

Indústria 4.0: Como as Empresas Estão Utilizando a Simulação para se Preparar para o Futuro

Industry 4.0: How Companies Are Using Simulation to Prepare for the Future

Cleyde Evangelista Maia Abreu^a; Danielle Rodrigues Barbosa Gonzaga^a; Filipe Junio dos Santos^a; Jessica Ferreira de Oliveira^a; Kessia Dayse de Moraes Oliveira^a; Louisy Moraes Figueiredo^a; Marcos Paulo Nascimento^a; Priscila Gomes de Oliveira^a; Sergio Toshihide de Souza Yoshinaga^a; Tayele Taveira de Oliveira^a; Vanessa Silva da Mata^a; Giselle Aline dos Santos Gonçalves^{a*};

Faculdade Pitágoras. MG, Brasil.

*E-mail: giselle.goncalves@pitagoras.com.br

Resumo

Este artigo tem por objetivo apresentar as propostas e os resultados de sistemas de simulação, desenvolvidos na era da Quarta Revolução Industrial, em virtude das necessidades de previsão e estipulação de métodos ainda não realizados. Tratando-se de simulação, as atividades realizadas no século XXI, não são plenamente conservadoras quando comparadas as atividades realizadas nas revoluções industriais anteriores. A simulação é definida como uma técnica de modelagem de sistema computacional que faz uma análise prévia das etapas de um processo, e permite a visualização e prevenção de erros, bem como relações de custo-benefício e tempo. A manufatura aditiva ou impressão 3D é uma das mais importantes ferramentas que se pode utilizar, no quesito simulação, da indústria 4.0. Ela vem revolucionar a criação de protótipos, peças técnicas de alta complexidade, diminuindo assim tempo de desenvolvimento de produto, de custos de processo e de produto, prevê erros de projeto e produz com alta qualidade. Outro hardware que veio para somar é o robô colaborativo, que trabalha ao lado do funcionário, realizando operações complexas e devido a sua programação, consegue atuar como colaborador. Portanto, as atividades e seus recursos para previsão de suas execuções sofreram uma série de evoluções acompanhando as necessidades industriais, que compreendem a temática da industrial 4.0, que abordam vantagens tecnológicas em prol da melhoria contínua dos processos fabris.

Palavras-chave: Simulação. Quarta Revolução Industrial. Manufatura. Tecnologia.

Abstract

This article aims to present the proposals and results of simulation systems, developed in the time of the 4th Industrial Revolution, due to the needs to predict and stipulate methods not done yet. About simulation the activities carried out in the 21st century are not fully conservative when compared to the activities carried out in previous industrial revolutions. Simulation can be defined as a computational system modeling technique that makes a preliminary analysis of the stages of a process, and allows the visualization and prevention of possible errors, as well as cost-benefit and time. Additive manufacturing or 3D printing is one of the most important tools that can be used in industry simulation 4.0. It comes to revolutionize the prototypes creation, technical parts of huge complexity decreasing the development production time of one product, process and product costs, provides design errors and produces with high quality. Another hardware that came to improve the process velocity and quality is the collaborative robot, which works by the employee side so they can work together, performing complex operations and due to its programming, can act as a collaborator. Therefore, the activities and their resources to forecast their executions have undergone a series of evolutions accompanying the industrial needs that comprise the industrial theme 4.0, which addresses technological advantages in favor of the continuous improvement of the manufacturing processes.

Keywords: Simulation. Fourth Revolution Industrial. Manufacturing. Technology.

1 Introdução

Desde os primórdios da era industrial, a necessidade de otimizar os meios de produção em massa se tornou essencial para o desenvolvimento de novas tecnologias. Entre os séculos XVIII e XIX surgiram a primeira e a segunda revolução industrial, que impulsionaram o crescimento da indústria têxtil e de ferro, avanços na indústria química, elétrica, de petróleo e de aço, e a produção em massa de bens de consumo. De 1950 a 2000, a Terceira Revolução Industrial foi marcada por transformações profundas na produção e pela rapidez do desenvolvimento de novas tecnologias, fato que impactou a indústria, as economias e a sociedade até os dias atuais.

