

## Otimização do processo de manufatura de modem 3G usando o tecnomatix plant simulation como ferramenta de simulação



**Carlos Americo de Souza Silva (ITEGAM)**  
camericoss@hotmail.com  
**Jandecy Cabral Leite (ITEGAM)**  
jandecy.cabral@itegam.org.br  
**Kellen Bicho Vieira (UNINORTE)**  
kellenbicho@hotmail.com

### Resumo

Atualmente a Manufatura Digital aparece como uma grande ferramenta para aumentar a produtividade, reduzir custos e otimizar recursos de produção. O presente artigo apresenta um modelo de simulação de manufatura, baseado em dados reais de produção, utilizando uma ferramenta computacional de eventos discretos na qual ajuda a explorar a característica do sistema e aperfeiçoar seu desempenho. A finalidade principal deste sistema da manufatura digital é auxiliar os profissionais da área de engenharia de produção a visualizar de forma mais abrangente a linha de montagem e buscar a melhor eficiência, visto que a software possui varias ferramentas de análise de desempenho. O método utilizado consistiu, primeiramente, no levantamento dos dados reais de produção na empresa, nos casos similares estudados em literatura e no aprendizado da ferramenta computacional, desta forma, criou-se o ambiente virtual. Os resultados obtidos consistiram na avaliação mais eficiente do processo produtivo, além da visualização de reduções de custos na introdução de novos produtos, com estes resultados é possível avaliar os impactos na cadeia produtiva, deixando o gestor com fortes subsídios na tomada de decisões estratégicas.

**Palavras-chave:** *Gestão da Produção; Simulação da Produção; Manufatura Digital; Simulação de Eventos Discretos.*

## 1. Introdução

As empresas de manufatura do setor de eletroeletrônicos do Pólo Industrial de Manaus (PIM) que atuam no mesmo segmento de negócio, nas quais utilizam plataformas tecnológicas parecidas ou idênticas. Buscam otimização de seus processos com objetivos de reduzir custo e tempo de implantação de novos produtos.

Desta forma, as organizações almejam aumentar a capacidade produtiva, reduzir os defeitos nas linhas de produção e melhorar o fluxo do processo de fabricação. Assim evita o alto custo de estoque em processos.

O *Tecnomatix Plant Simulation* é uma ferramenta de simulação de eventos discretos que ajuda a criar modelos digitais de sistemas de produção, para que seja possível explorar as características dos sistemas e otimizar seu desempenho. Com os modelos digitais, existe a possibilidade de executar experiências em cenários hipotéticos sem afetar os sistemas de produção existentes, antes que os sistemas de produção reais sejam instalados. Porém as mudanças de cenários podem criar transtornos, ou seja, não alcançar o objetivo desejado.

Por estes motivos, modelar e simular o sistema de produção e seus processos com o *Plant Simulation* irá dar uma melhor visualização para organização. Desta forma poderá otimizar o fluxo de materiais, verificar o gargalo de produção e fazer mudanças de *layout* no ambiente de simulação, dando maior segurança nas alterações do processo produtivo.

São vastos os benefícios que a simulação pode proporcionar, dentre eles constam principalmente aqueles em que seu uso se faz necessário quando não forem desejados distúrbios ou problemas em procedimentos que já estão em uso, não afetando assim o bom andamento das atividades normais do sistema em questão. Existem ainda outros fatores a favor do uso da simulação como: testes de hipóteses que podem ser feitos para responder questões a respeito de fenômenos; controle do fator tempo; identificação e análise das variáveis mais significativas e que mais afetam o desempenho do sistema, bem como a identificação de possíveis gargalos; e importância para entender o real funcionamento do sistema e responder questões do tipo "o que acontecerá se ..." (PEGDEN & SADOWSKI, 1995).

A empresa pesquisada é nacional com 38 anos de mercado brasileiro do setor de eletroeletrônicos, na qual possui uma unidade em Manaus e um escritório em São Paulo. Atualmente emprega aproximadamente 80 pessoas. Seus principais produtos são: Modem 3G de acesso a internet e Telefones Celulares. A empresa possui uma parceria com uma grande multinacional chinesa, na qual fornece tecnologia.

Ainda, temos que considerar que a empresa pesquisada é do tipo de manufatura contratada EMS (*Electronic Manufacturing Service*), na qual sofre a pressão constante da empresa detentora da marca OEM (*Original Equipment Manufactures*) por aumento de produtividade, redução de custo e redução de índice de defeito em processos. Segundo Hunt & Jones (1998), as OEM's encontraram na terceirização dos serviços de manufatura uma forma de ampliar seus mercados, focalizando seu trabalho no *marketing* e desenvolvimento de produtos.

O fato das empresas OEM, cada vez mais, ampliar a sua atuação através da contratação de EMS instaladas em mercados anteriormente não atendidos pelos seus produtos se deve ao grande crescimento do mercado de produtos eletrônicos. (ZYSMAN, 2002)

Onde as OEM's são responsáveis pelo *marketing*, vendas e desenvolvimento de produtos. As EMS's são responsáveis pela produção e distribuição dos produtos. Por isso são chamadas de empresa de manufatura contratada.

