

## Avaliação da implementação de um Sistema de Gestão de Estoques através da Simulação de Eventos Discretos

Jefferson Vinicius Ferreira dos Santos Silva (Universidade Federal de São João del-Rei) [jvssilva@outlook.com](mailto:jvssilva@outlook.com)

Rafaela Heloisa Carvalho Machado (Universidade Federal de São João del-Rei) [rafaela.h.machado@gmail.com](mailto:rafaela.h.machado@gmail.com)

Leandro Reis Muniz ((Universidade Federal de São João del-Rei) [leandro.reis@ufsj.edu.br](mailto:leandro.reis@ufsj.edu.br)

Allexandre Fortes da Silva Reis ((Universidade Federal de São João del-Rei) [afortes@ufsj.edu.br](mailto:afortes@ufsj.edu.br)

Caroline Kuhl Gennaro (Universidade Metodista de Piracicaba) [caroline\\_kuhl@yahoo.com.br](mailto:caroline_kuhl@yahoo.com.br)

### Resumo:

A eficiência operacional é um tema recorrente na indústria, em um mercado globalizado o assunto se torna, cada vez mais, discutido e necessário no ambiente nacional. Diante deste cenário, a busca por redução de capital investido nas empresas é uma realidade. Este estudo avaliou a utilização de uma ferramenta de gestão de estoques do ERP no almoxarifado de uma indústria siderúrgica, através da simulação utilizando o *software* de simulação Arena®, com o objetivo de diminuir a necessidade de tarefas manuais, trazer o aumento da confiabilidade e a consequente redução do nível de estoques sem que a capacidade operacional fosse afetada. Além disso, o modelo do sistema atual foi submetido à experimentação no *software* de otimização OptQuest® com o objetivo de propor melhorias no sistema atual. Além da avaliação positiva da implementação da ferramenta no sistema atual, foi possível obter uma redução significativa nos custos totais trabalhando com os principais parâmetros da ferramenta.

**Palavras chave:** Simulação de eventos discretos, Gestão de estoques, Otimização.

## Evaluation of the implementation of a Inventory Management System through the Discrete Event Simulation

### Abstract

Operational efficiency is a recurring theme in industry, in a globalized market the subject becomes, increasingly, discussed and necessary in the national environment. Given this scenario, the search for capital invested reduction in companies is a reality. This study evaluated the use of an ERP inventory management tool in the warehouse of a metallurgical industry through the simulation using the Arena® simulation software, aiming at reducing the need for manual tasks, bring to increase the reliability and the consequent reduction in the level of inventories without affecting operational capacity. In addition, the current system model was submitted to experimentation in OptQuest® optimization software with the purpose of proposing improvements in the current system. Besides the positive evaluation of the implementation the ERP tool in the current system, it was possible to obtain a great reduction in the total costs testing the changes in the main parameters of products.

**Key-words:** Discrete event simulation, Inventory management, Optimization.

## 1. Introdução

O aumento da competitividade entre as empresas, acirrado pelo nivelamento de produtos e serviços alcançado com a globalização, que facilita o acesso à produtos de diferentes localizações geográficas torna cada vez mais importante voltar a atenção para os processos internos da empresa a fim de alcançar um diferencial competitivo (DURSKI, 2003).

Nesse cenário, a gestão eficiente dos estoques é um poderoso aliado na redução de custos, além da garantia de produtividade e de menores prazos de atendimento ao cliente, fatores estes, que contribuem para um melhor posicionamento da empresa no mercado.

O surgimento de ferramentas computacionais, como os sistemas de gestão integrados ou ERPs, do inglês *Enterprise Resource Planning*, permitiu um maior controle dos diferentes processos da empresa, entre eles a gestão de estoques que é objeto deste estudo. Devido à centralização das informações dos diversos departamentos da organização, esses sistemas permitem um alto grau de integração e automação dos processos, além de fornecer dados para os níveis tático e estratégico a fim de facilitar a tomada de decisão. Devido a esses motivos, esses sistemas são grandes aliados das organizações na busca por competitividade.

A implementação de sistemas de gestão de estoque pode gerar impactos indesejados na cadeia logística e alcançar resultados contrários aos esperados. Diante desse cenário, comparar e avaliar a eficácia desses sistemas se torna essencial na busca de bons resultados. Contudo, a avaliação de todas as possíveis configurações de estoque se mostra uma tarefa complexa.

Visto da dificuldade de se testar estes cenários em ambiente real, devido à alta aplicação de recursos financeiros e dos impactos indesejados, a simulação se mostra uma ferramenta adequada para a execução dessas avaliações. Já utilizada em larga escala em segmentos específicos como a saúde e *call centers* (SAKURADA, 2009), a simulação de eventos discretos permite a simulação de modelos cujas variáveis mudam de estado instantaneamente em pontos específicos do tempo, como é o caso da cadeia de suprimentos.

O presente estudo visa avaliar a eficácia da utilização de um sistema de reposição automática de estoques no almoxarifado de uma indústria siderúrgica, através da simulação de eventos discretos utilizando o software *Arena*®.

