

# Aplicação da Simulação de Eventos Discretos para propostas de melhorias numa linha de montagem de uma empresa do setor automotivo

*Application of Discrete Event Simulation to proposals for improvements in an automotive assembly line*

Caroline Kuhl Gennaro<sup>1</sup>

Mario Sergio Correa<sup>2</sup>

Maria Celia de Oliveira<sup>3</sup>

André Luis Helleno<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Doutoranda em Engenharia de Produção na área de Engenharia de Processo e Sustentabilidade pela Universidade Metodista de Piracicaba – Unimep, Santa Barbara d'Oeste, SP [Brasil]. caroline\_kuhl@yahoo.com.br

<sup>2</sup>Doutorando em Engenharia de Produção pela Universidade Metodista de Piracicaba – Unimep, Santa Barbara d'Oeste, SP [Brasil]

<sup>3</sup>Doutora em Engenharia de Produção e Professora na graduação/pós-graduação da Universidade Metodista de Piracicaba – Unimep, Santa Barbara d'Oeste, SP [Brasil]

<sup>4</sup>Doutor em Engenharia de Produção e Professor na graduação/pós-graduação da Universidade Metodista de Piracicaba – Unimep, Santa Barbara d'Oeste, SP [Brasil]

## Resumo

Muitas empresas usam a manufatura enxuta como uma tentativa de reduzir custos por meio da eliminação de desperdícios. Mudanças no ambiente fabril, eventualmente, levam a investimentos significativos, por isso é importante analisar os possíveis resultados de uma mudança antes de investir nela. Neste trabalho, objetivou-se validar propostas de melhoria de produtividade de uma linha de produção automotiva, com o uso de simulação de eventos discretos. O modelo de simulação construído apresenta informações úteis para a tomada de decisão, tais como a taxa de produção, as mudanças no número de trabalhadores, a troca de turnos e a ordem das tarefas a serem executadas. Concluiu-se que a técnica de simulação apresentou um conjunto de cenários viáveis para a melhoria da linha de produção da empresa analisada, possibilitando a essa organização escolher o melhor cenário, conforme seu objetivo estratégico.

**Palavras-chave:** Manufatura enxuta. Produtividade. Simulação.

## Abstract

Many companies are using lean manufacturing in an attempt to reduce costs through the elimination of waste. Changes in the manufacturing environment eventually lead to high investment, so it is important to first analyze the possible results. This paper aims to validate proposals for improvements in the productivity of a manufacturing line by the use of discrete event simulation. The simulation model that was created could provide the decision-makers with useful information, such as the production rate, changes in the number of workers and in shifts, and the order that jobs are processed. Our conclusions are that the simulation technique can present a set of viable scenarios for improvement and for choosing the best one according to a company's strategic objectives.

**Keywords:** Lean manufacturing. Productivity. Simulation.



## 1 Introdução

Na atual globalização da economia, muito tem-se exigido das empresas em relação às respostas rápidas e flexibilidade para mudanças de cenários. Nesse contexto, o uso de simulações permite que os problemas sejam analisados sem interferir no sistema real (Xavier, Gomes, Delalibera, Paiva & Pinho, 2009).

A simulação é uma técnica utilizada tanto para projeto e avaliação de novos sistemas como para reconfiguração física ou mudanças no controle e/ou regras de operação de sistemas existentes (Sakura & Miyake, 2009). Ela tem sido empregada com sucesso em áreas bastante vastas, que abrangem sistemas logísticos, militares, de manufatura, de serviços em saúde e serviços em geral, auxiliando os gestores na tomada de decisão em problemas complexos e possibilitando um melhor conhecimento dos processos nas organizações (Mello, Montevechi & Miranda, 2014, p. 48-72; Sakurada & Miyake, 2009).

Neste artigo, objetivou-se utilizar a técnica de simulação para propostas de melhorias numa linha de montagem de uma empresa do setor automotivo. O texto está organizado em três partes. No primeiro capítulo, abordam-se os assuntos teóricos sobre manufatura enxuta e simulação. No segundo, apresenta-se o estudo de caso, detalhando todas as fases da simulação da linha de montagem e a proposta de melhoria alcançada. No terceiro e último capítulo é apresentada a conclusão deste trabalho.

A metodologia utilizada foi uma pesquisa bibliográfica sobre manufatura enxuta e simulação. Como parte prática, foi realizada uma aplicação real em uma linha de montagem. Foram cronometrados os tempos de operações da linha, com 37 amostras, entre os dois turnos de produção. Utilizou-se a técnica estatística descritiva para

caracterizar as amostras coletadas em função das variáveis, média e desvio-padrão.

