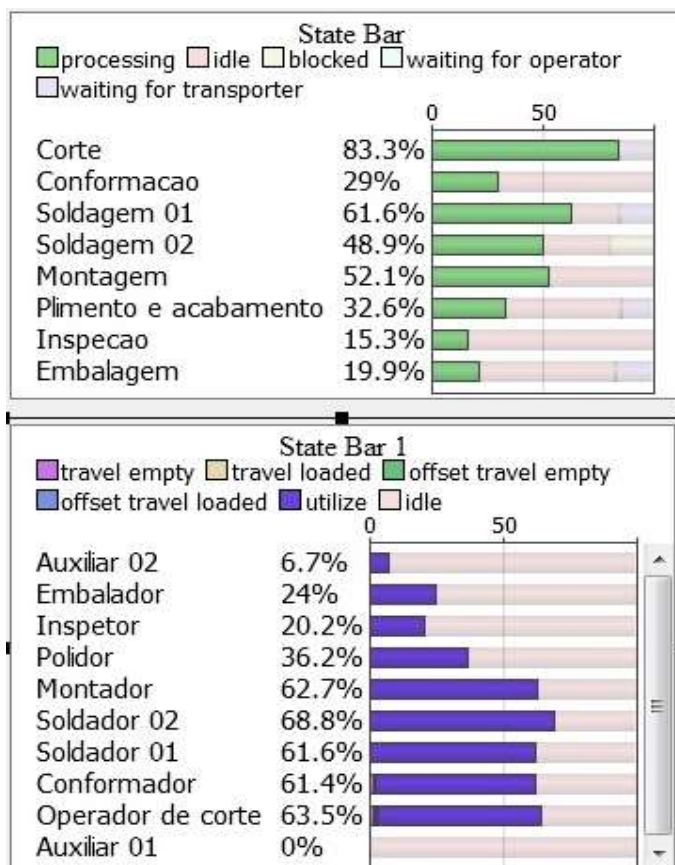


Figura 5– Utilização de equipamentos no cenário 2
Fonte: Autoria própria (2014)

Houve também um aumento significativo da utilização do setor de corte. Como o modelo se baseia no estoque de matéria prima disponível, ao aumentar o setor de soldagem, consequentemente puxou-se a produção do setor de corte.

O processo de Soldagem 02 mostra uma porcentagem de seu tempo no estado “*blocked*”, o mesmo observado nos processos de corte e conformação no modelo anterior. Isso significa que durante esse estágio o processo encontra-se bloqueado com o produto parado sem conseguir enviá-lo ao processo seguinte. Isso ocorre pois na maioria das vezes o processo de montagem está processando o item enviado pelo processo de Soldagem 01. Isso pode indicar que outra possível melhoria poderia ser a implementação de um outro setor de montagem. Porém, a proposta foi realizada em cima da disponibilidade da empresa. Assim, para propor uma nova instauração de unidade do processo, seria necessário o cumprimento da melhoria proposta e uma nova etapa de validação dos dados.

Entretanto, como pode se observar na Figura 06, ao final do primeiro período, os operadores denominados de “Auxiliar 01 e 02”, responsáveis pelo transporte dos produtos entre os processos, não foram utilizados. Ao final do segundo período e consequentemente do dia produtivo, apenas o Auxiliar 02 apresentou um percentual de utilização de 3,9%. Esse fato indicou sem nenhuma restrição uma possível melhoria para o processo. Como os operadores dos processos passam parte da jornada de trabalho em estado “*idle*”, ou seja, inativos, os mesmos tornam-se responsáveis pelos transportes dos produtos entre os processos.

