

A UTILIZAÇÃO DE UM SIMULADOR COMO FERRAMENTA DIDÁTICA EM UM CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO EM UMA UNIVERSIDADE NO INTERIOR DE SÃO PAULO

Fernando Cesar Mendonça (FHO - UniAraras) fernandomendonca@uniararas.br
Plinio Castro (FHO – UniAraras) pliniocastro9@hotmail.com
Victor Hugo Lopes (FHO – UniAraras) vh.victorlopes@gmail.com

Resumo

Em um curso superior, além de conteúdos, também há a necessidade de construir a formação profissional, e, para isso, é fundamental a motivação do discente. Na Engenharia de Produção, há várias ferramentas metodológicas que podem auxiliar o profissional, tais como os conceitos de Manufatura Enxuta, Controle Estatístico da Qualidade ou ainda as ferramentas de simulação. Essas ferramentas podem ser utilizadas durante o curso com o objetivo duplo de apresentar a ferramenta em si e buscar a motivação do aluno. A utilização da simulação como ferramenta didática não é nova. A ideia surgiu há dois anos com o apoio da coordenação e, inicialmente, funcionava como um grupo de estudos. Posteriormente, devido à sua grande aplicabilidade, a simulação foi levada para a sala de aula, onde ajudou-se a fixar os conceitos relacionados a diversas disciplinas, porém sem descartar o grupo de estudo, como extensão. Graças à essa utilização, percebeu-se uma maior facilidade na assimilação de vários conceitos e, tão importante quanto a assimilação, houve uma grande motivação e interesse discente, ampliando a quantidade de participantes no grupo de estudos.

Palavras-chave: Ensino de Engenharia; Simulação; Arena

THE USE OF A SIMULATOR AS DIDACTICISM TOOL IN A MANAGEMENT ENGINEER COURSE IN INTERIOR OF SÃO PAULO STATE

Abstract

In a college, beyond the subjects, we also have the necessity of building a Professional courier, and, for this, is primal the student motivation. In Management Engineer, there are several didacticism tools that can help the professional, such as the concepts of Lean Manufacturing, static quality control or then the simulation tools. These tools can be used during the course as a double goal to present the tool itself and search for the student motivation. The use of the simulation as a didacticism tool is not new. The idea came up in two year as a coordinating support and, firstly, it functioned as a studies group. After, due to its high applicability, the simulation was taken to the school learning, where it helped to firm the concepts related to several subjects, however without taking out the studies group, as extension. Thank to this use, we realized a higher facility in assimilation of many concepts and, as important as the assimilation, there was a student large motivation and interest, expanding the quantity of participants in the studies group.

Key words: Engineer Teaching, Simulation, Arena.

1. Introdução

1.1. Objetivo

Este artigo tem como objetivo relatar uma experiência de diversificação da prática pedagógica em várias disciplinas, tais como Pesquisa Operacional I e II (ambas no terceiro ano), Planejamento e Controle da Produção ou Projetos e Operações e Sistemas de Produção (ambas no quarto ano), que fazem parte da Formação Específica da grade do curso de Engenharia de Produção, além de Probabilidade e Estatística, que faz parte da Formação básica, no segundo ano.

A experiência se iniciou em 2014 e consiste em reuniões semanais com alunos, nas quais são discutidos casos reais envolvendo problemas de congestionamento (ou ociosidade) para serem tratados através da ferramenta.

Inicialmente, o grupo contava com 11 alunos, distribuídos conforme a Tabela 1 abaixo:

Ano	Quantidade de Alunos
Segundo Ano	4
Terceiro Ano	2
Quarto Ano	5

Fonte: Elaboração própria

Tabela 1 – Quantidade de alunos na turma inicial, por ano do curso

1.2 A Construção do Conhecimento

De acordo com Sanchis & Mahfoud (2007), no construtivismo de Piaget, o processo de construção do conhecimento confunde-se com o próprio processo de constituição e de desenvolvimento do sujeito, na sua relação com o mundo, que é físico e ao mesmo tempo simbólico.