Conforme Tubino (2007), as empresas geralmente são estudadas como um sistema que transforma, via um processamento entradas (insumos) em saídas (produtos) uteis aos clientes. Este sistema é chamado de sistema produtivo.

## 2. Objetivo e Justificativa

O objetivo deste artigo é analisar e implementar um ambiente de simulação de manufatura de *Modems* com uso de ferramenta computacional, para otimizar os recursos existentes e propor melhorias na Área de Produto Acabado de uma Empresa do Pólo Industrial de Manaus.

Diante do exposto, este estudo justifica-se porque a implantação da Manufatura Digital pode se tornar um diferencial para trabalhos futuros dentro da organização, à manufatura digital ajuda nas mudanças dos processos das empresas, onde envolve altos valores de investimentos. Para que os resultados esperados na implantação, relativos a custos, prazos e qualidade sejam atingidos é necessário um criterioso planejamento de implantação, que considere os riscos potenciais envolvidos.

Portanto, a fim de melhorar o processo de fabricação, se faz necessário criar o cenário de simulação, para controlar o processo produtivo e avaliar as possibilidades de melhorias. Com o ambiente de simulação é possível prever as necessidades de recursos para os aumentos de demanda.

Outra razão é a busca do melhor ambiente de produção, ou seja, conseguir os melhores resultados com os equipamentos/recursos existentes.

## 3. Método

Primeiramente, buscou-se analisar o processo real de fabricação de *modem* na empresa estudada, mapeando todo o processo de fabricação na área de produto acabado e o aprendizado da ferramenta computacional.

O método utilizado foi pesquisa descritiva, pois visa descrever a importância do uso de *softwares* de simulação dentro de uma fábrica do pólo de eletroeletrônico. Quanta aos meios a pesquisa foi bibliográfica e estudo de caso.

Gil (2002) considera que cada pesquisa possui um delineamento próprio, determinado pelo objeto de estudo, pela dificuldade na obtenção de dados, pelo nível de precisão exigido, pelas limitações próprias do pesquisador.

O presente artigo utilizou como técnica de pesquisa o estudo de caso simples, tendo como unidade de análise uma única organização. A seguir são abordadas algumas considerações relevantes referidas ao estudo de caso.

Yin (2005) conceitua o estudo de caso como uma investigação empírica que estuda um fenômeno contemporâneo dentro do contexto da vida real, especialmente quando as fronteiras entre o fenômeno e o contexto não são evidentes. Merriam (1998) define o estudo de caso como uma intensiva descrição holística e análise de um fenômeno ou unidade social.

O estudo de caso é uma técnica de pesquisa particularmente apropriada quando se deseja estudar situações complexas nas quais resulta praticamente impossível separar as variáveis do fenômeno do seu contexto, conforme Yin (2005). O estudo de caso resulta conveniente quando a pesquisa tem interesse na evolução do processo do fenômeno em estudo, de acordo com Merriam (1998).

Bibliográfica, porque foi fundamentada em pesquisas de livros e trabalhos publicados sobre os processos de fabricação. Estudo de Caso, pois a pesquisa se dedica a estudar a situação de uma empresa instalada no Pólo Industrial de Manaus.

#### 4. Uso da Simulação na Manufatura

Os dicionários definem simulação da seguinte maneira: "consiste em empregar técnicas matemáticas em computadores com o propósito de imitar um processo ou operação do mundo real. Desta forma, para ser realizada uma simulação, é necessário construir um modelo computacional que corresponda à situação real que se deseja simular".

Para entender melhor o que é simulação, precisa-se também conhecer as definições de sistemas e modelos. Um sistema é um conjunto de elementos distintos, que exercem entre si uma interação ou interdependência. Por natureza, os sistemas são limitados, ou seja, devem-se definir limites ou fronteiras. Portanto, pode-se definir sistemas dentro de outros sistemas, e assim por diante.

Um modelo é uma abstração da realidade, onde dado um sistema, consta uma representação simplificada das diversas interações entre as partes do mesmo. Os modelos simbólicos, matemáticos e de simulação são as três categorias básicas (CHWIF & MEDINA, 2007):

- **Modelos Simbólicos**, também chamados de diagramáticos ou iônicos. Representam um sistema de maneira estática, através do uso de símbolos gráficos, não levando em consideração o comportamento através do tempo. A falta de elementos quantitativos e a dificuldade de representar muitos detalhes de um mesmo sistema estão entre as limitações deste tipo de modelo. Sua utilização maior está na documentação de projetos e como uma ferramenta de comunicação.
- **Modelos Matemáticos**, também chamados de modelos analíticos, sendo interpretados como um conjunto de fórmulas matemáticas. Em sua grande maioria são modelos de natureza estática, sendo que muitos desses não possuem soluções analíticas para sistemas complexos, devendo-se utilizar hipóteses simplificadoras. Por sua vez, são modelos que possuem uma solução rápida e exata, quando existir uma solução analítica.
- **Modelos de Simulação**, os quais conseguem capturar com maior fidelidade as características dos sistemas reais, apresentando, por sua vez, uma maior complexidade devido à sua natureza, uma vez que mudam seus estados ao longo do tempo e possuem variáveis aleatórias.

