



ISSN 2175-6295 Rio de Janeiro- Brasil, 12 e 13 de agosto de 2010

## **APLICAÇÃO DA SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL COMO FERRAMENTA DE AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DA TECNOLOGIA DE IDENTIFICAÇÃO POR RÁDIO-FREQUÊNCIA (RFID) EM UMA ETAPA DO PROCESSO PRODUTIVO DE TELEFONES CELULARES**

**Fabício Rodrigues Costa**  
(Instituto Nokia de Tecnologia - INdT)

**Hércules André da Costa e Silva**  
(Instituto Nokia de Tecnologia - INdT)

**André Oliveira de Araújo**  
(Instituto Nokia de Tecnologia - INdT)

*Resumo: Este trabalho trata do desenvolvimento de uma simulação computacional para avaliar a substituição da tecnologia de códigos de barra pela tecnologia de identificação por rádio-frequência (RFID) em uma indústria de telefones celulares localizada no norte da Europa. O mercado mundial de telefones celulares é bastante competitivo, a busca para melhorar a produtividade é incessante. Essa proposta de substituição tecnológica visa reduzir o lead time dos processos produtivos inerentes ao setor de expedição de produtos acabados.*

*Palavras-chave: Simulação computacional; Telefones celulares; RFID*

*Abstract: This paper deals with the development of a computer simulation to evaluate the replacement bar code technology for radio frequency identification technology (RFID) in a mobile phone industry located in Northern Europe. The global market mobile phones is very competitive in the quest to improve the productivity is constant. This proposed replacement technology aimed at reducing the lead time of production processes inherent in the sector of dispatch of finished products.*

*Keywords: Computer simulation; Mobile phones; RFID*

## **1. Introdução**

O mercado de telefones celulares está em crescimento constante desde 1998. Até início de 2009, o mercado de telefonia mundial registrou a marca de 4,1 bilhões de assinaturas de telefones móveis no mundo, três vezes maior que a telefonia fixa. Os telefones celulares têm revolucionado o mercado da telecomunicação, dez anos atrás este indicador era próximo de zero. Nos dias atuais, o telefone celular além de ser o mais popular, é também o que obteve o crescimento mais rápido que qualquer outra tecnologia de comunicação e informação do passado (*International Telecommunication Union, 2009*).

A indústria de eletroeletrônicos do Pólo Industrial de Manaus (PIM), entre janeiro de 2004 e dezembro de 2008, registrou faturamento médio anual de R\$ 15.913.407.862,40, o que corresponde a 33,24% do faturamento total do PIM. Nesse período, a média anual de telefones celulares produzidos no PIM foi de 26.110.491 de unidades, proporcionando um faturamento médio de R\$ 5.151.094.635,20, somente a produção de celulares corresponde a 18,29% do faturamento total deste pólo industrial (SUFRAMA, 2009).

No Brasil, o mercado de telefonia celular caracteriza-se pela indústria que faz a montagem desses aparelhos; pelos grandes varejistas que vendem apenas o equipamento; pelas operadoras do serviço de telefonia móvel, clientes intermediários que comercializam o aparelho associado a um determinado plano de prestação deste serviço e pelo cliente final, usuário do aparelho e do serviço.

Os clientes diretos desta indústria são os grandes varejistas e as operadoras de telefonia móvel, clientes intermediários já mencionados. É comum os clientes intermediários periodicamente adotarem alguma política promocional de descontos nos preços, condições especiais de pagamentos, bônus, etc. Todos estes tipos de promoção resultam na flutuação dos preços dos produtos. A consequência destas promoções é que as quantidades compradas para aproveitar estas condições especiais são maiores do que as necessidades imediatas e, portanto, não refletem a real demanda do mercado. Terminadas as promoções, como os compradores adquiriram uma quantidade de produtos maior do que a real necessidade, a tendência será a queda imediata na demanda destes produtos, causando grande flutuação na produção e estoques de toda a cadeia de suprimentos (Lee et al., 1997).

## **2. Referencial Teórico**

Segundo Pereira Filho (2002), nos dias atuais surge um desafio às empresas: disponibilizar seus produtos, ao menor custo possível, no momento e local adequado de forma que seus clientes possam consumi-los, satisfazendo assim, suas necessidades e/ou desejos.

Atualmente, com a economia cada vez mais globalizada e altamente competitiva, as empresas têm enfrentado discontinuidades e expectativas muitas vezes conflitantes que exigem uma gestão organizacional muito mais eficiente que no passado. Gerenciar essas mudanças organizacionais de forma a preparar a empresa para enfrentar tais discontinuidades e expectativas de forma rápida, flexível e que proporcionem ganhos a todos os envolvidos, exigem mudanças, novos enfoques e novas formas de administrar. Para tal é necessário uma visão integradora de todos os processos de gestão envolvendo todos os elos de uma cadeia produtiva.

### **2.1 Organização do sistema de movimentação interna de materiais**

A movimentação interna de materiais é responsável pela administração do fluxo de materiais, a partir do fluxo de informações recebido principalmente das áreas de produção, planejamento e controle da produção, assim como das áreas de Compras e Engenharia.

Pereira Filho (2002) diz que na movimentação interna de materiais, destacam-se: recebimento, estocagem, distribuição interna dos materiais, movimentação durante o processo, estocagem durante o processo, movimentação ao local de trabalho, movimentação

inter-departamental, movimentação intra-departamental, movimentação interna da fábrica, movimentação relacionada com funções auxiliares, embalagem (para consumo), armazenagem de produtos acabados, embalagem (para transporte), carregamento e expedição, movimentação entre plantas de um mesmo complexo industrial.