## 2 Referencial teórico

### 2.1 Manufatura enxuta

O modelo de produção enxuta surgiu após uma comparação feita por Eiji Toyoda e Taiichi Ohno da Toyota Motor Company, entre a indústria japonesa e a americana que se baseava no modelo Ford de produção em massa.

A produção em massa ficou conhecida pela linha de montagem móvel introduzida por Ford, em que o carro era movimentado em direção ao trabalhador estacionário. (Womack, Jones & Ross, 1992).

Após o fim da Segunda Guerra Mundial, com o Japão devastado, a Toyota estava pouco desenvolvida, comparada à indústria americana, e sabia que implementar o mesmo modelo usado pelos americanos no país seria quase impossível e não iria trazer resultados satisfatórios.

Nesse momento, surgiu o sistema Toyota de produção, conhecido como “manufatura enxuta” e traduzido para “produção enxuta”, uma abordagem em produção de variações de pequenos lotes, redução de *set-up* e de estoques, alto foco na qualidade e outras alternativas (Faria; Vieira; Peretti, 2012). Esse modelo surgiu com o objetivo de eliminar desperdícios. Segundo Ohno (1997), desperdício se refere a todos os elementos de produção que só aumentam os custos sem agregar valor, ou seja, são as atividades que não agregam valor ao produto, do ponto de vista do cliente, mas são realizadas no processo de produção. De acordo com Shingo (1981), existem sete desperdícios que o Sistema Toyota de Produção visa a eliminar, são eles: superprodução, espera, transporte excessivo, processos inadequados, inventário e movimentação desnecessários, produtos defeituosos.

Para o modelo manufatura enxuta, a eliminação total de desperdícios é essencial a fim de que todas as atividades ao longo de um fluxo de valor criem valor (Womack & Jones, 1998).

O ponto de partida fundamental para a manufatura enxuta é especificar o que cria e o que não cria valor para o cliente final; identificar o fluxo de valor e eliminar atividades que não acrescentam valor; desenvolver um fluxo contínuo com as atividades que criam valor, realizar o fluxo somente com produção puxada; empenhar-se na perfeição por meio da melhoria contínua e da redução contínua de desperdícios (Womack & Jones, 1998).

A aplicação da manufatura enxuta utiliza metodologias, como, por exemplo, o *just-in-time*, Total Quality Management (TQM), melhoria contínua (*kaizen*), controle estatístico de processo, engenharia simultânea e produção enxuta (Faria; Vieira; Peretti, 2012).

Porém, não basta somente conhecer as metodologias, é preciso ter conhecimentos sobre os processos avaliados e os respectivos indicadores e parâmetros. Além disso, segundo Oliveira (2008), a sua implementação depende da correta identificação dos desperdícios, por meio da observação direta do processo avaliado e da criatividade para utilizar a técnica adequada, dentre as quais se destacam:

- a) Nivelamento da produção: fabricar todos os componentes dentro de curtos intervalos de tempo (Tardin, 2001). Busca distribuir a produção de forma homogênea ao longo da jornada de trabalho (Oliveira, 2008).
- b) Balanceamento das linhas de produção: refere-se a um processo com operações que produzem o mesmo número de peças em uma determinada unidade de tempo (Oliveira, 2008). A sincronização no processo é condição básica para o funcionamento do siste-

ma de produção (Ohno, 1997). Entretanto, é complicado alcançar o balanceamento dos tempos de produção, muitas vezes, por existir as chamadas restrições ou o, popularmente conhecido, gargalo. Ferramentas de planejamento da capacidade foram subsequentemente acrescentadas a fim de avaliar a capacidade da máquina a cada etapa do processo de produção e proteger contra o surgimento de gargalos e limitações de capacidade (Womack & Jones, 2004).

- c) Manufatura celular: os equipamentos e os postos de trabalho são dispostos numa área limitada para facilitar a produção em pequenos lotes e em fluxo contínuo. Esse procedimento tem como benefício melhor utilização dos recursos humanos, facilidade no controle, trabalhadores capazes de desempenhar múltiplas tarefas, redução do tempo de *setup*. Contudo, existem limitações para esta abordagem, como produtos não adequados, células com produção não balanceada, necessidade de mão de obra especializada, elevado investimento. A formação de células é uma das principais etapas no projeto de um sistema de manufatura celular (Conceição, 2005).
- d) Trabalhadores com múltiplas habilidades: são os indivíduos multifuncionais, que trabalham em mais de uma máquina simultaneamente. Um problema decorrente dessa prática é o risco de uma máquina parar enquanto o operador trabalha em outra. Para a Toyota, isso é aceitável, pois é preferível uma máquina ociosa a um trabalhador parado (Shingo, 1996). Mas este conceito deve ser analisado criteriosamente em relação à empresa e seus processos de produção (Oliveira, 2008).
- e) Trabalho padronizado: documentar e padronizar as tarefas ao longo da cadeia de valor, por meio de instruções e procedimentos operacionais normalizados, facilitando a



realização do trabalho do operador e reduzindo a variabilidade do processo (Womack & Jones, 1998).

