

Simulação Computacional Aplicada à Modelagem do Processo de Recebimento de Uniformes na Marinha do Brasil

Carlos Ribeiro Praia
crpraia@hotmail.com
UFF

Carlos Francisco Simões Gomes
cfsg1@bol.com.br
UFF

Resumo: A Marinha do Brasil, inserida em um ambiente competitivo e globalizado, procura fazer que suas atividades de apoio estejam sempre alinhadas com os objetivos institucionais do mesmo modo que busca constantemente avaliar a possibilidade de emprego de melhores técnicas de gestão em suas organizações militares. O propósito deste trabalho é concentrar esforço no estudo de uma técnica de Pesquisa Operacional capaz de auxiliar na identificação de gargalos no fluxo de material do Sistema de Abastecimento da Marinha e na otimização do uso dos recursos operacionais necessários à execução das atividades logísticas. Para isso, é aplicada a técnica de simulação computacional no processo de recebimento de uniformes da Marinha, de modo a permitir uma adequada análise dos diferentes cenários e políticas operacionais, bem como, uma correta avaliação de cada ponto crítico do sistema real.

Palavras Chave: Pesquisa Operacional - simulação computacio - Marinha do Brasil - -

1. INTRODUÇÃO

A evolução no mundo do trabalho traz hoje novos desafios que substituem os velhos paradigmas, afetando as relações entre as pessoas (MILARÉ, YOSHIDA, 2009).

Mudanças significativas estão ocorrendo na gestão de diversas organizações no mundo, reflexo de um novo cenário de globalização da economia. Devido a essas mudanças, as organizações estão sendo obrigadas a reformular seus processos, por meio da implantação de eficientes sistemas de gestão, diante das exigências da concorrência e das necessidades do mercado consumidor. Compreender os processos que permitem garantir a eficiência do fluxo de material possibilita o desenvolvimento de melhorias que podem apresentar resultados mais significativos em termos de preparação e atualização logísticas.

A crescente aplicação da engenharia de processos nas organizações resulta de uma necessidade de maior flexibilidade, coordenação de atividades e orientação para resultados integrados nas organizações. De certa forma, a abordagem por processos se contrapõe à estruturação das organizações funcionais. Por um lado a organização funcional potencializa o aumento de conhecimento especializado na medida em que agrupa os profissionais por especialidade técnica e prioriza os indicadores de desempenho departamentais. Por outro, não garante, necessariamente, um ótimo desempenho global da organização e, em alguns casos, pode estimular um comportamento de isolamento e de competitividade interna (LACERDA ET AL, 2011).

Dessa forma, o planejamento e a programação são métodos de fundamental importância para o aperfeiçoamento de um sistema de distribuição de material, visto que exigem o uso de novas ferramentas para se alcançar um desempenho operacional cada vez mais eficiente.

Para a implementação das mudanças relativas à melhoria dos processos é necessário tomar decisões. Desse modo, constitui-se um desafio à tarefa de decidir aquelas que melhor atendam aos objetivos do sistema e que proporcionem aos tomadores de decisão a certeza de que estão utilizando as melhores técnicas de gestão.

As ferramentas fornecidas pela Pesquisa Operacional oferecem a mesma solução que um decisor poderia chegar por meio da intuição. Todavia, os benefícios gerados pela utilização da PO devem ser avaliados considerando seu impacto em longo prazo no processo gerencial. Ademais, essas ferramentas podem ser abordadas por meio de modelos determinísticos de programação matemática, ou através de modelos probabilísticos que consideram as incertezas dos modelos, como teoria das filas e simulação.

É a partir desse contexto que a Marinha do Brasil (MB) busca implementar soluções alternativas que possam garantir sua eficiência logística. Entretanto, sem uma visão do impacto de uma mudança, a MB ficaria exposta a altos riscos de dano a seu patrimônio e a sua imagem. Desse modo, a simulação pode ser empregada no auxílio ao processo decisório, levando-se em conta um cenário extraído do mundo real, onde as possíveis alternativas são consideradas como variáveis em um modelo matemático que expressa o cenário analisado.

1.1. PROPÓSITO DO ARTIGO

Este artigo tem como propósito procurar uma nova proposta de otimização em um processo logístico na MB.

2. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O nome Pesquisa Operacional (PO) é de certa forma novo, de origem militar, e foi usado pela primeira vez na Grã-Bretanha, durante a Segunda Guerra Mundial. No início da guerra, os órgãos responsáveis pela defesa daquele país utilizaram o concurso de especialistas de diversas áreas para assessorar e contribuir no estudo e solução de alguns problemas que se consideravam de atribuições estritamente militar.

Mais tarde a aplicação de equipes de cientistas difundiu-se entre os países aliados, chamados para fazer pesquisa em operações militares, daí o nome PO. Depois de 1950, a PO invadiu a área industrial e encontrou seu aliado natural: o computador. Logo após, a PO se expandiu rapidamente e problemas cada vez mais complexos e com grande número de variáveis e equações puderam ser solucionados.

Diversos conceitos podem ser atribuídos na busca por uma definição de PO. Para Moreira (2007), a PO está relacionada ao uso de um método científico para tratar de problemas de condução e coordenação das operações em uma organização.

Colin (2007) define PO como sendo o uso de métodos matemáticos necessários para resolver problemas nos quais exista o desejo constante por otimização.

Outra definição interessante é a de Daft (1999) que sinaliza a PO como um conjunto de modelos de decisão com bases quantitativas utilizadas para auxiliar quem toma decisões.

Passos (2008) define PO como sendo a utilização de métodos científicos em problemas de setores econômicos, governamentais, militares, pessoal e material, além de outros diferentes setores, analisando e orientando os responsáveis a encontrar a melhor solução para os problemas.

