

Aplicação da modelagem e simulação computacional como ferramenta comparativa entre duas linhas de produção de uma indústria de produtos para saúde

Daniel Pimentel Campos

Mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas – MEPROS, Pontifícia Universidade Católica de Goiás – PUC-GO
Av. Universitária, 1440, Área III, Bloco D, Sala 308, CEP 74605-010, Goiânia-GO, Brasil
adm.pimentel@hotmail.com

Maria José Pereira Dantas

Mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas – MEPROS, Pontifícia Universidade Católica de Goiás – PUC-GO
Av. Universitária, 1440, Área III, Bloco D, Sala 308, CEP 74605-010, Goiânia-GO, Brasil
mjpgdantas@gmail.com

José Elmo de Menezes

Mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas – MEPROS, Pontifícia Universidade Católica de Goiás – PUC-GO
Av. Universitária, 1440, Área III, Bloco D, Sala 308, CEP 74605-010, Goiânia-GO, Brasil
jelmo.maf@gmail.com

RESUMO

Este artigo apresenta a aplicação de modelagem e simulação para o processo de produção de uma indústria de produtos para saúde. Foi realizada uma comparação entre duas linhas que produzem o item de maior giro de estoque entre o mix existente na empresa, porém utilizando diferentes configurações de recursos produtivos. Analisou-se apenas a fase de abastecimento das linhas com a posterior entrega do produto acabado para o armazém. O estudo utilizou um modelo conceitual desenvolvido pela técnica IDEF-SIM e o modelo computacional foi implementado com o software Promodel e outras ferramentas do ambiente do software. O modelo de simulação permitiu estudar a produtividade, a variabilidade dos processos, os gargalos e a ociosidade. Verificou-se que a produtividade da linha B é, em média, 20,39% maior do que a linha A, porém há gargalo no processo de corte e mostrou uma maior variabilidade. Por fim, com o resultado concluiu-se que a simulação é uma boa ferramenta de apoio à decisão.

PALAVRAS CHAVE. Simulação; IDEF-SIM; Promodel.

Tópicos: SIM - Simulação

ABSTRACT

This article presents the application of modeling and simulation for the production process of a health products industry. It was made a comparison between two lines for the production of the highest inventory turnover item, from the existing mix in the company, and using different configurations of productive resources. It was analyzed only the supply phase of the lines with the subsequent delivery of the finished product to the warehouse. The study used a conceptual model developed by IDEF-SIM technique is that the computational model was implemented using Promodel and other tools in their software environment. The simulation model allowed to study productivity, process variability, bottlenecks and idleness. It was found that the productivity of the line B is on average 20.39% higher than the line A, but there bottleneck in the process of cutting and showed greater variability. Finally, with the result it was concluded that the simulation is a good decision support tool.

KEYWORDS. Simulation; IDEF-SIM; Promodel.

Topics paper: SIM – Simulation

1. Introdução

Diante de um cenário com mercados ainda mais competitivos e com consumidores em busca de maior qualidade ao menor preço, as organizações devem garantir os melhores modelos para seus processos. Desta forma, o processo produtivo merece extrema atenção, pois é onde incide a transformação dos insumos em bens e serviços, garantindo a razão de existência das organizações, redução de custos, aumento da receita, redução de investimentos e promoção da inovação e habilidades operacionais [Slack *et al.* 2009].

Várias técnicas são usadas para o planejamento de linhas de produção, entre elas a programação linear, lógica *fuzzy*/estocástica, heurística e a simulação [Hafezalkotob *et al.* 2014)]. Nas últimas décadas, a utilização da simulação em busca de melhoria do desempenho dos processos produtivos vem se tornando cada vez mais aplicado, pois em menor tempo e investimento, facilita visualizar, analisar e otimizar processos de produção complexos, principalmente ao aplicar animações computacionais [Sandanayake *et al.* 2008]. É um meio de experimentar ideias e conceitos sob várias condições que estariam além das possibilidades de se testar na prática [Tubino e Schanfranski 2013].

O estudo demonstra um comparativo entre duas linhas que compõem um sistema real de produção de uma indústria de produtos para saúde através da produção de itens iguais, porém com recursos produtivos diferentes e levando a definição do conjunto de recursos e processos mais produtivos. Para a modelagem conceitual desse estudo foi escolhida a técnica IDEF-SIM. Para o desenvolvimento do modelo computacional foi utilizado o software ProModel®. A análise foi realizada apenas para o item mais produzido na empresa. Assim, pretende-se demonstrar a produtividade individual de cada linha e também demonstrar os gargalos ou problemas que impedem o processo atual de atender as necessidades produtivas, gerando assim também pontos a serem observados para estudos e configurações futuras.

O artigo está dividido em 5 seções. A seção 2 apresenta a revisão da literatura e discute o estado da arte para o entendimento das técnicas e conceitos utilizados. Na seção 3, chamada de Metodologia, apresenta-se como o trabalho foi realizado. O desenvolvimento do estudo adotando os conceitos e técnicas e a análise dos resultados são apresentados na seção 4. Por fim, a seção 5 apresenta as considerações finais do estudo.