A utilização das técnicas da manufatura enxuta depende muito do perfil organizacional. Paoli, Cezar & Santos (2016) identificaram que a implementação da manufatura enxuta é mais efetiva, completa e duradoura em empresas que apresentam grau de maturidade mais elevado, ou seja, que são mais modernas, maduras e em linha com as melhores práticas.

## 2.2 Simulação de eventos discretos

As organizações utilizam modelos matemáticos e estudos de *layouts* para encontrar melhorias em processos. No entanto, em cenários complexos, que possuem muitas operações, torna-se difícil representar o cenário real do processo por meio desses modelos. Além disso, essa complexidade torna os métodos analíticos caros e, muitas vezes, de aplicação difícil, pois exigem um maior processamento do computador e capacitação do profissional (Silva, Frazzon & Casarotto Filho, 2015).

Modelar o sistema de produção é cada vez mais constante em empresas de fabricação, com o intuito de prever diversas situações antes de aplicar uma alteração para suposta melhoria no processo. Para a modelagem de sistemas, pode-se citar a Simulação de Eventos Discretos (SED).

Na SED, o estado do sistema muda discretamente no tempo – não de forma contínua – e o comportamento não obedece a um padrão determinístico de entradas e saídas, mas aleatório, geralmente caracterizado por uma distribuição probabilística que melhor representa o fenômeno real estudado (Sakurada & Miyake, 2009).

A simulação traz inúmeras vantagens, uma delas é a possibilidade de analisar antecipadamen-

te as tomadas de decisões. A aplicação da simulação, segundo Freitas Filho (2008), busca não somente a construção do modelo, mas também:

- descrever o comportamento do sistema;
- construir teorias e hipóteses considerando as observações efetuadas;
- usar o modelo para prever o comportamento futuro, isto é, os efeitos produzidos por alterações no sistema ou nos métodos empregados em sua operação.

Freitas Filho (2008) apresenta os passos (Figura 1) a serem seguidos na formulação de um estudo envolvendo modelagem e simulação baseado em fontes clássicas sobre o assunto.

## 3 Materiais, métodos e técnicas

A pesquisa foi realizada numa linha de produção de componente não variável em uma empresa fornecedora automotiva. Os gestores da organização optaram pelo estudo nessa linha de produção por acreditar que esta tinha chances de melhorar sua eficiência e por visualmente verificar que existem momentos de filas entre uma operação e outra.

Objetivou-se identificar as possíveis falhas de espera neste processo e, assim, reduzir as perdas.

### 3.1 Planejamento do projeto

O estudo foi realizado por duas pessoas, em que um dos pesquisadores foi responsável pela coleta de dados e informações relevantes do processo, e o outro por inserir as informações e projetar o modelo no *software*. Utilizou-se o programa Plant Simulation, desenvolvido pela Siemens. Ambos os pesquisadores planejaram as propostas a serem feitas no modelo.

