

SIMULAÇÃO COMO FERRAMENTA NO ENSINO DE ENGENHARIA: PROBLEMATIZAÇÃO E PROMOÇÃO DA VIVÊNCIA EM PROCESSOS PRODUTIVOS

DOI: <http://dx.doi.org/10.15552/2236-0158/abenge.v34n1p73-83>

Rafael Alvise Alberti,¹ João Carlos Furtado,² Liane Mahlmann Kipper³

RESUMO

Diante do cenário mundial de demanda intensiva por tecnologias e da exigência por profissionais altamente qualificados, o ensino em engenharia deve buscar novas formas de atuação na formação dos estudantes e futuros profissionais. Nesse contexto, a aplicação de metodologias ativas de ensino traz a esses estudantes uma visão de interação em aprendizagem, vivência do exercício profissional e desenvolvimento de capacidades intelectuais. Este estudo objetivou apresentar um panorama das atividades realizadas no âmbito da disciplina de Simulação Aplicada à Engenharia de Produção, para a proposta de elaboração de artigos científicos a partir de aferição, problematização e vivência em processos produtivos reais. Também buscou evidenciar a importância desse tipo de ação pedagógica como alternativa à assimilação e aprendizagem dos conceitos de Engenharia de Produção, uma vez que esse campo profissional é reconhecido por integrar conhecimentos tecnológicos e abordagens sistêmicas. Além de mensurar a aptidão dos alunos na modelagem de problemas reais, todos os trabalhos resultaram em *feedbacks* positivos para as empresas, bem como possibilitaram aos estudantes uma atuação interdisciplinar. Acrescenta-se a isso a inserção/vivência dos alunos em ambientes industriais, caracterizando, dessa forma, uma atuação sincrônica entre teoria, aprendizado e vivência profissional em Engenharia de Produção, potencializando os efeitos do ensino no desenvolvimento do futuro profissional.

Palavras-chave: Simulação; ensino; engenharia; interdisciplinaridade; metodologias ativas.

ABSTRACT

THE SIMULATION AS A TOOL IN TEACHING ENGINEERING: QUESTIONING AND PROMOTING PRACTICE IN PRODUCTION PROCESSES

On the world stage of intensive demand the use of technologies and the demand for highly skilled professionals, teaching in engineering should seek new ways of acting in the teaching of students and future professionals. In this context, the application of active teaching methodologies brings these students a vision of interaction in learning, experience of professional practice and development of intellectual capabilities. This study aimed to present an overview of the activities carried out within the subject of Simulation Applied to Production Engineering, to the proposal the elaboration of scientific articles through Scouting, questioning and experience in actual production processes. Also, sought to highlight the importance of this kind of pedagogical action as an alternative to assimilation and learning the concepts of production engineering, since this professional is recognized by integrating technological expertise and systemic approaches. In addition to measuring the ability of students in modeling of real problems, all jobs have resulted in positive feedbacks to companies as well as allow students an inter-

1 Professor. Mestre em Sistemas e Processos Industriais. Faculdade de Itapiranga (FAI); alberti_rafael@yahoo.com.br

2 Professor. Doutor em Computação Aplicada. Universidade de Santa Cruz do Sul (UNISC); jcarlosf@unisc.br

3 Professora. Doutora em Engenharia de Produção. Universidade de Santa Cruz do Sul (UNISC); liane@unisc.br

disciplinary. Added to this, the insertion / experience of students in industrial environments, featuring a synchronic role between theory, learning and professional experience in production engineering, potentiating the effects of education on the development of this professional.

Keywords: Simulation; education; engineering; interdisciplinary; active methodologies.

INTRODUÇÃO

O mundo globalizado contemporâneo obriga que as organizações se dediquem, incessantemente, a suprir uma necessidade de melhorias de suas operações e/ou dos serviços prestados. Com ambientes cada vez mais complexos e com grande número de variáveis que podem afetar o desempenho e o cumprimento das metas, é crescente a exigência pela qualidade e produtividade. Nesse contexto, identificar as melhores condições para a produção e aumento da produtividade é tema de interesse da gestão industrial e campo de atuação para Engenheiros de Produção.

Conforme o planejamento se tornou fundamental, as tecnologias de informação para administração e manufatura de processos se popularizaram e se transformaram em ferramentas para os engenheiros, auxiliando-os e tornando suas decisões cada vez mais assertivas (BAKHTAZE, 2004). Dessa forma, a simulação, auxiliada pelos preceitos da Engenharia de Produção, ganhou destaque, por permitir analisar problemas de forma virtual, ou seja, sem intervenção real, buscando aferir soluções/cenários de forma econômica, e ainda possibilitando a identificação de oportunidades e benefícios impactantes para a empresa e/ou segmento industrial (ALBERTI *et al.*, 2013).

Sendo assim, diante do cenário mundial de demanda intensiva por tecnologias e da exigência por profissionais altamente qualificados, o ensino em engenharia deve abranger planejamento, elaboração e implementação, adequando os estudantes e futuros profissionais a uma visão de interação de aprendizagem e vivência do exercício profissional (BORGES e ALMEIDA, 2013).

Considerando as ponderações expostas, este trabalho tem por objetivo apresentar um panorama dos artigos desenvolvidos por equipes de alunos, das turmas de Engenharia de Produção, na discipli-

na de Simulação Aplicada à Produção, a partir da problematização da aplicação de simulação computacional em processos reais (estudos de casos), demonstrando alternativas, sugestões de melhorias, aspectos positivos e/ou negativos, limitações e resultados. Com isso, evidencia-se a importância da simulação computacional como ferramenta auxiliar na assimilação e na aprendizagem dos conceitos de Engenharia de Produção, fator motivador para a realização deste trabalho.