2. Revisão da literatura

A necessidade de implementar novas estratégias de produção para melhorar o desempenho dos negócios e evitar a utilização de recursos de forma desnecessária é prática indispensável para a sobrevivência das organizações [Sandanayake *et al.* 2008]. É através do sistema de produção que as organizações definem como seus recursos determinaram o alcance dos resultados. Os principais parâmetros a considerar na concepção de um sistema de produção são: (1) os processos/máquinas necessários; (2) o sequenciamento de produção; (3) o layout físico; (4) o fluxo de material; (5) os equipamentos e ferramental de apoio e, (6) a alocação de tarefas aos colaboradores, sendo que a esse último são dadas apenas as tarefas que as máquinas não podem executar em uma determinada sequência operacional [Fernandes 2008].














Diante desta complexidade de parâmetros, na maioria dos casos é inviável realizar a avaliação do sistema dentro de seu ambiente real, assim, um modelo de representação é necessário para minimizar tais dificuldades. Diante do processo de simulação é de grande relevância o entendimento de “sistema” como o conjunto de entidades, pessoas ou máquinas, que interagem para o alcance de um objetivo específico e “modelo” como a representação deste sistema com objetivo de estudo [Law 2007].

A simulação é um processo de experimentação de modelos reais para determinar como esse responderá a mudanças em sua estrutura, ambiente ou condições de contorno [Bateman *et al.* 2013]. É capaz de gerar resultados necessários para validação de desempenho e para lidar com a incerteza e criar visualizações dinâmicas dos níveis de estoque, lead-times e utilização de máquinas para diferentes representações de estado futuro [Abdulmalek e Rajgopal 2007].

Através da simulação é possível avaliar o desempenho do sistema atual sob condições operacionais diferentes. Isto facilita a comparação de alternativas de sistemas ou políticas

escolhido e onde as deduções sobre a “Entidade problema” são obtidas através de experimentos. A “Validação do modelo conceitual” é realizada através da confirmação que as teorias e hipóteses implícitas ao modelo conceitual estão corretas e representa a Entidade problema. A “Verificação do modelo computadorizado” busca assegurar que a programação realizada no ambiente computacional está em conformidade com o modelo conceitual definido. Através da “Validação operacional” é efetuado o acompanhamento do desempenho dos dados de saída, ou seja, a precisão do Modelo computacional perante o esperado. Finalmente a “Validade de dados” visa garantir que os dados utilizados para sua construção, avaliação, testes, bem como a realização dos experimentos em busca de uma solução ótima são adequados e corretos. [Sargent 2011].

Tendo em vista a importância atribuída ao modelo conceitual é possível encontrar na literatura inúmeras técnicas utilizadas para modelagem, porém neste trabalho a técnica escolhida é o IDEF-SIM (*Integrated Definition Methods – Simulation*) que tem como diferencial a existência de elementos gráficos específico e coerentes com a aplicação da simulação. A técnica é baseada em uma serie hierárquica de diagramas que exibem os níveis de detalhes para descrição de funções e interface com o sistema [Leal *et al.* 2008] [Bateman *et al.* 2013]. O Quadro 1 apresenta os elementos e simbologias utilizados no IDEF-SIM e as técnicas oriundas que foram adaptadas às necessidades da modelagem conceitual aplicada a simulação.

Simbologia	Elemento / Técnica de origem	Simbologia	Elemento / Técnica de origem
	Entidades / IDEF3		Conexão com outra figura
	Funções / IDEFØ		Ponto final do sistema
	Recursos / IDEFØ		Fluxo da entidade / IDEFØ e IDEF3
	Controles / IDEFØ		Informação explicativa
	Movimentação / Fluxograma-ANSI		Fluxo de entrada no sistema modelado
Regras para fluxos paralelos e/ou alternativos (IDEF3):			
	Regra ‘E’		Regra ‘OU’
	Regra ‘E/OU’		

Quadro 1: Simbologia utilizada na técnica proposta IDEF-SIM
 Fonte: Adaptado de Leal *et al.*, 2008.

Tratando da simulação computacional, há hoje uma enorme variação de softwares para aplicação da simulação, cada um com sua particularidade, logo a mesma afirmativa é válida para publicação de trabalhos aplicados. Alguns exemplos estão sumarizados no Quadro 2.