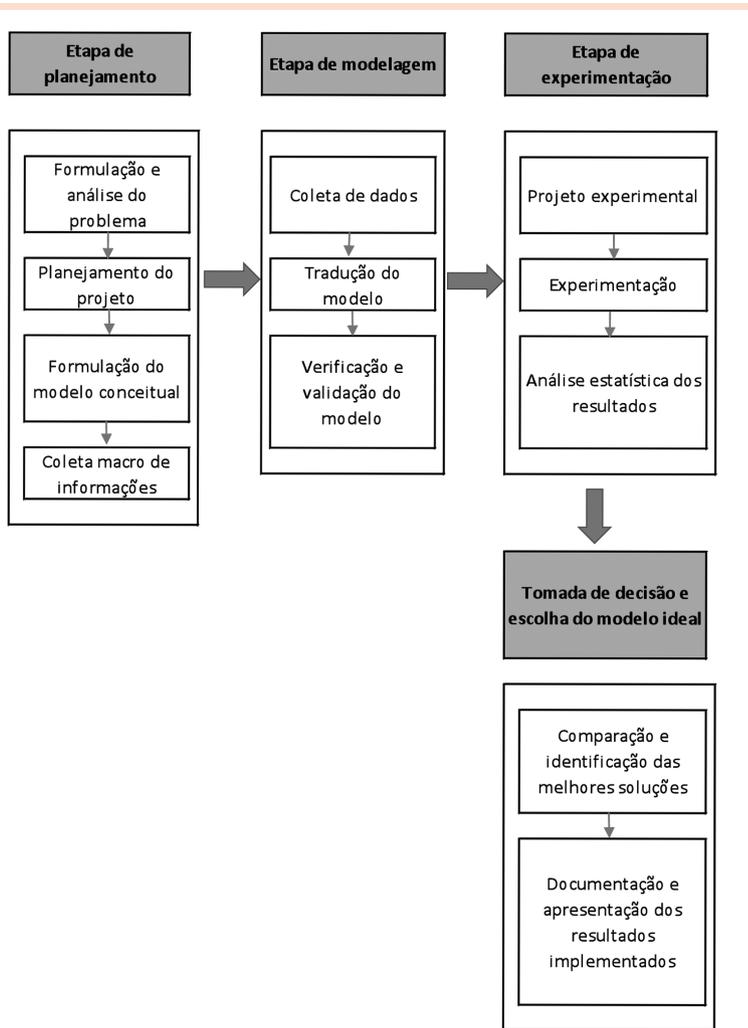


Figura 1: Passos em um estudo envolvendo modelagem e simulação

### 3.2 Formulação do modelo conceitual

Iniciou-se a formulação do modelo conceitual incluindo-se as informações do fluxo da linha de montagem, até alcançar o nível mais complexo, com detalhamento de restrições e peculiaridades de cada operação.

A linha de montagem é composta por uma estufa e apresenta quatro postos de trabalho, tendo cada posto uma operação manual e uma automática. A transição de uma peça para outra operação também é executada manualmente.

Apesar de as operações serem sequenciais, os operadores podem seguir da operação 1 para a 4, sem precisar realizar sequencialmente as atividades.

Em média, são produzidas 980 peças ao dia, em dois turnos. No primeiro turno, há dois operadores; e no segundo, três.

Apresenta-se um detalhamento das atividades descritas no fluxo da linha de montagem na Figura 2; e a descrição das atividades, no Quadro 1.

### 3.3 Coleta de dados

Para o desenvolvimento do modelo no *software* de simulação, foram coletados dados na linha de montagem por meio de entrevistas com os operadores, acompanhamento do processo em diferentes horários e dias, a fim de entender detalhadamente a funcionalidade de todo o sistema de produção. Também se efetuou metragem das distâncias entre cada operação (Tabela 1), sendo desconsiderada a distância entre a operação manual e a automática, já que ambas as operações são realizadas no mesmo local.

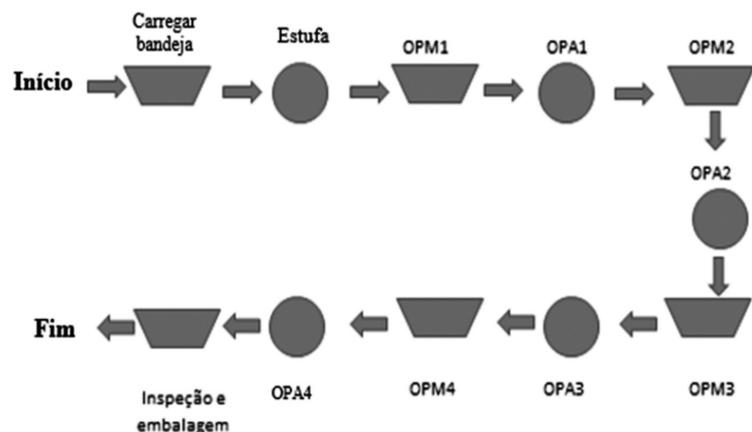


Figura 2: Fluxo da linha de montagem

OPM1 a 4= Operação Manual 1 a 4; OPA1 a 4=; Operação Automática 1 a 3.