Classifica ainda a movimentação e o transporte de material de acordo com a atividade funcional a que se destina: granel, cargas unitárias, embalagem, acondicionamento ou armazenamento, vias de transporte e análise de dados. Mostra que um sistema de movimentação de materiais em uma indústria tem que cumprir as seguintes finalidades básicas: redução de custos, capacidade produtiva, condições de trabalho e distribuição.

## **2.2. Recebimento de materiais**

Qualquer que seja o tipo de produto gerado em um processo produtivo industrial, o início da movimentação de materiais se dá no setor de recebimento. Na maioria das organizações o recebimento é uma atividade não valorizada, sendo o portão de entrada da ineficiência ou de baixa produtividade. A descarga manual e falta de planejamento do fluxo e lentidão no processamento, atrasam os próximos passos do processo. A ação física inicia-se com a recepção do veículo, e o sistema de informações deve responder a seguinte pergunta: a entrega pode ser aceita? Para tanto, é necessário levantar inúmeras informações, tais como: os métodos de descarga devem ser padronizados para cada tipo de carga; a avaliação das cargas deve ser feita de acordo com suas características (tipo de embalagem das cargas, quantidades de cada tipo de carga recebida, tamanho das embalagens); o peso das cargas/movimento, peculiaridades de cada tipo de carga, número de recebimento por período, tipo de veículo de entrega, métodos de descarga e tempo necessário para descarga.

O recebimento inclui todas as atividades envolvidas na recepção dos materiais, cujo objetivo principal geralmente envolve: Controle e programação das entregas, obtenção e processamento de todas as informações para que a armazenagem possa identificar, análise de documentos para subsidiar planejamento, programação e controle para manter a operação balanceada, sinalização que permita facilitar a descarga e evitar demora e coordenação do processo burocrático envolvido na inspeção de materiais com o trabalho físico de descarga.

## **2.3. Estocagem**

Na seqüência do fluxo de materiais, a estocagem é a etapa seguinte ao recebimento, seja de matérias-primas, materiais em processo, componentes adquiridos de terceiros, ou de todos os insumos necessários à manufatura.

As operações são submetidas a diversos impactos operacionais trazidos por algumas exigências, tais como, pedidos mais freqüentes e em quantidades menores, ciclos do pedido mais curtos, tolerância zero a erros, competição baseada no ciclo de pedido e na qualidade.

Impactos operacionais trazidos pelas exigências destas ações são: aumento do número de unidades mantidas em estoque, aumento das atividades de recepção/expedição, aumento da carga de trabalho devido ao número de *pickings*, aumento da atividade de controle de qualidade, aumento do custo de carregar estoque, maior necessidade de espaço para estocar um número maior de unidade mantida em estoque, diminuição da produtividade por empregado, aumento dos custos administrativos: maior circulação de informação e necessidade de controle.

Ballou (1993) afirma que a armazenagem e estocagem de mercadorias constituem funções essenciais do sistema logístico e que seus custos podem absorver de 12 a 40% das despesas logísticas de uma empresa. Entretanto, os custos de armazenagem e do manuseio dos materiais são justificáveis, quando compensados com os custos de transporte e produção, conforme mostrado na Figura 1 onde o custo logístico total é diretamente proporcional aos custos de armazenagem e transporte.

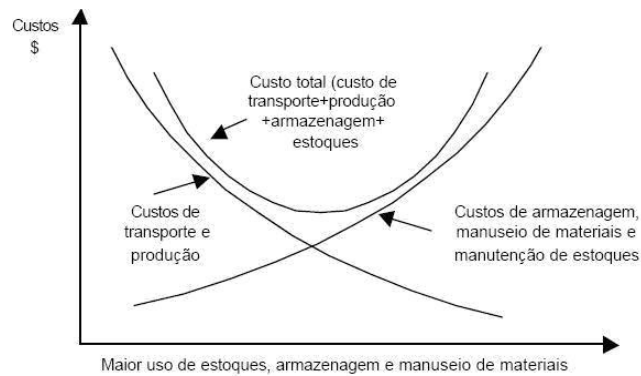


Figura 1 - Efeito no custo logístico total do maior uso de estoques. Fonte: Ballou (1993)

A estocagem deve ser planejada envolvendo todos os detalhes: localização, layout, equipamentos e métodos de trabalho. O objetivo da gestão do fluxo logístico é reduzir custo e melhorar o serviço ao consumidor, levando em consideração a otimização dos recursos materiais e humanos, inclusive o impacto ambiental deles, e isso se dá na gestão do processo logístico decorrente da implantação de melhorias de produtividade (BALLOU 1993).

No PIM, em virtude de sua localização e das características aduaneiras, as indústrias investem na estocagem de insumos para evitar a interrupção da produção. Dessa forma, é comum manter estoques de insumos para até 45 dias de produção. Os motivos para o uso dos estoques são inúmeros, variando desde atrasos no desembaraço fiscal, até greve na Receita Federal.

#### 2.4. Identificação por rádio frequência - RFID

A identificação por rádio frequência (Radio Frequency Identification - RFID) é uma tecnologia sem fio que realiza a troca de dados através do ar. Esta tecnologia faz o armazenamento, leitura, gravação e manipulação de dados remotos através de comunicação de dados por rádio frequência e utiliza dispositivos conhecidos como *transponders*, *tags*, etiquetas inteligentes, etiquetas de instrumentação, tarjas magnéticas ou *markers*.