O termo indústria 4.0, também conhecido como a quarta Revolução Industrial, surgiu na Alemanha em 2011, tendo

como foco o desenvolvimento da alta tecnologia para a manufatura, na qual os mundos físico e virtual se fundem através da integração de toda a planta operacional. Impactando, diretamente, nos âmbitos econômico, social e político.

Segundo a Fundação Dom Cabral, o relatório da Boston Consulting Group - BCG lista os pilares da quarta revolução, que são consideradas as nove principais tecnologias da indústria 4.0; sendo essas: robôs automatizados; manufatura aditiva; simulação; integração horizontal e vertical de sistemas; internet das coisas industriais; big data e analytics; nuvem; segurança cibernética e realidade.

Em tese, a indústria 4.0 herdou das revoluções anteriores uma gama específica de prioridades tecnoevolutivas. Abrangendo uma linhagem de sofisticação dos meios de

manufatura, recentemente são desenvolvidos softwares, que colaboram no desenvolvimento de ações preventivas no intuito de minimizar e/ou eliminar quaisquer falhas ou riscos em processos fabris.

Atualmente, o cenário mundial presencia uma constante e elevada modernização lógica do planejamento, que antecede a aplicação real. Estão sendo desenvolvidos softwares que auxiliam na previsão dos efeitos que podem ocorrer em um processo produtivo ou em ação. Essa previsão é considerada como a simulação.

A simulação pode ocorrer muito antes do que se imagina, desde a concepção dos custos de produção até o desenvolvimento do produto final, que chegará ao mercado. Além da previsão, os benefícios obtidos pela simulação se estendem ao sistema de gestão a informação, os ganhos em prol da qualidade, velocidade, confiabilidade e flexibilidade do processo de manufatura.

Neste contexto, o fator tempo passou a ter papel essencial como método de análise crítica do objetivo da simulação. É extremamente importante usar a simulação como ferramenta na redução do tempo de desenvolvimento do produto.

Abordando o processo fabril, também é de suma importância aprimorar as ferramentas que compreendem a segurança e a ergonomia nas atividades, sejam essas manuais, automatizadas ou robotizadas. De fato, os sistemas de simulação também visam preservar a integridade física do colaborador e demais agentes envolvidos nos processos.

Neste artigo será explanada a importância da inovação tecnológica para a sobrevivência das empresas, compreendendo potenciais pesquisas e investimentos para a melhoria da eficiência do processo produtivo e do desenvolvimento do produto. De certo modo, o processo de simulação, além dos benefícios aqui listados, também pode oferecer às corporações uma redução significativa no custo do produto final.

2 Desenvolvimento

2.1 As inovações tecnológicas oriundas da era 4.0

A tecnologia nos últimos tempos tem avançado substancialmente, segundo Schawb (2016), as pessoas estão se tornando cada vez mais conectadas, isso faz com que os conhecimentos se aprimorem. Atualmente, a tecnologia passou a ser vista como ferramenta que auxilia desde processos simples até os mais complexos.

Uma tecnologia que tem trazido benefícios e diferenciais para a área industrial é a tecnologia da simulação, o principal motivo pelo uso dessa inovação no ambiente industrial produtivo é a redução do tempo de processo no projeto e, conseqüentemente, o custo associado ao mesmo.

Simulação é o ato ou efeito de simular (AURELIO, 2001), sendo que um dos benefícios que essa ação possibilita é minimizar erros ou falhas. Portanto, uma das principais vantagens da utilização de ferramentas computacionais é

a diversidade de fatores (informações, em um alto nível de detalhe), que as mesmas consideram.

2.2 Simulação

A simulação é uma técnica que utiliza a modelagem baseada em um sistema computacional para criar um programa, que representa o todo ou uma parte de um processo. Essa simulação permite a análise prévia de todas as etapas e facilita a visualização de erros, custo-benefício e tempo. Segundo Silva *et al.* (2007), a simulação é uma ferramenta que auxilia na prevenção de problemas e busca a solução antes que o produto chegue a produção.