Sigla	Operação	Descrição
Carregar bandeja	Carregar bandeja	Carregar a bandeja com os componentes e a posicionar na estufa.
Estufa	Estufa	Aquecer as peças na temperatura indicada.
OPM1	Operação Manual 1	Etiquetar a peça, realizar a leitura do código, posicionar a peça no berço da máquina 1, inserir o componente no centro da peça e acionar o botão bi-manual para início do processo automático.
OPA1	Operação Automática 1	Soldar componente nas peças.
OPM2	Operação Manual 2	Receber da operação anterior duas peças prontas, realizar leitura do código, posicionar as peças no berço da máquina 2, posicionar os componentes nas extremidades das peças e acionar o botão bi-manual para início do processo automático.
OPA2	Operação Automática 2	Soldar componentes nas peças.
OPM3	Operação Manual 3	Posicionar a peça no dispositivo e acionar botão bi-manual para iniciar o teste de estanqueidade.
OPA3	Operação Automática 3	Realizar teste de estaqueidade da peça.
OPM4	Operação Manual 4	Inserir a peça no dispositivo e inserir quatro componentes no dispositivo da máquina para inserção automática da peça.
OPA4	Operação Automática 4	Realizar a montagem dos componentes na peça, testar a estaqueidade e efetuar gravação da peça.
Inspeção e embalagem	Inspeção e embalagem	Verificar se a peça está conforme especificado no padrão de referência e inseri-la na bandeja, completando a bandeja, inserir a peça numa caixa.

**Quadro 1: Descrição das atividades do processo**

**Tabela 1: Distância entre operações**

Operação	Distância (metros)
Estufa – OPA1	2,71
OPA1 – OPA2	0,4
OPA2 – OPA3	0,6
OPA3 – OPA4	0,82
OPA1 – OPA4	1,9
OPA2 – OPA4	1,3
Saída de peça da OPA4 – Inspeção	0,6
OPA4 – Inspeção	2
Inspeção – embalagem	0,65

OPA1 a 4= Operação Automática 1 a 4.

E, por último, foi realizada a cronometragem dos tempos de cada operação (manual e automática) para, posteriormente, utilizando-se esses dados, obter o tempo médio de cada operação e seu desvio-padrão (Tabela 2).

**Tabela 2: Tempo médio de cada operação**

Operação	Tempo médio (em segundos)	Desvio-padrão
OPM	60	24
OPM1	19	4,6
OPA1	9	--
OPM2	14	3,7
OPA2	7,35	--
OPM3	5,4	1,9
OPA3	16	--
OPM4	11	2
OPA4	144,6	--
Inspeção e embalagem	15	5,9

OPM1 a 4= Operação Manual 1 a 4; OPA1 a 4= Operação Automática 1 a 4.

O tempo de estufa é considerado diferente do de outras operações, tendo em vista que a bandeja com as peças precisa ficar no mínimo quatro horas dentro da estufa, e o número de bandejas que cabem dentro desta é equivalente a 20 unidades. Portanto, ao se cronometrar os tempos, não foi medido os de estufa. Os tempos das máquinas foram considerados determinísticos. Foram colhidas 37 amostras de cada operação a fim de garantir que os resultados fossem condizentes com o real.

### 3.4 Validação e verificação

Para garantir que o modelo simulasse o sistema real, realizaram-se comparações dos dados de tempos, distância, quantidade de peças produzidas diariamente entre o sistema real e o projetado.

A produção média no sistema real é de 980 peças por dia, enquanto no modelo projetado, nas mesmas condições de recursos e tempo, é de 960 peças diariamente; um erro de  $\pm 2\%$ , o que mostra que o projetado é bastante semelhante ao real.

### 3.5 Experimentação

A simulação foi realizada no período de 70 dias, desprezando-se os dez primeiros dias, pois são considerados como uma fase de “aquecimento”, isto é, de adaptação ao novo sistema projetado. No décimo dia, a estabilidade é evidente, como mostrado no Gráfico 1.

O percentual de distribuição do tempo dos operadores no modelo atual é apresentado no Gráfico 2.

### 3.6 Comparação de sistema e identificação das melhores soluções

No modelo atual, os operadores atendem as atividades do processo na ordem em que os mesmos itens vão aparecendo, ou seja, um método de First In-First Out (FIFO). Desta maneira, foi pensado em uma priorização de atividades, em que a inspeção tem a maior prioridade, ou seja, sempre que tiver uma peça a ser inspecionada ela deve ser inspecionada mesmo se houver outra atividade esperando há mais tempo.

Nessa fase, realizaram-se simulações a fim de comparar os modelos propostos com o modelo real, objetivando analisar os resultados gerados em cada um desses modelos. Verificou-se que os modelos propostos mudaram a sequência de atendimento das operações de FIFO para prioridade. Todos os modelos estão apresentados no Quadro 2.