Métodos tradicionais de projeto e análise têm simplesmente se mostrado inadequados para o estudo de complexas interações que ocorrem nos sistemas de manufatura. As organizações estão recorrendo cada vez mais à simulação, como um veículo de análises dinâmicas antes da implementação de projetos.

Para Pegden e Sadowski (1995) simulação prevê o comportamento de sistemas complexos calculando o movimento e interação dos componentes do sistema. Pela avaliação do fluxo de peças através das máquinas e estações de trabalho, e examinando os conflitos de demanda por recursos limitados podemos avaliar *Layouts*, seleção de equipamentos, e procedimentos de operação. A simulação nos fornece a capacidade de experimentar no modelo preferivelmente ao sistema real.

#### 4.1 Elementos da Simulação

Os elementos são usados para a confecção dos modelos de simulação. Com eles, pode-se descrever o comportamento do sistema de maneira confiável.

- **Entidades:** Uma entidade pode representar uma pessoa ou objeto, que se move ao longo do sistema, mudando o estado do mesmo;
- **Recursos:** Os recursos são tidos como restrições para o fluxo das entidades na simulação. As entidades precisam fazer uso dos recursos para se moverem pelo modelo;
- **Atributos:** Os atributos são atribuídos individualmente a cada entidade, e representa as características que aquela entidade deve possuir ao longo da simulação.
- **Fila:** Este é um elemento pelo qual uma entidade passa quando precisa de um recurso. Caso existam outras entidades sendo servidas pelo recurso, esta entidade fica em uma fila de espera.

Alguns aspectos importantes de um projeto de simulação é somente compreenderem os objetivos do projeto. As metas do projeto devem ser claramente definidas no início do trabalho. Além disso, outros itens devem ser definidos no início, tais como:

- Definir o problema e objetivo;
- Analisar o sistema;
- Adquirir os dados reais do sistema;
- Criar modelo;
- Validar o modelo;
- Experimentar e analisar o modelo;
- Avaliar os resultados;
- Propor melhorias.

#### 4.2 Vantagens e Desvantagens do uso de softwares de simulação

Todos os modelos de simulação são chamados de modelos de entrada e saída, isto é, eles produzem uma saída, conforme as condições de entrada. Eles não podem gerar por si mesmo uma solução ótima como é o caso dos sistemas analíticos. Os modelos de simulação servem apenas como ferramenta de análise do comportamento do sistema sob determinadas condições.

Alguns dos benefícios do uso da simulação são listados abaixo, de acordo com Pegden & Sadowski (1995):

- Novas políticas, procedimentos operacionais, regras de decisão, estruturas organizacionais, fluxos de informação, etc., podem ser exploradas sem que provoquem distúrbios nos processos em uso;
- Novos projetos de *layout*, sistemas de transporte, máquinas e equipamentos, *softwares*, podem ser testados antes de sua implantação, avaliando assim a necessidade de compra ou modificação;
- Hipóteses sobre como e por que certos fenômenos ocorrem podem ser testados;
- O fator tempo pode ser controlado, isto é, pode ser expandido ou comprimido, permitindo aumentar ou diminuir a velocidade a fim de se estudar um fenômeno;
- Permite a análise de quais variáveis são significativas para o desempenho do sistema e como estas variáveis se interagem;

- Gargalos podem ser identificados;
- Um trabalho de simulação pode ser comprovadamente importante para o entendimento de como o sistema realmente funciona.

Além das várias vantagens da utilização da simulação, devem-se ressaltar algumas restrições ou dificuldades na implantação de um modelo de simulação. As principais são:

- Necessidade de treinamento, uma vez que a qualidade da análise depende da qualidade do modelo e, portanto da habilidade do analista;
- Algumas vezes os resultados da simulação podem ser de difícil interpretação. Isto é devido ao fato da simulação tentar capturar a aleatoriedade de um sistema real, levando a dificuldade de identificação se um evento ocorreu devido à aleatoriedade ou a interações de elementos do sistema;
- Análises feitas através do uso de simuladores podem ser demoradas e caras, podendo até mesmo inviabilizar seu uso.

### 5. Estudo de Caso - Mapeamento do processo real

A manufatura de um produto eletroeletrônico é caracterizada por diversas fases de processo, que passa desde o Recebimento dos Insumos, Inspeção de Entrada, Estocagem, Inserção Automática, Produto Acabado, Inspeção Final de Qualidade até a Expedição do produto acabado. Esta pesquisa retrata apenas duas áreas produtivas diretas: Área de Inserção Automática e Produto Acabado.