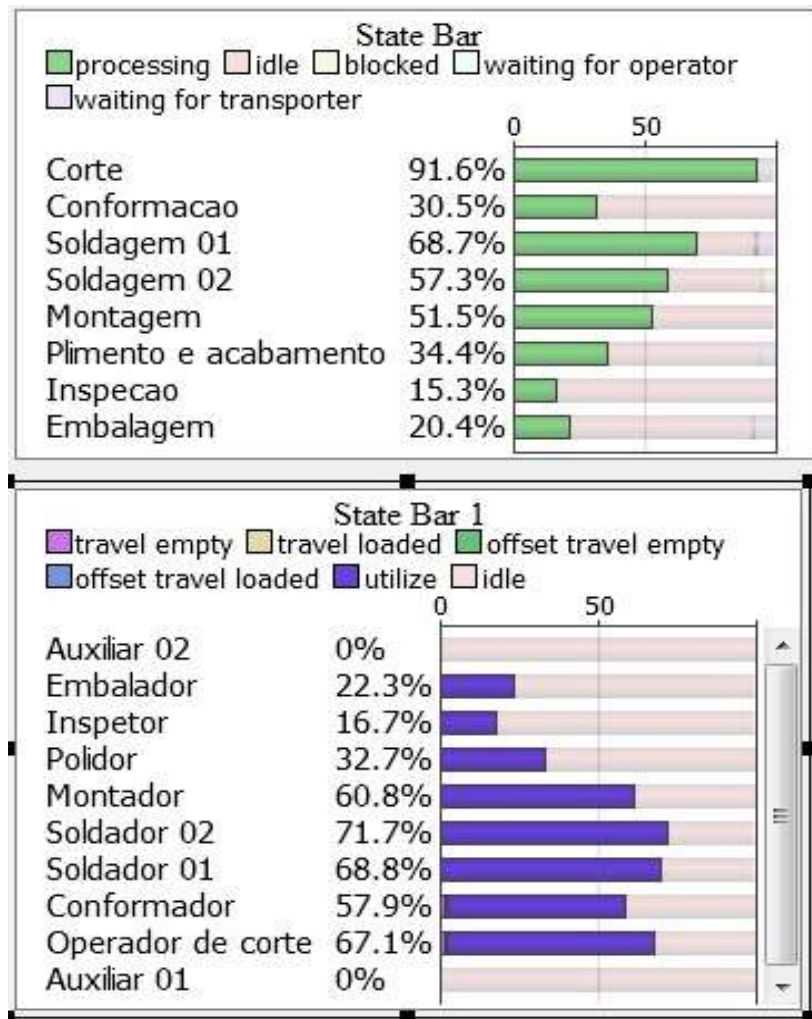


Figura 6– Gráficos melhoria 01 ao final do 1º período de trabalho
Fonte: Autoria própria (2014)

4.2. Cenário 3

Com a inatividade dos auxiliares aferida no cenário anterior, optou-se por excluí-los do processo produtivo, a fim de contatar a verdadeira participação dos mesmos no processo e também chegar a uma conclusão quanto ao transporte dos produtos entre os processos, para isso utilizou-se o modelo apresentado na Figura 7.

Conforme pode ser observado, na Figura 8, com a remoção dos auxiliares do processo produtivo, obteve-se um aumento na utilização tanto dos processos quanto dos operários envolvidos nos mesmos. Pode-se observar também uma significativa diminuição no percentual de status “blocked” dos processos o que demonstra uma maior dinamização dos processos produtivos. E também uma melhora quanto a utilização efetiva dos funcionários pela empresa. Com a retirada dos auxiliares, os operários inativos durante o processo produtivo é que ficaram responsáveis pelo transporte das peças entre os processos. Isso diminui o tempo ocioso dos funcionários e consequentemente aumenta a utilização dos mesmos para os fins do processo produtivo.

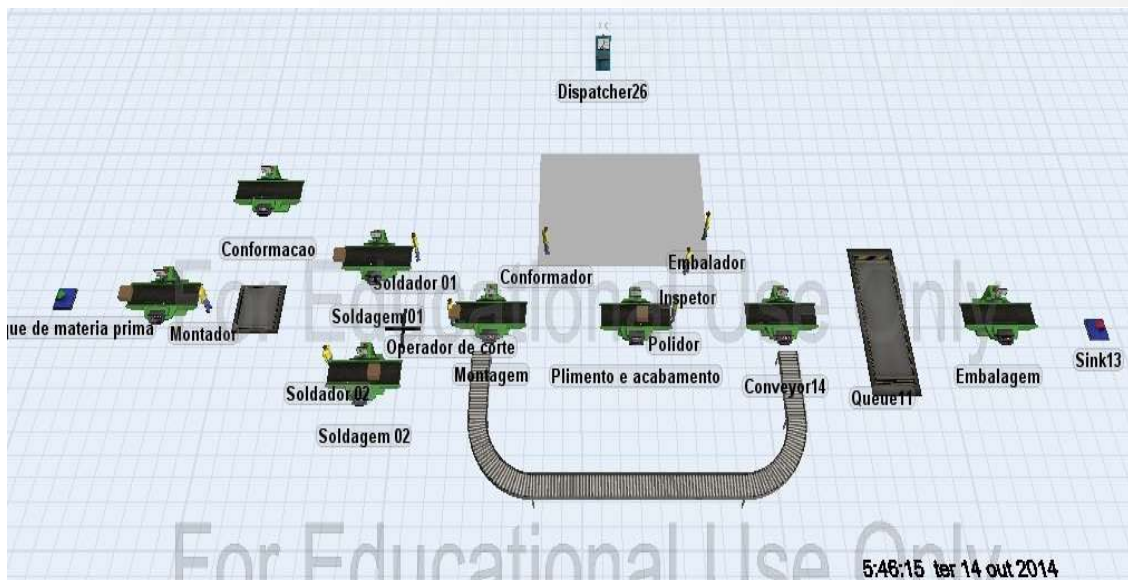


Figura 7– Modelo do cenário 3

Fonte: Autoria própria (2014)