Sendo assim, a PO é uma ciência aplicada, formada por um conjunto de técnicas que visa à determinação das melhores condições de aproveitamento dos recursos em uma situação na qual estejam perante restrições, sejam elas de ordem econômica, material, humana ou temporal.

A teoria das filas é uma técnica da PO que utiliza conceitos de matemática aplicada para analisar o fenômeno de formação de filas e suas características, sendo desenvolvida para resolver problemas de gargalos e dimensionamento de instalações.

A fila é formada por elementos esperando na linha para receber um serviço. Já o sistema de fila inclui a fila, o servidor e qualquer elemento que esteja sendo servido no momento.

De acordo com Moreira (2007), as pessoas associam a existência de filas a um excesso de demanda de um serviço sobre a capacidade de atendimento. Ou seja, há mais elementos a atender do que postos de serviço para atendimento. Isso é uma verdade, mas não é toda.

Às vezes, a capacidade de atendimento é o bastante, mas a própria dinâmica do sistema leva à formação de filas. Na sua maioria, é impossível programar as filas, pois as chegadas e os serviços são geralmente aleatórios.

Segundo Watson e Blackstone (1981), as características das filas de espera formam a base para sua classificação. A divisão do modelo de filas pode se basear no número de canais e fases. O número de canais descreve o número de linhas que existem em um sistema, podendo este ser classificado em simples ou múltiplo. Já o número de fases se refere ao número de instalações de serviço que um elemento pode passar antes de completar o serviço. Por este critério, o sistema pode ser classificado em monofásico ou multifásico.

De acordo com Buffa (1972), existem quatro estruturas básicas de situações de fila de espera. A situação mais simples ocorre quando os elementos que chegam formam uma fila única para serem atendidos por um único servidor. Caso se aumente o número de servidores, mas exista uma só fila de espera tem-se a situação de canais múltiplos monofásicos. No caso de uma linha simples e um número de servidores em série, pode-se dizer que há um canal simples multifásico. Por fim, existe o caso dos canais múltiplos multifásicos, que pode ser representado por duas ou mais linhas paralelas.

Para Watson (1981), existem três tipos de análise de sistemas de fila: tentativa e erro, analítico e métodos de simulação. Este estudo usará a simulação.

O projeto de um sistema pode evoluir na base de tentativa e erro para um sistema simples. Entretanto, para sistema complexo, esse método é inapropriado.

A outra abordagem está relacionada ao emprego do método analítico, onde são desenvolvidos modelos matemáticos e estatísticos que descrevem o comportamento do sistema. Essa abordagem deve ser usada sempre que possível; porém vários sistemas de filas são muito complexos para serem estudados através desse método.

Com o desenvolvimento dos computadores, o tempo requerido para a resolução de problemas complexos foi reduzido de modo considerável, ao se utilizar a simulação. O tempo de operação ficou mais curto e o de programação diminuiu com o uso de linguagens e de *softwares* de simulação.

Conforme Banks (1998), Harrell *et al.* (2000) e Law e Kelton (2000), a simulação computacional vem se mostrando uma ferramenta com grande potencial de apoio à tomada de decisão.

McLean e Leong (2001) afirmam que a simulação computacional é uma ferramenta capaz de reproduzir os diversos cenários e estimar os respectivos resultados, ou seja, através da simulação é possível estabelecer metas estratégicas de manufatura.

Segundo Saliby (1989), a simulação na PO consiste na realização de experimentos numéricos com modelos lógico-matemáticos.

A simulação a eventos discretos (ou simulação discreta) teve grande expansão nas últimas quatro décadas, ganhando contorno científico bem definido em congressos e periódicos especializados no assunto (RANGEL *ET AL*, 2012).

A simulação envolve a construção de um modelo que é predominantemente matemático. Entretanto, em vez de descrever diretamente o comportamento geral do sistema, o modelo de simulação descreve a operação do sistema em termos dos eventos individuais de cada componente do mesmo.

Conforme Hillier e Lieberman (1988), no procedimento de simulação, o sistema é subdividido em elementos cujos comportamentos possam ser preditos para cada um dos possíveis estados do sistema e suas entradas. Combinam-se, então, os elementos em sua ordem natural e faz-se com que o computador apresente o efeito das interações. Após sua construção, o modelo é ativado, a fim de simular a operação real do sistema e registrar seu comportamento agregado. Por meio da repetição de várias configurações alternativas e políticas de operação do sistema, e comparação de seus desempenhos, é possível identificar configurações próximas do ideal.

Ehrlich (1985) afirma que a simulação não fornece resultados que levem à otimização de um objetivo desejado. Para ele, é possível simular uma série de experimentos em diferentes condições e escolher a condição cujos resultados sejam mais aceitáveis.

Uma vez apresentada a fundamentação teórica sobre PO, sobretudo sobre teoria de filas e simulação, o enfoque deste artigo consistirá na simulação computacional de sistema dinâmico de eventos discretos. Para isso, será analisado um exemplo de sistema de fila de canal simples e multifásico, por meio da modelagem do processo de recebimento de uniformes da MB.

3. FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

A Base de Abastecimento da Marinha no Rio de Janeiro (BAMRJ) é um complexo logístico, cuja finalidade principal é consolidar, em uma mesma área, depósitos centrais que funcionam como Centros de Distribuição (CD) de materiais utilizados nas rotinas administrativas e operacionais da MB. Dentre os diversos CD, o Depósito de Fardamento da Marinha no Rio de Janeiro (DepFMRJ) tem papel de significativa importância no Sistema de Abastecimento da Marinha (SABM), uma vez que movimenta e manuseia itens essenciais na logística da Instituição.

Para uma melhor compreensão, a Figura 1 ilustra a movimentação do material, desde o fornecedor até o usuário final (militar).