Na Área de Inserção Automática, são inseridos todos os componentes SMD (*Superficial Mounting Device*), QFP (*Quad Flat Package*) e BGA (*Ball Grid Array*) na placa do produto, a tecnologia de SMD demanda altos investimentos, pois são máquinas totalmente computadorizadas, possuem sistemas avançados de identificação de componentes com câmeras e com alta velocidade de inserção de componentes com precisão.

Na Área de Produto Acabado, são feitas as montagens do produto, calibração das placas nas bandas de GSM (*Global System for Mobile Communications*) e WCDMA (*Wide-Band Code-Division Multiple Access*), testes finais, funcionais e embalagem do produto. Nesta fase, a engenharia de processo precisa ser bem dimensionada, pois os recursos utilizados são calculados baseados na demanda do mercado. Se houver falha no dimensionamento do processo, a organização irá desperdiçar recursos, reduzindo os lucros.

Desta forma, o uso de uma ferramenta computacional é de extrema importância para dar auxílio na tomada de decisão, portanto foi feita análise de todos os postos de trabalho nesta área produtiva e o resultado dos tempos de operação e da capacidade esta conforme a Figura 1. Os índices de fadiga, perda e produção são dados reais obtidos durante o período de dois meses de produção do produto.

Uma linha de montagem é constituída de postos de trabalho, onde são executados certos números de operações, numa determinada sequência e numa velocidade constante. Manipulando com a composição operacional dos postos de trabalho, podem-se alocar mais ou menos operários à linha de montagem na busca de um melhor balanceamento. Diz-se que uma linha de montagem está perfeitamente balanceada quando todos os postos de trabalho estão 100% ocupados (RUSSOMANO, 2000).

No processo de fabricação de *modem*, verificou-se a existência de 31 pessoas distribuídas, conforme a Figura 1. Vale ressaltar que em alguns postos foi observado que a capacidade de

produção é muito além do gargalo, que esta identificada em amarelo, ou seja, é possível melhorar o processo fazendo um melhor balanceamento. A linha de produção tem capacidade diária de 1.015 peças por dia, com uma carga horária de 8,33 horas.

MODELO MODEM 3G	Tempo	Comercial Produção		Fadiga	Perda	Ciclo Comercial 29,48	Data : 12/01/2011 Comercial/05 dias/semana		
	Disponível:	29920	1015	4%	1,6%		Capacidade Comercial	Capacidade Diária	Capacidade Semanal
<b>Montagem / Testes / Embalagem</b>	<b>Tempo Processo</b>	<b>Tempo Padrão</b>	<b>Calculo Efetivo</b>	<b>Efetivo Máquinas</b>	<b>Efetivo MOD</b>				
Encaixar e Soldar Conector USB	30	31,68	1,07		2,00	1889	1889	9444	37778
Preparação Gabinete / Encaixe PCBs / Antena / Fechamento Conjunto	40	42,24	1,43		2,00	1417	1417	7083	28333
Preparação Caixa Individual / Acessórios	40	42,24	1,43		2,00	1417	1417	7083	28333
Write PCB ID	20	21,12	0,72		1,00	1417	1417	7083	28333
<b>RF Calibração (GSM + WCDMA)</b>	<b>335</b>	<b>353,76</b>	<b>12,00</b>	<b>12,00</b>	<b>4,00</b>	<b>1015</b>	<b>1015</b>	<b>5075</b>	<b>20299</b>
Final Test	215	227,04	7,70	9,00	3,00	1186	1186	5930	23721
Coupling Test	80	84,48	2,87		3,00	1063	1063	5313	21250
IMEI Write + Etiqueta	20	21,12	0,72		1,00	1417	1417	7083	28333
Close Download	22	23,23	0,79		1,00	1288	1288	6439	25758
Lock Software + Etiqueta Lacre Parafuso	20	21,12	0,72		1,00	1417	1417	7083	28333
Funcional Check	60	63,36	2,15		3,00	1417	1417	7083	28333
Scanear Aparelho / Imprimir Etiqueta Individual / Inspeção Cosmética	22	23,23	0,79		1,00	1288	1288	6439	25758
Limpeza / Ensacar Aparelho / Inspeccionar KIT	22	23,23	0,79		1,00	1288	1288	6439	25758
Embaralar Aparelho no Estojo / Peso / Lacre / Aderir Etiqueta Individual	21	22,18	0,75		1,00	1349	1349	6746	26984
Preparação Caixa Coletiva / Checar Etiqueta Coletiva / Fechamento / Paletização	60	63,36	2,15		3,00	1417	1417	7083	28333
<b>Analistas: Carlos Américo</b>		<b>1.007,00</b>			<b>29,00</b>				
<b>Mão de Obra</b>	<b>QTD</b>								
<b>Montador PA</b>	<b>29,00</b>								
<b>Reserva</b>	<b>2,00</b>								
<b>TOTAL</b>	<b>31,00</b>								