## 2. Metodologia

A metodologia de simulação utilizada para a aplicação do caso deste estudo foi definida pela abordagem apresentada por Chwif (1999), que pode ser dividida em três etapas. São elas a concepção, a implementação e a análise. Na etapa de concepção o sistema deve ser analisado de modo a construir um modelo abstrato do sistema e devem ser realizadas as coletas de dados, dirigidas pelo modelo conceitual.

Na etapa seguinte, o modelo computacional deve ser implementado em computador sendo verificado e validado. Por fim, na terceira etapa, são realizados experimentos com o modelo, alterando-se parâmetros do processo. Estas mesmas etapas estão previstas nos modelos de simulação de Law e Kelton (1991) e Banks (1998).

## 3. Gestão de estoques

A gestão de estoques é, há muito tempo, objeto de estudo tanto na área acadêmica, quanto nas organizações. Este tipo de gestão constitui “uma série de ações que permitem ao

administrador verificar se os estoques estão sendo bem utilizados, bem localizados em relação aos setores que deles se utilizam, bem manuseados e bem controlados” (MARTINS *et al.*, 2009).

Apesar das vantagens operacionais da manutenção de estoques, os mesmos podem representar altos custos. Daí a necessidade de gerir os estoques, buscando o ponto de equilíbrio entre o estoque zero e o atendimento total da demanda. Aplicações do *just-in-time* se tornam cada vez mais importantes nesse contexto.

Além destes aspectos internos, influenciando diretamente os resultados da empresa, temos ainda de considerar os aspectos externos. Uma boa gestão de estoques pode refletir em vantagens competitivas no mercado de atuação, se tornando um grande diferencial.

O estoque pode ser definido como qualquer material que uma empresa possui e que esteja disponível para suprir alguma necessidade futura, sua ou de seus clientes. Este pode estar distribuído em matérias primas, produtos em processo, produtos acabados ou materiais de consumo em uma indústria.

De acordo com Assaf Neto (2003, *apud.* ROGER *et al.*, 2004), pode-se dividir os estoques em quatro tipos:

- Mercadorias e Produtos Acabados;
- Produtos em elaboração;
- Matérias Primas e Embalagens; e
- Materiais de Consumo e Almoxarifado.

Dependendo da atividade fim de uma empresa, diferentes tipos de ativos podem ser classificados como estoque. Por exemplo, em uma construtora ou incorporadora, o estoque pode ser composto por terrenos ou construções, em andamento ou finalizadas.

Cada tipo de estoque tem sua importância para a empresa. O estoque de matérias primas permite uma certa facilidade na programação da produção. Por sua vez, o estoque de produtos acabados, permite um atendimento imediato ao seu cliente. Além disso, a manutenção de estoques pode evitar a falta de material em períodos de baixa oferta, ou mesmo evitar aquisições em períodos de preços altos.

A manutenção de estoques é importante para a continuidade das operações nas empresas. Porém, é necessário frisar que, apesar de contribuírem para geração de lucro, o investimento em estoque reduz a rotação geral dos recursos (devido à falta de liquidez desses ativos), reduz a rentabilidade geral da empresa e gera custos decorrente da sua manutenção (ROGERS *et al.*, 2004).

A curva ABC consiste na classificação dos itens de estoque em ordem decrescente de acordo com sua representatividade. Os itens de maior valor ou de maior consumo, são classificados como classe A, e os itens de menor valor e menor consumo, classificados como C. Os produtos intermediários, são classificados como B (SINISGALL *et al.*, 2009).

A classificação dos itens é realizada pelo cálculo do custo total do estoque, obtido pela multiplicação do valor unitário do item (em unidades monetárias) pelo consumo total no período analisado.

$$\text{Custo Total} = \text{Valor Unitário} \times \text{Consumo Total}$$

Para a classificação, os itens são ordenados conforme o Custo Total, em ordem decrescente e são atribuídos percentuais para cada classe. E, então, os primeiros itens são classificados como A, até atingir o percentual acumulado igual ao atribuído de acordo com os critérios estabelecidos pela empresa, e assim, sucessivamente para as classes B e C.

A aquisição de recursos é ponto essencial na gestão de estoques, tanto no ponto de vista de atendimento das demandas, internas ou externas, quanto da redução de custos de manutenção de estoques, através do balanceamento de número de aquisições e do estoque médio.

Tratando de gestão de estoques de materiais de consumo e almoxarifado, podemos citar dois principais modelos de gestão de estoques, de acordo com Martins *et al.* (2006): o sistema de reposição periódica e o sistema de reposição contínua.

