

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE MINAS GERAIS

Curso de Engenharia de Produção

Hildenara Guimarães da Silva

Iara Mendes da Silva Pereira

Tiago Eugênio do Nascimento

**SIMULAÇÃO DO PROCESSO DE ARMAZENAMENTO E CARREGAMENTO DE
PRODUTOS ACABADOS DE UMA EMPRESA DO RAMO DA SIDERURGIA**

Belo Horizonte

2016

Hildenara Guimarães da Silva

Iara Mendes da Silva Pereira

Tiago Eugênio do Nascimento

**SIMULAÇÃO DO PROCESSO DE ARMAZENAMENTO E CARREGAMENTO DE
PRODUTOS ACABADOS DE UMA EMPRESA DO RAMO DA SIDERURGIA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso de Engenharia de Produção da
Pontifícia Universidade Católica de Minas
Gerais, como requisito parcial para obtenção
do título de Bacharel em Engenharia de
Produção.

Orientadora: Prof^a Dr^a. Maria Aparecida
Fernandes Almeida

Área de Concentração: Pesquisa Operacional

Belo Horizonte

2016

Hildenara Guimarães da Silva

Iara Mendes da Silva Pereira

Tiago Eugênio do Nascimento

**SIMULAÇÃO DO PROCESSO DE ARMAZENAMENTO E CARREGAMENTO DE
PRODUTOS ACABADOS DE UMA EMPRESA DO RAMO DA SIDERURGIA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Produção da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Área de Concentração: Pesquisa Operacional

Prof^a Dra. Maria Aparecida Fernandes Almeida – PUC Minas (Orientadora)

Prof. Me. Ricardo Cobério Lery Santos – PUC Minas (Banca Examinadora)

Prof. Me Thiago Ferreira Querino – SENAI (Banca Examinadora)

Belo Horizonte, 16 de Novembro de 2016

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	6
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	7
2.1	Estoques.....	7
2.2	Simulação de Sistemas	9
2.3	Teoria das Filas.....	10
2.4	Software Arena.....	11
3	METODOLOGIA.....	13
4	ESTUDO DE CASO.....	16
4.1	A Empresa	16
4.2	Descrição do Processo	16
4.3	Plano de Simulação	18
4.3.1	<i>Problemática de Estudo</i>	<i>18</i>
4.3.2	<i>Modelo conceitual.....</i>	<i>19</i>
4.3.3	<i>Modelo Lógico (ARENA)</i>	<i>19</i>
4.4	Análise de Resultados.....	22
5	CONCLUSÃO.....	28
	REFERÊNCIAS.....	30

SIMULAÇÃO DO PROCESSO DE ARMAZENAMENTO E CARREGAMENTO DE PRODUTOS ACABADOS DE UMA EMPRESA DO RAMO DA SIDERURGIA

Hildenara Guimarães da Silva

Iara Mendes da Silva Pereira

Tiago Eugênio do Nascimento

Resumo

A armazenagem de produtos acabados é um assunto importante a ser discutido em toda indústria de pequeno ou grande porte, sendo que os estoques são materiais entregues pela produção para os depósitos de expedição que tem como função administrar estes materiais realizando a estocagem e movimentação dos mesmos. O carregamento tem a finalidade de expedir os materiais armazenados em estoque para o cliente final, logo se a empresa possui um carregamento eficiente, exigirá menor capacidade do armazenamento e conseqüentemente poderá aumentar o fluxo de produção. Este artigo apresenta um estudo de caso sobre o processo de produção, armazenamento e carregamento de Fio Máquina Tratado Quimicamente em uma empresa do ramo da siderurgia com o objetivo de identificar os possíveis gargalos deste sistema. Para esse estudo foi realizada uma pesquisa bibliográfica a respeito de estoques e simulação de sistemas, sendo que para a metodologia decidiu-se utilizar a simulação discreta com o software Arena. A partir do fluxograma do processo estudado foi possível coletar os dados referentes a cada etapa do processo, realizar o tratamento adequado dos mesmos e criar um modelo mais próximo do cenário real para posteriormente modelar um cenário ideal e propor melhorias que resultem em um processo balanceado com maior aproveitamento da capacidade dos recursos.

Palavras-chave: Modelagem, Simulação, Processo de Produção, Siderurgia.

