
ANÁLISE DE ATENDIMENTO DE DEMANDA COM O SOFTWARE PROMODEL* --- --- ---



Soraia Regina Gomes de Almeida, Antônio Pasqualetto

Resumo: o presente artigo apresenta uma análise de atendimento de demanda, através de simulação computacional no software Promodel, em uma linha de envase de potes de sorvetes no estado de Goiás. A metodologia utilizada iniciou com análise do sistema em questão e com a coleta de dados relevantes para a construção do modelo. Posteriormente foi feita a simulação de todo o processo produtivo. Como resultado, obteve-se um modelo de simulação útil e diferenciado para auxiliar na tomada de decisão sobre o atendimento da demanda, contribuindo significativamente para a compreensão da dinâmica do processo e possíveis intervenções e projetos de melhorias, o que acarreta um incremento substancial para o desenvolvimento e alavancagem das indústrias de alimentos sediadas no estado de Goiás, que vem crescendo expressivamente quando comparada às outras regiões do Brasil.

Palavras-chave: Simulação computacional. Tomada de decisão. Demanda.

CUSTOMER DEMAND ATTENDANCE ANALYSIS ACCORDING TO PROMODEL SOFTWARE

Abstract: this paper presents a customer demand attendance analysis into an ice cream factory at Goiás State through the computational simulation with the Promodel software. The methodology began with the process Analysis and the relevant data collected to build the model, subsequently the whole manufacturing process simulation was carried out. As a result, we obtained a useful model to aid in decision making, to contribute significantly to system understanding and to make possible interventions and improvement projects, which entails a substantial increase for the development and leverage of the food industries based in the state of Goiás, which has been growing significantly when compared to other regions of Brazil.

Keywords: Computational simulation. Decision making. Customer demand.

Resumen: el presente artículo presenta un análisis de atención de demanda, a través de simulación computacional en el software Promodel, en una línea de envase de potes de helados en el estado de Goiás. La metodología utilizada inició con análisis del sistema en cuestión y con la recolección de datos relevantes para la construcción del modelo. Posteriormente se hizo la simulación de todo el proceso productivo. Como resultado, se obtuvo un modelo de simulación útil y diferenciado para auxiliar en la toma de decisión sobre la atención de la demanda, contribuyendo significativamente a la comprensión de la dinámica del proceso y posibles intervenciones y proyectos de mejoras, lo que implica un aumento sustancial para el desarrollo y el apalancamiento de las industrias de alimentos con sede en el estado de Goiás, que ha estado creciendo significativamente en comparación con otras regiones de Brasil.

Palabras clave: Simulación computacional. Toma de decisión. Demanda

Com o ambiente dinâmico em que as empresas estão inseridas e a concorrência acirrada do mercado, exige cada vez mais eficiência nas definições de estratégia do negocio e melhoria na qualidade dos produtos e processo. Nesse contexto, organizações se deparam com a necessidade de buscar métodos e técnicas que a orientem para resolução de problemas, sendo a simulação computacional uma alternativa efetiva.

Segundo Pereira (2000), simulação computacional é a representação de um sistema real através de um modelo utilizando o computador, trazendo vantagens como a de se poder visualizar o sistema, implementar mudanças e responder a questões do tipo: “o que aconteceria se” (*What If*), reduzindo gastos desnecessários e tempo.

A simulação permite uma visualização mais detalhada do funcionamento do sistema e ainda permiti testar cenários alternativos para indicar soluções. No âmbito empresarial, a simulação computacional vem sendo gradativamente disseminada, em virtude de ser uma alternativa de modelagem e teste do cenário futuro desejado.

O presente artigo tem o objetivo desenvolver um modelo de simulação para auxiliar na tomada de decisões para atendimento da demanda nos meses de alta, em uma empresa no setor alimentício no segmento de sorvetes, localizada Goiânia. Utilizou-se como ferramenta computacional o *software* Promodel, e como método de pesquisa, a modelagem/simulação e o estudo de caso, incluindo a metodologia (BANKS, 1998).

O artigo se estrutura em cinco partes. A primeira expõe uma abordagem teórica sobre assuntos fundamentais envolvidos nesta pesquisa, sendo eles: simulação de sistemas, *software* Promodel. A segunda apresenta a método de pesquisa utilizado. A terceira e a descrevem o desenvolvimento e a análise dos resultados da pesquisa. Por fim, a quarta parte comenta e conclui o trabalho.