O sistema de reposição periódica considera um valor de estoque máximo para os itens e, após um período definido, é feita a contagem do estoque e feita uma aquisição. A quantidade adquirida é igual ao estoque máximo menos a quantidade em estoque.

$$\text{Quantidade do pedido} = \text{Estoque Máximo} - \text{Estoque Atual}$$

Já o sistema de reposição contínua consiste em disparar um processo de compra de um lote padrão, quando o estoque atinge o nível de “ponto de pedido”. O ponto de pedido é calculado pela multiplicação do consumo médio pelo tempo de reposição. É importante que o tempo de reposição contemple não só os prazos para compra e entrega do pedido, como também, os prazos do processo de compras.

$$\text{Ponto de Pedido} = \text{Consumo Médio} \times \text{Tempo de Reposição}$$

Quando tratamos de matérias primas e embalagens, geralmente, são utilizados outros modelos de gestão de estoques que não serão abordados neste trabalho.

Os custos de estoque são calculados com base nos custos diretamente proporcionais, como o custo de capital, os inversamente proporcionais, como custo de carregamento de estoques, e os custos independentes (SOUZA, 2000).

Visando a redução dos custos totais de estoques, o cálculo do lote econômico de compras consiste na obtenção do número ótimo de itens para compra de modo a minimizar ao máximo os custos de manutenção e os custos de carregamento de estoque. Como pode ser calculado conforme a equação.

$$LEC = \sqrt{\frac{2C_p \times D}{C_a + i \times P}}$$

Em que LEC representa o Lote Econômico de Compras,  $C_p$  representa o custo por pedido,  $D$  a demanda,  $C_a$  o custo de armazenagem,  $i$  a taxa de juros correntes e  $P$  o preço de compra.

O estoque de segurança são os itens que compõe o estoque como uma margem para variações de consumo e variações no prazo de carregamento de estoques, evitando a falta dos itens. O cálculo do tamanho do estoque de segurança pode variar conforme vários fatores, como o tipo de indústria, a localização geográfica ou a criticidade do item, por exemplo.

#### 4. Simulação de eventos discretos

A simulação computacional é a imitação de um processo ou sistema do mundo real, segundo Banks *et al.* (2013), com o objetivo de avaliar o seu funcionamento, com o auxílio de um computador. É, portanto, uma metodologia que busca descrever o comportamento de um

sistema e produzir dados que permitam identificar e analisar importantes aspectos do sistema, assim como, identificar e estudar possíveis melhorias.

A simulação computacional é possível a partir da modelagem do sistema, que se trata de uma simplificação do sistema real. Como salienta Banks (1998), apesar de um modelo ser uma representação simplificada de um sistema em estudo, deve conter o nível de detalhamento necessário e suficiente para que represente o sistema de maneira válida e permita a análise das variáveis em estudo.

Além de ser uma ferramenta de análise de cenários, seja pela alteração de variáveis chave ou pela utilização de diferentes modelos, a simulação pode ser combinada com algoritmos de otimização. Dessa forma, o sistema pode ser otimizado com base em um ou mais objetivos, a partir da avaliação de “n” cenários.

Os projetos de simulação são constituídos por diversas fases, entre elas a coleta e tratamento dos dados do problema, a construção e validação do modelo conceitual, o desenvolvimento do modelo computacional, a experimentação e a interpretação dos resultados.

#### 4.1 Otimização

A simulação computacional se mostra como uma ferramenta adequada para a realização de testes de cenários, tornando viável a realização de inúmeros testes a um custo baixo. Contudo, a simulação por si só é uma ferramenta de avaliação de soluções e não de geração de soluções, como descrita por Chwif e Medina (2015).

Nesse contexto, a utilização de técnicas de otimização associadas à simulação computacional se mostra uma abordagem eficiente para a melhoria de sistemas, devido à facilidade e rapidez com que se é possível obter os resultados necessários à avaliação.

A otimização de um sistema pode ser feita através de uma função objetivo, que busca maximizar ou minimizar os resultados, e de restrições, que delimitam os valores que as variáveis do sistema podem assumir. Em geral os softwares de simulação e otimização utilizam algoritmos genéticos, atuando iterativamente com os modelos computacionais, fornecendo os valores das variáveis a serem simuladas e recebendo o valor da função objetivo, tendo como resultado final os valores ótimos das variáveis de interesse, como mostrado na Figura 1.

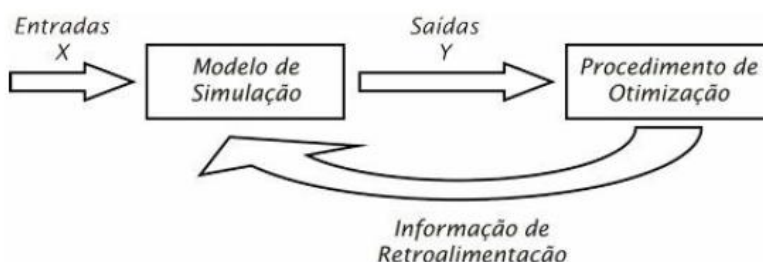


Figura 1- Funcionamento dos Algoritmos Genéticos  
Fonte: Chwif e Medina (2015)

## 5. Estudo de simulação

A empresa em que o estudo foi conduzido atua no setor de siderurgia de alumínio, fornecendo principalmente antelgas de alumínio para as indústrias de ligas mecânicas no mercado nacional e mundial.