Abstract

The storage of finished products is an important issue to be discussed in any kind of industry, from the small to the large ones. Being the stocks materials delivered by the production to the warehouses of expedition which function is to administer these materials by storing and moving them. The purpose of the shipment is to ship the materials in stock to the final customer, so if the company has an efficient shipment, it will require less storage capacity and consequently may increase the production flow. This paper presents a study case on the production, storage and shipment process of Machine Wire Chemically Treated in a company of the steel industry with the objective of identifying the possible bottlenecks of this system. For this study a bibliographical research was done regarding inventories and simulation of systems, and the chosen methodology was the discrete simulation with the Arena software. From the flowchart of the process studied, it was possible to collect the data related to each step of the process, to develop out the appropriate treatment of them and to create a model closer to the real scenario to the last model and the ideal scenario and propose improvements that result in a balanced process with greater use of resource capacity.

Keywords: Modeling, Simulation, Production Process, Iron and Steel Industry.

1 INTRODUÇÃO

Atualmente a armazenagem é um tema muito discutido em grandes proporções no mundo, principalmente no Brasil, pois as ineficiências logísticas no transporte, infraestrutura das vias, desembaraço aduaneiro, entre outros fatores está requerendo um investimento maior das empresas na capacidade de armazenagem, para atender a demanda do mercado. Entretanto, em função do aumento de custos de estoques poucas empresas têm condições de investir nesta estratégia, devido ao fato de “ser muito comum verificar na indústria que os estoques parados custam dinheiro” (MARTINS; ALT, 2002, p.141).

Para minimizar o efeito dos custos dos estoques, é necessário observar as ferramentas disponíveis para controle e melhoria de processos a fim de identificar os problemas recorrentes e propor sugestões de melhorias para solução dos mesmos.

O objeto de estudo será realizado na siderúrgica “HIT”, uma empresa que atua há muitos anos no Brasil fornecendo diversos produtos de alta qualidade para vários segmentos. Esse trabalho tem como foco simular o processo de produção de fio máquina tratado quimicamente que atualmente possui uma capacidade limitada de armazenagem no requerido depósito de expedição, assim como seu carregamento.

Neste contexto, a simulação permite projetar diversos modelos analisando uma parte de um todo em função da sua complexidade, inserindo as devidas restrições e analisando vários experimentos até chegar naquele que estará mais próximo da situação real.

A realização desse trabalho se justifica por possibilitar a identificação de um caso real a partir dos estudos acadêmicos obtidos, proporcionando um maior aprofundamento a cerca do assunto pelos autores.

O objetivo geral deste estudo é analisar todo sistema, dando ênfase na armazenagem e carregamento dos produtos acabados de um determinado segmento no depósito de expedição da empresa HIT, através dos objetivos específicos abaixo:

- Realizar uma pesquisa bibliográfica sobre Simulação de Sistemas e estoques;
- Levantar dados do processo de produção e estocagem do segmento escolhido;
- Desenvolver um modelo que represente aproximadamente o cenário real.
- Simular o modelo desenvolvido e confrontar os resultados do cenário real com os resultados do cenário ideal.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Estoques

Os estoques possuem várias finalidades, principalmente quando se trata da melhora do nível de serviço ao tê-los melhor localizados com os pontos de venda e em volume apropriado a fim de ter uma maior vantagem competitiva e menores custos de perdas de vendas; incentivo de economias na produção ao obter o mínimo custo unitário na concentração da produção em grandes lotes; permitir economias de escala nas compras e no transporte ao efetuar as compras de produtos em larga escala em relação às demandas imediatas para obter menores preços; proteção contra alterações nos preços ao efetuar compras de mercadorias antes que os preços sofram reajustes previstos no mercado; proteção contra oscilações na demanda ou no tempo de ressuprimento ao garantir disponibilidade de produtos em seus armazéns utilizando estoques de segurança e proteção contra contingências ao se estocar prevendo uma série de adversidades (greves, guerras, furacões, etc...) que impossibilitará a estocagem normal.

Além disso, a rotatividade dos estoques (Razão entre o volume de vendas e o estoque médio) é uma medida frequentemente empregada para indicar a velocidade do giro de capital.

De um modo geral, “a palavra estoques (stocks) significa aquilo que é reservado para ser utilizado em tempo oportuno”. (ARAÚJO, 1976, p.186).

De acordo com Slack (2008, p.381), o “estoque pode ser definido como a acumulação armazenada de recursos materiais em um sistema de transformação”.

Para Ballou, (2006, p.271) “os estoques são acumulações de matérias-primas, suprimentos, componentes, materiais em processo e produtos acabados que surgem em numerosos pontos do canal de produção e logísticas das empresas.”

A partir das definições acima sobre os estoques, o grupo escolheu a definição de Ballou, pois ilustra melhor a situação da empresa a ser estudada.

Os estoques enfatiza Correia (2006), possuem a função de trabalhar como reguladores do fluxo de materiais, ou seja, funciona como uma “faca de dois gumes” podendo ser usada para o bem ou para o mal, proporcionando a independência para as etapas dos processos de transformação em que se relacionam. Isso poderá significar que quanto maiores os estoques entre duas fases de produção, maior será a independência entre elas, pois interromper uma fase não acarretará interromper a fase posterior imediatamente.