FUNDAMENTAÇÃO

Engenharia de produção

Acelerar o tempo dos processos, produzindo mais com menos, tem sido uma das principais metas das empresas e dos Engenheiros de Produção na atualidade. O mercado tem se tornado cada vez mais exigente e, por isso, para alcançar resultados mais desejáveis, as indústrias têm focado esforços na personalização de estratégias (YEE *et al.*, 2013).

A origem da Engenharia de Produção ocorre quando o artesão amplia sua preocupação e interesse para além da produção, abrangendo também a organização, integração, mecanização e aprimoramentos (NASCIMENTO *et al.*, 2012). Segundo a Associação Brasileira de Engenharia de Produção (ABEPRO), o profissional engenheiro de produção está habilitado para projetar, operar, gerenciar e melhorar os sistemas de produção de bens e serviços, considerando parâmetros humanos, econômicos, sociais e ambientais. Capaz de visualizar os problemas de forma global, está apto a mobilizar os recursos necessários para oferecer soluções ótimas aos problemas empresariais e industriais, através da aplicação de conhecimentos interdisciplinares (CUNHA, 2002; BRODAY e ANDRADE JUNIOR, 2011).

Com as mudanças ocorridas no cenário global, principalmente a partir da segunda metade do século passado, o conhecimento foi alçado a um dos capitais mais significativos das organizações. Aliando-se a isso a natureza do conhecimento de engenharia (*problem solving*), o Engenheiro de Produção firmase como aquele profissional que melhor atende às organizações em termos de articulação das funções clássicas (mercado, finanças, pessoas e produção), integrando conhecimento tecnológico e abordagens sistêmicas (OLIVEIRA, 2005). Além disso, como atividade do Engenheiro de Produção, tem-se o processo de organização e administração de recursos, cabendo também a ampla missão de estabelecer relações, desde os fornecedores até os clientes finais (MARTIN *et al.*, 2013).

Simulação aplicada à produção

Tendo os processos como chave para a sobrevivência competitiva (LIU *et al.*, 2012), a simulação aplicada à produção se tornou ferramenta poderosa na análise de sistemas e na resolução de problemas, sendo amplamente utilizada pelo setor industrial/ produtivo (CURCIO e LONGO, 2009; PEREIRA e COSTA, 2012; PERGHER *et al.*, 2013).

Na busca de ganhos de eficiência e redução de custos, os modelos de simulação atuam auxiliando a tomada de decisão operacional, proporcionando incrementos de eficiência (HLUPIC e PAUL, 1996; BAKHTAZE, 2004). Além disso, apresentam a possibilidade da descoberta e mensuração, com antecedência, dos resultados ideais, sem a necessidade de produzir uma única peça, testando cenários e apresentando opções que contemplem os menores custos/maiores ganhos (CASSEL e VACCARO, 2007; CLANCY, 2008; UM *et al.*, 2009; MORABITO e PUREZA, 2010; BARROS *et al.*, 2011).

Como propósitos da simulação, Chung (2004) comenta: (1) aquisição de conhecimento operacional do sistema; (2) desenvolvimento de políticas de operação e de pesquisa para melhoramento do desempenho do sistema; (3) teste de novos conceitos e/ou sistemas, antes de sua implementação; e (4) obtenção de informações sem distúrbio para o atual sistema.

Dessa forma, modelos de simulação se caracterizam como representações simplificadas, abstra-

ções da realidade que se aproximam do verdadeiro comportamento (real), porém, sempre de forma menos complexa (CHWIF e MEDINA, 2010).

Portanto, a utilização da simulação aplicada à produção possibilita uma visão geral (macro) do efeito de uma pequena mudança (micro), com benefícios como: aumento de produtividade, redução do tempo que as peças ficam no sistema, redução dos estoques em processo, aumento das taxas de utilização de equipamentos e funcionários, aumento de entregas dos produtos aos clientes no tempo certo, redução das necessidades de capital e garantias de que o projeto do sistema proposto vai operar conforme o esperado (BANKS *et al.*, 2005; DIEHL *et al.*, 2009; CHWIF e MEDINA, 2010; ALBERTI *et al.*, 2013).

Software ARENA

Trata-se de uma ferramenta para a simulação de processo com origem em 1982, quando se iniciou uma linguagem computacional que possibilitou a simulação de processos, porém, de fato, foi introduzido ao mercado apenas em 1993 (CABREIRA, 2010).

Com esse *software*, é possível o desenvolvimento de diversos modelos (lógicos) e cenários (animação) de processos, auxiliando na análise estatística de dados de entrada, saída e identificação de resultados “ótimos” (KELTON *et al.*, 2010).

O funcionamento conceitual de um modelo ARENA acontece, primeiramente, com a construção de um modelo, através da seleção de módulos característicos aos processos a serem modelados, descrevendo, desse modo, os elementos estáticos (recursos) e também as regras de comportamento a serem seguidas. Ao se iniciar a simulação, os elementos dinâmicos (entidades) percorrem o modelo, interagindo com os elementos estáticos e obedecendo às regras modeladas (FIORONI, 2007).