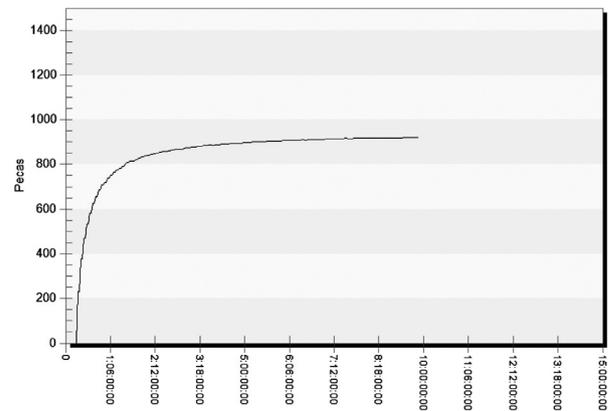


Gráfico 1: Tempo de aquecimento da simulação

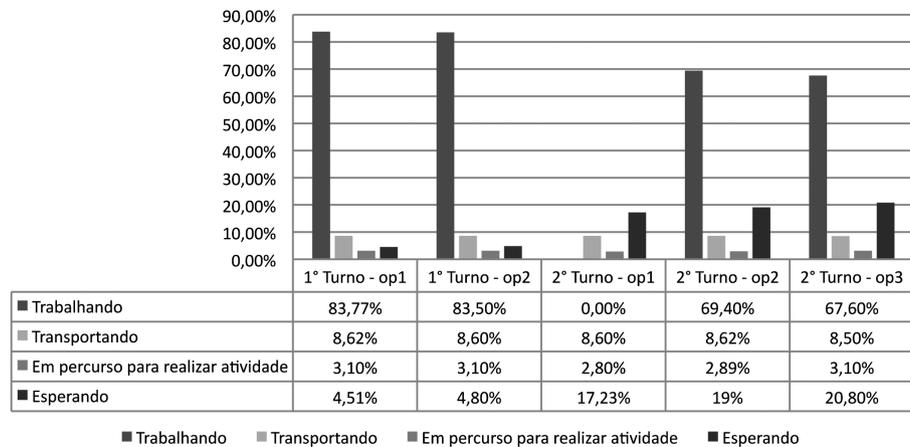


Gráfico 2: Distribuição do tempo dos operadores no modelo atual

Proposta	Turno 1	Turno 2	Prioridade
1	3 operadores	3 operadores	Nenhuma prioridade
2	2 operadores	3 operadores	Com prioridade da ultima atividade para a primeira
3	2 operadores	2 operadores	Com prioridade da ultima atividade para a primeira

Quadro 2: Propostas de melhorias

## 4 Resultados

### 4.1 Proposta 1

Na proposta 1, a produção diária seria de 1073 peças; porém, ao analisar a distribuição de tempo dos operadores (Gráfico 3), verifica-se aumento no tempo que o sistema ficaria ocioso e, portanto, os operadores ficariam temporariamente sem tarefas. Esta proposta se torna inviável, pois geraria custos de parada, situação contrária à intenção da empresa que é de reduzir custos. O ganho em produtividade de 11,8% não seria suficiente para compensar essa ociosidade dos operadores.

### 4.2 Proposta 2

Seria possível fabricar diariamente 988 peças com a proposta 2; porém, ao verificar-se a distribuição do tempo dos operadores, observa-se um aumento do tempo em que os operadores do segundo turno ficam ociosos, conforme Gráfico 4.

Esta proposta não foi descartada, tendo em vista que a empresa teria de alterar somente o método de trabalho, e o retorno de produção seria de 2,9%, melhor que o modelo atual.

### 4.3 Proposta 3

Na proposta 3, seriam fabricadas diariamente 943 peças, uma produção menor em 1,77% da real. Entretanto, essa é uma diferença pequena diante

da possibilidade de redução de um operador do segundo turno, que seria realocado para outra linha, evitando-se, assim, custos com novas contratações. Além disso, de acordo com o Gráfico 5, a distribuição do tempo dos trabalhadores seria mais equilibrada, pois todos teriam um menor tempo de ociosidade, e a operação nos dois turnos ficaria balanceada.