Autor	Aplicação	Software
[Praia <i>et al.</i> 2015]	Dimensionou o número ideal de profissionais do setor de compras para reduzir o tempo médio de processamento dos pedidos destinados a reposição de estoques.	
[Belgin e Dengiz 2014]	Investigou o comportamento de uma linha de produção e revelar a influência de variáveis de entrada, e determinou os efeitos de interação entre eles em busca de condições ótimas.	Arena®
[Mello e Ferreira 2014]	Desenvolveu um modelo para simular sistemas de manufatura sujeitos a dois tipos de planos de processo, com recursos alternativos e sem recursos alternativos.	
[Ankenman <i>et al.</i> 2010]	Observou a viabilidade financeira das metas de uma nova linha de produção e identificou as características críticas da linha de forma a concentrar esforços de melhoria de design.	
[Fonseca <i>et al.</i> 2015]	Buscou avaliar o desempenho de uma linha de produção de uma fábrica de latas de alumínio e ajudar na tomada de decisão.	ProModel®

[Leung <i>et al.</i> 2014]	Fornecer maiores esclarecimentos sobre o impacto do tamanho do lote de produção e sua interação com a competência operadora no desempenho do sistema de produção.	
[Sales e Paiva 2014]	Buscou identificar os problemas mais recorrentes do sistema ferroviário, responsáveis pela geração de gargalos nos pátios ferroviários.	
[Queiroz <i>et al.</i> 2015]	Apresentaram uma proposta de construção de um modelo computacional para a simulação do Estado Futuro do <i>Value Stream Mapping</i> (VSM) de um modelo chamado “Estamparia ABC”.	
[Jiang e Peng 2013]	Resolveram problemas de programação da produção.	
[Hou 2013]	Diante da complexidade de fluxo de trabalho de um centro de distribuição, gerou cenários diferentes de forma a observar o efeito sobre o comportamento do modelo.	Flexsim®
[Bagi e Pathak 2012]	Demonstraram o ganho do processo produtivo através da melhoria da qualidade de um dos itens produzidos.	
[Akhavian e Behzadan 2014]	Mensuraram o efeito dos atrasos de recursos em filas no tempo total de conclusão do projeto de construção civil.	@RISK®
[Hafezalkotob <i>et al.</i> 2014]	Solucionaram os saldos de linha de produção e o que está em execução em determinado ponto do processo.	Enterprise Dynamics®
[Rabelo <i>et al.</i> 2014]	Identificaram os gargalos do processo da área de embarque de sal.	Simpy®
[Silva <i>et al.</i> 2015]	Simulação híbrida a eventos discretos e baseada em agentes para alternativas de alocação dinâmica de recursos suplementares em uma indústria que produz itens advindos do Palmito de Pupunha com o objetivo de aumentar a produção diária.	AnyLogic®

Quadro 2 – Trabalhos utilizando a simulação computacional

3. Metodologia

Conforme visto na seção anterior, a metodologia aplicada em simulação baseia-se na construção de modelos objetivos e que possa demonstrar o comportamento real do objeto do estudo. Desta forma a nesta seção é apresentado o desdobramento do modelo escolhido para o trabalho.

3.1. Entidade problema

O estudo contempla a comparação entre duas linhas de produção com recursos produtivos distintos e que produzem o item de maior giro de uma indústria de produtos para saúde localizada na cidade de Goiânia-GO. A jornada de trabalho é de segunda a sexta feira, com carga horária diária de 8h.

3.2. Modelo conceitual

Diante das observações realizadas nos processos, estruturas e rotinas da entidade problema foi definido o escopo a ser obedecido no estudo. São abordados os processos a partir do fluxo de operação *inbound*, ou seja, a logística de abastecimento das linhas e levando em conta a existência constante de insumos aprovados para produção. Separados pelos operadores de empilhadeiras e separadores, os mesmos passam pela primeira transformação direcionada pelo tipo de demanda do estoque regulatório, assim passa-se para o Corte linha 1 (A1), Corte linha 2 (A2) e retornam ao estoque para aguardar as ordens de produção. Com a emissão das devidas ordens de produção, programação e requisição de materiais rompe-se para o Abastecimento (B) para Processamento & Embalagem primária (C), Embalagem Secundária (D) e Paletização(E) e disponibilidade para o estoque do produto acabado. Não está no escopo deste trabalho a operação *outbound*, a mesma aparece no modelo apenas como o escape dos produtos. A construção do modelo conceitual obedecendo os elementos propostos pela técnica IDEF-SIM e representando as etapas contidas no processo analisado é apresentado na Figura 2. Por possuir similaridade em

alguns dos processos e obedecendo a lógica da comparação, o modelo contempla em uma só representação a operação das duas linhas em paralelo.