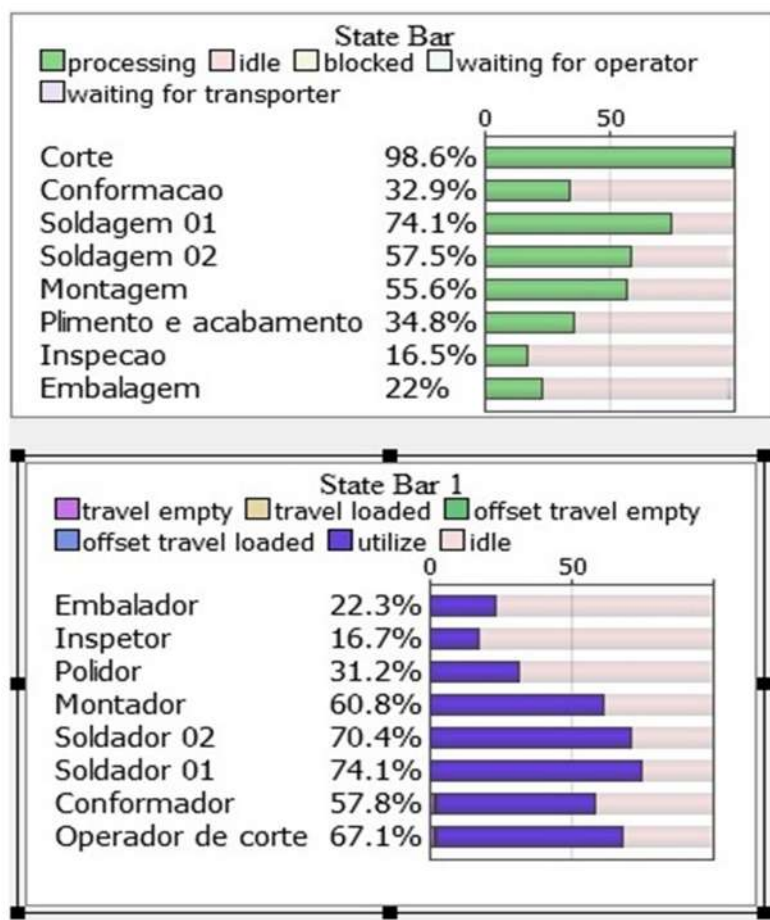


Figura 8– Gráficos melhoria 02 ao final da jornada de trabalho

Fonte: Autoria própria (2014)

5. Conclusões

Após a confecção e análise dos cenários com os modelos propostos, e também dos dados conquistados pelas simulações dos mesmos, pode-se concluir que a utilização do software com a finalidade de simular o processo produtivo é válida. Isso foi possível verificar pois os resultados obtidos pela simulação para a quantidade dos produtos finalizados em um dia foi idêntico ao observado em fase de pesquisa na empresa.

Além da utilização do software para a validação de simulação de processos produtivos, pôde-se verificar que a utilização do mesmo para a proposta de melhorias também é recomendável. Assim como os resultados para validação foram fidedignos, espera-se com uma pequena margem de erro que os mesmos resultados sejam satisfatórios e bem próximos da realidade. Ou seja, se na proposta de melhoria do cenário 01, a produtividade da linha passou de 15 para 22 unidades, caso a mesma seja implementada, o resultado real deverá ser muito próximo disso.

Com isso, tem-se que os dois cenários propostos poderiam ser implementados no processo produtivo com uma grande confiança nos resultados finais. Outro ponto positivo para a utilização desta ferramenta de melhoria se deu no fato das duas melhorias propostas serem possíveis de serem aplicadas ao mesmo tempo, pois utilizam recursos diferentes da empresa e ambas auxiliam para uma melhora da produtividade e utilização dos recursos financeiros e humanos da empresa.

Referências

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

FLEXSIM. *Fórum sobre FlexSim*. Disponível em <<https://www.flexsim.com/pt/>>. Acesso em 23 de novembro de 2014.

PRADO, D. S. *Teoria das filas e simulação*. Editora de Desenvolvimento Gerencial. Série Pesquisa Operacional. Vol. 1. 2ª Edição. Belo Horizonte. 2004.

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