As etiquetas eletrônicas podem ser: passivas, semi-passivas ou ativas do ponto de vista da fonte de alimentação. Estes dispositivos são compostos, basicamente, por dois itens: um circuito integrado para demodulação, modulação do sinal de radiofrequência, armazenamento, processamento de informações; e de uma antena para recepção e transmissão do sinal citado. Os sistemas de identificação RFID utilizam equipamentos coletores de dados, conhecidos como leitores, responsáveis pela leitura e gravação de dados, alimentação das etiquetas e integração das mesmas com um sistema de banco de dados através dos sinais de radiofrequência (MILES, 2008).

Em sistemas de identificação RFID, cada etiqueta, que funciona essencialmente como um minitransceptor, envia uma seqüência de pulsos em radiofrequência representando um número identificador único. A memória dessas etiquetas possui até 128 bits e normalmente é utilizada como chaves em sistemas de identificação e banco de dados. O princípio de operação básico da tecnologia RFID consiste na aplicação de uma unidade leitora e/ou gravadora que pode ser móvel ou fixa, responsável pela leitura e/ou gravação dos dados nas etiquetas através da emissão de campos eletromagnéticos. A unidade leitora e/ou gravadora, utiliza antenas para excitar e transmitir dados para as etiquetas em frequências específicas (GLOVER, 2006).

A questão econômica é um dos principais itens de comparação entre a tecnologia RFID e a tecnologia de código de barras, haja vista a necessidade de investimento monetário frente aos ganhos proporcionados com ambas as tecnologias de identificação. Portanto, as indústrias devem considerar alguns fatores para decidir se continuam usando código de barras ou se investem em RFID.

Ambas as tecnologias necessitam de investimento em infra-estrutura para aquisição dos dados. Por exemplo, os leitores e as etiquetas representam um custo fixo inerente a essas

tecnologias. Os custos fixos da tecnologia RFID são mais elevados que os custos fixos para a tecnologia de código de barras, isso se dá devido aos preços mais elevados leitores e das etiquetas. A Figura 2, ilustra os custos marginais de aquisição de dados em ambas as tecnologias, estes custos não são constantes, a medida que a qualidade dos dados aumenta, o custos aumentam também. Isso ocorre devido a forma de leitura dos dados, na tecnologia RFID é feita de forma automática, já os códigos de barra são lidos manualmente. Ou seja, para ler os códigos de barra são necessários pessoas, daí o aumento nesse custo se dá pelo fato de precisar contratar mais pessoas (TELLKAMP, 2006).

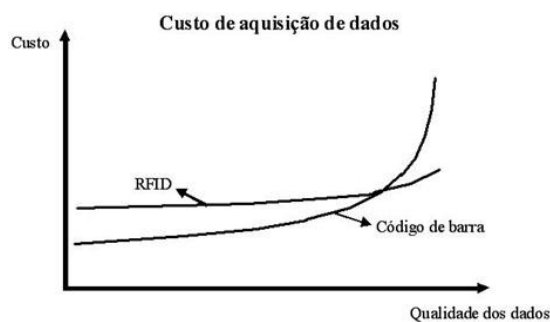


Figura 2 - Custo de aquisição de dados. Fonte: Tellkamp (2006)

## 2.5 Simulação computacional

A simulação sempre foi usada pela humanidade como meio de representar os processos relativos aos sistemas em que as pessoas viviam. Nesse caso, incluem-se a escultura, a pintura e todas as formas de representação de idéias. Em ciência, a utilização de modelos é uma atividade corriqueira, desde os modelos em escala reduzida (barragens, topografia, edificações etc.) até modelos de aviões para estudo de aerodinâmica e modelos analíticos de processos físicos e mentais (SHAMBLIN, 1979).

A simulação de um sistema é a operação de um modelo que representa esse sistema, geralmente em computadores, respeitando-se todas as regras e condições reais às que o sistema submete-se. O modelo permite manipulações que seriam inviáveis no sistema real que ele representa, por causa do custo ou da impossibilidade de realizá-las (ANDRADE, 2009).

Inúmeras são as razões que justificam o uso da simulação, como em situações que coloquem em risco à integridade física de pessoas ou muito onerosas de observar diretamente no mundo real. Um exemplo clássico é o estudo da sincronização de semáforos de trânsito de uma via. Esse estudo poderia ser realizado de maneira experimental, ajustando sucessivamente os semáforos e verificando as conseqüências com relação a congestionamento, acidentes etc. Esse processo, na prática, não pode ser implementado, e a alternativa é criar modelos das situações reais (número e características das vias, intensidade e tipo do trânsito etc.) para serem testados em computadores.

Para Andrade (2009), a simulação trata-se de uma ferramenta da Pesquisa Operacional que permite a geração de cenários. Baseado nisso, é possível: orientar o processo de tomada de decisão, analisar e avaliar os sistemas e propor soluções para a melhoria de performance. Sendo que todos esses procedimentos podem ter por conotação parâmetros técnicos e/ou econômicos.

Os avanços na área da informática permitem empregar a técnica de simulação em diversas áreas do conhecimento humano, o que têm propiciado:

- projetar e analisar sistemas industriais;
- avaliar *performance de hardware e software* em sistemas de computação;
- analisar desempenho de armas e estratégias militares;
- determinar frequência de pedidos de compra para recomposição de estoques;

- projetar e administrar sistemas de transportes como: portos e aeroportos; e
- configurar sistemas de atendimento em hospitais, supermercados, bancos etc.