Conforme Smolka (2008), Vygotsky teorizou que o processo de conhecimento é concebido como produção simbólica e material que tem lugar na dinâmica interativa. Dada a natureza social e simbólica da atividade humana, os processos de funcionamento mental, culturalmente organizados, são mediados por signos que só podem emergir num terreno interindividual. Assim, um papel fundamental é atribuído à palavra e à mediação pelo outro.

Outra teoria, foi o construtivismo de Ausubel. Para Ausubel (1980), a aprendizagem não necessita necessariamente da motivação. Ela ocorre por si só. Para ele, quando se aprende algo, há uma satisfação inicial, que estimula que o ato pedagógico continue se desenvolvendo. O aspecto cognitivo é a sua maior preocupação. A motivação para ele é crescente no momento em que o aluno conhece os objetivos do ensino, que devem ser claros e relacionados com o imediato. Para o autor, motivação é a própria aprendizagem.

1.3 A Simulação como ferramenta de Ensino

Conforme Bellhot *et al* (2001), no Ensino de Engenharia, deve-se potencializar a

aprendizagem, descobrindo novos e adaptando os meios existentes.

Já Bianchini & Gomes (2007) comentam que o ensino na área de Engenharia ainda traz consigo uma prática apoiada pela “transmissão de informações”, com o aluno sendo visto como um elemento passivo; mas consideram que este modelo, ainda que de difícil alteração, não atende as exigências feitas aos profissionais do mercado de trabalho.

Para D’Ipolito (2012), jogos de Negócio possibilitam abordagem educacional participativa, experiencial e centrada na ação dos aprendizes, desenvolvendo competências nas dimensões cognitiva, atitudinal e operacional.

A evolução das tecnologias computacionais vem se tornando uma importante aliada para o desenvolvimento de novos projetos. Acompanhada por essas evoluções, a simulação surge como uma principal ferramenta na fase de concepção de um sistema.

A Engenharia de Produção, responsável muitas vezes pelo desenvolvimento de novas linhas produtivas, pode aproveitar muito bem as vantagens que uma simulação computacional pode trazer para a elaboração do projeto de uma linha.

Nesta fase de projeto, é onde são tomadas decisões cruciais para a implementação desta nova linha. Questões como: “Qual operador ficará sobrecarregado?”, “Qual a jornada de trabalho da linha?”, “Qual o custo desta nova linha”, entre outras, são facilmente respondidas por meio de uma simulação.

De acordo com Harrel *et al* (2002), a ideia de modelagem para uso de representações simbólicas e modificações em um sistema real é tão antiga quanto o método científico. O modelo nos propõe os componentes de um sistema de forma que o entendimento da realidade permite que experimentos sejam feitos sem comprometer o sistema real estudado. Se o modelo não se comporta como esperado, são feitas mudanças nas variáveis com o objetivo de se alcançar resultados esperados, refletindo no sistema.

A simulação permite modelar, em um computador, um problema real de modo a testar várias opções de resolução para uma melhor tomada de decisão.

Simular implica em construir um modelo próximo da realidade, o qual poderá ser operado diversas vezes, permitindo a análise dos resultados (Moreira, 2013). No mundo moderno as pessoas estão cada vez mais em contato com a simulação mesmo sem se dar conta por meio de jogos eletrônicos, cinema e teatro.

O aumento da capacidade dos computadores, também proporcionou avanços significativos na modelagem de sistemas reais, já que de certa forma, a flexibilidade dos novos softwares possibilitou os pesquisadores a construir modelos mais complexos, além do volume de dados ter aumentado e sendo manipulados com velocidade e precisão. A segunda vantagem que os computadores trouxeram para a modelagem é componentes gráficos voltados para a análise dos dados representados na simulação, essas interfaces gráficas permitiam que os resultados fossem avaliados e seus dados analisados em um curto período. (Harrel *et al*, 2002).

Alguns *softwares* no mercado possibilitam uma visualização gráfica desta linha mesmo que ela somente na fase de concepção, facilitando análises mais precisas do projeto.

Dependendo do ambiente em que o termo simulação é empregado, suas técnicas e métodos são diferentes. Na Engenharia, ele tem sido usado em situações nas quais se tenta compreender as características de um sistema pelo conhecimento de outro que seja similar, conforme Prado (2006).