## 5 Discussão dos resultados

As duas primeiras propostas obtiveram resultados melhores em relação ao modelo atual quanto à capacidade de produção diária. Na primeira

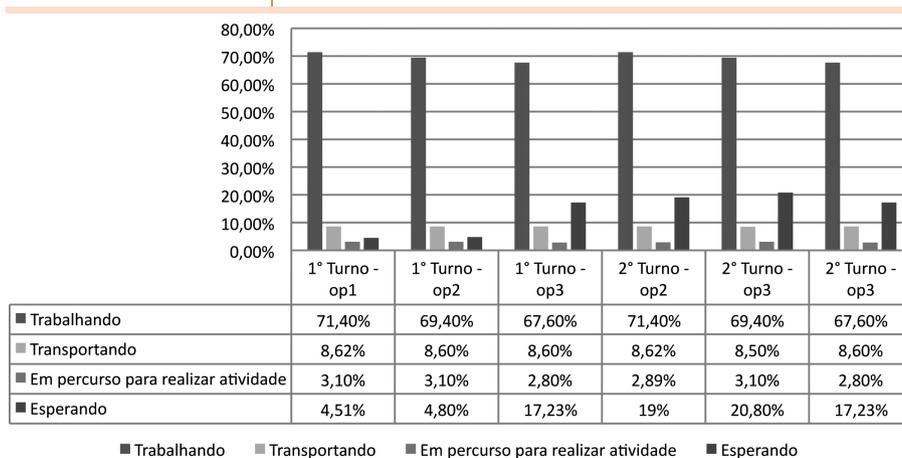


Gráfico 3: Distribuição do tempo dos operadores da proposta 1

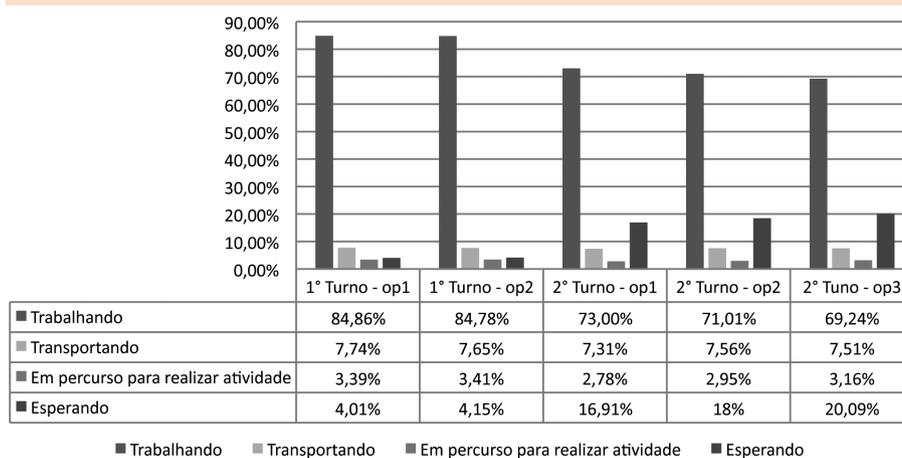
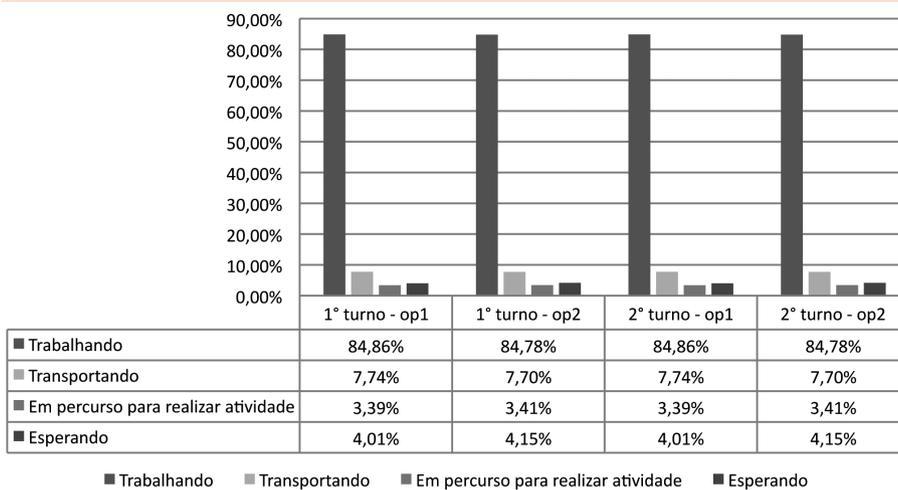


Gráfico 4: Distribuição do tempo dos operadores na proposta 2



**Gráfico 5: Distribuição do tempo dos operadores na proposta 3**

proposta, seria necessário acrescentar somente um funcionário no primeiro turno. O que proporcionaria um aumento de 11,8% na produção comparada a do sistema atual. Na segunda proposta, o número de funcionários é o mesmo que no modelo atual; porém, o método de trabalho foi alterado para priorizar as atividades. Sendo a priorização da última para a primeira atividade, o que se assemelha a uma produção puxada. Esta proposta obteve um aumento de 2,9% na produtividade em relação a do modelo atual. Na terceira proposta, reduziu-se um operador no terceiro turno e utilizou-se também o método de priorização da última para a primeira atividade. Por diminuir o número de trabalhadores, a produção baixou para 1,77%, mas essa redução é muito pequena e não inviabilizou a referida proposta, considerando-se a oportunidade de realocar o funcionário para outra linha que esteja mais necessitada de mão de obra sem custos adicionais de nova contratação.