Para Law e Kelton (1991), os estudos de sistemas podem ser realizados sob as diferentes formas de abordagem, conforme representado na Figura 3.

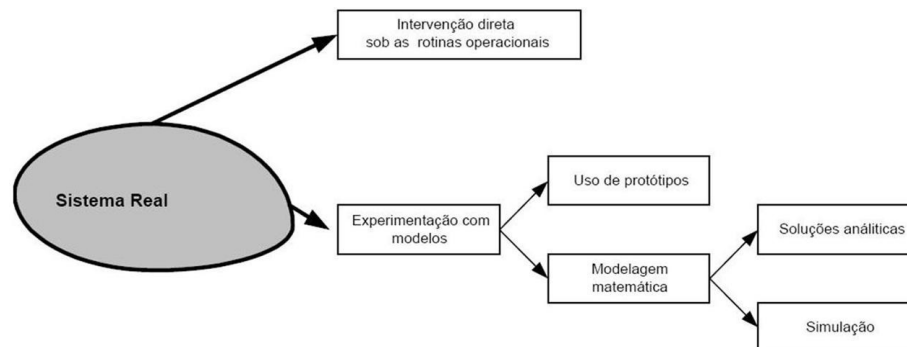


Figura 3 - Formas de estudo de sistemas

A experimentação com modelos implica a criação de um modelo que, dependendo da aplicação, deve representar e/ou demonstrar a forma de funcionamento do sistema real.

Segundo Neelamkavil (1987); os modelos podem ser classificados em: mental, físico ou simbólico. Os modelos mentais são heurísticos (baseado em questionamentos mentais) e intuitivos, existindo somente na mente do tomador de decisão. Geralmente, os modelos mentais são confusos, complexos e imprecisos e de difícil comunicação. Isso porque a estruturação do modelo está estritamente vinculada à carga de conhecimento do tomador de decisão sobre o sistema em questão.

O modelo físico é uma descrição do sistema real por meio de uma representação análoga ou pela construção de um protótipo. A representação análoga pode ser feita, por exemplo, com o uso de circuitos de Resistência-Capacitância-Indutância (RCI). A massa, mola e o atrito, mecanismos da suspensão de automóveis, são analogamente representados com o uso de resistores, capacitores e indutores. No que se refere aos protótipos, esses são réplicas do sistema real, que podem ser construídas em escala real ou reduzidas. Nesses casos, os estudos de avaliação do sistema real ocorrem com realização de vários testes empregando o protótipo.

Quanto ao modelo simbólico, pode ser classificada em não-matemáticos e matemáticos. Os não-matemáticos podem ser: (i) a descrição lingüística, exemplo: memorial descritivo de um projeto elétrico; (ii) a elaboração de um gráfico, exemplo: os fluxogramas; e (iii) a representação esquemática do uso de recursos, exemplo: uma planilha representando a execução de um cronograma ou a representação do fluxo de caixa de uma empresa (KELTON, 2007).

### 3. Materiais e métodos

Este trabalho foi desenvolvido em uma indústria que produz telefones celulares localizada ao norte da Europa no Pólo Industrial de Salo na Finlândia, especificamente no setor de expedição de produtos acabados. Trata-se de um estudo que tinha o objetivo de verificar, por meio da simulação computacional, quais os ganhos com a implantação da tecnologia de identificação por rádio frequência, no que diz respeito à redução de *Lead Time*. Foi realizado um estudo das características de funcionamento e interação entre as etapas que compõem esse sistema de movimentação de material.

Em relação aos procedimentos metodológicos para a realização deste estudo, utilizou-se uma abordagem metodológica articulando dados quantitativos. Primeiramente, foi realizada pesquisa de campo, a fim de entender o processo corrente com todos os detalhes inerentes a este. Em seguida, realizou-se pesquisa bibliográfica, cujo objetivo estava em investigar obras

e artigos já existentes sobre a temática, o que possibilitou uma maior aproximação com o tema em estudo.

Após verificar as necessidades dos gestores com relação ao projeto, foi desenvolvido um planejamento para execução do mesmo. Este planejamento compreendeu seis etapas descritas a seguir:

1. Estudo detalhado do estado atual do sistema: para o estudo da etapa atual do sistema foi necessário estudo *in loco* no setor de expedição de produtos acabados dessa indústria. Esse estudo ocorreu entre os dias 16 e 28 de março de 2009;
2. Identificação das variáveis: após analisar o sistema, verificou-se a interação entre as etapas que o compõe, assim foi possível identificar variáveis relevantes, bem como as restrições que esse sistema estava submetido;
3. Coleta das variáveis: coleta de dados históricos das variáveis foi obtida a partir do sistema de gestão empresarial (SAP);
4. Tratamento e análise dos dados: para essa etapa, foram utilizadas planilhas eletrônicas, especificamente o *software* Excel da Microsoft. Para gerar as distribuições estatísticas, foi utilizado o *software* Input Analyzer da Rockwell Automation.
5. Desenvolvimento do modelo de simulação: foi desenvolvido o modelo lógico do sistema no *software* Arena da Rockwell Automation, versão 12.0 profissional. Em seguida, foram inseridas as distribuições estatísticas no modelo;
6. Validação do modelo de simulação: após o modelo estar completo, este foi colocado em execução, em seguida foi realizado comparações das variáveis obtidas com a simulação, com as variáveis reais do sistema.