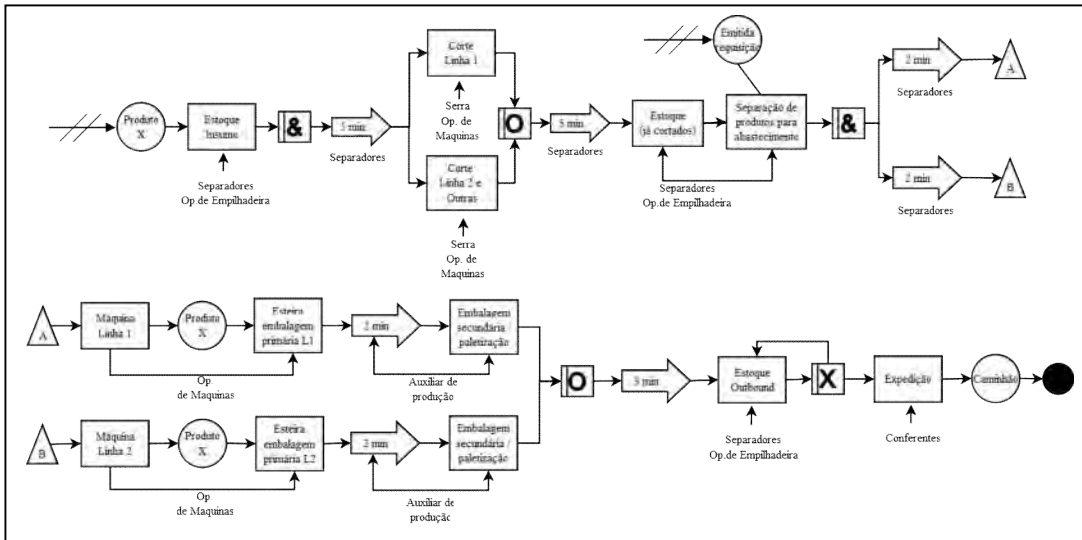


Figura 2 – Modelo conceitual por meio da técnica IDEF-SIM

Outro ponto importante a destacar é referente à fase de coleta de dados que serviram de base para o estudo. As informações foram obtidas de um levantamento feito na indústria para a valoração e viabilidade do negócio. As informações podem ser vistas na Tabela 1. Para todos os itens foi colhida uma amostra de 21 dados.

Amostras	Linha 1					Linha 2					
	A1	B	C	D	E	A2	B	C	D	E	
Momento 1	1	10,50	25,60	0,66	0,66	2,75	5,50	22,23	0,57	0,63	2,30
	2	9,83	24,93	0,62	0,62	2,46	5,33	23,57	0,55	0,57	2,61
	3	9,33	25,53	0,57	0,57	3,04	6,17	23,35	0,55	0,58	2,46
	4	10,92	26,43	0,63	0,63	3,18	5,33	22,75	0,53	0,60	2,46
	5	11,33	24,70	0,60	0,60	2,61	4,92	22,20	0,53	0,62	3,18
	6	9,87	25,27	0,57	0,57	2,46	5,83	21,90	0,53	0,58	3,04
Momento 2	7	12,53	22,57	0,70	0,70	2,75	5,92	23,23	0,58	0,65	2,61
	8	10,33	23,23	0,70	0,70	2,46	4,92	22,53	0,58	0,63	2,15
	9	9,83	25,60	0,60	0,60	2,32	4,75	22,77	0,52	0,62	2,46
	10	10,67	22,93	0,64	0,64	2,46	6,33	22,32	0,57	0,60	2,75
	11	9,90	24,58	0,72	0,72	2,75	6,58	21,73	0,56	0,63	2,75
	12	9,50	23,93	0,65	0,65	2,61	5,17	23,38	0,53	0,65	2,90
Momento 3	13	9,90	23,27	0,73	0,73	3,18	5,33	22,68	0,53	0,68	3,04
	14	11,33	25,60	0,62	0,62	3,62	5,50	22,30	0,52	0,63	2,58
	15	9,87	26,42	0,62	0,62	2,75	5,20	23,32	0,57	0,53	2,42
	16	10,83	24,60	0,57	0,57	3,76	5,33	26,07	0,55	0,53	2,46
	17	12,97	28,27	0,63	0,63	3,04	5,67	23,73	0,53	0,62	3,28
	18	9,87	24,43	0,61	0,61	3,62	6,17	25,35	0,53	0,60	3,45
	19	9,80	26,53	0,60	0,60	2,46	5,67	22,28	0,60	0,63	3,18
	20	11,33	25,60	0,67	0,67	2,75	6,33	23,82	0,57	0,65	3,25
	21	10,67	28,60	0,65	0,65	2,90	5,17	23,57	0,53	0,62	3,76

Tabela 1 - Tempo dos processos executado por locais (minutos)

Diante dos tempos de processos apresentados na Tabela 2 foi realizado para cada processo a análise das médias, desvio padrão e a determinação do coeficiente de variação através da equação 1.

$$CV = \frac{s}{\bar{x}} \times 100 \quad (1)$$

Medida Descritiva	Linha A					Linha B				
	A1	B	C	D	E	A2	B	C	D	E
Média (\bar{X})	10,53	25,17	0,64	0,64	2,85	5,58	23,10	0,55	0,61	2,81
Desvio Padrão (S)	0,96	1,57	0,05	0,05	0,42	0,52	1,07	0,02	0,04	0,42
Coefficiente de variação (CV) (%)	9,09	6,24	7,44	7,43	14,63	9,26	4,64	4,16	6,14	15,05

Tabela 2 – Análise estatística dos processos executado por locais

Diante dos valores encontrados para o CV observa-se a dispersão ou variabilidade das médias dos processos, ou seja, quanto menor essa variação mais homogêneos são os dados, logo, menor a dispersão em torno da média. Outro ponto que pode ser visto através do CV é a comparação da variabilidade entre os processos de ambas as linhas de produção.