A simulação apresenta excelente performance na avaliação de mudanças propostas a um sistema existente ou no projeto de um novo sistema. Um modelo bem construído poderá gerar estimativas do desempenho em termos de tempo de passagem, de utilização de recursos, dimensionamento de filas e de tempos produtivos. Se provida da capacidade de animação do modelo em tela de computador, a simulação pode também apresentar uma representação gráfica, ilustrando o fluxo de peças, pessoas e outras entidades do sistema (BATEMAN *et al.*, 2013).

Segundo Gavira (2003), a simulação transforma informações em conhecimento para ser aplicado na tomada de decisões e é uma ferramenta eficiente em proporcionar oportunidades de aprendizado, de modo a pensar e tomar decisões de forma rápida e eficaz.

Para se alcançar um bom entendimento da simulação, é necessário o conhecimento por parte dos desenvolvedores, em relação aos modelos matemáticos de simulação, que são classificados em: estáticos: é o modelo que não é influenciado pelo tempo; dinâmicos: que mudam em relação ao tempo; discretos: quando uma ação ocorre em um único momento; contínuos: quando uma ação não termina, age sem interrupções em relação ao tempo; estocásticos: variáveis que mudam aleatoriamente; determinísticos: ações não influenciadas pela probabilidade;

Devido a suposta complexidade do uso da simulação, é necessário primeiramente definir qual é o problema, coletar dados, construir o modelo e implementar a solução. E para que seja desenvolvida a simulação se faz necessário o uso da chamada metodologia de simulação que, ainda de acordo com Gavira (2003), as etapas desse método são: formulação do problema e planejamento do estudo; coleta de dados e definição do modelo; validação do modelo conceitual; construção do programa computacional e verificação; realização de execuções piloto; validação do modelo programado; projeto dos experimentos; realização das execuções de simulação; e análise de resultados e documentação e implementação.

2.2.1 Objetivos da simulação

Na indústria 4.0, a simulação computacional pretende utilizar mais amplamente as informações da planta, analisando

dados em tempo real, aproximando o mundo físico e virtual. O resultado da captura destas informações é o chamado digital twin, em que toda a cadeia de criação de um produto passa a ter seu representante idêntico também no mundo virtual. Isto irá permitir aos operadores testar e aperfeiçoar as configurações das máquinas para o próximo produto na linha de produção virtual, antes de qualquer mudança real, gerando otimização de recursos, melhor performance e mais economia.

Profissionais convivem o tempo todo com um desafio, o de alcançar uma produção com qualidade, que as máquinas tenham um índice zero de paradas não-programadas. Embora esses objetivos sejam quase utópicos, a indústria chegou incrivelmente perto deles, e a simulação permanece na busca contínua para garantir qualidade, eficiência no desenvolvimento de produtos, otimização de processos e a possibilidade de lucros será maior.

2.2.2 Simulação na 4ª Revolução Industrial

Através da combinação de várias tecnologias e com impactos generalizados abrangendo todos os setores, a quarta revolução industrial tem provocado alterações sem precedentes nas estruturas sociais e econômicas. Desenvolvendo-se no ambiente acelerado da era digital, em que a conexão e o processamento de informações acontecem por meio de abundantes possibilidades, esta revolução promove a reformulação da produção e consumo, incentiva a criação de novos modelos de negócios e fomenta os avanços tecnológicos, que crescem em ritmo exponencial gerando tecnologias cada vez mais qualificadas, tornando o momento atual potencialmente próspero (SCHWAB, 2016).

A simulação é uma das ferramentas inovadoras que impulsiona a criação de produtos e serviços cada vez melhores, em um mundo cada vez mais globalizado e competitivo, economizar tempo e recursos financeiros e, ao mesmo tempo, ganhar produtividade e qualidade se fazem necessários e são possíveis por meio dessa tecnologia.