Uma das características do *software* é que o modelador não precisa necessariamente conhecer de linguagem de programação computacional para construir um modelo, pois o Arena disponibiliza módulos prontos, necessitando apenas posicioná-los e parametrizá-los de acordo com características do sistema real (SAKURADA e MIYAKE, 2009).

A plataforma de simulação Arena compreende ferramentas como: (a) Analisador de dados de entrada – *Input Analyser* – provendo curvas de distribuições probabilísticas a partir dos dados coletados; (b) Analisador de resultados – *Output Analyser* – análise estatística dos resultados, provendo opções futuras de manipulação; e (c) Analisador de processos – *Process Analyser* – avaliação de alternativas apresentadas durante a execução do modelo.

Portanto, o *software* Rockwell Arena é um ambiente gráfico integrado de simulação, que conta com inúmeros recursos para modelagem, animação, análise estatística e de resultados, permitindo aos usuários (engenheiros ou não) conclusões sobre testes para o ambiente produtivo, melhora na percepção dos processos, identificação de gargalos, dimensionamento de processos produtivos, equipamentos e outros (PRADO, 2010).

O ensino de simulação

Disciplinas como Simulação Aplicada à Engenharia de Produção abordam conceitos teóricos sobre a simulação, tais como: o processo de geração de números aleatórios, o tratamento estatístico necessário aos dados de entrada e saída, o desenvolvimento de modelos conceituais, as etapas de um processo de simulação, os principais cuidados necessários no processo de modelagem e implementação e a otimização possível em modelos e aplicações. Entretanto, não se deve restringir apenas a questões teóricas, devendo fomentar o interesse dos discentes pelo tema, através da problematização de situações reais em ambientes e organizações nas quais, normalmente, os alunos já atuam.

O desafio no ensino em Engenharia de Produção

Partindo da premissa que o profissional engenheiro de produção é aquele capaz de transformar conhecimentos científicos e tecnológicos em produtos e processos inovadores úteis para a sociedade, o desenvolvimento de ações voltadas à melhoria da formação dos mesmos deve ser incentivado através de atividades com integração teórica-intelectual, instrução prática e aplicação à vida real/profissional

(DURAES, 2011; BORGES e ALMEIDA, 2013; MARTINS *et al.*, 2013).

Problemas em engenharia de produção demandam abordagens que transitam entre a pluri, a inter e a transdisciplinaridade, devido à complexidade que envolve a dinâmica organizacional (IAROSZINSKI e LEITE, 2010). Corroborando isso, Carvalho *et al.* (2001) defendem a importância de os alunos vivenciarem situações reais, pois, dessa forma, estarão inseridos no contexto de decisões sobre assuntos importantes, no real ambiente de atuação profissional.

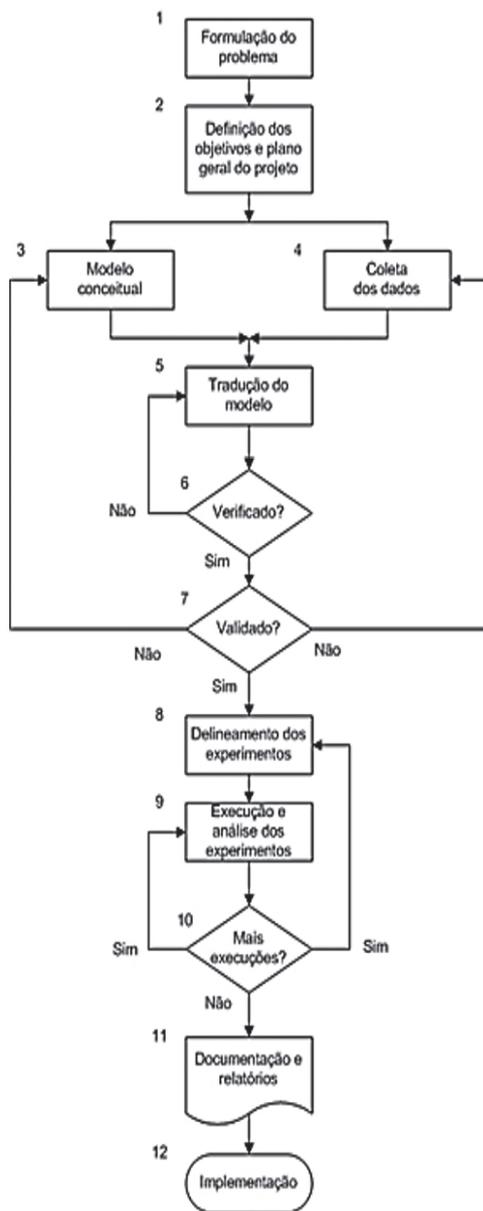
Devido à fragmentação das disciplinas acadêmicas no ensino universitário, os assuntos aprendidos pelos discentes são apresentados como isolados (HUNGER *et al.*, 2011). Assim sendo, metodologias ativas de ensino incentivam o aluno a mergulhar diretamente na plurivocidade problemática que é o mundo, fazendo com que a relação entre as ciências e a vivência se evidencie, uma vez que, no modelo de atividade/experiência, tem-se a inserção dos conteúdos de aprendizagem em contextos significativos (de ação ou de exercício profissional), auxiliando na superação da dicotomia “formação acadêmica e realidade concreta”, ou seja, entre teoria e prática (GELAMO, 2010; FREITAS, 2012).