SIMULAÇÃO

Com um mercado cada vez mais competitivo e de mudanças rápidas, a simulação tem-se tornado uma ferramenta útil e poderosa à análise de sistemas complexos e à resolução de problema, servindo assim como ferramenta de análise de sistemas complexos reais ou sob condições específicas determinadas pelo usuário (COSTA, 2002). A simula-

ção computacional, segundo Law e Kelton (1991), é a imitação de um sistema real modelado em computador, no qual serão executados experimentos para avaliação e melhoria da sua performance. De um modo geral, simulação é a importação da realidade para um ambiente controlado onde se pode estudar o comportamento do mesmo, sob diversas condições sem os riscos físicos e/ou custos envolvidos.

Para se chegar a uma simulação bem-sucedida é necessária a definição dos passos a serem seguidos. Estes passos variam de acordo com o projeto, porém, os procedimentos básicos são essencialmente os mesmos, e sua principal função é garantir que o projeto seja conduzido de forma organizada, com um mínimo desperdício de recursos, maximizando a eficiência na obtenção de resultados. Esses procedimentos são mostrados a seguir (PROMODEL, 2008):

1º. Plano de estudo: consiste em definir objetivos e estabelecer restrições (de tempo e custo) e especificações da simulação (nível de detalhamento);

2º. Definição do sistema: consiste na identificação do modelo conceitual no qual a simulação será baseada, necessitando da tomada de dados em fontes confiáveis, conversão apropriada desses dados, bem como sua documentação e aprovação;

3º. Construção do modelo: de modo a representar o sistema definido, refinando os dados e verificando a validação do modelo; tal validação pode ser feita tanto através da comparação entre as respostas do modelo e do sistema real como pela análise do modelo por um especialista;

4º. Condução do experimento: baseado no resultado da simulação o modelador tem uma resposta sobre a validade de suas hipóteses, podendo manipular as variáveis de entradas (variáveis independentes) definidas no modelo e avaliar suas mudanças;

5º. Análise dos resultados: o maior benefício da simulação é a ideia de “o que aconteceria se”, porém, a resposta obtida não é necessariamente a correta, devendo-se ter cautela ao usar seus resultados;

6º. Reportando os resultados: o último passo é dar recomendações para melhoria no sistema atual, baseando-se nos resultados da simulação.

Chwif e Medina (2010) citam que a simulação é comumente usada como ferramenta para responder a questões do tipo “O que aconteceria se?”. Chwif e Medina notam que a lista de alternativas para este tipo de perguntas pode ser infinita, e, portanto, um modelo de simulação é ideal por ser capaz de analisar diversos aspectos do sistema. Freitas (2001) diz que a grande vantagem do uso dessa ferramenta, é que tais questões podem ser respondidas sem que os sistemas sob investigação sofram qualquer perturbação. Em algumas situações pode ser possível realizar experimentos no sistema real, porém, em muitos casos, é simplesmente muito difícil, caro, ou impossível realizar estudos físicos no próprio sistema. Segundo Freitas (2001) a simulação apresenta vantagens e desvantagens de seu emprego, nas quais se destacam algumas:

- Vantagens

- a) Uma vez criado, um modelo de simulação pode ser utilizado inúmeras vezes para avaliar projetos e políticas propostas;
- b) A simulação é, geralmente, mais fácil de aplicar do que métodos analíticos;

- c) O tempo pode ser controlado, comprimido ou expandido, permitindo reproduzir os fenômenos de maneira lenta ou acelerada, para que se possa melhor estudá-los;
 - d) Pelo alto nível de detalhamento o modelo pode substituir o sistema real evitando a sua perturbação;
 - e) Hipóteses sobre como ou por que certos fenômenos acontecem podem ser testadas para confirmação.
- Desvantagens
 - a) A construção de modelos requer treinamento especial;
 - b) Os resultados de simulação são, muitas vezes, de difícil interpretação por haver processos aleatórios incluídos no modelo;
 - c) A modelagem e a experimentação associadas a modelos de simulação consomem muitos recursos, principalmente tempo.