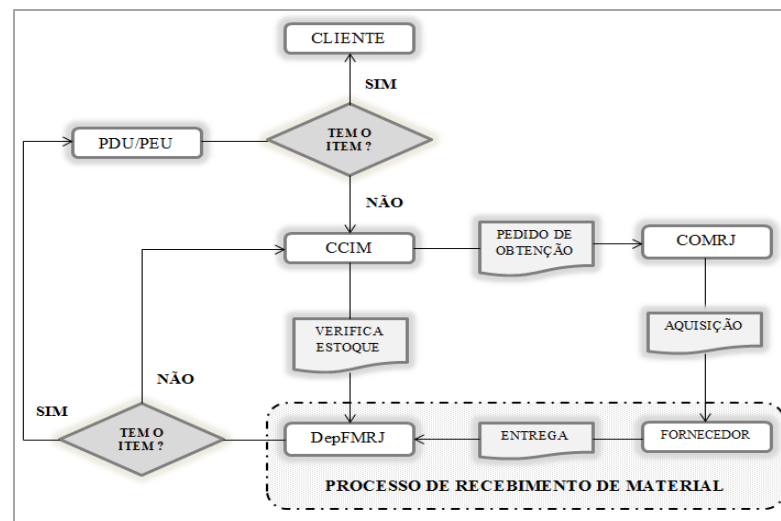


Figura 1 – Sistemática geral de uniformes na MB

Segundo Brasil (2009), cabe ao SABM o exercício da atividade de abastecimento na MB, sendo constituído de órgãos, processos e recursos com a finalidade de promover, manter e controlar o provimento do material necessário à manutenção das organizações em condição de plena eficiência. Assim, dentro do escopo do estudo, a sistemática geral de uniformes na MB está estruturada da seguinte maneira:

- Centro de Controle de Inventário da Marinha (CCIM): é o Órgão de Controle responsável pelo controle dos níveis de estoque e por ações de recompletamento, redistribuição e destinação de excessos.
- Centro de Obtenção da Marinha no Rio de Janeiro (COMRJ): é o Órgão de Obtenção no país responsável pela aquisição do material.
- Depósito de Fardamento da Marinha no Rio de Janeiro (DepFMRJ): é o Órgão de Distribuição responsável pelo recebimento, armazenagem e expedição de todos os itens de fardamento que fazem parte de linha de fornecimento do SABM.
- Base de Abastecimento da Marinha no Rio de Janeiro (BAMRJ) e Depósito Naval

do Rio de Janeiro (DepNavRJ): são as organizações que realizam a distribuição física do material DepFMRJ ao Centro de Acumulação de Material (CAM).

- Posto de Distribuição e de Encomenda de Uniformes (PDU/PEU): é o CAM de itens de fardamento. É o último link entre o usuário e o SABM. Pode-se dizer que é a loja que faz chegar ao cliente o produto que deseja adquirir.

A motivação pela procura por novas soluções de otimização das operações pauta-se na premissa de se buscar um nível ótimo de atendimento, ao menor custo possível. Para a MB, as atividades logísticas têm importância estratégica, uma vez que são vitais na manutenção de seu estado de prontidão e de aprestamento para a defesa nacional.

O estudo teve a finalidade de contribuir para o aumento da eficiência das operações logísticas do DepFMRJ, por meio da modelagem do processo de recebimento de uniformes, considerando como ponto de partida do modelo a data de entrega do material pelo fornecedor e, como término, a data da efetiva arrecadação do item no Sistema de Informações Gerenciais do Abastecimento (SINGRA).

Sendo assim, para a modelagem, foram consideradas todas as etapas que compõem o processo, sendo este representado na Figura 2.

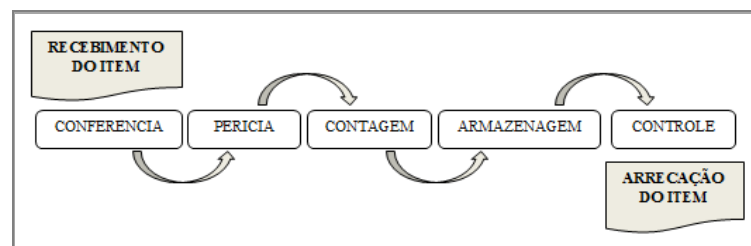


Figura 2 – Fluxo do processo de recebimento de uniformes

O estudo consistiu em criar um modelo que daria argumentos para possíveis adoções de estratégias que otimizassem os resultados do sistema, tornando o processo mais eficiente e eficaz no que diz respeito ao recebimento de material. Para isso, foram verificados os tempos despendidos para realização das etapas de conferência, perícia, contagem, armazenagem e controle.

Foi apresentado, ainda, o ponto crítico na logística interna do depósito, bem como proposta para solucioná-lo, a qual resultou em uma metodologia de modelagem com emprego de simulação computacional e sugestões de mudança de alguns procedimentos internos que contribuiriam para a formação dos gargalos.

Os objetivos foram os seguintes:

Objetivos gerais

- Construir um modelo de sequenciamento do recebimento do material, com o propósito de contribuir para análise de desempenho do processo.
- Implementar a modelagem desenvolvida no software de simulação.

Objetivos específicos

- Verificar a duração do ciclo das etapas envolvidas no processo de recebimento.
- Analisar o procedimento operacional empregado, levando-se em consideração a capacidade de recursos do depósito.

4. SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL

A simulação pode ser aplicada para várias situações dentro do campo da logística, por meio da avaliação da interação entre os componentes que integram o sistema. É utilizada, por exemplo, para análise de linhas de fabricação e montagem, de sistemas de armazenagem e até mesmo de movimentação de materiais.

Medição e controle de tempo em cadeias produtivas e logísticas podem ser úteis na formulação e execução de estratégias; e um modo de gerenciar o tempo como recurso produtivo é medir e controlar estes tempos (SELLITTO e WALTER, 2008).