Portanto, é preciso fomentar a aproximação, o contato direto do estudante com a indústria, e, sobretudo, com a capacitação e com o domínio das tecnologias aplicadas em ambientes produtivos e de gestão (BORGES e ALMEIDA, 2013). Isso porque, quando uma aprendizagem é significativa, ela altera estruturas cognitivas daquele que aprende, modificando conceitos preexistentes, e promove novas ligações entre os conceitos (SOUZA e BORUCHOVITCH, 2010). Dessa maneira, efetivando o grande diferencial desse profissional, a formação e aplicação de uma visão holística (MARTINS *et al.*, 2013).

METODOLOGIA

Durante os últimos semestres letivos, aos discentes foi solicitada a elaboração de um artigo científico como trabalho final da disciplina pertinente do semestre corrente. Para tal, os alunos foram divididos em grupos de quatro e cinco, sendo que cada grupo ficaria a cargo de elaborar um artigo científico. Como proposta de metodologia a ser seguida, foi sugerida a Banks *et al.* (2005), conforme figura 1.

Figura 1 – Metodologia proposta.



Fonte: Banks *et al.* (2005).

Observa-se que, a metodologia proposta nessa ação pedagógica, é, segundo Becker (2005), centrada no aluno. O mesmo autor comenta que o suporte desse modelo se encontra na psicologia genética de Piaget, na obra pedagógica de Paulo Freire, em pedagogias de fundamentação marxista: na psicologia do desenvolvimento de Vigotsky, em Gramsci, Wallon, etc. Sua fundamentação epistemológica encontra-se no **interacionismo** de tipo **construtivista**.

Também tem como base a Aprendizagem Baseada em Problemas (PBL – *Problem-Based Learning*), que é um método de aprendizado centrado no aluno e que tem no problema o elemento motivador do estudo e integrador do conhecimento (BERBEL, 1998).

A metodologia descrita na Figura 1 apresenta os passos explicados aos alunos, como:

- **Formulação do problema:** envolve a expressão do problema a ser estudado, delimita o modelo de simulação (FILHO, 2006).
- **Definição dos objetivos e plano geral de trabalho:** indicam as questões a serem respondidas pela simulação, bem como as características gerais e resultados esperados (BANKS *et al.*, 2005). Guia o estudo e fornece uma especificação do trabalho a ser feito (HARREL *et al.*, 2000).
- **Modelo conceitual:** apresenta o resultado dos dados coletados; a formulação de como opera um sistema em particular. Reproduz os componentes físicos significativos do sistema (BANKS *et al.*, 2005; GUMIER e JUNIOR, 2007).
- **Coleta de dados:** interação entre a criação do modelo conceitual e o conjunto de dados de entrada necessários; quando a complexidade do modelo muda, os elementos de dados requeridos podem mudar também (HARREL *et al.*, 2000; BANKS *et al.*, 2005).
- **Tradução do modelo:** consiste na tradução do modelo para a linguagem do simulador utilizado (HARREL *et al.*, 2000; BANKS *et al.*, 2005; PRADO, 2009).
- **Verificação e validação:** procede à comparação de valores gerados pelo modelo com os obtidos no sistema real. Sugere-se que essa ação seja encaminhada junto a algum responsável pelo setor de ocorrência do processo, buscando a correta representação da realidade através da modelagem computacional.
- **Delineamento dos experimentos:** delineamento das alternativas (cenários) que serão simuladas (BANKS *et al.*, 2005; GAMEIRO *et al.*, 2008).
- **Execução e análise dos experimentos:** interpretação dos resultados obtidos, estimando medi-

das de desempenho para o sistema que está sendo analisado (BANKS *et al.*, 2005).

- Documentação e relatórios: descrição dos resultados encontrados, por meio de artigos produzidos (CASSEL e VACCARO, 2007).
- Implementação/otimização: ação concreta indicada pelo resultado da simulação que, sendo considerada de sucesso, é implementada na prática (CASSEL e VACCARO, 2007).

Para a completa execução da metodologia proposta, os alunos tiveram à disposição, durante o período de pesquisa, modelagem e análise, o auxílio constante do professor responsável pela disciplina, como também de um bolsista de pós-graduação (mestrado). Outra solicitação foi que os dados de entrada (coletados) deveriam corresponder a um processo real, de ocorrência atual, e que os alunos deveriam adquirir esses dados através de cronometragem ou outro meio pertinente, presenciando o processo *in-loco*. Portanto, os alunos deveriam optar por processos existentes em seus próprios ambientes de trabalho ou outro, com possibilidade de observação e cronometragem. Desse modo, além de conhecer como o processo se encontra estruturado, poderiam aferir aspectos distintos do processo produtivo e realizar observações complementares, gerar hipóteses de solução e testá-las, na busca de soluções de melhoria, atuando diretamente como um engenheiro de produção na análise do processo a ser modelado.

Comparando os passos propostos neste artigo e as etapas da PBL descritas por Berbel (1998) – que são: observação da realidade; pontos-chaves; teorização; hipótese de solução e a última etapa, aplicação à realidade –, observa-se que a metodologia proposta nessa ação pedagógica também segue a aprendizagem baseada em problemas.

Para a análise e avaliação dos artigos, foram procuradas as seguintes informações, retiradas na íntegra dos próprios artigos:

- o processo abordado;
- o problema de pesquisa;
- os objetivos;
- ação proposta;
- resultado.