Como ferramenta didática, o *software* de simulação permite ao aluno observar situações reais ainda em sala de aula, permitindo assimilar e identificar conceitos importantes no âmbito da

Engenharia de Produção, tais como gargalo, congestionamento, espera em filas, análise de sensibilidade, robustez de decisões etc.

2. O *software* estudado

Os simuladores consequentemente acompanharam a evolução dos computadores que surgiram entre as décadas de 50 e 60 e com isso, a simulação de modelos matemáticos se tornou uma tarefa menos dispendiosa em relação a tempo e dificuldade de aplicação. Nesta época o FORTRAN era a principal técnica de programação de simuladores em modelos mais complexos. Novas linguagens de programação dedicadas à simulação como GPSS, Simcript, SLAM e SIMAN foram desenvolvidas, que mesmo mais eficientes era ainda complexa em relação ao seu aprendizado. Após esse período, segundo Kelton et al (2007) os chamados simuladores “*High Level*” surgiram apresentando uma interface ao usuário bem mais amigável, facilitando sua utilização através de menus interativos, caixas de diálogo e novas interfaces gráficas, tornando os blocos de modelagem da simulação interconectados, mostrando, sendo possível até visualizar graficamente a dinâmica do sistema estudado. Esta é considerada a técnica de Simulação Visual, que segundo Prado (2014) teve uma boa aceitação por sua capacidade de melhor representar o sistema estudado, além que sua complexidade ser reduzida em relação aos pioneiros, seu uso começou a crescer de forma exponencial, visto que o ensino da técnica de simulação passou a ser difundida em cursos de graduação e cursos de ensino técnico.

Devido ao fato de permitir prever graficamente o comportamento de um processo e alterá-lo de forma virtual para melhorá-lo, foi escolhido o *software* Arena para ser utilizado durante as aulas.

De acordo com o vídeo apresentado em seu *website* (<https://www.arenasimulation.com/>), dentro de um local de trabalho há sempre questionamentos sobre as decisões que devem ser tomadas a curto e a longo prazo, por exemplo, qual alternativa é melhor para a empresa? Estamos aproveitando ao máximo os recursos e funcionários? Essa é a melhor estratégia para resolver os problemas? O Arena responde essas questões de forma visual, de forma que os alunos poderiam assimilar conceitos rapidamente.

O Arena pode ser utilizado em diversos segmentos, tais como em linhas de produção, logística (transportes ferroviários, marítimos e aéreos), comunicações, bancos e supermercados, processamento de dados e *call center*.

Prado (2010) também apresenta vários exemplos de aplicação do *software* Arena.

Já há vários estudos envolvendo o Arena, tais como Corrêa (2002), Brighenti (2006), Aguiar (2009), entre outros.

Com as informações inseridas inicialmente em cada elemento do fluxograma é gerado um relatório que aparece no final da simulação e é de extrema importância, pois apresenta os resultados detalhados de cada elemento do processo.

O relatório apresenta facilidade em sua interpretação, pois o usuário pode localizar as informações que necessita rapidamente. Essas informações são organizadas em tópicos com tabelas e gráficos.

Esses resultados descrevem o tempo de espera na fila, quantidade em fila e a ocupação dos funcionários e máquinas.

O tempo de espera na fila significa quanto tempo uma entidade fica parada aguardando dar continuidade ao processo. Por exemplo, em uma barbearia o cliente aguarda até que o

barbeiro termine seu serviço para ser atendido. Esse tempo pode ser estudado e caso esse valor seja alto, pode-se traçar uma estratégia como a contratação de mais um barbeiro, para diminuir o tempo de espera dos clientes.

A quantidade em fila se refere ao número de entidades em fila. Isso pode ser observado também no exemplo da barbearia, onde os clientes conforme vão chegando, aguardam até serem atendidos, formando uma fila. É importante saber o número de clientes que esperam em fila para, caso seja alto, elaborar soluções buscando a diminuição dessa fila.

A ocupação dos funcionários e máquinas pode ser analisada em dois aspectos, ocupação e ociosidade, acarretando problemas para a empresa.