Como mencionado anteriormente, este trabalho consistiu de um estudo de caso, cujo objetivo principal foi desenvolver e implementar um modelo de um processo específico do fluxo logístico do SABM, de modo a identificar gargalos no mesmo. Foi escolhido o processo de recebimento uniformes do DepFMRJ para análise através da simulação computacional.

Os passos utilizados para seu desenvolvimento foram os mesmos sugeridos por Law e Kelton (2000):

- Formulação do problema e planejamento do estudo
- Coleta de dados e definição do modelo
- Validação do modelo conceitual
- Construção do programa computacional e verificação
- Realização de execuções piloto
- Validação do modelo programado
- Projeto dos experimentos
- Realização das execuções de simulação
- Análise de resultados
- Documentação e implementação

A utilização da técnica de simulação para este estudo pode ser justificada pelos benefícios de economia de tempo e de recursos, sejam eles físicos ou financeiros. Além disso, pode-se afirmar que a modelagem é facilmente entendida em virtude da impressão que se tem do real controle e gerenciamento do modelo.

Todo o desenvolvimento do modelo foi realizado na versão *training* do *software* Arena (versão 14.0). O estudo apoiou-se, basicamente, de alterações nos recursos, parâmetros, funções e interações do sistema, com a finalidade de se verificar os efeitos dessas variações no modelo.

Segundo Prado (2010), o *software* Arena é representado por um ambiente gráfico integrado de simulação, que contém todos os recursos para modelagem de processos, desenho e animação, análise estatística e análise de resultados. Para a sua utilização não é necessário escrever nenhuma linha de código, pois todo o processo de criação do modelo de simulação é gráfico e visual, e de maneira integrada, porém há a possibilidade de escrita de código como alternativa ao modo gráfico.

De acordo com Prado (1999), o programa Arena surgiu em razão da junção dos programas SIMAN e CINEMA, em 1993. O SIMAN é uma linguagem de simulação e o CINEMA o primeiro programa para animação de simulação em PCs. No início, o *software* Arena possuía a linguagem SIMAN e era representado em formato gráfico. Entretanto, com o passar dos anos, passou por atualizações de versões até ser lançado para o Windows 95, sendo a primeira ferramenta de simulação a utilizar 32 bits. Após alguns anos, passou a possuir uma linguagem VBA e ser acessado por todos os aplicativos do MS Office e outros. Este *software* é um ambiente que engloba lógica e animação, além de dispor de ferramentas estatísticas para análise dos dados coletados, como o *Input Analyzer*.

Os principais elementos para a construção de modelos no *software* Arena estão reunidos no *Template Basic Process*, e são descritos a seguir:

- **CREATE**: este módulo de fluxograma serve para introduzir as entidades no modelo segundo intervalos de tempo definidos;
- **DISPOSE**: este módulo de fluxograma tem função inversa à do módulo *Create*. Ele tem a função de retirar as entidades do sistema;
- **PROCESS**: tem a função de representar qualquer ação dentro do sistema que leve um tempo para ser cumprida. Também é capaz de representar a ocupação de uma máquina ou operador (recurso);
- **DECIDE**: representa uma ramificação no fluxo do processo. Ele serve para alterar o rumo das entidades baseado em uma condição do sistema ou de um percentual probabilístico;
- **ENTITY**: reúne as definições e parâmetros referentes a todos os tipos de entidades usados pelo modelo;
- **RESOURCE**: relaciona todos os recursos usados no modelo. Por recurso, entende-se uma estrutura que será usada pela entidade, a qual irá despende uma certa quantidade de tempo neste processo.

O princípio de funcionamento do programa Arena está baseado na simulação de Monte Carlo. Este método é um exemplo bastante conhecido da aplicação do conceito relacionado à simulação computacional de um experimento aleatório, sendo considerado uma poderosa ferramenta de simulação estocástica, em razão de sua facilidade de aplicação para a análise da probabilidade de ocorrência de determinados eventos.

4.1. DESENVOLVIMENTO DAS SIMULAÇÕES

Inicialmente, foi definido o sistema que seria abordado no presente trabalho. O modelo para as simulações referiu-se a um sistema de fila, referente ao processo de recebimento de material do depósito de fardamento. Esse processo foi escolhido em virtude do alto tempo envolvido em sua operação, sendo esta constituída pelo período desde a entrega do item pelo fornecedor até sua disponibilização no SINGRA. Trata-se, portanto, de um exemplo de problema de fila inerente ao escopo do estudo e bastante comum em diversas organizações.

Foram realizadas algumas suposições sobre modelo:

- O intervalo de tempo entre as chegadas do material foi considerado um valor estocástico com distribuição de probabilidade conhecida, o que permitiu que o modelo fosse mais fiel à realidade;
- A probabilidade de uma chegada durante um intervalo de tempo específico permaneceu constante e independente do número de chegadas anteriores e do tempo de espera;
- Antes de estar disponível no SINGRA, o material recebido teve que passar necessariamente pelas cinco etapas do processo: CONFERÊNCIA, PERÍCIA, CONTAGEM, ARMAZENAGEM e CONTROLE; e
- O tempo gasto pelo material em cada etapa também foi considerado um valor estocástico com distribuição de probabilidade conhecida.

O modelo foi desenvolvido conforme o sistema real existente, sendo constituído por cinco estações de processamento. Na primeira estação, é realizada a conferência do material, por meio da verificação da conformidade do item que está sendo recebido com o documento emitido pelo Centro de Obtenção da Marinha e pelo fornecedor. Na segunda estação, uma amostra do item é conduzida para perícia, a fim de se certificar da adequação do material à norma técnica. Na terceira estação, é realizada a contagem do material recebido. Na quarta estação, o item é armazenado conforme localização indicada pelo SINGRA. Por fim, a quinta estação finaliza todo o processo de arrecadação, passando, assim, o item a estar disponível para fornecimento. Uma vez que o tempo de processo varia, filas de itens a serem processados se formam em frente às estações de processamento.