Kelton *et al.* (2010) resumem na seguinte frase as vantagens da simulação: “Ninguém se fere, e a sua liberdade de testar uma grande variedade de ideias com o modelo pode trazer a tona alternativas atraentes que não poderiam ser testadas no sistema real”. No entanto, deve-se tomar muito cuidado na construção dos modelos, um modelo mal elaborado e com muitas simplificações pode não representar bem o sistema assim como um modelo muito detalhado. Segundo Freitas (2001), os erros mais comuns na abordagem da simulação são pouco conhecimento ou pouca afinidade com a ferramenta utilizada, objetivos com pouca clareza e definição, construção de modelo com níveis de detalhamento inadequado e a realização de conclusões em uma única replicação.

Kelton *et al.* (2010) afirmam que a simulação computacional tem sido amplamente utilizada tanto no meio acadêmico quanto no empresarial, graças ao aumento da popularidade e da capacidade dos computadores. Assim, várias são as maneiras de se desenvolver um modelo computacional, incluindo desde as linguagens de alto nível até planilhas ou aplicativos de software. Diversos simuladores de fácil utilização e acompanhados de animação gráfica dinâmica do sistema estão disponíveis no mercado como, por exemplo, o Arena, o AutoMod e o Promodel, o qual será utilizado neste artigo.

Promodel

Stiebitz (2001) relatou a evolução dos pacotes de simulação disponíveis no mercado internacional. Tal desenvolvimento possibilitou um uso cada vez mais popularizado, por parte de engenheiros e administradores, os quais não precisam ser necessariamente especialistas em linguagens sofisticadas de simulação. Dentro destas novas gerações de simuladores mais avançados, encontra-se o software Promodel desenvolvido pela empresa norte-americana Promodel *Corporation*.

O Promodel é uma ferramenta de simulação usada para planejar, projetar e melhorar a produção e outros sistemas táticos e operacionais. Ele é um software desenvolvido para Windows, com uma interface gráfica intuitiva e orientada a objetos, o que reduz em muito a necessidade de programação. Após uma simulação realizada com sucesso, o

usuário pode fazer a coleta estatística de dados para posterior análise. A visualização dos dados pode ser feita através de gráficos (PROMODEL, 2008).

Esse simulador lhe permite reproduzir a complexidade de processos reais, incorporando a variabilidade e interdependências que possibilita realizar análises e mudanças e, assim, otimizar sistemas e melhorar indicadores. Sendo esta uma poderosa aliada na constante batalha para se reduzir custos, aumentarem capacidade, acelerar ciclos de produção e aumentar serviços a clientes. (BELGA, 2013).

Law e Kelton (1991) classificam o software Promodel como um dos simuladores mais flexíveis devido a sua capacidade de construir múltiplas replicações de simulação. Os principais elementos do ProModel são: entidades, locais, chegadas, recursos e rede de caminhos.

Aplicações de simulação

A aplicação de simulação utilizando o *software* Promodel mostra-se bastante eficiente para diversas áreas . A seguir seguem artigos que representam o estado da arte no que diz respeito à simulação aplicada no Promodel.

Pinho (2010) apresenta uma aplicação da metodologia de modelagem e simulação a eventos discretos em conjunto com a técnica de otimização para uma célula de controle de qualidade em uma empresa do ramo de soluções de sistemas com fibra óptica para telecomunicações.

Marçal (2010) apresenta a xaroparia com um gargalo para a produção de refrigerantes durante os meses do ano em que o nível de vendas se eleva. Com isso foram feitas entrevista com os colaboradores da empresa ligados ao processo escolhido, bem como pesquisa documental e análise in loco. Os resultados mostraram que usando a metodologia do mapeamento do fluxo de valor aliado a simulação computacional (Promodel) é possível diminuir o tempo de processamento, aumentar a produtividade, adequar a capacidade produtiva ao processo cliente, diminuir tempos de esperas, diminuir o tempo ocioso dos funcionários, entre outros aspectos.

Ramesh *et al.* (2009) discute um estudo de simulação realizado por propor uma peça de layout numa linha com características Fabricação *Lean*. Um estudo com o objetivo de redesenhar o fluxo de valor da etapa xaroparia do processo produtivo de refrigerantes, contemplando um aumento significativo da produtividade bem como da capacidade produtiva, comprovando por meio de simulação computacional é apresentado por (Nogueira 2010).