Quando um funcionário fica sobrecarregado com suas atividades, pode haver atrasos devido à falta de tempo ou até mesmo prejudicar a qualidade do seu serviço. Com as máquinas os problemas são semelhantes, pois o sobrecarregamento de uma máquina pode acelerar seu desgaste pelo fato de não haver tempo para realizar manutenções. Uma solução para ambos os casos é o aumento de um recurso, como a contratação de um novo funcionário e a aquisição de uma nova máquina.

Por outro lado, quando funcionários ou máquinas ficam muito tempo ociosos, eles se tornam improdutivos para a empresa. Com isso, mantê-los em seu posto de trabalho é inviável e uma possível solução é realocá-los para outro setor.

Uma vez identificada uma situação que necessita ser dimensionada ou redimensionada, ou seja, tanto em um sistema já existente, como em uma linha de produção, quanto na construção de um novo sistema, como na construção de uma nova fábrica, podemos utilizar o Arena para testar possíveis estratégias de melhorias, sem prejudicar o atual funcionamento da empresa

3 Metodologia da aula

Durante as aulas, foram apresentados, aos alunos, simulações de *cases*, que, então, foram modelados através de fluxogramas no Arena. Conforme a disciplina, foram abordados os conceitos relacionados à mesma: em Pesquisa Operacional I foram analisadas restrições, sensibilidade; em Pesquisa Operacional II, foram analisadas medidas de desempenho de sistemas de fila, tais como tempo de espera, tempo de permanência (no caso de serviços) ou *work in process*, no caso de manufatura; em Projetos de Operações e Sistemas de Produção foram analisados conceitos como diferenças entre serviços e bens físicos, ou de um sistema conforme a variabilidade e o volume da produção; e em Planejamento e Controle da Produção foram analisados tempo de resposta, *lead time*, gargalos, *takt time*, entre outros. Parte da teoria de Planejamento e Controle da Produção foi analisada em Tubino (2009) e Correa & Correa (2009).

Os alunos elaboraram modelos de simulação e, em cada disciplina analisada, emitiram relatórios com base no relatório próprio do Arena, o que permitiu ao discente concluir sobre o objeto de estudo.

Entre as simulações realizadas, houve um problema que analisava uma barbearia na qual os clientes tinham seus cabelos cortados e, se desejassem, havia manicure para cuidar de suas mãos. A Figura 1 apresenta o fluxograma elaborado pelos alunos:

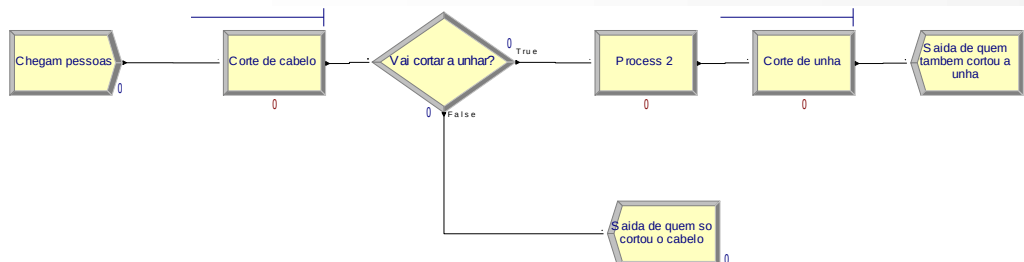


Figura 1 – Fluxograma do problema

A partir desta simulação, foi possível comparar a carga de trabalho dos recursos, que no exemplo eram o barbeiro e a manicure, apontando a alta ociosidade desta segunda, apresentado na Figura 2.