Um aspecto importante considerado foi que, por ocasião da entrada do item no sistema, os recursos de pessoal e de material estiveram sempre disponíveis. Por outro lado, outros aspectos da operação real foram desconsiderados. Por exemplo, não se diferenciou o tempo de preparação do tempo em que efetivamente a atividade foi executada. Esse e outros detalhes foram considerados desnecessários para o desenvolvimento do modelo deste estudo.

Para inserção no sistema das informações referentes ao tempo despendido em cada etapa do processo, dados foram coletados no DepFMRJ, a fim de se calcular o tempo médio de processamento de cada estação do modelo, sendo este representado pelas curvas de probabilidade obtidas pela ferramenta *Input Analyser* do *software* e apresentadas na Tabela 1. Os tempos foram dados em dias.

Tabela 1 – Curvas de probabilidade do modelo inicial

Processo	Distribuição de probabilidade
Conferência	$0.5 + 6 * \text{BETA} (0.34, 1.82)$
Perícia	$0.999 + 111 * \text{BETA} (0.59, 3.21)$
Contagem	$0.5 + 15 * \text{BETA} (0.673, 1.76)$
Armazenagem	$0.5 + 19 * \text{BETA} (0.318, 1.15)$
Controle	$0.5 + 9 * \text{BETA} (0.369, 1.06)$

Apesar de o modelo poder ser ampliado para incluir, por exemplo, múltiplos itens, este ficou restrito à simulação de filas de canal simples multifásico de um único item, tendo como argumento sua simplificação.

A parte de planejamento de estudo consistiu na definição de alguns outros aspectos, como configurações do sistema modelado, objetivos do estudo e medidas de desempenho.

Alguns termos referentes à teoria das filas foram correlacionados com os termos do sistema simulado:

- Entidades (clientes): correspondem aos itens do sistema. Apesar de os dados coletados terem se referido aos itens CAMISA BRANCA, CINZA e AZUL. Para o modelo, existiu apenas um tipo de item.
- Capacidade da fila (linha de espera): refere-se ao número admissível de itens na fila. No caso do modelo, a capacidade foi infinita.
- Canal de atendimento: canal simples com cinco estações de processamento (CONFERÊNCIA, PERÍCIA, CONTAGEM, ARMAZENAGEM e CONTROLE).
- Capacidade dos servidores: refere-se ao número de clientes sendo atendidos ao mesmo tempo. Foi utilizada a capacidade de dois itens para ESTAÇÃO PERÍCIA. Para as demais estações foi utilizada a capacidade de um item.

- Estratégias de admissão: todos os itens foram admitidos no sistema.
- Chegada dos clientes: considerou-se que os itens chegavam de acordo com uma distribuição de Poisson. Essa distribuição corresponde aos sistemas de filas em que a chegada de uma entidade independe da chegada da outra.
- Prioridade da fila: diz respeito ao método de decisão de atendimento do cliente. No modelo, o item que chegou primeiro foi atendido primeiro.
- Tamanho da população: para o modelo a população foi considerada infinita.
- Tempo entre chegadas: seguiu uma distribuição exponencial negativa, segundo uma curva também obtida através da ferramenta *Input Analyser* do *software*. A distribuição que mais se aproximou dos dados observados foi: $0.5 + EXPO$ (8.35).
- Tempo de processamento: seguiu a distribuição de cada etapa já apresentada na Tabela 1.

O sistema foi estudado a partir da variação dos parâmetros do modelo, em que foram obtidas novas curvas de distribuição, resultantes da redução, pela metade, dos tempos de processamento observados inicialmente. As novas distribuições constam na Tabela 2.

Tabela 2 – Curvas resultantes da alteração no tempo de processamento

Processo	Distribuição de probabilidade
Conferência	$-0.5 + EXPO$ (0.962)
Perícia	$0.5 + GAMM$ (4.57, 1.6)
Contagem	$0.5 + 7 * BETA$ (0.81, 2.1)
Armazenagem	$0.5 + 9 * BETA$ (0.419, 1.53)
Controle	$-0.5 + 5 * BETA$ (0.586, 1.37)

As novas distribuições de probabilidade referem-se à redução dos valores do tempo de processamento de todas as estações, simulando o emprego de melhores recursos, capazes de aumentar a eficiência das operações. A partir da combinação desses novos parâmetros com os anteriores, foram obtidos trinta e dois modelos.

Para avaliação da eficácia das diferentes configurações do sistema, foram utilizadas algumas medidas de desempenho:

- Tempo médio no sistema: tempo médio desde a chegada do item (ESTAÇÃO CONFERÊNCIA) até o término do seu processamento (ESTAÇÃO CONTROLE).
- Tamanho máximo das filas: quantidade de itens em espera para processamento.
- Itens processados: quantidade de itens atendidos por todas as estações.
- Eficiência do sistema: relação entre o número de itens que chegaram e o número de itens processados em determinado período.

Os dados relativos ao sistema, coletados no depósito, referem-se aos recebimentos dos itens CAMISA BRANCA, CINZA e AZUL, durante os meses de janeiro a outubro de 2012. Os valores resultantes das distribuições de probabilidades foram utilizados como entradas no modelo. Os componentes, variáveis, parâmetros e relações funcionais foram especificados nesta etapa.

Para Harrel *et al.* (2004) a coleta de dados é um dos pontos mais importantes do processo de simulação, uma vez que, se os dados não forem consistentes, o modelo também não será.

A validação do modelo foi realizada através de sua análise detalhada, bem como por meio de consultas a alguns setores do DepFMRJ. O objetivo foi garantir a veracidade das suposições do modelo, tornando menor a probabilidade de erros.