A qualidade dos seus produtos está altamente relacionada com a qualidade das matérias primas e a conformidade dos processos produtivos. Nessa condição, fatores como o suprimento de matérias primas, materiais auxiliares de produção e insumos para a manutenção dos equipamentos se tornam fatores estratégicos para a empresa. Para esses itens, é necessário manter um alto nível de serviço.

Por outro lado, a manutenção de altos níveis de estoque desfavorece a competitividade no mercado, o que torna a gestão de estoques e suprimentos essencial para a longevidade da empresa. Nesse sentido, a necessidade de automatização dos processos de gestão de estoques e suprimentos se torna evidente, visto que processos manuais não se mostram eficientes na busca da otimização dos custos com estoque.

O almoxarifado faz a gestão dos itens de estoque classificados como materiais auxiliares de produção, embalagens, materiais de consumo e itens de manutenção, além de equipamentos de proteção individual (EPIs).

Atualmente, todas as movimentações dos itens em estoque são controladas pelo ERP, ou seja, entrada de notas fiscais, requisições ao almoxarifado e baixas de estoques. Porém, as solicitações de compras para reposição de estoques são realizadas manualmente a partir da visualização do nível de estoque pelos colaboradores do almoxarifado.

Para auxiliá-los nessa tarefa, os colaboradores fazem anotações dos itens que são requisitados e, diariamente, é baixada uma planilha de estoques do sistema ERP. Cabe ao colaborador responsável verificar o nível de estoque de todos os itens e solicitar a compra dos itens necessários. Assim, de forma qualitativa, as solicitações de compras podem ser realizadas a partir da identificação visual de baixo nível de estoque.

O controle de nível e de reposição de estoques fica sujeito ao conhecimento e às inferências do colaborador responsável, ocasionando aumento do estoque e, ao mesmo tempo, alto índice de faltas. De posse dessas informações, a gestão do departamento de suprimentos, na busca pela melhoria dos indicadores do departamento e redução dos estoques, propôs a implementação do sistema de reposição contínua suportado pelo sistema ERP da empresa, visto que dados de consumo e reposição estão registrados no sistema há 5 (cinco) anos, desde a implementação do ERP utilizado atualmente.

O ERP utilizado pela empresa é o Totvs Protheus®, em que são realizados todos os lançamentos de movimentação de estoques como solicitação e pedidos de compra e requisições de almoxarifado, entre outras. Além disso, o sistema possui uma ferramenta de reposição automática de estoque por ponto de pedido.

No ERP é possível definir, ou calcular através de fórmulas, o estoque mínimo, o lote econômico de compra e o prazo de entrega padrão para cada item do estoque. A partir desses parâmetros, a rotina de reposição é processada diariamente identificando a necessidade de compra. Quando o nível de estoque está abaixo do estoque mínimo é disparada uma ordem de compra com a quantidade definida no lote econômico.

### **5.1 Criação do modelo e coleta de dados**

Devido à facilidade de representação e entendimento do fluxo operacional, além da identificação dos atores envolvidos no processo, optou-se por representar o problema através de um fluxograma. A reposição automática de estoque consiste, basicamente, em disparar uma ordem de compra a partir da identificação do baixo nível de estoque de um item, como mostrado na Figura 2.

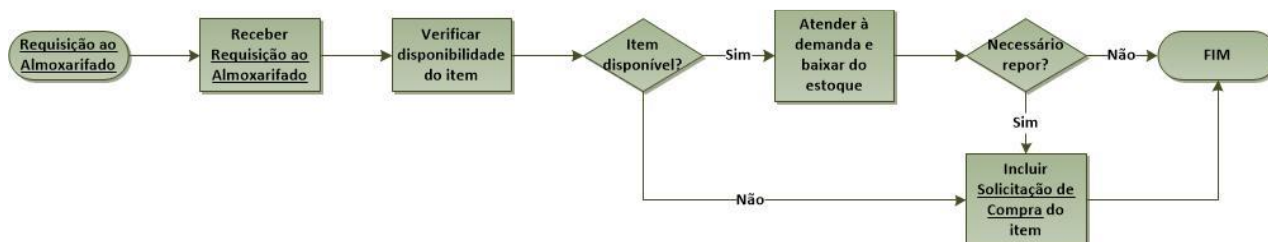


Figura 2 - Fluxograma Processo Reposição de Estoque

Fonte: Elaborado pelo autor

O fluxo de reposição é iniciado a partir de uma requisição no estoque por um colaborador. O almoxarife deve receber a requisição e verificar a disponibilidade do item no estoque. Havendo a disponibilidade para atender à demanda, a quantidade entregue deve ser baixada do estoque no sistema e a necessidade de compra deve ser avaliada.

Essa avaliação deve ser realizada confrontando-se o estoque atual do item (após a baixa) com o estoque mínimo definido previamente. Caso o estoque esteja abaixo do estoque mínimo deve ser disparada uma Solicitação de Compra com quantidade igual ao lote econômico de compra. Cada solicitação de compra deve ser tratada como um novo processo de compra, sendo que os custos relacionados a mão de obra do departamento responsável é similar para cada processo.