A análise dos dados foi bastante criteriosa, ocorreu no mês de abril e teve duração de quatro semanas, esta etapa foi realizada no laboratório localizado em Manaus.

#### **4. Análise e discussão**

Foram coletadas 2673 amostras, entre os dias 10 e 27 de março de 2009, estes dados foram extraídos do SAP. Foram identificados três principais atividades no processo de expedição de produtos acabados:

- Movimentação dos telefones celulares da fábrica para a área de expedição (TME): após os telefones estarem prontos, estes são organizados em paletes e são transportados para a área de expedição;
- Embalagem dos paletes: os paletes ao chegarem na área de expedição, são embalados de acordo com o pedido do cliente, utiliza-se plásticos e/ou papelão para embalar os paletes;
- Espera dos paletes e expedição: após o paleta está pronto e embalado, este é movimentado para uma área de espera e lá permanece até que a expedição seja autorizada, só então o paleta é embarcado nos caminhões.

Para a análise de cada variável, foram calculados e analisados os seguintes dados: média, mediana, valor mínimo, valor máximo, tamanho da amostra e desvio padrão.

Inicialmente foi desenvolvido um gráfico de dispersão para cada variável. A Figura 4 ilustra a variável: tempo de movimentação dos telefones celulares da fábrica para a área de expedição. Os procedimentos aqui descritos foram adotados para todas as variáveis.

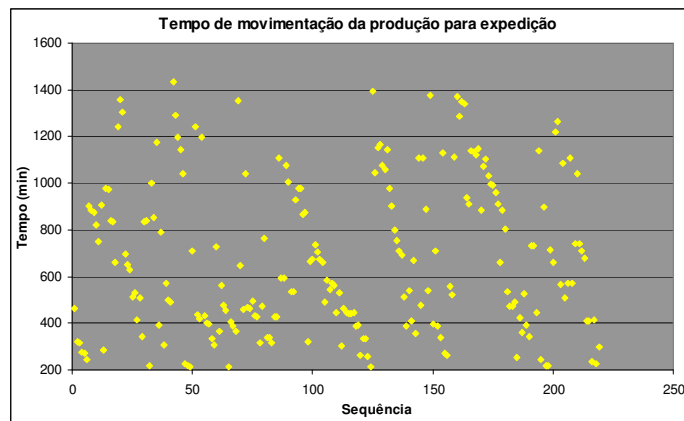


Figura 4 – Dispersão da amostra da variável do tempo de movimentação dos telefones celulares da fábrica para a área de expedição

A partir da análise do gráfico de dispersão e das informações estatísticas das variáveis, os dados foram divididos em grupos menores. Assim, como os subgrupos foram formados em função da proximidade dos dados, houve redução da dispersão dos dados de cada um desses subgrupos. Com os dados de cada subgrupo, foi desenvolvida uma distribuição estatística que melhor representa esses dados.

Dessa forma, a variável tempo de movimentação dos telefones celulares da fábrica para a área de expedição (TME), foi dividida em três subgrupos e para cada subgrupo foi gerado uma distribuição estatística, como pode ser verificado a seguir:

1. TME > 200 min: o tamanho da amostra desse subgrupo foi de 219 unidades, o que corresponde a 8,19% dos dados. A distribuição Weibull é a que melhor representa esses dados, ilustrada na Figura 5;

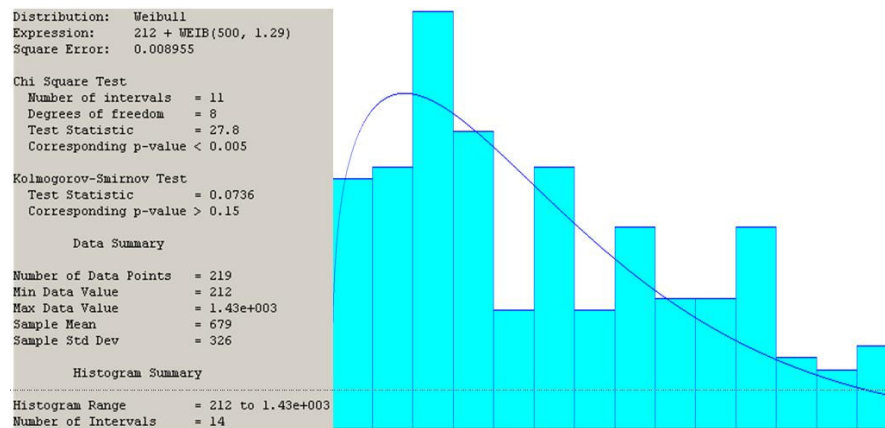


Figura 5 – Distribuição Weibull para TME maior que 200 minutos

2.  $20 \text{ min} < \text{TME} \leq 200 \text{ min}$ : o tamanho da amostra desse subgrupo foi de 225 unidades, o que corresponde a 8,42% dos dados. A distribuição Lognormal é a que melhor representa esses dados, como pode ser verificado na Figura 6;