Para os tipos de estoques, Correia (2014) classifica-os em quatro tipos básicos:

- Estoques de Matérias-primas e Componentes: São os materiais utilizados como ingredientes no processo de produção.
- Estoque em processo: São os materiais que iniciaram a sua fabricação pela operação requerida, mas necessitam passar por outras etapas.
- Estoque de Produtos Acabados: São os materiais em estoque dos produtos finais que foram processados.
- Estoque de materiais para manutenção, reparo, consumo e movimentação: São os materiais em estoque para dar suporte ao processo.

“É muito comum verificar na indústria que os estoques parados custam dinheiro”. (MARTINS; ALT, 2002, p.141). Logo, pode-se considerar como verdadeira a afirmativa acima, pois, a necessidade de manter estoques acarreta em uma série de custos para as empresas. Os japoneses mentores do Just-in-time acreditam que os estoques são desperdícios. Contudo, para Arnold (2006) os custos de estoques podem ser classificados em custo por item, custos de estocagem, custos de pedidos, custos de falta de estoques e custos associados à capacidade, sendo que neste trabalho se aplica os custo por item, custos de estocagem e custos associados à capacidade.

2.2 Simulação de Sistemas

Simulação trata-se de uma técnica para solucionar um problema a partir de um modelo que descreve o comportamento de um sistema através de um computador digital (TADEU, 2010).

A aplicação da simulação é muito ampla destacando a sua utilização nos setores de manufatura e serviços (CHWIF; MEDINA, 2015). Existem diversos motivos nos quais a simulação se torna necessária, pois nos casos de dimensionamento ou redimensionamento de um processo, a atuação no cenário real sem a utilização da simulação se torna inviável, podendo causar grandes riscos de prejuízo (TADEU, 2010).

De acordo com Chwif e Medina (2015, p.21), “um modelo de simulação é uma abstração da realidade que se aproxima do verdadeiro comportamento do sistema, mas sempre mais simples que o sistema real”.

Os modelos podem ser Simbólicos (Icônicos ou Diagramáticos) sendo compostos por símbolos gráficos, diagramas, ícones que representam as características do sistema em estudo, como por exemplo, um fluxograma de processo; já os modelos matemáticos (Analíticos) são aqueles compostos por um conjunto de equações matemáticas, como o modelo de teorias das filas ou programação linear (CHWIF; MEDINA, 2015).

A modelagem é realizada por eventos sequenciados inter-relacionados de tempos em tempos que descrevem toda a experiência da entidade ao longo do fluxo pelo sistema, são divididos basicamente em três modelos conforme descritos abaixo, a utilização de cada um vai depender da linguagem de simulação a ser aplicada. (ALMEIDA, 2009)

1. Modelagem por eventos: Depende somente do tempo de simulação, realizada pela identificação dos seus eventos característicos, ou seja, no ponto específico do tempo onde ocorre alguma mudança no modelo do sistema.

2. Modelagem por atividades: Busca pelo próximo evento tem como base em tempo programado de ocorrências ou por testes condicionais.

3. Modelagem por processo: Conjunto de entidades em constante competição pela busca de recursos elas podem cooperar uma com as outras para objetivar a tarefa.

2.3 Teoria das Filas

Um processo sem nenhum gargalo entre suas fases, Prado (2008) enfatiza que é um processo balanceado. Entretanto, sempre que uma etapa assumir valores acima do adequado, o sistema perde seu equilíbrio constituindo então os gargalos e consequentemente as filas antes dos pontos gargalos.

Filas são todos os atrasos ou congestionamentos existentes em um processo, provocadas pelo desbalanceamento do sistema.

Logo, para otimizar um sistema buscando o seu melhor dimensionamento, aplica-se a teoria das filas que de acordo com Prado (2008), é um método analítico que aborda os problemas de congestionamento por meio de fórmulas matemáticas.

Para se simular um sistema de filas, se faz necessário utilizar alguns parâmetros fundamentais, como: Taxa de chegadas, capacidade (taxa de atendimento); tempo entre chegadas sucessivas; tempos de atendimento; capacidade da fila e disciplina (ALMEIDA, 2009).

Uma fila, pode ser caracterizada, conforme abaixo:

1. **Processo de Chegada:** Ritmo de chegada de clientes e Intervalos entre a chegada dos clientes.
2. **Processo de Atendimento:** Duração do serviço de atendimento.
3. **Número de Servidores:** Quantidade de servidores disponível no sistema.
4. **Tamanho médio da Fila:** Média da fila dos processos de chegada e atendimento.
5. **Tamanho máximo da Fila:** Área de espera dos clientes na fila, dimensionada em sua quantidade máxima.
6. **Tempo médio de espera na Fila:** Somatório dos tempos de atendimento dos clientes na fila.