Outro ponto importante na análise do modelo é o não atendimento da demanda. Caso ocorra a falta de produtos no estoque, os impactos dessa falta podem ser muito variados, dependendo do tipo do item. Por exemplo, pode simplesmente faltar canetas para o setor administrativo, cujo impacto é mínimo, ou um componente de manutenção, que ocasionará uma parada de produção. Para todos esses casos, mais ou menos severos, uma penalidade deverá ser aplicada no custo total.

A penalidade por falta é calculada de diversas maneiras na literatura, como através do cálculo do custo de oportunidade relativo à perda de produção ou atribuído como uma parcela ou multiplicação do custo do item em falta. Ainda, é necessário avaliar o impacto do estoque no custo de todo o sistema, de modo que o estoque não seja sobrecarregado a fim de evitar faltas ou um grande número de solicitações de compra.

A validação consiste na avaliação do modelo de simulação diante do sistema real e se o modelo o representa adequadamente (ROSSETI, 2010). Nesse trabalho a validação do modelo conceitual foi realizada através da técnica “face a face”, como previsto por Chwif e Medina (2010). Esta mesma abordagem foi aplicada para a validação do modelo computacional, com o auxílio e avaliação dos especialistas do processo.

Considerando que o ERP atual é utilizado há cinco anos na empresa e que todas as movimentações de estoque são registradas, encontra-se disponível um elevado volume de dados para a análise que podem ser facilmente acessadas e transportadas para planilhas.

Foram coletadas as seguintes informações: custo médio unitário, consumo médio mensal, estoque mínimo, leadtime de reposição e lote econômico de compra. Além do registro de requisições ao almoxarifado e dos pedidos de compras realizados.

Todos os dados coletados são referentes ao ano de 2016. Para a realização desse estudo os itens foram renomeados, por exigência da empresa, por se tratarem de informações estratégicas de negócio. A empresa possui mais de 3.000 itens no estoque do almoxarifado.

Apesar do grande número de itens, devido à dificuldade em simular todos e da baixa relevância financeira de alguns itens, optou-se por selecionar os itens mais relevantes através da aplicação de uma curva ABC no estoque.

A curva ABC foi gerada a partir da multiplicação do custo médio de cada item por seu consumo anual. Os resultados foram dispostos em ordem decrescente e foi realizado o somatório acumulado desses valores. Para a definição da curva foram adotados os percentuais de 80/15/5 %, sendo que 80% do valor correspondem à 54 itens classificados como A, que foram utilizados no estudo.

Além dos dados coletados na base de dados do ERP, algumas variáveis do sistema tiveram de ser definidas adotando algumas premissas. O custo por processo de compras, foi calculado a partir da divisão do custo total do departamento, no ano, pelo número de pedidos de compras realizados.

Por sua vez, a penalidade por falta, foi definida como uma multiplicação do custo unitário, conforme o tipo do produto, devido à falta de informações quanto aos impactos da falta de cada item no estoque. Materiais auxiliares de produção tiveram o custo de falta definido por 3 vezes o custo unitário, e materiais intermediários e embalagens 2 vezes o custo do item, devido a possibilidade de grande impacto na produção. Já os materiais de consumo, o custo de falta foi definido como o próprio custo do item, devido à sua menor representatividade nas rotinas de produção.

Por fim, para cálculo do custo de capital do estoque, foi definida a taxa interna de retorno igual a 12% ao ano, que, convertida para dia resultou em 0,000315% ao dia. Essa taxa foi utilizada para calcular, diariamente, o custo de oportunidade do valor do estoque.

A definição do modelo computacional foi feita com base no *software* Arena® e a simulação de todo o sistema foi realizada, inicialmente, em 10 replicações de 365 dias a fim de se obter os dados para cálculo do intervalo de confiança e do número de replicações. A partir das dez replicações iniciais, foi calculada precisão obtida em relação ao custo total de estoques por meio da aplicação das equações apresentadas por Chwif e Medina (2010). Visando uma precisão de 2% da media amostral com 95% de confiança, foram consideradas necessárias 250 replicações, as quais foram realizadas para a análise dos resultados.

## **5.2 Otimização**

A partir do modelo computacional desenvolvido no *software* Arena® é possível a utilização da ferramenta OptQuest® para que o sistema seja otimizado, através da adaptação de métodos meta-heurísticos.

A ferramenta depende da configuração das variáveis de controle e dos intervalos que serão trabalhados em cada uma delas. Para o problema, foram definidas como variáveis de controle os estoques mínimos e os lotes de reposição de todos os itens, por se tratarem de variáveis que, a princípio, podem ser alteradas com pequeno impacto no sistema.

É necessário indicar as variáveis de resposta do sistema, nesse caso o custo total, e as restrições, que não foram adotadas para esse sistema. Fatores como a restrição de espaço no armazém de estoque, ou o aumento de número de compras, ocasionando a possibilidade de contratações no departamento, não foram considerados como restrições.