A lógica do modelo final é mostrada na Figura 3. Note-se que nele constam as cinco etapas correspondentes ao sistema real: Seção de Recebimento para conferência, Seção de Perícia, Seção de Recebimento para contagem, Seção de Armazenagem e Seção de Controle. No módulo “INÍCIO DO PROCESSO”, simulou-se a entrega do item no depósito.

Nos módulos “CONFERÊNCIA”, “PERÍCIA”, “CONTAGEM” e “ARMAZENAGEM” estão as estações de processamento, assim como, suas respectivas estações de trabalho que servem para informar que a entidade ocupou uma estação.

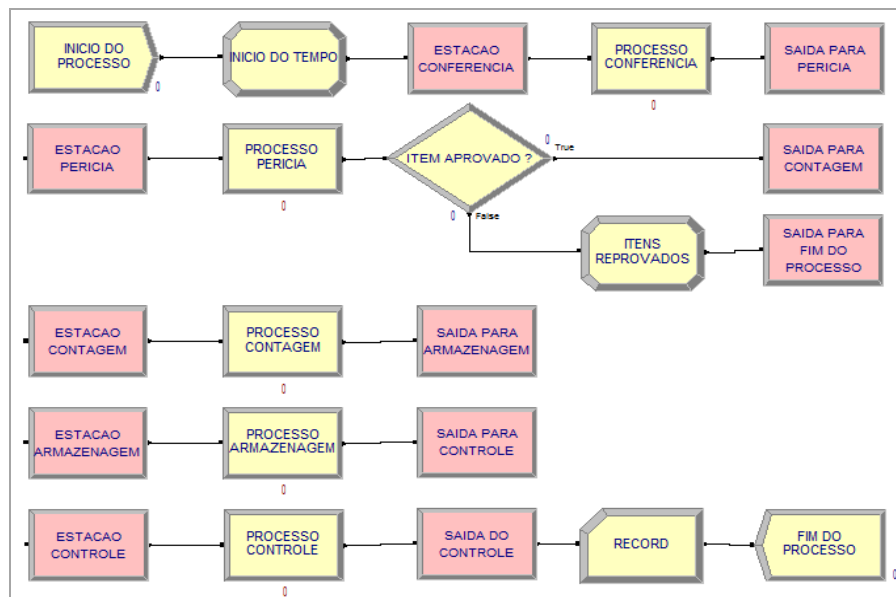


Figura 3 – Ilustração lógica do modelo

Diversas experimentações foram realizadas no modelo de simulação, com o objetivo de fornecer dados para a validação do modelo programado.

A validação do modelo foi realizada pela comparação dos resultados obtidos na simulação do modelo com os dados coletados do sistema real. Além disso, foram realizadas consultas aos operadores do sistema, a fim de se coletar informações acerca da operação em si.

Foi definido o número de simulações que seriam realizadas, a partir da variação dos parâmetros de cada estação. A combinação desses fatores resultou em trinta e dois modelos que foram simulados no programa.

Além disso, determinou-se como condição inicial da simulação um sistema de fila totalmente vazio, sem nenhum item.

À medida que as simulações foram executadas, cada uma apresentando uma configuração diferente para o parâmetro “tempo de processamento”, foi possível observar o comportamento das principais variáveis do sistema.

Para aumento da capacidade de processamento do sistema duas maneiras poderiam ser testadas: a primeira seria aumentando-se o número de estações de processamento da etapa e a segunda diminuindo-se o tempo de processamento da estação. Partiu-se do princípio que ambas as soluções seriam equivalentes. Portanto, foi adotada a segunda alternativa.

A Tabela 3 apresenta os resultados mais significativos das simulações realizadas.

Tabela 3 - Resultados das simulações

Modelo	Tempo médio no sistema (dias)	Tamanho máximo das filas					Itens processados	Eficiência do sistema (%)
		C1	P	C2	A	C3		
1	39,9	1	10	1	3	1	23	62,2
2	38,4	1	10	1	5	1	23	62,2
3	30,4	2	13	2	2	2	31	64,6
5	38,5	1	17	1	3	2	21	62,5
9	24,9	2	2	2	5	1	32	92,1
11	22,9	2	5	5	2	2	42	93,3
16	18,8	3	2	1	1	1	25	80,6
17	42,4	2	28	1	1	1	16	34,8
28	20,1	3	8	3	1	1	41	93,2
32	17,8	1	4	3	3	3	47	95,9

Legenda: C1 – Conferência; P – Perícia; C2 – Contagem; A – Armazenagem; e C3 – Controle.

O MODELO 1 representa a situação inicial do sistema. Observa-se que o aumento da capacidade de atendimento surtiu mais efeito quando este foi aplicado aos pontos de gargalo. Entretanto, quando o tempo de processamento foi reduzido apenas nesta etapa, houve uma transferência do gargalo a outro ponto do sistema. Ainda assim, mesmo com a restrição, pôde-se notar um aumento do número de itens processados. Foi o caso do MODELO 9.

Nas situações em que o tempo de processamento das estações, que não eram gargalos, foi alterado, duas situações foram observadas. Na primeira situação, quando o tempo foi reduzido em uma etapa posterior ao gargalo, não houve aumento da quantidade de itens que chegavam nessa etapa. A eficiência do sistema permaneceu praticamente a mesma (MODELOS 2, 3 e 5). Nesse caso, poderia ser caracterizada alta ociosidade e custo desnecessário. Na segunda situação, quando o tempo foi reduzido em uma etapa anterior a do ponto de estrangulamento, situação ficou ainda pior. O gargalo permanecia agindo como um limitador. A estação que antes já estava sobrecarregada, agora teve que processar um número ainda maior de itens enviados pelas etapas anteriores. A fila cresceu bastante. Foi o caso do MODELO 17.