Em seguida aplicou-se o teste de aderência visando a identificação de distribuições teóricas de probabilidades para representar os dados. Utilizou-se para determinar a melhor distribuição e representar o comportamento de cada um dos locais o software *StatFit*® integrado ao ProModel®. O resultado da prova de aderência foi baseada nos testes de *Kolmogorov-Smirnov* (K-S) e de *Anderson-Darling* (A-D) que consideram aceitável a distribuição que apresentar *p-value* maior que 0,05, o que significaria uma probabilidade maior que 5% de cometer erro ao rejeitar a hipótese de “adequação” da distribuição em análise. No Quadro 3 é apresentado o resultado da análise baseada nas amostras dos locais da linha 1 e linha 2.

Linha	Local	n	Distribuição adequada	Resultado prova de aderência	
				K-S	A-D
A	A1	21	Lognormal 8,99+L(1,55; 1,03)	p-value: 0,365	p-value: 0,749
	B	21	Lognormal 16,2+L(8,98; 1,54)	p-value: 0,876	p-value: 0,916
	C	21	Lognormal L(0,636; 0,0456)	p-value: 0,931	p-value: 0,897
	D	21	Lognormal 0,478+L(0,158; 0,0476)	p-value: 0,975	p-value: 0,946
	E	21	Lognormal 2,17+L(0,689; 0,473)	p-value: 0,697	p-value: 0,814
B	A2	21	Lognormal 4,+L(1,58; 0,533)	p-value: 0,839	p-value: 0,946
	B	21	Lognormal 21,2+L(1,89; 1,1)	p-value: 0,841	p-value: 0,947
	C	21	Lognormal 0,512+L(0,0378; 0,0301)	p-value: 0,151	p-value: 0,309
	D	21	Triangular T(0,511; 0,63; 0,689)	p-value: 0,446	p-value: 0,629
	E	21	Triangular T(2,06; 2,46; 3,93)	p-value: 0,879	p-value: 0,952

Quadro 3 - Distribuição de probabilidade por local linha A e linha B

3.3. Modelo computacional

Para o presente artigo foi escolhido o ProModel® devido suas características de aplicação para processos produtivos, porém diante de sua flexibilidade de programação permite aplicações para as mais diversas áreas e operações. O ProModel® trabalha com vários elementos entre eles os principais podem ser vistos no Quadro 4.

Elementos	Significado	Exemplo
Locais	Representam os lugares fixos do sistema, onde se realizam os processos, são usadas para representar	Posições de trabalho, estoques, filas, esteiras, e

	elementos como	outros.
Entidades	Itens a serem processados pelo sistema	Matéria-prima, produtos, pallets, pessoas ou documentos.
Recursos	Elementos usados para transportar entidades ou realizar operações.	Pessoas ou equipamentos
Chegadas	Determina a entrada das entidades dentro do modelo.	-
Processamento	Determinação da operação da entidade em cada local e recursos	Operação de corte

Quadro 4 – Principais elementos do ProModel® em um modelo

O primeiro passo para a implementação do modelo computacional foi desenhar no ProModel® os processos diretamente envolvidos na análise proposta. A primeira etapa do processo produtivo é dentro do armazém *inbound*, onde há o estoque de insumos e também é realizado o primeiro processamento das entidades, o corte. A partir da programação de produção é realizado o abastecido das linhas produtivas, seu processamento, embalagem primária, embalagem secundária. Finalizado estas etapas o produto é paletizado e enviado para o armazém *outbound*. A visualização do modelo pode ser vista na Figura 3.

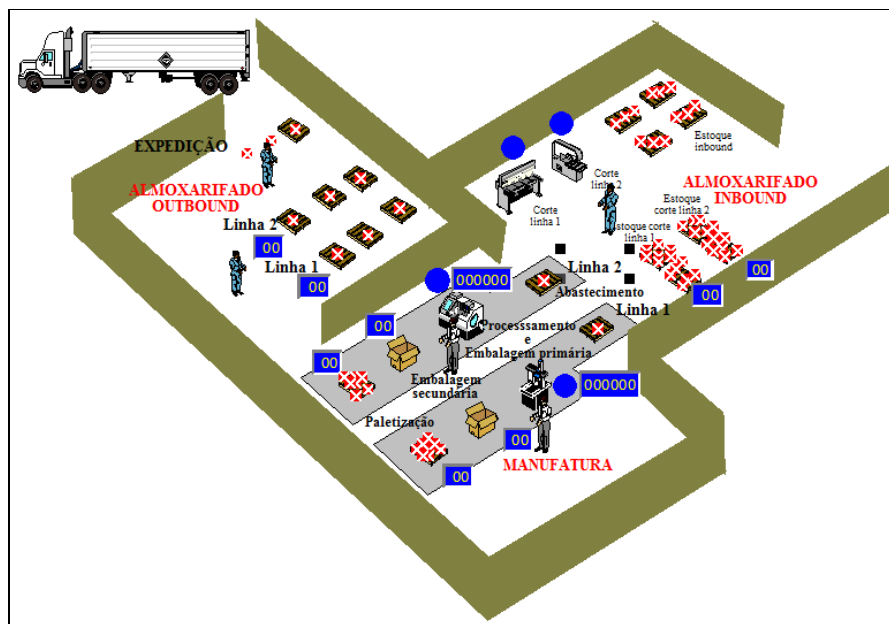


Figura 3 – Tela do ProModel® representando o modelo computacional

O próximo passo foi configurar os elementos levantados conforme mencionado anteriormente na metodologia: locais, entidades, redes de caminho, recursos, sub-rotinas, processos, chegadas, variáveis, macros, período de simulação, tempo de aquecimento, tempo da simulação e números de replicações.