Anisah (2013) artigo fornece um exemplo prático da aplicação de simulação de eventos discretos para avaliar o desempenho de uma linha de produção, utilizando o software ProModel. Outro trabalho apresenta a análise, através de simulação, da capacidade de produção de uma linha de manufatura em uma empresa do ramo automotivo, (PIVATO 2012).

METODOLOGIA

De acordo com Shannon (1975) o desenvolvimento de um processo de simulação é mais uma extensão das artes do que das ciências. Tal afirmação ajuda a entender o porquê da

dificuldade de se apresentar um mecanismo único para desenvolver modelos de simulação. Contudo, no geral, há alguns elementos fundamentais de um modelo de simulação e alguns passos que, se seguidos, podem ajudar o “modelista”, mesmo novato, a atingir um bom desempenho no desenvolvimento de modelos de simulação (COSTA, 2002). Neste sentido, segundo adaptações de (BANKS, 1998), um projeto de simulação deve seguir os seguintes passos (Figura 1):

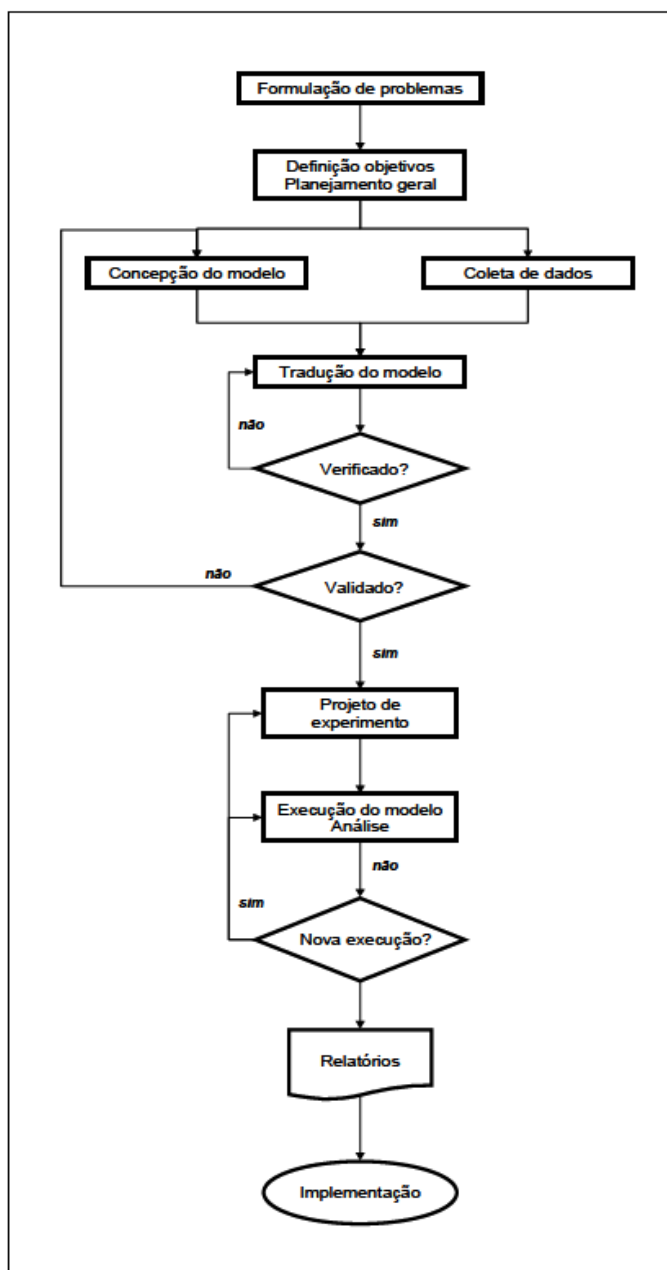


Figura 1: Etapas de um projeto de simulação
Fonte: Banks (1998)

Para o desenvolvimento deste artigo foi realizada uma pesquisa aplicada, pois envolve a geração de conhecimentos específicos voltados a solução de aplicação prática dirigida à problemas específicos. No tocante aos objetivos, segundo Silva (2000), ela é classificada

como exploratória, uma vez que conduz a uma maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo explícito ou a construir hipóteses. Por conseguinte, é possível classificá-la como Estudo de Caso, tendo com base a metodologia de (BANKS, 1998).