Pode-se concluir que o aumento da capacidade do sistema deve ser sempre aplicado aos pontos de restrição, devendo ser repetido até que se alcance a capacidade e o tempo de processamento desejado, ou até que os limites dos recursos sejam atingidos.

Quanto ao tempo médio de processamento, verificou-se que este seria tanto menor quanto melhor fosse o equilíbrio entre as diferentes etapas do processo. Isso quer dizer que, à medida que cada item fosse saindo da etapa, este deveria encontrar a próxima estação livre que, por sua vez, deveria ter acabado de processar outro item. Tal situação pôde ser vista nos MODELOS 16 e 32.

Com relação ao tamanho máximo das filas de cada estação, pôde-se verificar que existiu uma forte ligação com a eficiência do sistema. Entretanto, a aleatoriedade do mesmo fez com que houvesse algumas incoerências entre esses dois valores. Isso quer dizer que, em determinado momento, uma grande quantidade de entidades chegou ao sistema e, portanto, ocorreu um congestionamento. Esse aumento momentâneo no tempo de processamento dos

itens foi absorvido por ocasião do cálculo da média, permanecendo, ainda assim, o valor do pico elevado. Tal fato pôde ser observado pela comparação dos MODELOS 11 e 28.

O cenário criado para animação da modelagem proposta, contendo os recursos, entidades, processos e filas e as medidas de desempenho está ilustrado na Figura 4.

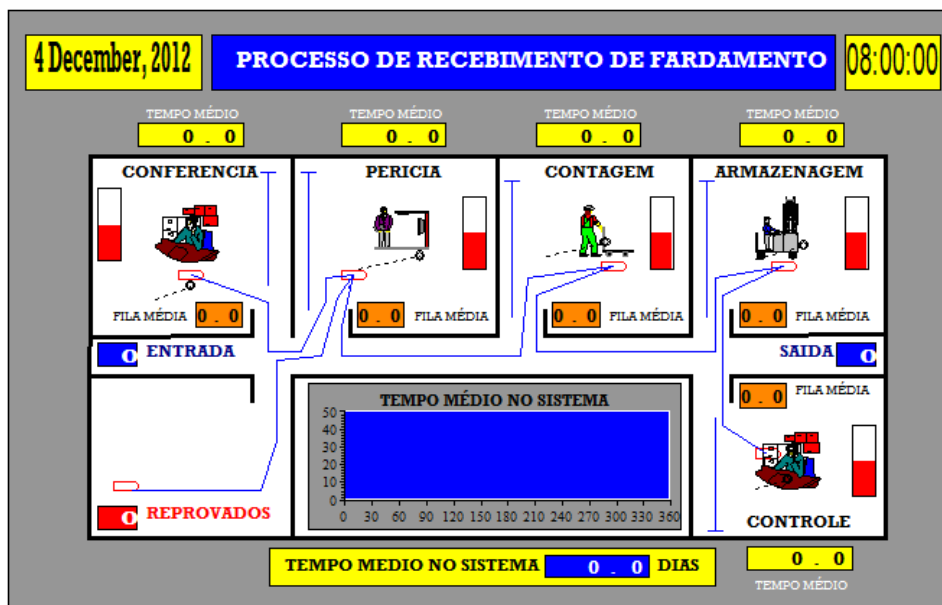


Figura 4 – Cenário das animações

É importante registrar sobre as observações realizadas que cada caso possui suas particularidades e que aliar o conhecimento prévio do sistema com o conhecimento adquirido através das simulações pode revelar uma maneira de apresentar a resposta de um problema que antes poderia parecer não ter solução.

Os dois últimos passos do estudo da simulação foram a documentação e a implementação. A primeira referiu-se ao registro dos resultados obtidos, bem como, dos modelos criados, por meio do desenvolvimento deste estudo. Com relação à segunda, pode-se dizer que a mesma está geralmente relacionada a aspectos políticos, econômicos e ambientais. Este trabalho se deu, tão somente, ao estudo e compreensão de um caso específico da MB, não tendo sido, portanto, desenvolvido para sua implementação.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A MB necessita de condições que a auxilie a transformar os desafios desse ambiente em oportunidades de negócio. Para isso, a Instituição depende que seus profissionais estejam aptos a tomar decisões rápidas e eficazes, por meio da aplicação de seus conhecimentos e, além disso, que façam uso de ferramentas que os auxiliem no processo de tomada de decisão.

Hoje em dia, o investimento em novas tecnologias é alto e bastante arriscado, porém é fundamental para o bom desempenho de uma organização. Para a garantia da eficácia desse investimento é necessário o uso de recursos que minimizem seu risco. Um desses recursos é a simulação computacional.

Acredita-se que a formação de uma equipe de profissionais especializados na técnica de simulação, responsável por buscar alternativas para a solução dos problemas logísticos, traria significativa relevância nas informações que seriam geradas para assessorar as decisões do alto comando do SAbM.

6. CONCLUSÃO

O objetivo principal deste trabalho foi demonstrar a aplicação prática da simulação computacional no dimensionamento de filas, modelando-se o processo de recebimento de uniformes da MB.

Pode-se dizer que o mesmo foi atingido, na medida em que a operação de recebimento foi desenvolvida no *software* de simulação e aplicada na prática.

Além disso, os objetivos secundários também foram atingidos, com a medição e análise dos tempos das etapas envolvidas no processo e a verificação do procedimento operacional empregado, bem como, da capacidade dos recursos existentes no DepFMRJ.

A ideia central deste estudo consistiu em analisar as características do comportamento e o entendimento dos efeitos da mudança de um processo específico do SAbM, de modo que pudesse oferecer alternativas de solução para entraves no fluxo logístico. O desafio foi saber se a simulação é uma ferramenta eficiente para o estudo de problema de filas e identificação de gargalos.