FIGURA 1 – Fases do Processo de Fabricação de Modem – Produto Acabado

## 6 Criação / Validação do modelo de simulação

O ambiente de simulação foi desenvolvido no *Plant Simulation*, esta ferramenta possibilitou a criação do cenário similar ao real, fazendo com que os resultados no ambiente virtual sejam iguais à realidade da organização. O *software* possui características especiais que permitem algumas facilidades na criação, tais como:

- Programação orientada a objetos com:
  - Herança: as entidades criam suas bibliotecas com seus próprios objetos, que podem ser reutilizados. Qualquer mudança de um objeto é propagada a todos seus derivados.
  - Polimorfismo: As classes podem ser derivadas e os métodos derivados podem ser redefinidos. Isto permite criar entidades complexas rapidamente.
  - Hierarquia: Estruturas complexas podem ser criadas claramente em vários ambientes.
- Possibilidade de importar dados de outros sistemas.
- Existem ferramentas de análises de detecção de gargalos, no qual auxilia de modo gráfico o status dos postos de trabalhando, facilitando a análise e implementação de melhoria.
- Ferramenta de análise de fluxo de materiais (diagrama de *sankey*) ou para detectar recursos sobre dimensionados (assistentes gráficos)
- Ferramentas integradas de otimização, como os Algoritmos Genético que permite procurarem longos espaços de soluções, Redes Neurais que permite ver a relação entre parâmetros de entrada e saída e Lógica *Fuzzy* que admite valores lógicos entre 0 e 1, este tipo de lógica engloba de certa forma conceitos estatísticos principalmente na área de inferência.

A verificação e validação são de fundamental importância para o sucesso de um estudo de simulação. Acredita-se que este processo deve ser contínuo, acompanhando todo o ciclo de vida do projeto para a obtenção de melhores resultados (CHWIF & MEDINA, 2007).

O modelo da manufatura digital foi validado pelos especialistas da organização e o grupo de pesquisa, pois os resultados obtidos retratam exatamente a capacidade instalada da estrutura fabril.

Na Figura 2 tem o ambiente de simulação da linha de *modem*, conforme os dados reais.

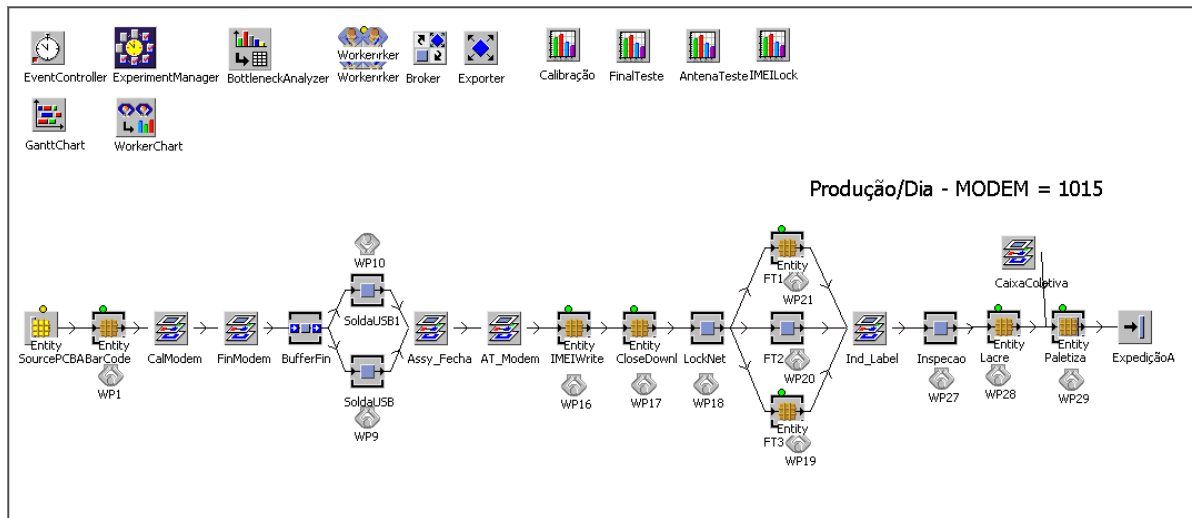


FIGURA 2 – Modelo Virtual do Processo de Fabricação de *Modem* – Produto Acabado

### 7. Análise dos resultados

No ambiente de manufatura digital chegou-se aos mesmos resultados que o real no que diz respeito ao volume de produção, mas na Figura 3 e Figura 4, pode-se visualizar a influência de tempo de trabalho entre as estações, visto que os tempos de operação não estão muito bem ajustados. Existem outras variáveis que fazem com que existam esperas durante as outras atividades de manufaturas.