Além de apresentar um panorama geral dos artigos elaborados pelos discentes, buscou-se realizar apontamentos sobre as atividades desenvolvidas. Isso também reflete o uso do **método dialético** proposto por Vasconcelos (1992). Segundo o autor, a metodologia dialética poderia ser expressa através de três grandes momentos para a construção do conhecimento, que, na verdade, devem corresponder mais a **três grandes dimensões ou preocupações do educador/extensionista**, quais sejam:

- Primeira dimensão – Mobilização para o conhecimento – passos 1 e 2 da metodologia definida na Figura 1;
- Segunda dimensão – Construção do conhecimento – passos 3 a 10 da metodologia definida na Figura 1;
- Terceira dimensão – Elaboração da síntese do conhecimento – passos 11 e 12 da metodologia definida na Figura 1.

RESULTADOS

Buscando preservar os alunos, não serão listados nomes e nem mesmo a pontuação final (nota) de cada artigo. Sendo assim, o resultado da análise dos artigos está representado nos quadros 1 a 7, demonstrados a seguir.

Quadro 1 – Artigo A

ID	ARTIGO A
PROCESSO	Produção de piscinas em fibra de vidro.
PROBLEMA	A simulação pode tornar mais eficiente o processo, reduzindo o problema do não atendimento dos pedidos em época de grande demanda, sem enormes investimentos e inovações?
OBJETIVO	Analisar e otimizar a produção de piscinas de fibra de vidro.
AÇÃO	Deslocamento de colaboradores em períodos de ociosidade.
RESULTADO	Aumento de 33% na produção semanal.

O artigo A explora a ociosidade de um posto de trabalho específico (de menor ocupação), deslocando os colaboradores para o posto de trabalho da atividade crítica (maiores filas). Dessa maneira, a produção semanal aumenta em 33%, porém, não é explanado se os colaboradores deslocados apresentam condições técnicas de auxiliar no processo crítico em questão, nem mesmo se tal alteração foi

apresentada e caracterizada como condizente ou não para o responsável pelos processos da empresa estudada.

Quadro 2 – Artigo B

ID	ARTIGO B
PROCESSO	Produção de tampas plásticas.
PROBLEMA	A instalação de esteira após o processo de injeção de tampas plásticas em substituição ao sistema de transporte por totens, acarreta melhorias?
OBJETIVO	Aplicar simulação para o entendimento do processo produtivo e otimizá-lo utilizando esteiras.
AÇÃO	A implementação de esteira transportadora após o processo de injeção.
RESULTADO	Aumento de produção em 0,7% (ou 32.000 tampas) por dia

O Artigo B analisa a viabilidade da substituição de totens por esteiras transportadoras, após os processos de injeção de tampas plásticas para garrafas pet. Por se tratar de uma das apenas duas atividades executadas por colaboradores, buscou-se um resultado da mecanização dessa atividade. Como comentado, por se tratar de um processo quase totalmente mecanizado, a diferença da adoção da esteira representou um aumento de 0,7% na produção diária, ou seja, um acréscimo de 32 mil tampas às 4,4 milhões/dia já produzidas. Como ressalva, não foi analisada a viabilidade de tal implementação da esteira.

Quadro 3 – Artigo C

ID	ARTIGO C
PROCESSO	Produção de elementos pré-moldados de concreto (postes).
PROBLEMA	Com recursos disponíveis e identificação dos gargalos produtivos, é possível propor cenários capazes de alavancar a rentabilidade?
OBJETIVO	Identificar um panorama geral do processo, a utilização dos recursos, pontos críticos, capacidade produtiva e alternativas para aumento da rentabilidade.
AÇÃO	Adição de uma equipe (1 servente e 1 oficial de produção).
RESULTADO	Aumento em 20% da produção e do lucro real em R\$ 22.650,00/mensais.

O Artigo C busca alternativas para aumentar a rentabilidade do processo de confecção de postes

de concreto. São propostos e analisados dois cenários, com o acréscimo de uma e de duas equipes de concreto (1 servente e 1 oficial de produção). Ambos os cenários retornam um acréscimo de 20,6% na produção mensal de postes, por esse motivo, o cenário com o adicional de uma equipe apresenta os melhores resultados em rentabilidade, resultando em um lucro real de aproximadamente 22 mil reais. Além das simulações dos cenários, também apresenta todo o cálculo dos custos diretos e indiretos vinculado ao acréscimo das equipes.

Quadro 4 – Artigo D

ID	ARTIGO D
PROCESSO	Produção de carrinhos de praia (metal).
PROBLEMA	Apenas com dados disponibilizados em documentação organizacional é possível a elaboração e validação de um modelo de simulação?
OBJETIVO	Elaborar e validar um modelo computacional de um processo em empresa metalúrgica.
AÇÃO	Visita técnica à empresa; solicitação dos tempos para o cronometrista do departamento de controle de processo; solicitação do POP (Procedimento Operacional Padrão) da fabricação do produto; elaboração do modelo computacional.
RESULTADO	Ocupação de alguns funcionários em 100% e outros próximos a 0%; fila na ordem de 388 produtos em uma atividade.

O Artigo D visou a implementar um modelo de simulação de um processo somente a partir das informações do setor de controle de processos da empresa. Tal simulação apresentou ocupações de recursos limítrofes, tanto completamente ociosas quanto totalmente ocupadas, além de um *number-out* da simulação incompatível com o número produzido em situação real. A partir disso, explanou-se sobre a possibilidade dos tempos em documentação organizacional estarem desatualizados, se as medições foram em números insuficientes de amostras, se os POP não estavam sendo cumpridos ou até uma possível modelagem de simulação precária. Todas as possibilidades levantadas foram complementadas com referencial teórico científico, enfatizando a importância da não ocorrência das mesmas.