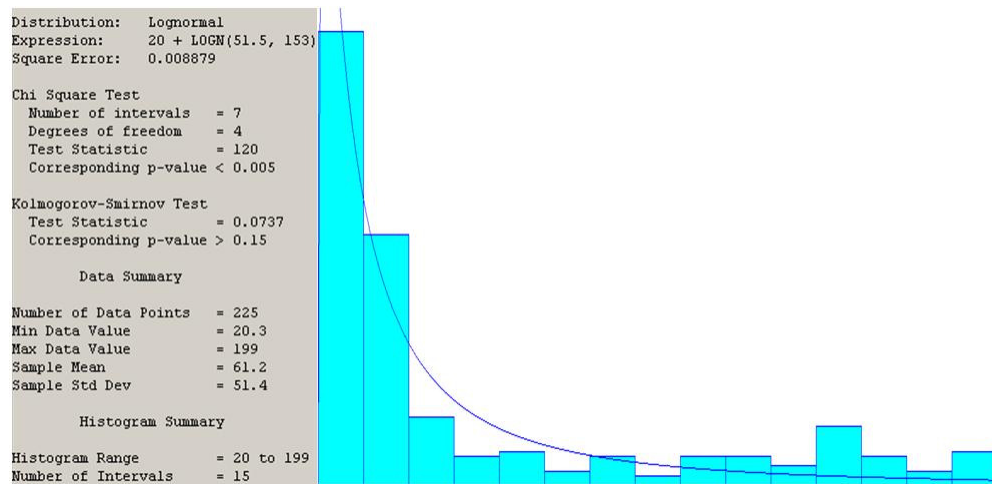


Figura 6 – Distribuição Lognormal para TME maior que 20 e menor ou igual a 200 minutos

3. TME  $\leq 20$  min: o tamanho da amostra desse subgrupo foi de 2229 unidades, o que corresponde a 83,39% dos dados. A distribuição Lognormal é a que melhor representa esses dados, como pode ser verificado na Figura 7;

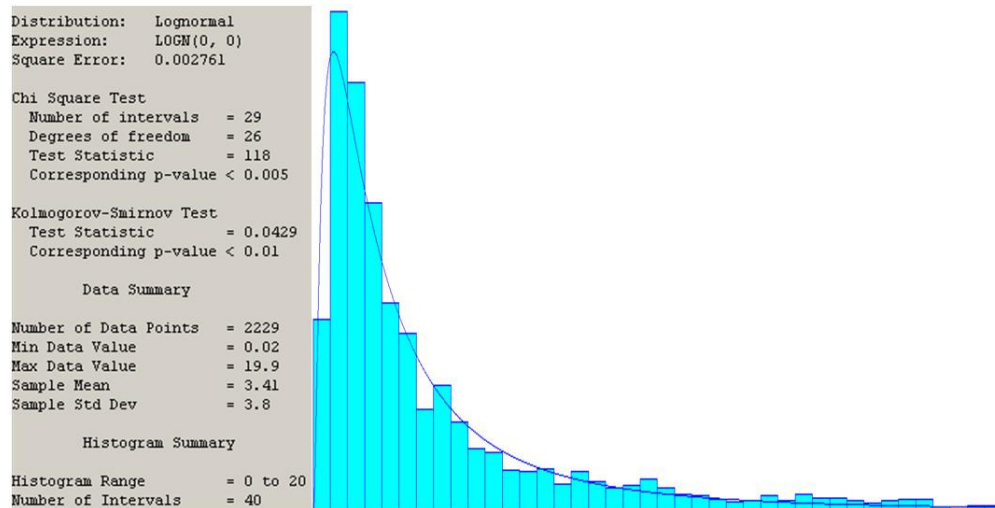
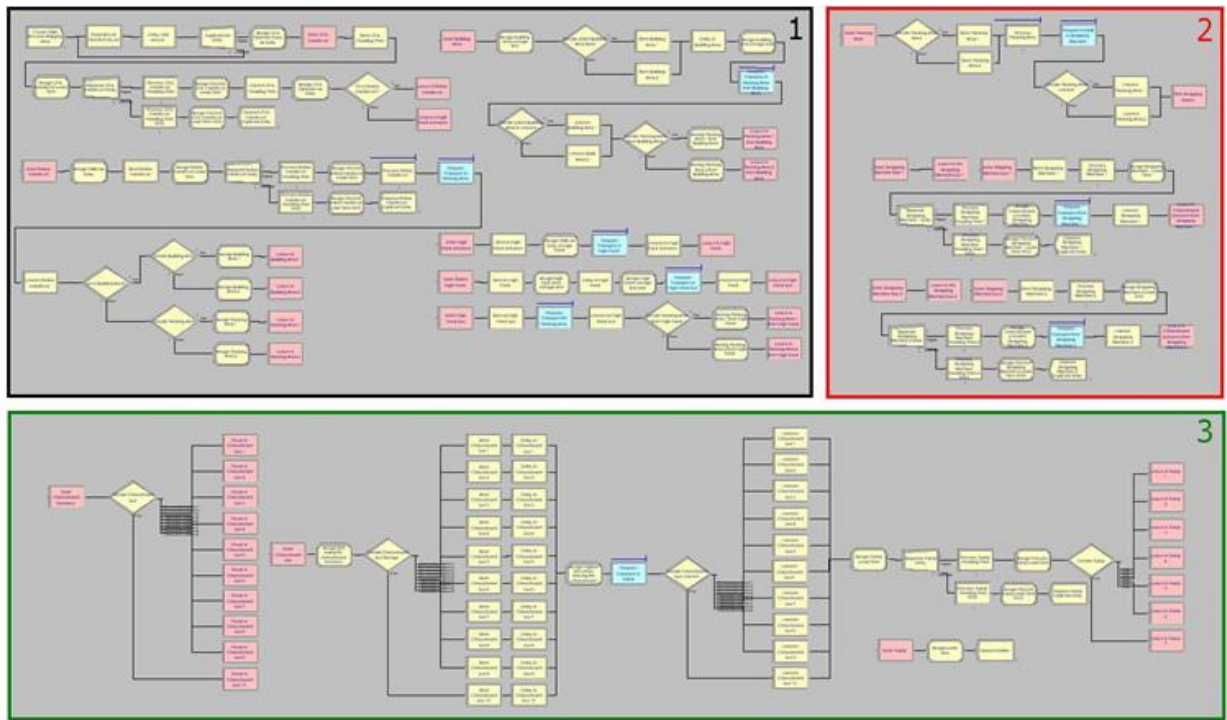