Assim, foi feita coleta de dados e diagnóstico do estado atual e levantadas informações a respeito de todo processo produtivo de sorvete por meio de observações *in loco*, cronometragens dos tempos de execução de cada atividade do processo e entrevistas com os operadores e encarregados da linha entre o período de agosto de 2013 a outubro de 2013. Após a análise dos dados e investigação das características do processo foi feita a elaboração da simulação no Promodel com foco de avaliar o atendimento da demanda do mês de pico.

EXPERIMENTAÇÃO

O objeto de estudo deste modelo de simulação foi uma fábrica de médio porte de sorvetes localizada na região metropolitana de Goiânia, no Estado de Goiás. A fabricação de sorvetes se dá através de processos interligados, conforme figura 2, quais são descritos:

- Preparação da calda base: nesta fase é feito o preparo da mistura (leite, gorduras, açúcar, emulsificantes, estabilizantes e etc.), realizado em tanques dois tanques de preparação.
- Homogeneização: neste processo a mistura é transferida através de dutos até o homogeneizador, este equipamento é responsável pela quebra dos glóbulos de gordura, facilitando a emulsão do produto.
- Pasteurização: após a homogeneização o produto é transferido para o pasteurizador, mecanismo que aquece rapidamente a mistura a 85°C, mantendo esta temperatura por um determinado tempo. Em seguida resfria rapidamente até 1°C. Tendo como objetivo tornar o produto livre de bactérias patogênicas proteção contra oxidação e melhoria de sabor e textura do produto final.
- Maturação: Após a pasteurização a calda base é transferida ainda por meio de dutos para os tanques de maturação onde permanecem no mínimo 4horas com temperatura máxima de 4°C sob agitação lenta. Nesta etapa são adicionados os demais ingredientes à calda base.
- Aeração e congelamento: A calda base é bombeada dos tanques de maturação para as unidades produtoras de sorvete, onde esta é resfriada e é incorporado ar, transformando a calda base em sorvete.
- Envase: O produto final é transferido para os potes/caixas e acondicionado em câmaras frigoríficas.

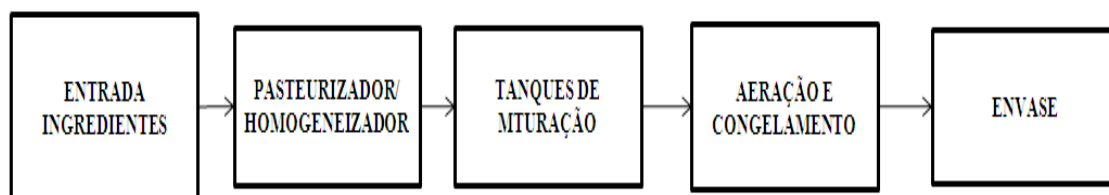


Figura 2: Ilustração do fluxograma de processo
Fonte: MPF (2013).

Vale salientar que foram utilizadas volume de produção real, e que por isso, optou-se por não inserir no modelo, os pontos de inspeção do sistema, nem as perdas de produto.

A simulação foi desenvolvida com acompanhamento do setor de manufatura da empresa pesquisada, onde foram alinhados os fluxos de produção, capacidades, demandas, tempos e métodos de transferências de insumos, semiacabados e produtos acabados.

As ilustrações inseridas no Promodel correspondem a equipamento e tanques similares aos utilizados para a produção do sorvete, e a câmara frigorífica foi representada por um armazém.

Os volumes produzidos e transferidos foram convertidos em milheiros de litros, o que, no modelo, resultou em medições unitárias, isto é, se um taque de maturação estiver com 5.000 litros de calda, no sistema este apontamento será de apenas 5.

O processo de Envase dos produtos apresentou uma distribuição normal, informação esta, que também foi levantada através do Promodel, mais especificamente pela ferramenta *Stat Fit*.

As transferências dos tanques de maturação para a produtora ocorrem em um tanque por vez. Um tanque somente pode ter a calda transferida se não houver nenhuma outra transferência em andamento. O critério de escolha do tanque que abastecerá a produtora, é o Fifo (*First in, First Out*). Segue a Figura 3 o modelo criado segundo o fluxograma descrito.