Por fim, é necessário se configurar os objetivos da otimização. Nesse caso, o objetivo foi definido como a minimização do custo total com estoques, que engloba o custo com manutenção de estoques, o custo de reposição e os custos das faltas.

A ferramenta realiza o processamento do modelo computacional tantas vezes quanto for necessário até atingir o resultado esperado, utilizando as saídas para avaliar as entradas do modelo, a cada iteração.

### 5.3 Resultados

O modelo foi configurado para simular um ano de movimentação de estoques com 250 repetições. Da mesma forma, foram realizadas as iterações de otimização no OptQuest®. A ferramenta foi configurada para parar somente de forma manual e foi processada durante 36 horas, resultando em um total de 3016 iterações.

Como pode ser visto na Figura 3, o maior decaimento nos custos totais ocorreu logo nas primeiras simulações, caindo aproximadamente 1,5 milhão de reais nas primeiras mil iterações do OptQuest® mostrando a eficiência da aplicação do sistema em análise. A otimização foi interrompida devido à variação irrisória ocorrida a partir das 2 mil iterações.

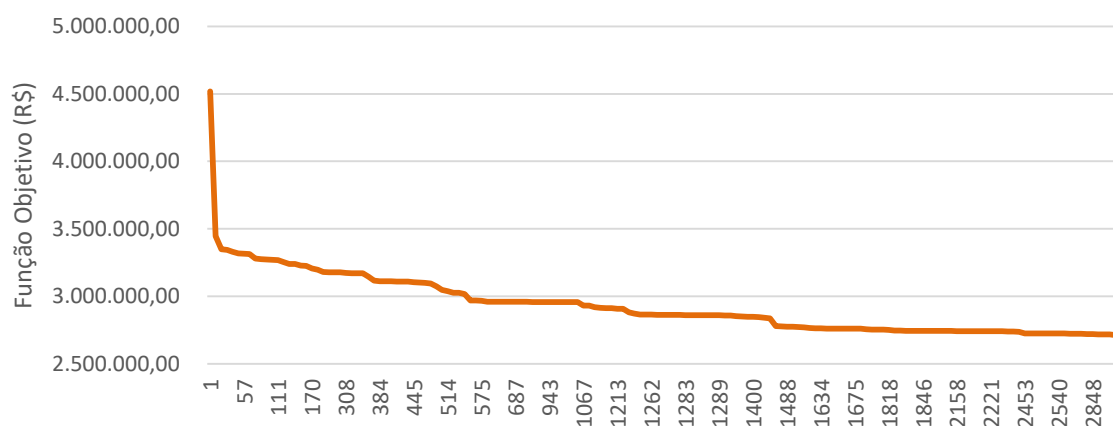


Figura 3 - Gráfico Função Objetivo

Fonte: Elaborado pelo autor

Ao analisar a Figura 4 percebe-se que entre as tendências das variáveis totalizadoras, é possível visualizar que a melhoria obtida nos custos totais de gestão de estoques foi impulsionada pela redução drástica nos custos com faltas, apresentando um comportamento semelhante à curva dos custos totais ao longo das iterações.

Os custos com faltas baixaram de R\$ 3.422.946,73, no sistema original, para R\$ 1.378.979,32, no sistema otimizado, que corresponde a uma variação de 60%. Os custos relacionados às faltas passaram a representar 50% dos custos totais, frente à 75% no sistema original.

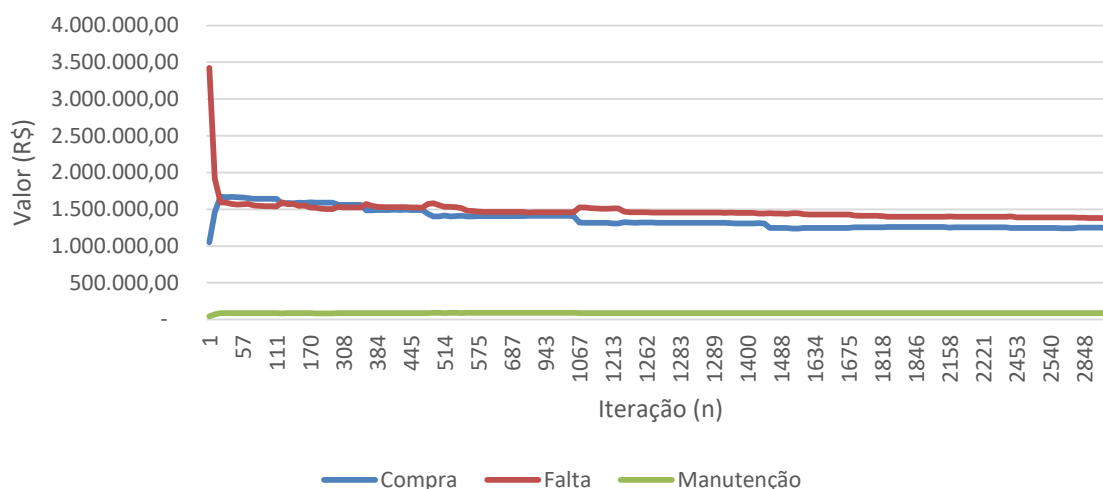


Figura 4 - Gráfico Totalizadores

Fonte: Elaborado pelo autor

Ainda no gráfico da Figura 4, é possível observar que houve uma pequena alteração nos custos relacionados diretamente à manutenção de estoques, relativa aos custos totais, apesar desse custo ter praticamente dobrado durante as iterações, como pode ser visto no gráfico da Figura 5. A variação para mais no custo de manutenção de estoques, representa um aumento de somente 1% do total dos custos no sistema original.