A quarta revolução industrial acontece em um ambiente veloz, mudanças ocorrem a todo tempo e a simulação se tornou uma metodologia indispensável, considerando a complexidade dos sistemas e problemas atuais, uma vez que atua de forma preventiva respondendo questões de ilimitados futuros cenários, antecipa soluções e analisa o comportamento de um sistema através das questões levantadas na modelagem. No atual contexto mercadológico, no qual meios de produção e de tecnologia evoluem alinhados, a simulação intervém nas operações diárias de forma estratégica para a resolução de problemas, prevendo falhas e desenvolvendo adaptações para eventos inesperados nas etapas do processo de produção (BANKS, 1999).

2.2.3 Desenvolvimento da simulação

O sistema de simulação computacional vem sendo amplamente utilizado ao longo dos anos, e aprimorado a

cada dia para atender à crescente demanda do mercado em resultados altamente confiáveis, mais rápidos e sem excessos nos investimentos.

A construção dos primeiros computadores com linguagens de propósito geral, em meados dos anos 1940, foi o pontapé inicial para a evolução da simulação, no entanto, a simulação começou a ser usada de fato em aplicações comerciais, na década de 1960, quando foi desenvolvido, pelo matemático Keith Douglas Tocher, um programa que simulava a produção de uma fábrica, em que o estado das máquinas alternava entre ocupado, esperando, indisponível e falha.

Os modelos iniciais eram, em sua maior parte, programados em Formula Translation - FORTRAN, e esses modelos se tratavam de uma linguagem apenas numérica, sendo apresentados ao usuário, exclusivamente, na forma de tabelas ou matrizes, o que atribuía aos modelos uma enorme complexidade e somente possibilitavam a execução e entendimento por parte dos profissionais especializados na área de computação. O enorme tempo despendido para a construção do modelo o tornava deveras oneroso, pois era necessária a utilização de grandes computadores com unidade central, em que o tempo de utilização era muito caro.

O período, entre os anos 1970 a 1990, compreende uma grande expansão no sistema de simulação, pois nesse período foram desenvolvidas avançadas ferramentas que permitiram, inclusive, a realização da simulação antes do início da produção. Com o desenvolvimento dos computadores e o surgimento de pacotes de linguagem de simulação, como a GPSS, System Dynamics, os programas de simulação se tornaram menos complexos, o que tornou possível a utilização sem uma mão de obra totalmente especializada, estendendo a utilização desses sistemas a muitas indústrias.

Já nos anos 1990, a simulação ganhou popularidade como ferramenta de análise e suporte no planejamento e na tomada de decisões, sendo usada para controle de sistemas reais. Os softwares de simulação vêm se tornando cada vez mais acessíveis e de fácil compreensão e uso com a flexibilização das linguagens de simulação. O surgimento de diversos softwares, cada vez mais completos, que possibilitam animação e integração com outras linguagens de programação tem sido um aliado poderoso na busca de resultados mais rápidos e precisos.

2.2.4 Aplicações da simulação

A busca pela vantagem competitiva nas empresas se tornou um dos principais focos no mercado, e a tecnologia se mostrou um importante diferencial nessa corrida. O uso da simulação tem papel importante nesse processo, e as aplicações dessa ferramenta são diversificadas.

As aplicações destinadas ao uso da simulação percorrem diferenciadas áreas de trabalho. Não havendo restrições, a proposta de simular uma tarefa ou processo. Segundo Torga (2007), a simulação é uma das ferramentas mais utilizadas na manufatura e por meio de sua aplicação vários benefícios

podem ser verificados, como aumento da produtividade, melhoria na qualidade dos processos e facilitação na compreensão e utilização dos gestores de manufatura para a tomada de decisão.

2.2.5 Softwares da simulação

Atualmente, existem inúmeros softwares de simulação que podem ser usados em produtos ou processos, tendo aplicação em diversos setores industriais e promovendo inúmeros benefícios.

Segundo Netto *et al.* (1998), o VisMockUp permite a equipe de projetistas montar várias peças de um conjunto e realizar testes e estudos de possíveis interferências, facilitando o processo de reprojeto do conjunto. Ainda, na categoria de validação de equipamento e layout, o IC IDO realiza uma simulação física em tempo real, com melhor interface de usuário imersiva de sua categoria, permite se conectar de forma intuitiva com o seu produto virtual.