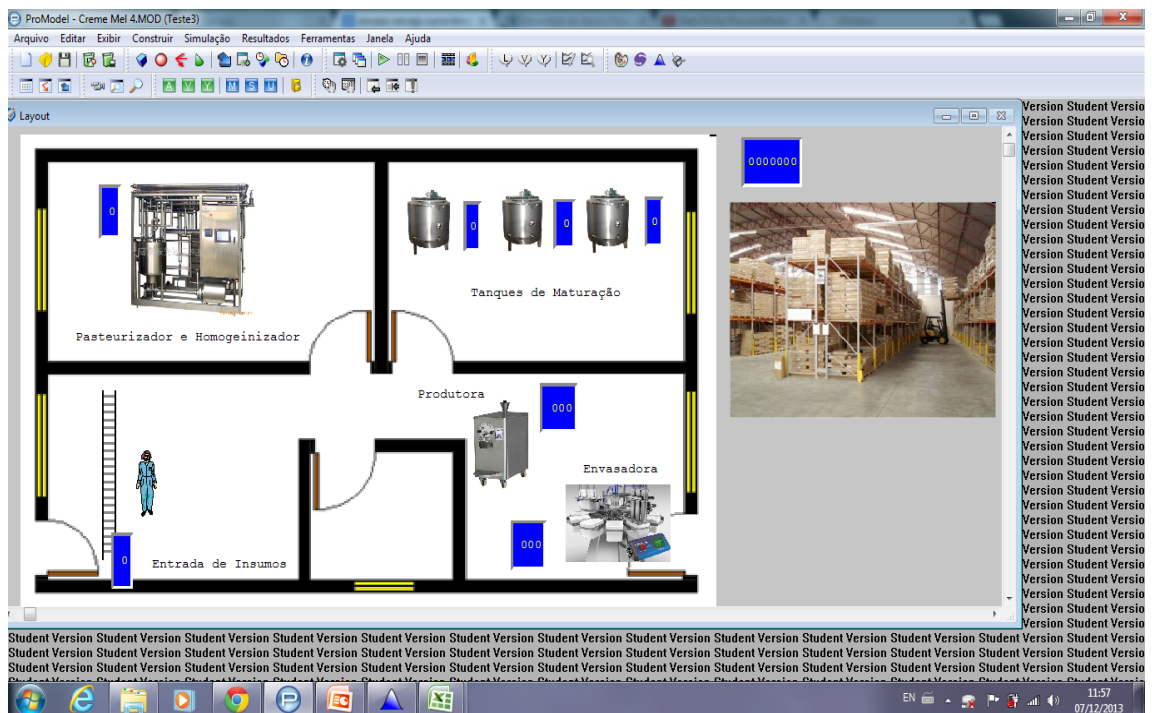


Figura 3: Ilustração da simulação do processo
Fonte: MPF (2013).

Com a análise da simulação foram levantados alguns pontos de melhoria com aumento da capacidade de maturação e aquisição de outra evasadora para atender a demanda do mês de pico, pois o sistema atual conseguiria atender apenas 72% da demanda refletindo negativamente no resultado da empresa.

CONCLUSÕES

A simulação computacional procura imitar a operação de um processo ou de um sistema da vida real, onde se pode estudar o seu comportamento, sob diversas condições, sem riscos físicos e/ou grandes custos envolvidos. Dessa forma, ela se torna uma técnica útil e poderosa em mercados crescentes, sendo uma das ferramentas para o aumento da produtividade em unidades fabris.

Por meio do sistema Promodel, foi possível recriar os tempos e etapas do processo produtivo, bem como validar os resultados encontrados a curto prazo (dias, semanas e meses), com aqueles obtidos pela empresa.

O sistema ainda permitiu a identificação de oportunidades de melhoria, como o aumento da capacidade de maturação, e, pontos de ociosidade do processo, como o que evidenciado na etapa de pasteurização e homogeneização.

A necessidade de levantamento das capacidades reais dos equipamentos, descontando setups e paradas para manutenção, e, dos tempos e movimentos entre cada etapa, afim de que a simulação refletisse o real, auxiliou para uma melhor análise do todo fluxo, e possibilitou a visualização de detalhes que antes passavam despercebidos. Estes detalhes, embora parecessem pequenos, refletiram na performance geral, a médio e longo prazo.