Com todos os parâmetros devidamente ajustados ao ProModel® e validada a coerência dos modelos partiu-se para a fase de simulação do modelo a qual nos permite avançar para a análise dos resultados.

4. Simulação e Análise dos resultados

Como ferramenta para análise dos resultados foi utilizado o software *Output Viewer®*, uma vez que permite visualizar os dados de forma numérica e gráfica, sendo possível, inclusive, exportar os dados para planilhas. Vale ressaltar que se trata de uma ferramenta agregada ao ProModel®.

No Gráfico 1 é possível avaliar o monitoramento dos estados das médias das replicações para os locais de capacidade única. Nesta análise é percebido um alto índice de bloqueio, ou seja, levando a uma leitura de “gargalo” para os processos de “Corte linha 1” e “Corte linha 2”. Com a análise do processo de forma global o referido bloqueio é proveniente pelo tipo de operação puxada, uma vez que os processos de cortes são utilizados para ressuprir o estoque. Neste caso os materiais já foram semi-processados. Outro ponto é a percepção de uma inversão do percentual de utilização dos elementos pertencentes aos conjuntos das Linhas 1 e 2. Nesta etapa do processo o elemento “Processamento e Embalagem primária Linha 2” possui um valor maior de utilização que o “Processamento e Embalagem primária Linha 1”, porém, com um alerta quanto a um maior valor de “% Aguardando”. Conjecturou-se que tal situação é resultado da ruptura de pouco mais de 1% ocorrida no estoque “Corte linha 2”, sendo esse o fornecedor direto para “Abastecimento da Linha 2”.



Gráfico 1 – Estados dos locais de capacidade única

No Gráfico 2 é demonstrado o percentual de utilização médio nos respectivos locais no decorrer das horas de operação nas respectivas linhas 1 (a) e 2 (b).

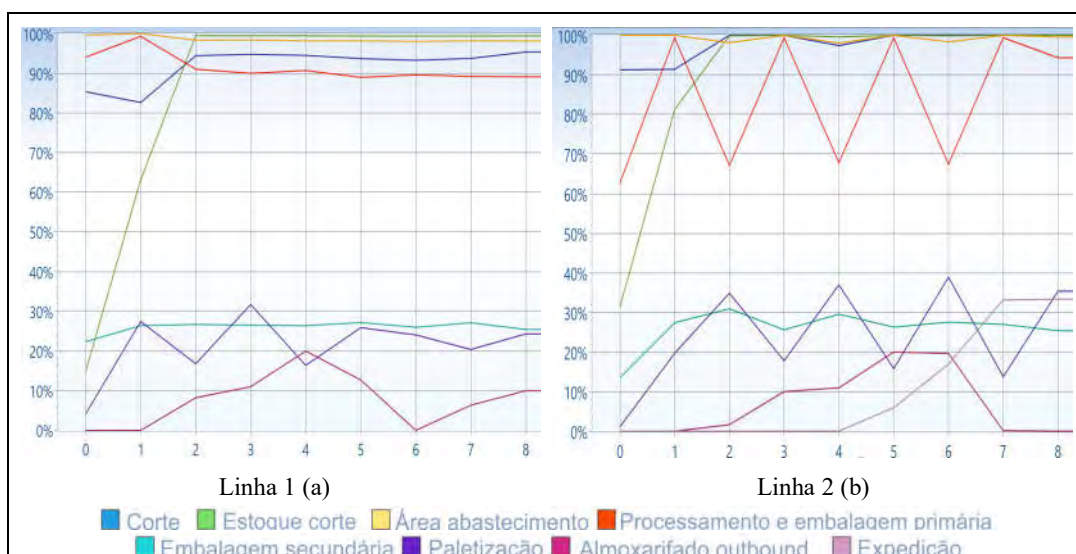


Gráfico 2 – Utilização dos locais por tempo

O recurso “Operador”, com mesmo número para as Linhas “1” e “2”, acompanhou as operações de processamento de produção, embalagem primária e embalagem secundária, deixando para a operação de paletização, de responsabilidade dos colaboradores do almoxarifado, o processo semi-pronto. A análise em questão é referente à observação que, para um recurso com as mesmas parametrizações, ficou evidente o “consumo” maior de tempo pelo “Operador” dos processos da Linha 2. Este resultado é apresentado no Gráfico 3, que demonstra o cenário atual suprimindo os demais recursos não ligados diretamente ao processo, ou seja, os recursos das áreas de apoio. No Gráfico 3 (a) a utilização do recurso “Operador” é mostrado hora a hora. No Gráfico 3 (b) é possível ver uma comparação similar, porém, levando a observação total de utilização dos recursos da Linha “1” e “2”, 32% e 49%, respectivamente.