Foi possível constatar algumas vantagens do uso da simulação. Dentre elas, cita-se o fato de ter permitido a experimentação de decisões alternativas no processo do DepFMRJ, sem intervenções nas suas operações reais. Outra vantagem constatada foi a de observar a capacidade da simulação de comprimir o tempo, permitindo-se conhecer, rapidamente, as consequências de longo prazo das decisões tomadas.

Notou-se, ainda, que a simulação teve que ser utilizada de modo bastante coerente. Os passos do estudo tiveram que ser seguidos sistematicamente e os dados coletados, analisados com cuidado.

O desenvolvimento da simulação mostrou-se muito valioso, uma vez que foi adequado à análise de diferentes cenários e políticas operacionais e à formação de conceitos do modelo estudado. Isso pôde ser observado através da maneira como a simulação do processo do DepFMRJ foi capaz de transformar um problema não estruturado em uma grande fonte de conhecimento.

Por fim, levando-se em consideração que o caso aqui apresentado é simples, cabe registrar que as observações e conclusões levantadas respondem por apenas uma parte da análise que poderia se fazer do processo. Pode-se concluir que a simulação oferece uma diversidade de meios e ferramentas para análise de cada ponto crítico do sistema real.

7. SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS

A partir do exposto, sugere-se que outros estudos sejam realizados para melhorar e consolidar a metodologia apresentada, inclusive, respeitando as diversas especificidades, aqui não analisadas. Os seguintes pontos podem ser incluídos para futuros desenvolvimentos:

- Ampliação do modelo com a inclusão de múltiplos itens, de modo a propiciar uma maior aproximação ao sistema real;
- Aumento do grau de complexidade, através da previsão de ocorrência de situações de não conformidade, em todas as etapas, bem como, da inclusão, no modelo, dos agentes externos participantes do processo; e
- Inserção do componente custo nos modelos desenvolvidos, visando à garantia de uma melhor análise dos resultados.



8. REFERÊNCIAS

- BANKS, J. *Handbook of Simulation: Principles, Methodology, Advances, Applications and Practice*, 1ª edição, Wiley-IEEE, 1998.
- BRASIL. Marinha do Brasil. Secretaria Geral da Marinha. Normas para execução do abastecimento: SGM-201. 6ª rev. Brasília, 2009.
- BUFFA, E. S. *Administração da produção*. Rio de Janeiro: LTC, 1972.
- COLIN, C. C. *Pesquisa Operacional: 170 aplicações em Estratégia, Finanças, Logística, Produção, Marketing e Vendas*. Rio de Janeiro: LTC, 2007.
- DAFT, R. *Administração*. Rio de Janeiro: LTC, 1999.
- EHRlich, P. J. *Pesquisa operacional: curso introdutório*. São Paulo: Atlas, 1985.
- HARREL, C. R.; BATEMAN, R. E.; GOGG, T. J. E MOTT, J. R. A. *System Improvement Using Simulation*, 1ª edição, McGraw-Hill, 2000.
- HARRELL, C.R.; GHOSH, B.K. E BOWDEN, R. *Simulation Using ProModel*, 2ª edição, McGraw-Hill Professional, 2004.
- HILLIER, F. S.; LIEBERMAN, G. J. *Introdução à pesquisa operacional*. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1988.
- LACERDA, Daniel Pacheco; RODRIGUES, Luis Henrique; SILVA, Alexandre Costa da; *Avaliação da sinergia entre a engenharia de processos e o processo de pensamento da teoria das restrições / Evaluating the synergy of business process engineering and theory of constraints thinking process*. Prod. 21(2): 284-300, ILUS, TAB. 2011 Jun.
- LAW, A.M.; KELTON, W.D. *Simulation Modeling and Analysis*. Boston: McGraw-Hill, 2000.
- MCLEAN, C.; LEONG, S. *The Role of Simulation in Strategic Manufacturing. Proceedings of the 33rd Conference on Winter Simulation*, 1478-1486, 2001.
- MILARÉ, Sueli Aparecida; YOSHIDA, Elisa Medici Pizão. *Intervenção breve em organizações: mudança em coaching de executivos*. Psicol. estud. 14(4): 717-727, TAB. 2009 Dec.
- MOREIRA, D. A. *Pesquisa operacional: curso introdutório*. São Paulo: Thomson, 2007.
- PASSOS, E. J. P. F. *Programação linear como instrumento da pesquisa operacional*. São Paulo: Atlas, 2008.
- PASTORE, P.; GUIMARÃES A. M. C.; DIALLO M. *Simulação computacional aplicada à logística de distribuição de uniformes da Marinha do Brasil*. Rio de Janeiro. XXX ENEGEP, 2010 Out.
- PRADO, D. S. *Usando o Arena em simulação*. Belo Horizonte: INDG Tecnologia e Serviços Ltda., 2010.
- PRADO, D. *Usando o Arena em Simulação*. Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial, 1999.
- RANGEL, J.J.A.; SOUZA, A.A.; BASTOS, P.J.T.; BAPTISTA, R.C.T. *Simulação a eventos discretos para treinamento em sistemas de controle*. PO Desenvolvimento. V.4N.A.2012.
- SALIBY, E. *Repensando a simulação: a amostragem descritiva*. São Paulo: Atlas, 1989.
- SELLITTO, Miguel Afonso; WALTER, Cláudio. *Medição e controle do tempo de atravessamento em um sistema de manufatura / Measurement and control of lead-time in a manufacturing system*. Gest. Prod. 15(1): 135-147, ILUS, GRA, TAB. 2008 Apr.
- SOBRAPO. Sociedade Brasileira de Pesquisa Operacional. Disponível em <<http://www.sobrapo.org.br>>. Acesso em: 19 de setembro de 2012.
- WATSON, H. J.; BLACKSTONE Jr., J. H. *Computer simulation*. New York: John Wiley & Sons, 1981.