O principal resultado alcançado foi de que a empresa não conseguirá atingir a demanda no mês de pico, sem que façam investimentos em maquinário ou que se busque o aumento de produtividade dos equipamentos existentes.

Referências

- ATAN, Siti Anisah; AHMAD, Kamilah. Application of discrete event simulation for production line performance evaluation. In: PROCEEDINGS THE 2ND INTERNATIONAL CONFERENCE ON GLOBAL OPTIMIZATION AND ITS APPLICATIONS, *Anais...* Malásia, 2013.
- BANKS, Jerry. Principles of simulation. In: BANKS, Jerry. *Handbook of simulation: principles, methodology, advances, applications and practice*. Nova York: Wiley-Interscience, 1998.
- BELGA ENGENHARIA. Disponível em: < <http://www.belge.com.br/promodel-intro.php> >. Acesso em: 2018.
- CHWIF, Leonardo; MEDINA, Afonso. *Modelagem e Simulação de eventos discretos, teoria e aplicações*. São Paulo: Bravarte, 2010.
- COSTA, Miguel Antônio Bueno et al. Aplicações da Metodologia SimuCad em Empresas dos Setores Agroindustrial e Agropecuário. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE INFORMÁTICA APLICADA À AGROPECUÁRIA E A AGROINDÚSTRIA, *Anais...* Porto Seguro, 2003.
- COSTA, Nayara Nogueira; MARÇAL, Luciana Lobato; MELO, André Cristiano Silva. *Proposta de melhoria do processo de xaroparia de uma fábrica de refrigerantes a partir do mapeamento do fluxo de valor, com a utilização da simulação computacional*. São Carlos: Enegep, 2010.
- FREITAS FILHO, Paulo José de. *Introdução à modelagem e simulação de sistemas com aplicações em arena*. São Paulo: Visual Books, 2001.

- KELTON, David W.; SADOWSKI, Randall P.; SWETS, Nancy B. *Simulation with Arena*. New York: Mc Graw-Hill India, 2010.
- LAW, Averill M. *Simulation modeling and analysis*. New York: McGraw-Hill Education, 1991.
- MINISTÉRIO PÚBLICO FEDERAL. *Manual de gestão por processos*. Brasília: MPF/PGR, 2013.
- PEREIRA, Ivan C. *Proposta de sistematização da simulação para fabricação em lotes*. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - UNIFEI, Itajubá, 2000.
- PINHO, Alexandre Ferreira; MORAIS, Nathália Silvestre. Utilização da simulação computacional combinada à técnica de otimização em um processo produtivo. *Revista P&D em Engenharia de Produção V*, Itajubá, v. 8, n. 2, p. 88-101, dez.2009/jan.2010.
- PROMODEL CORPORATION. Promodel User's Guide, Version 5.0.
- PROMODEL. *Manual de treinamento curso básico – BELGE – Engenharia & Sistemas*, 2008.
- RAMESH, Vajram; PRASAD, K.V.; SRINIVAS, T. R. Implementation of a Lean Model for Carrying out Value Stream Mapping in a Manufacturing Industry. *Journal of Industrial and Systems Engineering*, Índia, v. 2, n. 3, p. 180-196, 2008.
- SHANNON, R.E. *System simulation: the art and science*. Englewood Cliffs, N.J: Prentice Hall, 1975
- SILVA, Edna Lúcia. *Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação*. Florianópolis: Laboratório de Ensino a Distância da UFSC, 2000.
- STIEBITZ, P.H. The Future of Simulation Ain't What it Used To Be, Rochester Inst. of Technology - Center for Industrial Excellence, Promodel Users Conference – Utah, EUA, 2001.

Recebido em: 25.06.2018. Aprovado em: 22.07.2018.

SORAIA REGINA GOMES DE ALMEIDA

Graduada em Engenharia Química pela Universidade Federal do Rio de Janeiro. *E-mail*: srgalmeida@gmail.com

ANTÔNIO PASQUALETTO

Doutor em Fitotecnia (Produção Vegetal) pela Universidade Federal de Viçosa. Mestre em Fitotecnia (Produção Vegetal) pela Universidade Federal de Viçosa. Professor na Pontifícia Universidade Católica de Goiás e no Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Goiás. Consultor do Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (Senai Goiás). *E-mail*: profpasqualetto@gmail.com