Quadro 5 – Artigo E

ID	ARTIGO E
PROCESSO	Produção de colchões de mola.
PROBLEMA	A eficiência dos processos de produção de colchões na indústria em questão tem sido satisfatória?
OBJETIVO	Avaliação do processo produtivo e proposição de melhorias.
AÇÃO	Redução do tempo do processo crítico em 5% e 10%.
RESULTADO	Aumento de 4% e 10% da produção diária, respectivamente.

O Artigo E compreendeu o estudo em fábrica de colchões com o intuito de propor melhorias para o processo. Foi pressuposto que a produção atual era insatisfatória, contudo, não foi declarada a fonte para tal suposição. Após encontrada a atividade crítica, de maior ocupação e também de maior fila, foi proposta a redução do tempo em 5% e 10%, o que adicionou 4% e 10%, respectivamente, à produção diária. Devido à atividade ser realizada por operador, foi proposta uma alteração no POP, com novos tempos que possibilitariam as alterações propostas.

Quadro 6 – Artigo F

ID	ARTIGO F
PROCESSO	Produção de bases para colchões box.
PROBLEMA	A partir da identificação do gargalo na produção, qual o ganho possível em produtividade apontado pelo modelo computacional?
OBJETIVO	Identificar o gargalo de produção e propor medidas para o aumento de produtividade.
AÇÃO	Diminuição do tempo da atividade crítica em 30%.
RESULTADO	Aumento a produtividade diária em 19%.

O Artigo F abordou o processo de confecção de bases para colchões do tipo box, trabalhando também com a atividade crítica, através de alterações, buscando maximizar a produtividade. Porém, após a confecção do modelo de simulação, foi abordada a questão de a modelagem atuar na forma de uma produção “empurrada”, enquanto o real atua de forma “puxada”; desse modo, os alunos, com os res-

ponsáveis pela produção, definiram que a simulação não representava a realidade do processo. Mesmo assim, foi proposta uma redução de 30% no tempo da atividade crítica, mecanizada e passível de acordo com a capacidade técnica da mesma, resultando em acréscimo diário de 19% na produção.

Dessa forma, apresentado o panorama geral dos trabalhos realizados, é seguro afirmar que todos os discentes vivenciaram processos produtivos, viram-se inseridos em um ambiente de caráter profissional para engenheiros de produção e, a partir disso, aferiram possibilidades de melhorias, dando sugestões e/ou *feedbacks* aos processos. Para tais apontamentos, utilizaram-se de conceitos das mais diversas ciências apreendidas em sala de aula e de uma visão holística. Nesse caso, o aprendizado da simulação computacional, através da problematização de processos produtivos reais, atuou como agente, sincronizando teoria, aprendizado e vivência em Engenharia de Produção.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aprendizagem propiciada pela execução dessa atividade, auxiliada pela utilização do *software* de simulação, caracteriza-se certamente como um objeto de aprendizagem multidisciplinar, aplicando, na forma prática e computacional, o que foi observado *in loco*, através da mobilização de conhecimentos teóricos assimilados em sala de aula.

Além de mensurar a aptidão dos alunos na modelagem de um problema real e na proposição de possibilidades futuras para os mesmos, na forma de cenários alternativos, na identificação de atividades críticas, na mensuração do retorno de investimentos ou até mesmo no apontamento das dificuldades da própria modelagem/simulação. O desenvolvimento dessa prática pedagógica possibilitou aos alunos uma atuação interdisciplinar, através da aplicação de conhecimentos técnicos específicos do *software*, de conhecimentos em planejamento industrial – como estamos e de que forma chegaremos ao que queremos; pesquisa operacional – na construção de redes PERT; engenharia do trabalho – na captação de tempos, avaliação de procedimentos operacionais padrão (POPs), no estudo de ocupações/ociosidades e dimensionamento de postos de trabalho;

engenharia econômica – na viabilidade financeira das alterações propostas; controle da produção – buscando a capacidade de produção maximizada. Acrescenta-se a isso a inserção e a vivência dos alunos em ambientes industriais, possibilitando um contato íntimo com os processos produtivos, seus responsáveis e colaboradores, caracterizando, dessa forma, uma atuação profissional de Engenharia de Produção.

Outro aspecto positivo apontado foi a importância de os engenheiros trabalharem com dados de qualidade, em quantidade e variedade adequadas. Em alguns casos, as empresas estudadas não aplicavam simulação de processos para análises e, em outros casos, os dados provindos das próprias empresas se apresentavam errôneos.

Nesse sentido, todos os trabalhos realizados pelos alunos resultaram em *feedback* positivo de algum aspecto para as empresas. Como limitações dos trabalhos, cita-se a falta de complexidade das modelagens, uma vez que não foram consideradas falhas e quebras de equipamentos, produtos defeituosos, absenteísmo, rotatividade de colaboradores em postos de trabalho, tempos de *warm-up*, descansos entre jornadas e outros aspectos importantes no cotidiano do ambiente produtivo. Contudo, esses aspectos, através de um tempo hábil maior para a realização da atividade acadêmica, poderiam, facilmente, ser inseridos à simulação.

Portanto, após a análise do panorama geral dos trabalhos realizados pelos discentes, entende-se que a realização de atividades envolvendo simulação computacional dessa natureza, promove a autonomia e o trabalho em equipe, tal como ocorre na vida profissional, além de desenvolver habilidades como a formulação de ideias, participação ativa e trabalho com colaboração em grupo, caracterizando-se, sim, como ferramenta auxiliar na aprendizagem e assimilação de conceitos de Engenharia de Produção.