Observa-se que na Figura 3 que as operações estão 100% de atividades, ou seja, visualiza-se de forma gráfica onde é o gargalo da manufatura, no modelo pesquisado são as estações de calibração (12 estações de teste). Na Figura 4, refere-se as estações de teste final (9 estações de teste). As estações de teste final são sucessores ao de calibração, assim visualiza-se que os postos trabalham em 80% do tempo disponível, ou seja, os demais 20% estão em espera ou ociosos.

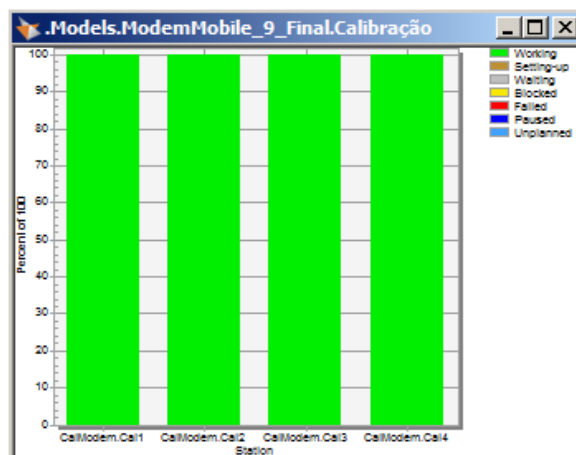


FIGURA 3 – “Postos de Calibração”

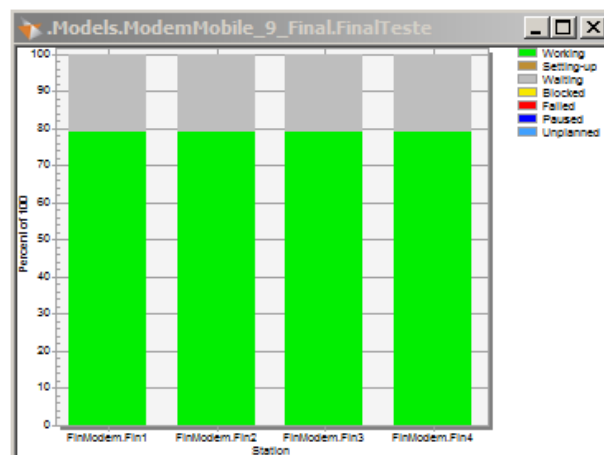


FIGURA 4 – “Postos de Final Teste”

O tempo padrão para um trabalho é uma extensão do tempo básico e tem um só uso diferente. Enquanto o tempo básico para um trabalho é uma informação que pode ser usada como primeiro passo para realizar um trabalho sob ampla gama de condições, o tempo padrão inclui tolerâncias para pausa e descanso, que devem ser permitidos devido às condições sob as quais

o trabalho é realizado (SLACK *et al.*, 2009)

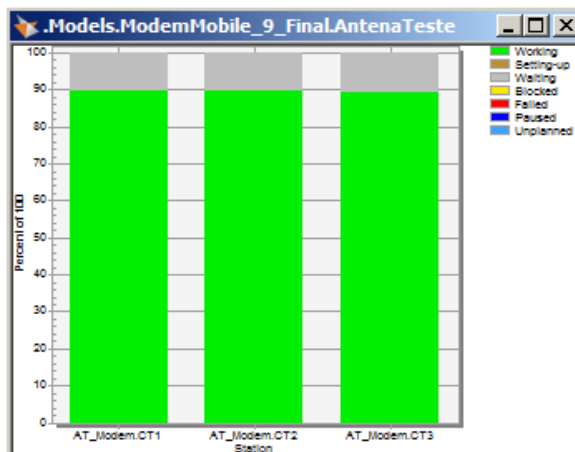


FIGURA 5 – “Postos de Antena Teste”

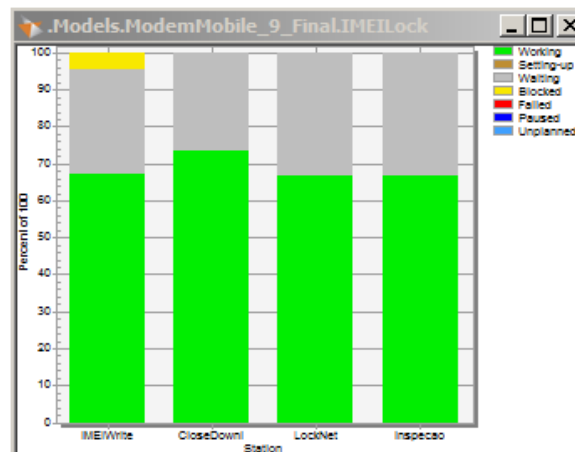


FIGURA 6 – “Postos de IMEI & Lock”

Na Figura 5, refere-se às estações de antena teste, neste caso tem apenas três postos, mas estão trabalhando em 90% do tempo disponível. Na Figura 6 são demonstradas quatro estações individuais distintas após a antena teste. Nesta fase é possível visualizar que estão trabalhando abaixo de 70% do tempo disponível, ou seja, estas estações estão com ociosidade elevada. Fica evidente que com o uso da ferramenta é possível analisar de forma mais eficiente o processo de manufatura, visto que o uso de gráficos de desempenho é possível estudar melhor cada posto de trabalho.