Figura 7 – Distribuição Lognormal para TME menor ou igual a 20 minutos

Essas distribuições foram inseridas no modelo de simulação desenvolvido no *software* Arena versão 12.0 profissional, Figura 8. A partir dessas distribuições, o modelo gera entidades que melhor representa o sistema real.



1. Movimentação dos telefones celulares da área de produção para a área de expedição
2. Embalagem dos paletes
3. Espera dos paletes e expedição

Figura 8 – Modelo de simulação desenvolvido no *software* Arena

### 5. Resultados obtidos

Atualmente, na fábrica em estudo, a tecnologia de código de barras é utilizada para identificar os produtos acabados. Para fazer a leitura dos dados de uma etiqueta de códigos de barra é necessário ter a visada direta da mesma, haja vista que essa leitura é feita com equipamento que emite feixe de luz. Com a tecnologia RFID, a leitura dos produtos é feita simplesmente ao passar com o palete por um portal dotado com os dispositivos necessários.

Um dos principais ganhos obtidos com o uso da tecnologia RFID, é a redução do tempo de leitura dos produtos, colaborando assim para a redução do *lead time* nessa etapa. Para verificar essas reduções, o modelo de simulação gerou gráficos com esses tempos acumulados.

O período simulado foi de 11 a 27 de março de 2009, a figura 9 ilustra o *lead time* da etapa de movimentação dos telefones celulares da fábrica para a área de expedição, com a tecnologia de código de barras e com a tecnologia RFID.

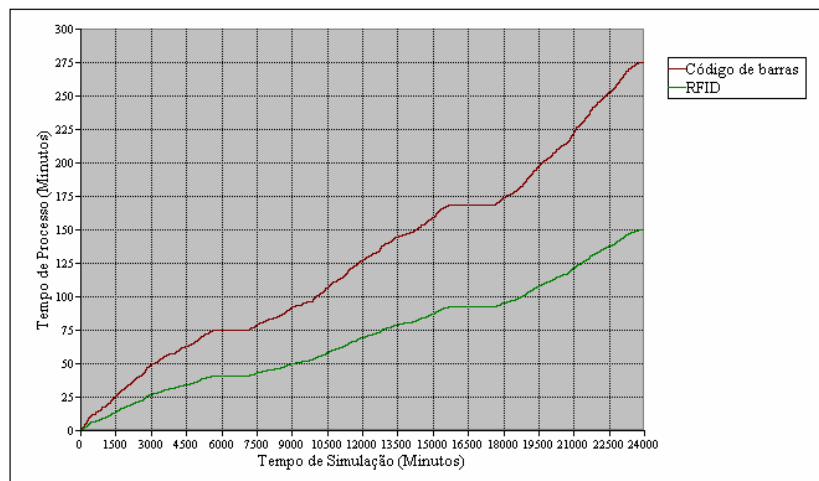


Figura 9 – Comparação entre as tecnologias para a etapa de movimentação dos telefones celulares

A figura 10 ilustra o *lead time* da etapa embalagem dos paletes para enviar aos clientes, com a tecnologia de código de barras e com a tecnologia RFID.

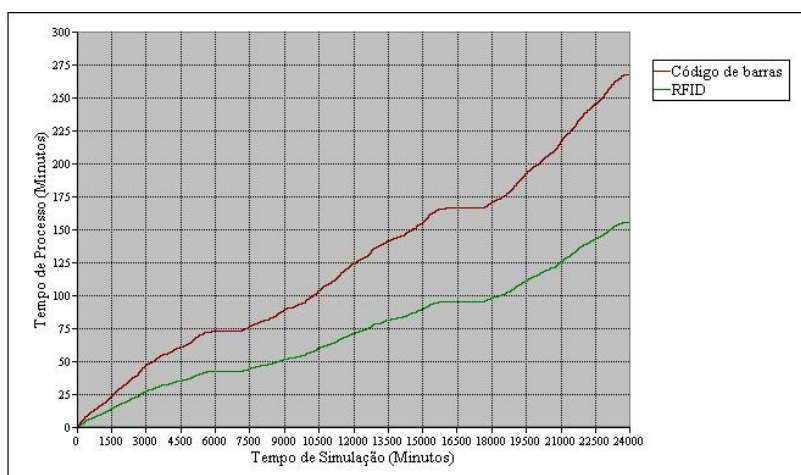


Figura 10 – Comparação entre as tecnologias para a etapa de embalagem dos paletes

A figura 11 ilustra o *lead time* da etapa de espera dos paletes e expedição para os clientes, com a tecnologia de código de barras e com a tecnologia RFID.