No grupo de simulação de distorção em estruturas soldadas, tem-se o Weld Planner que possui finitos elementos direcionados ao processo de soldagem. Sua principal aplicação é a verificação da distorção de conjuntos resultantes da contração da solda. Com o uso do Weld Planner é possível minimizar custos com protótipos, eliminar custos altos de reparo, reduzir a necessidade de usinagem e melhorar a qualidade do produto.

Na categoria Process Simulate pode-se citar softwares como o NX, Line Desingn, Throughput Simulation, Plant Simulation, ProModel entre vários outros disponíveis no mercado. O NX fornece soluções para análises pré e pós-processamento, estruturais, térmicas, de fluxo, movimento e multifísica, otimização, gerenciamento de dados de simulação e projeto por simulação. Já Line Desingn projeta e visualiza, rapidamente, layouts de linhas de produção e associa ao planejamento de fabricação; otimiza o processo, especificando cada passo de produção, até gerenciar um único recurso de fabricação, como um robô ou dispositivo elétrico. Executa análises de impacto precisas e conduz um gerenciamento eficiente de mudanças usando recursos paramétricos (SIEMENS, 2015). A tecnologia de simulação ProModel é voltada para a manufatura, mas tem surpreendido pela aplicação em outras áreas, além de ser usado também para planejar e projetar, garantindo um melhor ambiente para tomada de decisões e reduzir custos, aumentar capacidade e acelerar ciclos de produção (BATEMAN *et al.*, 2013). Com Throughput-Simulation é possível verificar a capacidade da produção e logística antes da implementação. O Plant Simulation permite a simulação e otimização de sistemas e processos de produção, usando simulação de plantas, sendo possível otimizar o fluxo de material, com utilização de recursos e logística para todos os níveis de planejamento de planta de produção global.

2.2.6 Impactos da simulação

Assim como as demais tecnologias que envolvem o universo da indústria 4.0 ou propriamente fazem parte da chamada Quarta Revolução Industrial, em uma análise destinada aos pontos positivos e negativos de sistemas, tais como: impressores 3D e demais aplicações que se pode agregar ao conceito da simulação, Schwab (2016) expõe como impactos positivos e negativos.

Como impacto positivo se podem citar fatos como o desenvolvimento acelerado de produtos; redução do ciclo projeto-manufatura; a fabricação tradicional em massa buscará métodos de redução dos custos e o tamanho dos ciclos de produção; maior personalização dos produtos e fabricação pessoal; criação de produtos de nicho e fabricação pessoal; redução dos custos com logística, gerando a possibilidade de enormes economias; elaboração dos próprios produtos e eliminando os custos de logística. Já nos impactos negativos existe a perda de trabalho em uma indústria disruptiva; precificação alta de serviços e investimentos altos.

Em linhas gerais, a abordagem tecnológica da simulação na indústria 4.0, mantém o papel pragmático de absorção do conhecimento prévio das aplicações e atividades que seriam executadas em um plano físico e/ou na prática. Sendo assim, assume um papel positivo no planejamento, desenvoltura e economia dos processos de uma organização.

2.3 Custo-benefício

Conforme Bateman *et al.* (2013), aplicar simulação significa fazer com que as soluções em potencial sejam ponderadas em relação ao mais alto benefício dos investimentos realizados. Os autores afirmam ainda que uma análise sobre performance operacional deve levar em consideração os seguintes aspectos para avaliação de custos: benefícios tangíveis; benefícios intangíveis; diferenças de custo; custo final de produto; custos com qualidade; custo de capital; níveis de tecnologia e recursos disponíveis na empresa; treinamento e educação necessária; e custos de inicialização da implantação e curva de aprendizado é flexibilidade e adaptabilidade do sistema.