Nestas quatro estações devem ser agregadas novas tarefas, de forma a melhorar a eficiência e reduzir a ociosidades destes postos de trabalho e buscar um maior desempenho da linha de produção.

Fazendo uma análise mais crítica deste processo de manufatura, principalmente nas estações de teste final, onde tem aproximadamente 20% de tempo de espera, realizou-se uma experiência no ambiente virtual. Observou-se que seria possível melhorar a estrutura das estações de teste finais, reduzindo uma estação. No ambiente de manufatura virtual, foi removido uma entidade dentro da célula de fabricação do final teste, diminuindo para 8 estações de trabalho.

Na Figura 7, visualiza-se o ambiente real, com nove postos e o volume de produção de 1015 *modems* por dia.

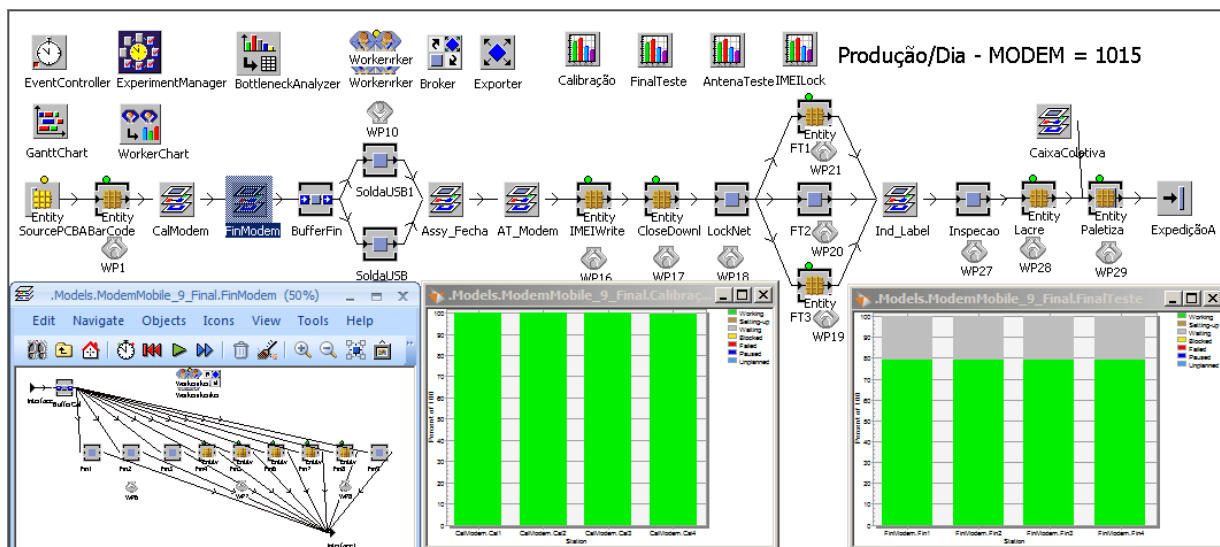


FIGURA 7 – Análise Teste final com **nove** estações Modem – Produto Acabado (mesma produtividade)

Na Figura 8, visualiza-se que se chegou ao mesmo volume de produção, ou seja, 1015 modems por dia, com apenas oito postos de final teste.