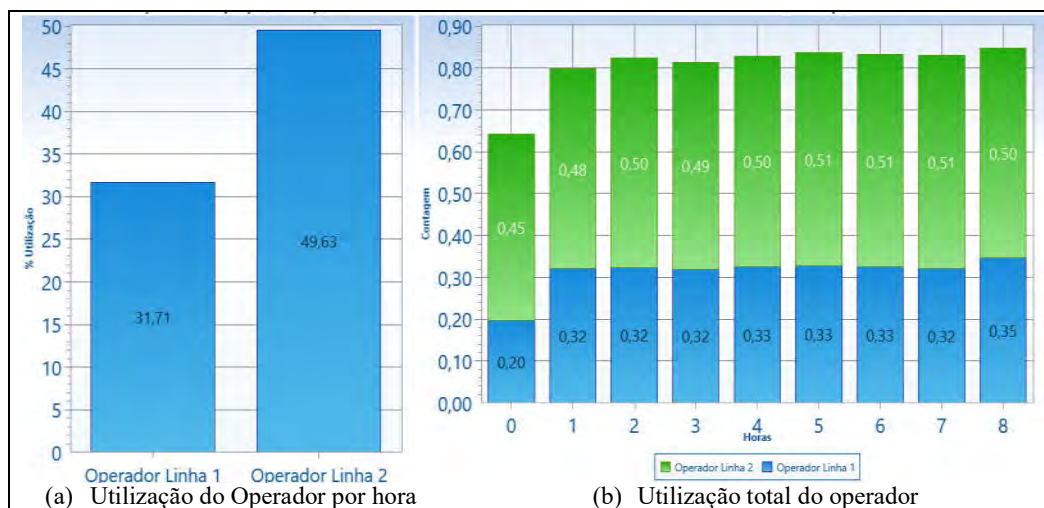


Gráfico 3 – Utilização do Recurso Operador no processo de produção das linhas.

Por fim, observando a Tabela 3 verifica-se que a Linha 2 é, em média, 20,39% mais produtiva que a Linha 1, porém com os resultados da simulação registra-se uma maior variabilidade do processo da Linha 2 em comparação a Linha 1.

Local	Replicações	\bar{X}	Min.	Max.	S	CV (%)
Linha 1	10	624,70	622	627	1,70	0,2726
Linha 2	10	752,10	746	761	5,15	0,6850

Tabela 3 – Avaliação do total de UN produzidas por linhas de produção nas replicações do modelo

Analisando as causas da variabilidade para o cenário atual vale ressaltar que o mesmo é de implantação da Linha 2, fato que justifica a variabilidade, uma vez que há ocorrências de paradas para ajuste de máquinas, orientação de colaboradores, ou mesmo paradas para amostragem de produtos no decorrer dos processos.

5. Considerações finais

O presente artigo apresentou a aplicação da simulação como ferramenta de análise do processo produtivo de uma indústria de produtos para saúde, através da aplicação a um produto específico com a comparação dos cenários, Linha 1 e Linha 2. Outro ponto que merece destaque é quanto a coerência do modelo conceitual e computacional com a realidade da operação. Os resultados apresentados demonstram que o sistema real foi devidamente transcrito para o modelo computacional.

O trabalho seguiu a metodologia indicada para processos de simulação e foi possível ver e entender a importância disso para determinação das fases para elaborar um modelo.

Reforçou-se ainda que com a utilização da técnica IDEF-SIM ocorre um melhor entendimento do processo, principalmente para a construção do modelo computacional.

Por fim, o artigo demonstrou a capacidade de análise e apoio a decisão de uma ferramenta voltada à simulação, que gerou a possibilidade de comparação de processos similares e a observação de possíveis gargalos. Observou-se que grande parte dos processos produtivos estão, no mínimo, parcialmente ocupado. Como análise final mostrou-se a superioridade produtiva de uma linha sobre a outra, porém ressaltando a existência de um índice de variabilidade superior a de menor produtividade. O estudo foi acoplado em um relatório de viabilidade para a substituição dos equipamentos menos produtivos e já está em fase de implementação um novo projeto com um equipamento de capacidade de processamento ainda maior que ambos os contidos neste estudo e ainda com a eliminação de processos hoje existentes.

Para novos trabalhos, há a possibilidade de avançar no estudo para a simulação de novos cenários com a alteração ou mesmo a eliminação de processos com adequação de materiais, por exemplo, o recebimento de insumos já em tamanho destinado ao processo produtivo eliminando as etapas de cortes. Um outro ponto é também a definição de novos layouts produtivos.

Agradecimentos

Os autores agradecem a CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) e FAPEG (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás) pelo apoio e suporte.