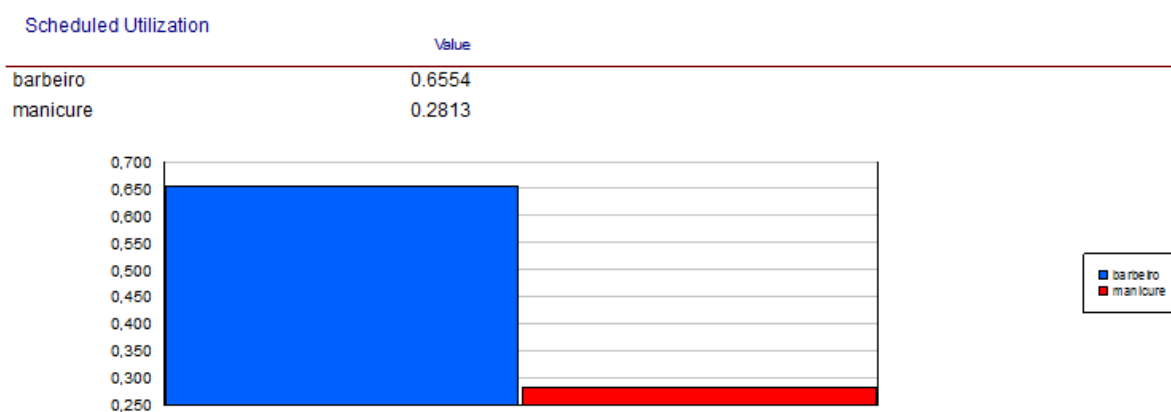


Figura 2 – Relatório da utilização dos recursos

A simulação permitiu também que observasse informações sobre os clientes e, conforme pode ser visto na Figura 3, esperam, em média, pouco mais de 1,4 minutos em fila e permanecem, em média, quase 25 minutos dentro da barbearia.

Entity

Time

VA Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
cliente	22.8875	(Insufficient)	15.3935	41.4026
NVA Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
cliente	0.1778	(Insufficient)	0.00	1.0000
Wait Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
cliente	1.4255	(Insufficient)	0.00	12.5722
Transfer Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
cliente	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Other Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
cliente	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Total Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
cliente	24.4908	(Insufficient)	15.7104	50.3054

Figura 3 – Relatório sobre os clientes na barbearia

Outra informação retirada das simulações foi a respeito da fila dos processos, apresentado na Figura 4, no exemplo corte de cabelo e corte de unha. Devido à alta ociosidade da manicure, quase não há filas no corte, tendo apenas, em média, menos de 0,5 minutos de espera, e uma quantidade insignificante de pessoas esperando para serem atendidas.

Queue

Time

Waiting Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Corte de cabelo.Queue	1.4602	(Insufficient)	0.00	12.5722
Corte de unha.Queue	0.4394	(Insufficient)	0.00	3.5153
Other	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Number Waiting	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Corte de cabelo.Queue	0.1583	(Insufficient)	0.00	2.0000
Corte de unha.Queue	0.00732355	(Insufficient)	0.00	1.0000

Figura 4 – Relatório sobre as filas dos processos na barbearia

4. Considerações Finais e Perspectivas Futuras

Com base nas simulações, percebeu-se que houve uma melhoria significativa na participação dos discentes nos debates ao longo do curso. Cabe salientar que, além do ganho nas

disciplinas, há ainda aprendizagem sobre a simulação (uma importante ferramenta para a ação profissional) e motivação dos alunos, com a possibilidade de escrever artigos e de monografias, incluindo trabalho de conclusão de curso, em uma área rica e base da Engenharia de Produção, como a Pesquisa Operacional.

Na Tabela 2 é possível perceber o interesse dos alunos na área, quantificando os alunos que iniciaram a escrita de artigo e da monografia.

Ano	Alunos escrevendo monografia	Alunos escrevendo artigos
Terceiro Ano	0	2
Quarto Ano	0	2
Quinto Ano	1	1

Fonte: Elaboração própria

Tabela 2 – Quantidade de alunos escrevendo artigo e monografia

Este auxílio da ferramenta fez com que o aluno começasse a enxergar à frente da disciplina e empregar a mesmas nas situações que pode encontrar no mercado de trabalho em sala de aula.

Pretende-se para o próximo ano, incentivar os novos ingressantes do segundo ano a publicarem artigos, aos alunos do quinto ano a publicarem a monografia e manter os alunos do terceiro e quarto ano interessados na área de simulação.

A Tabela 3 mostra que a quantidade de alunos atualmente participando do Grupo de Estudo do *Software* Arena aumentou consideravelmente em relação ao início em 2014.