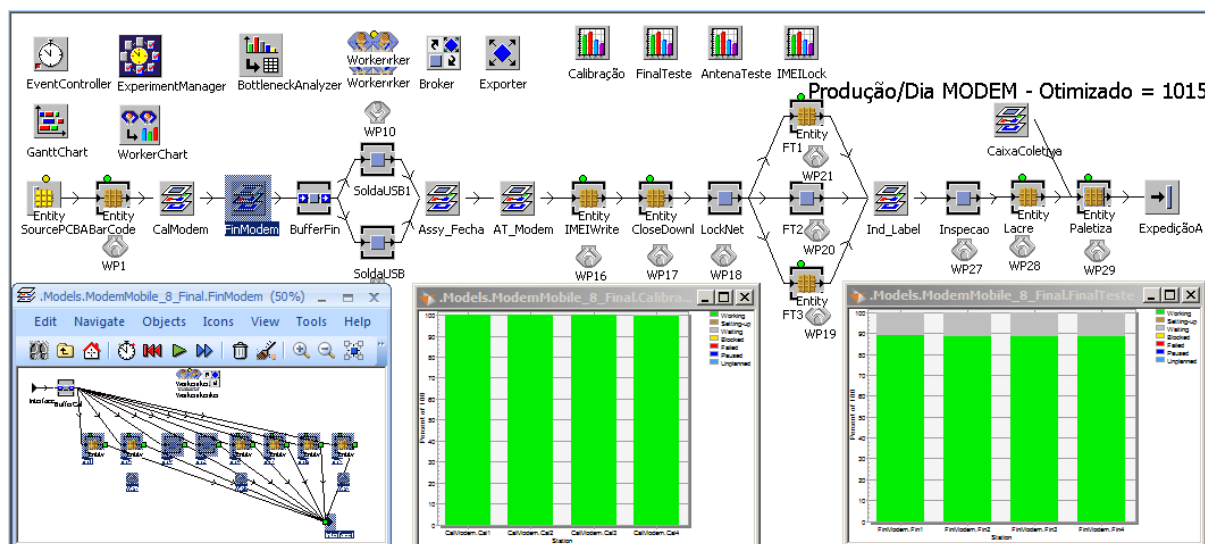


FIGURA 8 – Análise Teste final com **oito** estações Modem – Produto Acabado (mesma produtividade)

Desta forma, pode-se afirmar que não se faz necessárias nove estações de trabalho no teste final, apenas oito. Com esta pesquisa visualiza-se que esta processo poderia ser melhor dimensionado.

Para efeito de custo uma estação de teste custa em média US\$ 105.000,00, pois ela contempla um equipamento que simula uma ERB (Estação rádio base), computadores, *jig's* de teste, cabos específicos de Rádio Frequência, fontes de alimentação programável, *software* de teste e caixa blindada.

A capacidade de produção da empresa depende dos gargalos, isto é, dos processos ou dos equipamentos que limitam a capacidade de produção e que devem ser identificados (MARTINS & LAUGENI, 2005).

## 8. Recomendações / Considerações finais

Esta pesquisa desenvolveu um modelo que objetiva a construção de simulação de manufatura com uso de ferramenta computacional existente, devido ao fato de ser facilmente compreendido, um modelo de simulação é frequentemente mais simples de ser justificado do que alguns modelos analíticos. Além disto, um modelo de simulação costuma ter mais credibilidade, uma vez que pode ser comparado com o sistema real, ou porque requer pouca simplificação, capturando as características reais do sistema.

Portanto visualizou-se nesta pesquisa que existe muita possibilidade de ganhos e melhoria no processo produtivo de *modem*, pois o *software* traz recursos que permite análises mais profundas de forma simples. Vale lembrar que com o mapeamento ficou claro a evidência de postos de trabalho com capacidade superior à necessária. Principalmente com o uso em excessos de *buffers* entre vários postos de trabalho, fazendo com que o custo de estoque em processo seja muito elevado. Desta forma, sugere-se a continuidade dos trabalhos, pois já tem a estrutura virtual construída e poderão ser criados novos cenários a fim de buscar novas propostas de melhoria.

Recomenda-se um novo balanceamento NASA estruturas de manufatura deste produto, principalmente onde os postos estão com capacidade acima do necessário, pois deve-se agregar algumas funções e alcançar o mesmo resultado, fazendo com que a organização possa reduzir custo e se manter cada vez mais competitiva no mercado atual.

## Referências

- CHWIF, L. & MEDINA, A. C.** *Modelagem e Simulação de eventos discretos: teoria e prática*. 2 ed. São Paulo, 2007.
- GIL, A. C.** *Como elaborar projetos de pesquisa*. 4 ed. Editora Atlas, São Paulo, 2002.
- HUNT, I.; JONES, R.** *Winning New Product Business in the Contract Electronics Industry. International Journal of Operations & Production Management*, v. 18, p. 130–142, 1998.
- MARTINS, P. G. & LAUGENI, F. P.** *Administração da Produção*. 2. ed. Editora Saraiva, São Paulo, 2005.
- MERRIAM, S.** *Qualitative research and case study applications in education*. San Francisco: Jossey-Bass, 1998.
- PEGDEN, C.D. & SADOWSKI, R. P.** *Introduction to Simulation using SIMAN*. 2. ed. Mc Graw Hill, 1995.
- PLANT SIMULATION.** *Visão Geral do Produto*. Disponível em: <[http://www.plm.automation.siemens.com/en\\_us/products/tecnomatix/plant\\_design/plant\\_simulation.shtml](http://www.plm.automation.siemens.com/en_us/products/tecnomatix/plant_design/plant_simulation.shtml)>. Acesso em 6 Abril. 2010.
- RUSSOMANO, V. H.** *Planejamento e Controle da Produção*. 6. ed. Editora Thomson Pioneira, São Paulo, 2000.
- SLACK, N.; CHAMBERS, S. & JOHNSTON, R.** *Administração da Produção*. 3. ed. Editora Atlas, São Paulo, 2009.
- TUBINO, D. F.** *Planejamento e Controle da Produção – Teoria e Prática*. 1. ed. Editora Atlas, São Paulo, 2007.
- YIN, R. K.** *Estudo de caso, planejamento e métodos*. 3 ed. Bookman, Porto Alegre, 2005.
- ZYSMAN, J.** *Production in a Digital Era: Commodity or Strategic Weapon?. Berkeley Roundtable on the International Economy*, Working Paper 147, 2002.