REFERÊNCIAS

- ALBERTI, R. A. *et al.* Uso de simulação computacional para avaliação de cenários produtivos em empresa de acessórios para motociclistas. In: III CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO (CONBREPRO), Ponta Grossa. **Anais...** Ponta Grossa – PR. 2013.
- BAKHTADZE; N. N. Virtual analyzers: Identification approach. **Automation and Remote Control**, v. 65, n 11, p. 1691-1709, 2004.
- BANKS, J. *et al.* **Discrete event system simulation**. 4rd Ed. New Jersey: Pearson Prentice Hall, 2005.
- BARROS, J. P. S. *et al.* Simulação baseada em agentes. In: XXXI ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO (ENESEP), Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte, 2011.
- BECKER, Fernando. **A epistemologia do professor: o cotidiano da escola**. 12. ed. Petrópolis: Vozes, 2005.
- BERBEL, Neusi Aparecida Navas. A problematização e a aprendizagem baseada em problemas. **Interface – Comunicação, Saúde, Educação**, v. 2, n. 2, 1998.
- BORGES NETO, Mario; ALMEIDA, Nival Nunes. Perspectivas para engenharia nacional, desafios e oportunidades. **Revista de Ensino de Engenharia**, v. 32, n. 3, 2013.
- BRODAY, E. E.; ANDRADE JUNIOR, P. P. Ensino de Engenharia de Produção: um estudo comparativo entre Brasil e França. In: I CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. Ponta Grossa. **Anais...** Ponta Grossa, Brasil, 2011.
- CABRERA, A. Gomez: Simulação de processos construtivos. **Revista de engenharia de Construção**, v. 25, n. 1, abr. 2010.
- CARVALHO, A. C. B. D. de; PORTO, A. J. V.; BELHOT, R. V. Aprendizagem significativa no ensino de engenharia. **Revista Produção**, v. 11, n. 1, 2001.
- CASSEL, G. L.; VACCARO, G. L. R. Aplicação de Simulação Otimização para Definição do Mix Ótimo de Produção de uma Indústria Metal-Mecânica. In: XXVII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA (ENESEP), Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu, 2007.
- CHUNG, C.A. **Simulation modeling handbook: a practical approach**. Industrial and Manufacturing Engineering Series. Washington: CRC Press, 2004.
- CHWIF, L.; MEDINA, A. C. **Modelagem e simulação de eventos discretos: teoria e prática**. 3. ed. São Paulo: Leonardo Chwif. 2010.
- CLANCY, C. M. The Importance of simulation: preventing hand-off mistakes. **AORN Journal**, v. 88, n. 4, p. 625-627, 2008.

- CUNHA, G. D. **Um panorama atual da Engenharia da Produção no Brasil**. Porto Alegre: [s.n.], 2002.
- CURCIO, D.; LONGO F. Inventory and internal logistics management as critical factors affecting the supply chain performances. **Int J Sim Process Model**. v. 5, p. 278-288, 2009.
- DIEHL, F. C. *et al.* Simulação Operacional de uma torre de destilação atmosférica via Aspen Plus e Avaliação de Modelos de Analisadores Virtuais. **Revista Controle & Automação**, v. 20, n. 3, jul., ago., set. 2009.
- DURAES, Sarah Jane Alves. Aprendendo a ser professor(a) no século XIX: algumas influências de Pestalozzi, Froebel e Herbart. **Educação e Pesquisa**. São Paulo, v. 37, n. 3, dez. 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S1517-97022011000300002>>. Acesso em: 14 mar. 2014.
- FILHO, R. G. A. **Planejamentos fatoriais fracionados para análise de sensibilidade de modelos de simulação de eventos discretos**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Itajubá. Itajubá, 2006.
- FIORONI, M. M. **Simulação em ciclo fechado de malhas ferroviárias e suas aplicações no Brasil: avaliação de alternativas para o direcionamento de composições**. Tese de Doutorado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2007.
- FREITAS, Raquel Aparecida Marra da Madeira. Ensino por problemas: uma abordagem para o desenvolvimento do aluno. **Educação e Pesquisa**. São Paulo, v. 38, n. 2, June, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S1517-97022011005000011>>. Acesso em: 14 mar. 2014.
- GAMEIRO, A. H. *et al.* Modelagem e gestão das perdas no suprimento de tomates para processamento industrial. **Gest. Prod.**, São Carlos, v. 15, n. 1, p. 101-115, jan.-abr. 2008.
- GELAMO, Rodrigo Peloso. Notas sobre o problema da explicação e da experiência no ensino da Filosofia. **Educação e Pesquisa**. São Paulo, v. 36, n. 2, ago. 2010. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S1517-97022010000200007>>. Acesso em: 14 mar. 2014.
- GUMIER, C. C.; JUNIOR, E. L. Aplicação de modelo de simulação-otimização na gestão de perda de água em sistemas de abastecimento. **Eng. sanit. ambient**. v. 12, n. 1, jan./mar., p. 32-41, 2007.
- HARRELL, C.; GHOSH, B. K.; BOWDEN, R. **Simulation using Promodel**, 3rd ed. Boston: McGraw-Hill, 2000.
- HLUPIC, V.; PAUL, R. J. Methodological approach manufacturing simulation selection. **Computer Integrated Manufacturing Systems**, v. 9, n. 1, p. 49-55, 1996.
- HUNGER, Dagmar; ROSSI, Fernanda; SOUZA NETO, Samuel de. A teoria de Norbert Elias: uma análise do ser professor. **Educação e Pesquisa**. São Paulo, v. 37, n. 4, dez. 2011. <<http://dx.doi.org/10.1590/S1517-97022011000400002>>. Acesso em: 14 mar. 2014.
- IAROZINSKI NETO, A.; LEITE, M. S. A abordagem sistêmica na pesquisa em Engenharia de Produção. **Produção**, v. 20, n. 1, São Paulo, 2010.
- KELTON, W.D.; SADOWSKI, R.P.; SWETS, N.B. **Simulation with Arena**. New York: McGraw-Hill, 2010.
- LIU, Y. *et al.* Workflow simulation for operational decision support using event graph through process mining. **Decision Support Systems**, 2012.
- MARTIN, A. C. *et al.* Panorama do Ensino de Engenharia de Produção no Brasil. In: III CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO (CONBREPRO). Ponta Grossa. **Anais...** Ponta Grossa, Brasil. 2013.
- MARTINS, L. M. *et al.* Experiências adquiridas com o ensino da disciplina de processos químicos no curso de engenharia de produção. **Revista de Ensino de Engenharia**, v. 32, n. 1, p. 1-7, 2013.
- MORABITO, R.; PUREZA, V. Modelagem e simulação. In: MIGUEL, P. A. C. *et al.* **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. Rio de Janeiro: Elsevier, p.165-192, 2010.
- NASCIMENTO, L. J. B. *et al.* **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. In: II CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. Ponta Grossa. **Anais...** Ponta Grossa, Brasil. 2012.
- OLIVEIRA, V. F. A avaliação dos cursos de engenharia de produção. **Revista Gestão Industrial**. v. 1, n. 3, p. 1-12, 2005.
- PEREIRA, C. R.; COSTA, M. A. B. Um modelo de simulação de sistemas aplicado à programação da produção de um frigorífico de peixe. **Revista Produção Online**, Florianópolis, v. 12, n. 4, p. 972-1001, 2012.
- PERGHER, I.; VACCARO, G. L.; PRADELLA, M. Aplicação da simulação computacional para determinar a capacidade produtiva do processo de produção de pães: um estudo de caso. **Produto & Produção**, Porto Alegre, v. 14, n. 1, 2013.
- PRADO, D. S. **Teoria das filas e da simulação**. 4. ed. Nova Lima: INDG-Tecnologia e serviços, p. 127, 2009.
- PRADO, D. S. **Usando o Arena em simulação**. 4. ed. Belo Horizonte: INDG-Tecnologia e serviços, 2010.
- SAKURADA, Nelson; MIYAKE, D. I. Aplicação de simuladores de eventos discretos no processo de mode-