Ano	Quantidade de Alunos em 2014	Quantidade de Alunos em 2015 que permaneceram	Quantidade de Novos Alunos em 2015	Quantidade Total de Alunos em 2015
Segundo Ano	4	-	3	3
Terceiro Ano	2	4	1	5
Quarto Ano	5	2	1	3
Quinto Ano	–	3	0	3

Fonte: Elaboração própria

Tabela 3 – Comparação na quantidade de alunos interessados em dois anos

Outra alteração significativa para 2015 foi a inserção de 4 alunos do terceiro ano do período noturno, o que levou o grupo a deixar de ser exclusividade para alunos do período integral.

Foi notável a mudança na visão discente depois de participar do Grupo de Estudos em Simulação. As aulas no grupo permitiram que os discentes transformassem uma disciplina mais teórica em situações reais e ainda que pudessem modificar e interagir através do *software*. A Instituição incentivou o curso a continuar com o Grupo de Estudos e para isso, aumentou o número de computadores com o Arena instalado, representado pela Tabela 4.

Quantidade de computadores disponíveis em 2014	Quantidade de novos computadores em 2015	Quantidade total de computadores disponíveis atualmente
5	4	9

Fonte: Elaboração própria

Tabela 4 – Comparação na quantidade de computadores em dois anos

Para os próximos períodos, pretende-se utilizar a simulação em outras disciplinas, por exemplo, Introdução à Engenharia de Produção. Isso possibilitaria que os alunos do primeiro ano de Engenharia participassem do Grupo de Estudos.

Pretende-se também testar outros *softwares* de simulação, comparando-os para observar amigabilidade, flexibilidade e aplicabilidade dos relatórios. Desse modo, abrangendo a área de simulação para que os alunos já participantes do Grupo de Estudos

Referências

- AGUILAR, S. M. S. *et alli* Avaliação dos benefícios da aplicação da simulação, através do software Arena 10.0, em uma empresa de transporte ferroviário. ENEGEP, 2009.
- AUSUBEL, D P *et alli*. *Psicologia Educacional*. Rio de Janeiro, Ed Interamericano. 1980.
- BELLHOT, R. V., FIGUEIREDO, R. S. & MALAVE, C. O. *O uso da Simulação no Ensino da Engenharia*. Cobenge, 2001.
- BIANCHINI, D. & GOMES, F. S. C. *A Simulação como ferramenta didática no Ensino de Engenharia*, Cobenge, 2007.
- BRIGHENTI, J. R. N. *Simulação e otimização de uma linha de manufatura em fase de projeto*. Universidade Federal de Itajubá, 2006. (Dissertação de Mestrado).
- CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C. A. *Administração de produção e operações: manufatura e serviços : uma abordagem estratégica*. 2. ed. São Paulo, SP: Atlas, 2009.
- CORRÊA, S. M. *A simulação em monografias de graduação da engenharia de produção*. ENEGEP, 2002
- D'IPOLITTO, C. *Jogos de negócio e educação empreendedora*, Sistemas & Gestão, v. 7, n. 2, p 192-204, 2012.
- HARREL, C. R. *et al*. *Simulação: Otimizando os sistemas*. 2. ed. São Paulo: Instituto Imam, 2002.
- KELTON, W. David; SADOWSKI, Randall P. ; STOROCK, David T. B. *Simulation With ARENA*, 4.ed. New York, 2007, McGraw-Hill.
- MOREIRA, D. A. *Pesquisa operacional: curso introdutório*. 2. Ed. São Paulo: Cengage Learning, 2013.
- PRADO, D. *Teoria das Filas e da Simulação*. 3. ed. Nova Lima: INDG, 2006.
- PRADO, D. *Usando o Arena em Simulação*. 4. ed. Belo Horizonte: Falconi, 2010.
- PRADO, D. *Usando o Arena em Simulação*. 5. ed. Belo Horizonte: Falconi, 2014.
- SANCHIS, I. P. & MAHFOUD, M. *Interação e construção: o sujeito e o conhecimento no construtivismo de Piaget*. Ciências & Cognição 2007; Vol 12. P 165-177.
- SMOLKA, A. L. B. *et alli* *A linguagem e o outro no Espaço Escolar – Vygotsky e a construção do conhecimento*. Ed. Papirus. 2008.
- TUBINO, D. F. *Planejamento e controle da produção: teoria e prática*. 2. ed. , 3 reimpr. São Paulo, SP: Atlas, 2009.