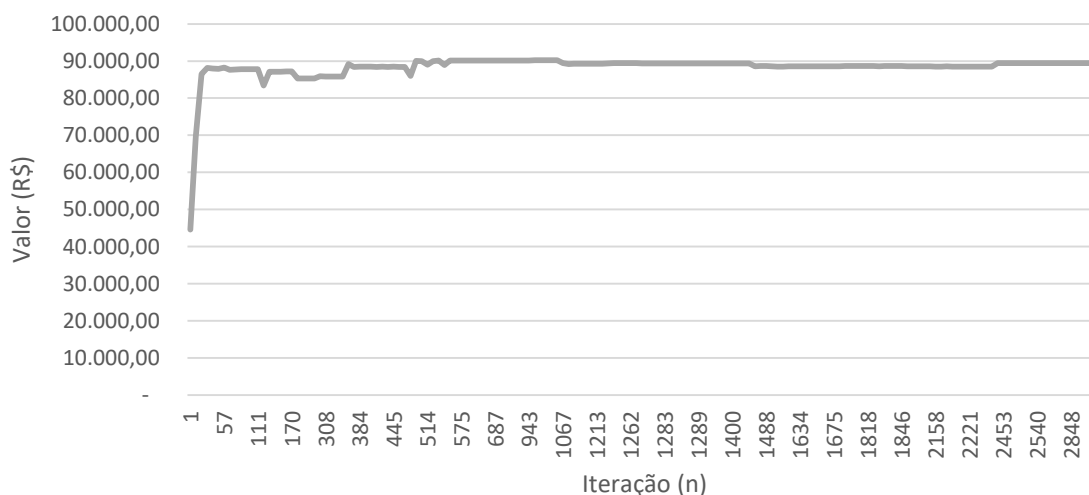


Figura 5 - Gráfico Custo Manutenção de Estoques

Fonte: Elaborado pelo autor

Em contrapartida à diminuição nos custos com faltas, a variável que mais sofreu alterações foi a dos custos com aquisições, que saltou de R\$ 1.049.931,98, 23% do total dos custos no sistema original, para R\$ 1.246.619,80, 46% do total dos custos da melhor simulação.

O comportamento das três variáveis de custos pode ser analisado através dos impactos da evolução das variáveis de controle. A variação nos custos de manutenção e nos custos relacionados às faltas, é justificado pelo aumento significativo no custo do estoque mínimo. Obtido pelo somatório da multiplicação do Estoque Mínimo pelo Custo Médio de cada item

otimizado, que pode ser verificado no gráfico da Figura 6.

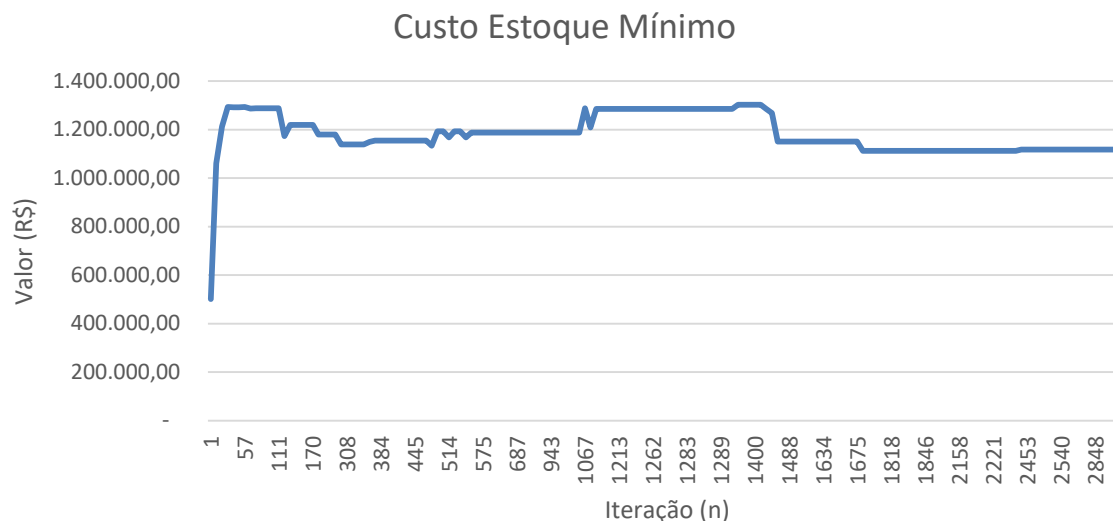


Figura 6 - Gráfico Custo do Estoque Mínimo

Fonte: Elaborado pelo autor

Um estoque mínimo maior garante maior segurança para atender à uma variação nas demandas de um item, ou mesmo para absorver algum aumento no prazo de reposição, causado por problemas externos. Esse aumento no estoque mínimo, apesar de causar um aumento no custo de manutenção de estoque, devido, principalmente, aos custos de capital, evita que ocorram faltas de material, diminuindo os custos indiretos por falta. Por sua vez, o lote de reposição dos itens, no geral, também foi aumentado, o que ocasionou o aumento nos custos de aquisição.