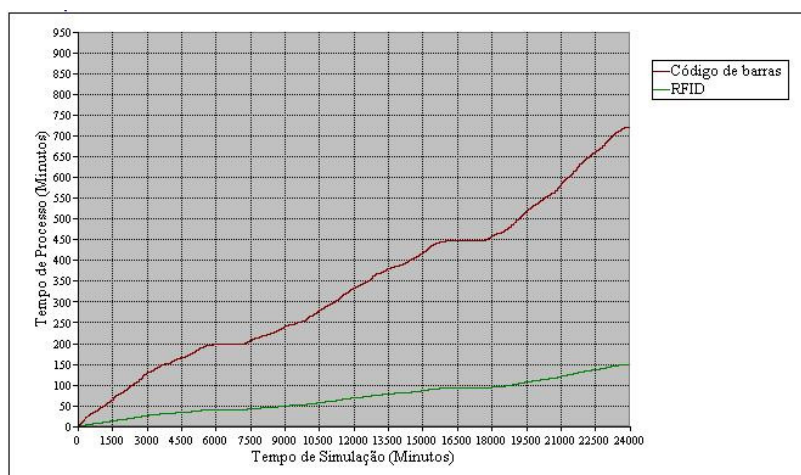


Figura 11 – Comparação entre as tecnologias para a etapa de espera dos paletes e expedição para os clientes

A Tabela 1 expõe o comparativo de cada uma das três etapas com o uso das tecnologias de código de barras e RFID.

Processo	Lead Time (min)		Redução	
	Código de barras	RFID	Minutos	Percentual
Movimentação dos celulares da fábrica para a área de expedição	275.00	150.00	125.00	45.45%
Embalagem dos paletes	268.33	155.83	112.50	41.93%
Espera dos paletes e expedição	722.72	150.00	572.72	79.25%

Tabela 1 – Reduções obtidas nas três etapas com o uso da tecnologia RFID

## 6. Conclusões

A simulação computacional é uma poderosa ferramenta para auxiliar a análise de processos dinâmicos e na tomada de decisão. Para que o modelo de simulação desenvolvido represente o sistema real observado, o mais fiel possível, é necessário que as etapas de análise do processo; definição, coleta e tratamento das variáveis, seja realizado com bastante critério. A validação

do modelo é de extrema importância, é nessa etapa que é possível verificar desvios do modelo de simulação com relação ao sistema real.

A partir dessa simulação, foi possível verificar os ganhos obtidos com a substituição da tecnologia de código de barras pela tecnologia de identificação por rádio frequência, antes de haver qualquer investimento. Dessa forma, essa simulação colaborou para reduzir os riscos inerentes às mudanças tecnológicas. Outros benefícios observados com a simulação, foi de verificar os gargalos e quais as capacidades de cada etapa.

A tecnologia de RFID se mostrou como uma boa opção para o incremento da produtividade na área de expedição de produtos acabados. Na etapa de movimentação dos telefones celulares da fábrica para a área de expedição a redução observada, a partir da simulação, foi de 45,45%. Já para a etapa de embalagem dos paletes, a redução mostrada pela simulação foi de aproximadamente 42%. A espera dos paletes e expedição, é a etapa com maior potencial de redução, o modelo de simulação demonstrou redução de 79,25%. Essa tecnologia proporciona mais rapidez e simplicidade ao processo de leitura dos produtos, bastando passar por um determinado lugar para realizar essa operação.

## Referências

**ANDRADE, E. L.** *Introdução à Pesquisa Operacional: modelos e métodos para análise de decisões*. 4ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009.

**BALLOU, R.H.** *Logística empresarial transportes, administração de materiais e distribuição física*. São Paulo: Atlas, 1993.

**GLOVER, B. & BHATT, H.** *RFID Essentials*. ed. O'Reilly, California: 2006.

**INTERNATIONAL TELECOMMUNICATION UNION.** Genebra-Suíça: Measuring the Information Society, 2009. Periodicidade: anual. ISBN 92-61-12831-9.

**LAW, A. M.; KELTON, W. D.** *Simulation Modeling & Analysis*. 2. ed. MacGraw Hill: New York, 1991.

**Lee, H. L.; Padmanabhan, V. & Whang, S.** *The Bullwhip effect in supply chains*. Sloan Management Review, Spring, pp. 93-102, 1997a.

**KELTON, W. D.; SADOWSKI, R. P.; STURROCK, D. T.** *Simulation with Arena*. 4. ed. MacGraw Hill: New York, 2007.

**MILES, S. B.; SARMA, S. E. & WILLIAMS, J. R.** *RFID Technology and Applications*. ed. Cambridge University Press, Nova York: 2008.

**NEELAMKAVIL, F.** *Computer Simulation and Modeling*. Great Britain: Jonh Wily e Sons, 1987.

**PEREIRA FILHO, Orlandino Roberto.** *Gerenciamento Logístico do Fluxo de Informações e Materiais em Unidade Industrial Aeronáutica*. 2002. 110 f. Dissertação (Mestrado em Administração) - Departamento de Economia, Contabilidade e Administração, Universidade de Taubaté, Taubaté.

**SHAMBLIN, J. E. STEVENS Jr. G. T.** *Pesquisa Operacional: uma abordagem básica*. São Paulo: Atlas, 1979.

**SUFRAMA,** Superintendência da Zona Franca de Manaus. Indicadores de Desempenho do Pólo Industrial de Manaus (PIM). Ver: SUFRAMA, Indicadores de Desempenho: fevereiro/2009. Disponível em: <www.suframa.gov.am.br>. Acesso em: 07 de maio de 2009.

**TELLKAMP, C.** *The impact of Auto-ID technology on process performance –RFID in the FMCG supply chain*. Tese de Doutorado. Universidade de St. Gallen, Alemanha: 2006.