lagem de sistemas de operações de serviços. **Gestão de Produção**, v. 16, n. 1, 2009.

SOUZA, Nadia Aparecida de; BORUCHOVITCH, Evely. Mapas conceituais e avaliação formativa: tecendo aproximações. **Educação e Pesquisa**. São Paulo, v. 36, n. 3, dez. 2010. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S1517-97022010000300010>>. Acesso em 19 fev. 2014.

UM, I.; HYEONJAE, C.; LEE, H. The simulation design and analysis of a Flexible Manufacturing System with Automated Guided Vehicle System. **Journal of Manufacturing Systems**, v. 28, p. 115-122, 2009.

VASCONCELLOS, Celso dos S. Metodologia dialética em sala de aula. **Revista de Educação AEC**. Brasília, n. 83, abr. 1992.

YEE, R. W. Y *et al.* Market competitiveness and quality performance in high-contact service industries. **Industrial Management & Data Systems**, Hong Kong, v. 113, n. 4, p. 573-588, 2013.

DADOS DOS AUTORES



Rafael Alvisé Alberti – Graduação em Engenharia de Produção (2011, UNISC), Mestrado em Sistemas e Processos Industriais (2014, UNISC). Certificado como melhor desempenho acadêmico em Engenharia na UNISC. Atua como professor nos cursos de Engenharia Civil e de Produção na Faculdade de Itapiranga (FAI) (Bolsista de mestrado quando da realização deste artigo).



João Carlos Furtado – Graduação em Licenciatura em Física (1991, UFSM). Mestrado em Computação Aplicada (1995, INPE). Doutorado em Computação Aplicada (1998, INPE). Atualmente, é professor adjunto da Universidade de Santa Cruz do Sul (UNISC). É professor nos cursos de Ciência da Computação, Engenharia de Computação, Engenharia de Produção e no Programa de Pós-Graduação em Sistemas e Processos Industriais – PPGSPI.



Liane Mahlmann Kipper – Graduação em Licenciatura em Física (1986, UNISC). Especialização em Física (1987, UNISC). Especialização em Gestão e Liderança Universitária (2010 – UCS). Mestrado em Física (1991 – UFSC). Doutorado em Engenharia de Produção (2005, UFSC). Professora titular da Universidade de Santa Cruz do Sul (UNISC) e Coordenadora do Mestrado em Sistemas e Processos Industriais. Atua nas áreas de gestão do conhecimento, inovação e criatividade, gerenciamento de processos, métodos e técnicas de pesquisa, desenvolvendo atividades principalmente nos seguintes temas: melhoria de processos, sistemas enxutos: inovação, criatividade, desenvolvimento de produtos e proteção do conhecimento; e em gestão por processos e tecnologias para otimização e melhoria de processos.