Na prática, os objetivos de toda empresa implicam minimizar custos e aumentar a produtividade com recursos disponíveis. Porém, em se tratando de simulação, a questão financeira deve ser muito bem detalhada, pois relativamente aos propósitos de aplicação da simulação, os custos iniciais tendem a serem altos, quando aplicados métodos que usufruem de sistemas incorporados por softwares, hardwares e de profissionais que os operam.

3 Conclusão

Ao longo do artigo foi avaliada a importância da aplicação da simulação no contexto da quarta revolução industrial, e como as empresas estão se preparando para este futuro. Dessa forma, o grupo conclui que a abrangência da simulação na indústria 4.0 perfaz as necessidades mínimas de

previsão dos elementos usuais na indústria. Pode-se afirmar que em um futuro próximo, a simulação será o caminho para o processo de manufatura industrial. Existem diversas aplicações da simulação como em redes logísticas, área de serviços, manutenção e meio ambiente, mas a predominância da utilização de sistemas de simulação está na manufatura, devido a sua facilidade de uso e os muitos benefícios de sua aplicação.

Margeando os propósitos da utilização da simulação, a sinergia utilizada em processos básicos de produção ou de estipulação de métodos de trabalho se tornaram menos falhos e extremamente factíveis ao ponto de previsão das perdas e ganhos. Porém, a simulação não ocorre de forma espontânea aos diversos objetivos das empresas. Exige tempo e investimento de recursos, tais como: os softwares e hardwares de manipulação dos processos. Em contrapartida, os custos dos processos serão razoavelmente relativos aos propósitos dos projetos de simulação, os quais podem exigir custos e larga escala.

A simulação pode ser aplicada em várias fases de um projeto ou processo; e esse fato deixa exposto um dos principais benefícios da quarta revolução industrial. Em um período em que as indústrias visam fazer mais com menos em vários aspectos, a simulação é uma grande aliada devido possibilidade de prever os custos, antecipar problemas, visualizar processos a serem implantados ou modificados e como esses podem impactar no produto ou processo, além de prever um tempo médio do processo.

A simulação, assim como os demais pilares da indústria 4.0, vem crescendo cada dia mais e acompanhar essa evolução é indispensável, uma vez que impacta em todo o contexto industrial. As indústrias devem acompanhar a evolução para não perderem a competitividade no mercado, assim como os

profissionais precisam se manter atualizados e preparados para esse novo cenário.

Referências

- BANKS, J. *Introduction to simulation*. In: PROCEEDING OF THE WINTER CONFERENCE. Atlanta, 1999. doi: 10.1109/WSC.2000.899690
- BATEMAN, R.E. *et al. Sistemas de simulação: aprimorando processos de logística, serviços e manufatura*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.
- GAVIRA, M. O. *Simulação computacional como uma ferramenta de aquisição de conhecimento*. São Carlos. 146f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Universidade de São Paulo, 2003.
- NETTO, A.V. Realidade virtual e suas aplicações na área de manufatura, treinamento, simulação e desenvolvimento de produto. *Gestão & Produção*, v.5, n.2, p.104-116, 1998.
- SCHWAB, K. *A quarta revolução industrial*. São Paulo: EDIPRO, 2016
- SIEMENS PLM SOFTWARE. Siemens- Answers for industry. 2013.
- SIEMENS PLM SOFTWARE. Line Designer-Fábricas Virtuais, Projetos Reais. Porto Alegre: SIEMENS, 2015.
- SIEMENS PLM SOFTWARE. Line Designer: providing a complete production layout solution for manufacturing engineers. Porto Alegre: SIEMENS, 2014.
- SIEMENS PLM SOFTWARE. Plant Simulation - Simulation and optimization of production systems and processes. Porto Alegre: SIEMENS, 2013.
- SILVA, C.E.S. *et al. Contribuição da análise do valor da simulação da manufatura*. 2007. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/309035132_CONTRIBUICAO_DA_ANALISE_DO_VALOR_NA_SIMULACAO_DA_MANUFATURA
- TORGA, B.L.M. *Modelagem, simulação e otimização em sistemas puxados de manufatura* Itajubá: UNIFEI, 2007.