Referências

- ABDULMALEK, Fawaz A.. RAJGOPAL, Jayant. (2007). Analyzing the benefits of lean manufacturing and value stream mapping via simulation: A process sector case study. *Int. J. Production Economics*, 107, 223-236.
- AKHAVIAN, Reza. BEHZADAN, Amir H. (2014). Evaluation of queuing systems for knowledge-based simulation of construction processes. *Automation in Construction*, 47, 37-49.
- ANKENMAN, B. *et al.* (2010). Using Simulation Early in the Design of a Fuel Injector Production Line. *Interfaces*, 40(2), 105-117.
- BAGI, J.S. PATHAK, D.A. (2012). Quality Enhancement of Manufacturing Process by Simulation Technique: A Case Study. *International Journal of Engineering Science and Technology (IJEST)*, 4, nº 06.
- BATEMAN, R.E. *et al.* (2013). *Simulação de sistemas: aprimorando processos de logística, serviços e manufatura*. 1.ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier.
- BELGIN, O. DENGIZ, B. (2014). Simulation optimization of a multi-stage multi-product paint shop line with Response Surface Methodology. *Simulation: Transactions of the Society for Modeling and Simulation International*, 90(3), 265-274.
- CHWIF, L.; MEDINA, A.C. (2010). *Modelagem e Simulação de Eventos Discretos: teoria e aplicações*. 3.ª ed. rev. São Paulo: Ed. do Autor.
- FERNANDES, R.A.daC. (2008). *Simulador de sistemas de produção e de informação industriais: aplicação a um sistema de produção Lean*. Tese de mestrado integrado Engenharia Electrotécnica e de Computadores. Faculdade de Engenharia. Universidade do Porto. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10216/58325>.
- FONSECA, M.N. *et al.* (2015). Modificações em eficiência de máquinas e seu impacto na produtividade: avaliação através da simulação a eventos discretos. XLVII SBPO, Porto de Galinhas, PE.

- HAFEZALKOTOB, A. *et al.* (2014) Balancing the Production Line by the Simulation and Statistics Techniques: A Case Study. *Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology*, 7(4), 754-763.
- HOU, S. (2013). Distribution Center Logistics Optimization Based on Simulation. *Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology*, 5(21), 5107-5111.
- JIANG, Y-C. PENG, Y. (2013). Production Process Scheduling Baseca on Simulation with Global Optimization Strategy: A Case Study. *Information Technology Journal*, 12 (5), 983-989.
- LAW, A. M. (2007). *Simulations modeling and analysis*. 2.^a ed. Boston: McGraw-Hill.
- LEAL, F.. *et al.* (2008). Uma Proposta de Técnica de Modelagem Conceitual para a Simulação através de elementos do IDEF. In: *Anais do XL SBPO*, João Pessoa, PB.
- LEUNG, Y.S. *et al.* (2014). A simulation analysis of the impact of production lot size and its interaction with operator competence on manufacturing system performance. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 49, 203-214.
- MELLO, M.H.de. FERREIRA, J.C.E. (2014). Avaliação de presença de recursos alternativos em plano de processos para melhorar o desempenho de sistemas manufatura. *Revista Produção Online*, v.14, n. 2, p. 648-678, abr./jun.
- PRAIA, C.R, GOMES, C.F.S. (2015). Modelo de simulação para o dimensionamento de profissionais de um centro de compras. *XLVII SBPO*, Porto de Galinhas, PE.
- QUEIROZ, J.A.de. *et al.* (2015). Utilização do software Flexsim na simulação do Value Stream Mapping (VSM): o caso da “Estamparia ABC” do manual “Aprendendo a enxergar”. *XLVII SBPO*, Porto de Galinhas, PE.
- RABELO, L.N. *et al.* (2014). Estudo de modelagem e simulação de uma fila em uma empresa salineira. In: *Anais do XXXIV ENEGEP*, Curitiba, PR.
- ROBINSON, S. (2008). Conceptual modelling for simulation Part I: definition and requirements. *Journal of the Operational Research Society*, v. 59, n° 3, 278-290.
- SALES, Í.B. PAIVA, E.J.de. (2014). Teoria das filas e simulação para o diagnóstico de gargalos em pátios ferroviários. In: *Anais do XXXIV ENEGEP*, Curitiba, PR.
- SANDANAYAKE, *et al.* (2008). A systematic modelling and simulation approach for JIT performance optimisation. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 24; 735-743.
- SARGENT, Robert G. (2011). Verification and validation of simulation models. *Proceedings of the Winter Simulation Conference*.
- SILVA, E.M.M. *et al.* (2015). Simulação híbrida de processo produtivo do palmito de pupunha. *XLVII SBPO*, Porto de Galinhas, PE.
- SLACK, N. CHAMBERS, S. JOHNSTON, R. (2009). *Administração da Produção*. Ed. Atlas, 3a edição.
- TUBINO, D.F. SCHAFRANSKI, L.E. (2013). *Simulação empresarial em gestão da produção*. São Paulo: Atlas.