Os resultados obtidos foram relevantes, visto que o custo total diminuiu de R\$ 4.517.445,00, na primeira iteração, para R\$ 2.715.055,29, no melhor resultado, obtido na iteração de nº 2986. O resultado representa uma redução da ordem de 1,8 milhão de reais, nos custos com Gestão de Estoques. Uma variação de aproximadamente 40% para menos. Contudo, há de se considerar que o custo de falta continua representando um grande percentual no custo total do estoque. Fator este, que deve ser evitado na gestão de estoques, no geral.

## 6. Conclusão

O trabalho apresentado teve como objetivo avaliar a eficácia da utilização de um sistema de reposição automática de estoques no almoxarifado de uma indústria siderúrgica, através da simulação de eventos discretos utilizando o *software Arena®*. Com os dados disponíveis, foi possível a representação do modelo de simulação no qual foi apresentada a eficácia da utilização do sistema de reposição automática com a economia de cerca de 1,5 milhão de reais, demonstrando a gerência da empresa o retorno esperado pelo sistema.

Assim, a aplicação da ferramenta de gestão de estoques no ERP se mostra benéfica para a empresa, tanto no sentido de agilidade e quanto na padronização e automação do processo de reposição. A padronização no processo de reposição é essencial para garantir que os níveis de custo sejam otimizados. Além, da facilidade de se ajustar parâmetros, a partir de estudos de otimização, com o objetivo de redução de custos que se mostrou possível por meio das

análises fornecidas pelo estudo.

Como considerações ressalta-se a dificuldade na definição dos custos por falta dos quais não havia base de dados nem um padrão definido pela empresa. Os critérios definidos neste estudo para estes dados podem ter influenciado o aumento dos níveis de estoque, como consequência dos aumentos dos estoques mínimos e dos lotes de reposição observados.

Outro ponto que deve ser considerado na otimização do sistema, é que não foram considerados fatores como restrições do fornecedor para o tamanho do lote, ou condições logísticas que justifiquem o tamanho do lote de reposição. Nesse caso, essa variação poderia se mostrar como um benefício no custo total do estoque, mas, também, gerar impactos indesejados em outras fases da cadeia de suprimentos.

O aprofundamento dos estudos dos custos de falta por item e dos lotes de reposição, considerando variáveis específicas de cada produto, podem trazer melhores resultados na simulação e otimização do sistema. Sendo, estes, dois pontos de partida para melhorias no estudo aqui realizado.

## Referências

Banks, J. (Ed.). (1998). *Handbook of simulation: principles, methodology, advances, applications, and practice*. John Wiley & Sons.

Banks, J., Carson, J. S., Nelson, B. L., & Nicol, D. M. (2013). *Discrete-event system simulation: Pearson new international edition*. Pearson Higher Ed.

Chwif, L. (1999). Redução de modelos de simulação de eventos discretos na sua concepção: uma abordagem causal. *São Paulo*.

Chwif, L., Medina, A., & Simulate, T. (2014). *Modelagem e simulação de eventos discretos, 4a edição: Teoria e aplicações* (Vol. 4). Elsevier Brasil.

Durski, G. R. (2003). Avaliação do desempenho em cadeias de suprimentos. *Revista da FAE*, 6(1).

Law, A. M. & Kelton, W. D. (1991). *Simulation modeling and analysis* (Vol. 2). New York: McGraw-Hill.

Martins, P. G., & Alt, P. R. C. (2000). *Administração de materiais e recursos patrimoniais*. São Paulo: Saraiva.

Rogers, P., Ribeiro, K. C. S., & Rogers, D. (2004). Avaliando o risco na gestão financeira de estoques. In *SIMPOSIO DE ADMINISTRAÇÃO DA PRODUÇÃO, LOGÍSTICA E OPREações INTERNACIONAIS* (Vol. 7).

Sakurada, N., & Miyake, D. I. (2009). Aplicação de simuladores de eventos discretos no processo de modelagem de sistemas de operações de serviços. *Gestão & Produção*, 16(1), 25-43

Sinisgalli, E. S. L., Urbina, L. M. S., & Alves, J. M. (2009). O custeio ABC e a contabilidade de ganhos na definição do mix de produção de uma metalúrgica. *Production*, 19(2), 332-344.

Souza, C. A. D. (2000). *Sistemas integrados de gestão empresarial: estudos de casos de implementação de sistemas ERP* (Doctoral dissertation, Universidade de São Paulo).