## 6 Conclusão

Após análise dos resultados, percebe-se que as três propostas são viáveis, e a escolha do me-

lhor modelo a ser seguido fica por conta das estratégias atuais da empresa.

Os achados, neste estudo, mostraram que a utilização de simulação para apoio aos gestores na tomada de decisões referentes a processos de fabricação é muito interessante e consideravelmente satisfatória para evitar custos desnecessários e perda de tempo com implantações e modi-

ficações no processo que não se tem a certeza de serem viáveis ou não.

## Referências

- Conceição, S. V. (2005). Otimização do fluxo de materiais através da manufatura celular. *Produção*, 15 (2), 235-250.
- Faria, A. N. de, Vieira, V. S., Peretti, C. (2012). Redução de custos sob a ótica da manufatura enxuta em empresa de autopeças. *Revista Gestão Industrial*, 8 (2), 186-208.
- Freitas Filho, P. J. F. de. (2008). *Introdução à modelagem e simulação de sistemas com aplicações em arena*. (2a ed). Florianópolis: Visual Books.
- Mello, N. S., Montevechi, J. A. B., Miranda, R. C. (2014). Análise do impacto das paradas de máquina em uma empresa farmacêutica por meio da simulação. *Iberoamerican Journal of Industrial Engineering*, 6 (12), 48-72.
- Oliveira, C. S. de. (2008). *Metodologia para utilização de simulação em projetos de manufatura enxuta*. 2008. Dissertação de mestrado em engenharia de produção, Universidade Federal De Minas Gerais, Minas Gerais, BH.
- Ohno, T. (1997). *O Sistema Toyota de Produção: além da produção em larga escala*. Porto alegre: Bookman.
- Paoli, F. M. De, Cezar, W., Santos, J. C. S. (2016). Implantação da manufatura enxuta organizacional: estudo de múltiplos casos. *Revista Exacta – ep*, 14 (1), 47-69.
- Sakurada, N., Miyake, D. I. (2009, janeiro-março). Aplicação de simuladores de eventos discretos no processo de modelagem de sistemas de operações de serviços. *Gestão e Produção*, 16 (1), 25-43.



Shingo, S. (1996). O sistema toyota de produção do ponto de vista da engenharia de produção (2a ed). Porto Alegre: Bookman.

Shingo, S. (1981). Study of Toyota Production System from an industrial engineering viewpoint. Toquio: Japan Management Association.

Silva, G. F. Da., Frazzon, e. M., Casarotto filho, N. (2015). Proposta de método de otimização-simulação para apoiar a tomada de decisão e internalização de processos produtivos. *Exacta – ep*, 13 (3).

Tardin, G. G. Kanban e o nivelamento da produção. (2001). Dissertação de mestrado em Engenharia Mecânica, Universidade Estadual De Campinas, Campinas, SP.

Xavier, A. F., Gomes, J. H. F. Delalibera, P. H. A. , Paiva, c. N. Pinho, a. F. (2009, outubro). A simulação a eventos discretos como ferramenta de tomada de decisão na implementação de uma linha de montagem em uma indústria do setor automobilístico. *Anais do Encontro Nacional de Engenharia de Produção*, Salvador, BH, Brasil, 19.

Womack, J. P., Jones, D. T. (2004). *A mentalidade enxuta nas empresas – lean thinking*. Rio de Janeiro: Elsevier.

Womack, J. P., Jones, D. T. (1998). *A mentalidade enxuta nas empresas: elimine o desperdício e crie riqueza*. Rio de Janeiro: Campos.

Womack, J. P., Jones, D. T., Ross, D. (1992). *A máquina que mudou o mundo*. Rio de janeiro: Campos.

Recebido em 27 jul. 2016 / aprovado em 24 out. 2016

**Para referenciar este texto**

GENNARO, C. K. et al. Aplicação da Simulação de Eventos Discretos para propostas de melhorias numa linha de montagem de uma empresa do setor automotivo. *Exacta – EP*, São Paulo, v. 15, n. 1, p. 47-56, 2016.