2.4 Software Arena

Em 1993 a empresa *Systems Modeling* (EUA) lançou o software Arena a partir da junção da linguagem de simulação do SIMAN e CINEMA, os primeiros softwares desenvolvidos pela empresa, sendo integrados para aumentar os recursos utilizados em um único ambiente de simulação se tornando gráfico e visual, onde se permite a visualização do funcionamento de todo o processo dentro do sistema.

O Arena é um software utilizado para simulação de eventos discretos sendo uma ferramenta no qual se permite de forma íntegra conter diversos recursos para modelagem do processo através de um modelo básico de fluxograma, desenho e animação, com análises de resultados estatísticos, permitindo a verificação do comportamento e melhor funcionamento dentro do sistema de um cenário real. Através dos resultados obtidos se torna possível a identificação de gargalos, filas, e ocupação, principal objetivo do presente artigo para melhorar as operações do processo de estocagem e auxiliar nas tomadas de decisão.

De acordo com Prado, “o Arena possui um conjunto de blocos (ou módulos) que são utilizados para se descrever uma aplicação real que funcionam comandos de uma linguagem de programação” (PRADO, 2008, p. 26).

Ainda segundo Prado (2008), o Arena dispõe de duas ferramentas para análises de dados de entrada e análises de resultados, além construir modelos de simulação, são eles:

- O Input Analyzer analisa os dados de entrada reais do processo, obtendo-se uma distribuição estatística e verificando-se a que melhor se aplica incorporando ao modelo.
- O Output Analyzer analisa os resultados dos dados coletados graficamente e comparações estatísticas através de seus diversos recursos.

A “Visão do Mundo” do Arena tal como a maioria dos softwares de simulação, visualiza os sistema a ser modelado como constituído de um conjunto de ‘estações de trabalho’ que prestam serviços a ‘clientes’, estes por sua vez chamados de entidades ou transações), no qual se movem através do sistema.

Para (ROCKWELL,2010), a modelagem através do software Arena seguem os principais passos:

Elementos de Modelagem para Simulação Discreta no Software Arena

Entidades: Qualquer objeto abstrato ou real que se mova no sistema com características próprias denominadas atributos (ROCKWELL,2010).

Atributos: Podem ser chamados de número de série das entidades, servem como etiquetas de identificação delas, são utilizadas no momento da tomada de decisão no fluxo do processo (ROCKWELL,2010).

Recursos: Entidade estática que fornece serviços a uma ou mais entidades dinâmicas simultaneamente operando como um servidor paralelo, é possível que a entidade dinâmica opere com mais de uma unidade de recurso, ou com diferentes ao mesmo tempo se ela não puder se apoderar de um deles deve aguardar em uma fila (FREITAS FILHO, 2008).

Filas: São criadas por entidades que não podem seguir o fluxo do processo por diversos motivos, geralmente falta disponibilidade de recursos. Segundo Freitas Filho (2008, p.43) o gerenciamento das filas depende fundamentalmente das políticas de adotadas no sistema ou modelo representado, a mais comum é o FIFO.

Armazéns: Servem para mostrar na animação que a entidade esteve parada por algum momento no fluxo do sistema sofrendo ou não ações no processo continuando seu fluxo posteriormente no sistema ainda que não aconteça movimentação do mesmo nível no processo real (ROCKWELL,2010).

Transportadores Livres: Recurso utilizado para levar as entidades de uma estação para outra, podem ser veículos, esteiras, pessoas etc, a definição de qual será utilizado depende da velocidade e distancia entre as estações, podem estar em diferentes estados: ocupado ou inativo, se movimentam junto com a entidade, na animação a figura que está movimentando é justamente a do transportador (ROCKWELL,2010).

Estatísticas: São divididas em cinco categorias utilizadas para cálculo do custo total e tempo total, são elas: Wait time/cost, Value-added time/cost, Non Value added time/cost, transfer time/cost e other time/cost, para estatísticas sobre

processo e entidade o cálculo é feito separadamente (ROCKWELL,2010).

3 METODOLOGIA

Descrevem os passos que serão seguidos para a realização da pesquisa, a organização vai diferenciar de acordo com as variações de cada tipo, para tal organização faz-se necessário apresentação de várias informações como: tipo de pesquisa, população e amostra, coleta de dados e análise de dados (GIL, 2002).

Para Miguel (2012) os métodos de pesquisas podem ser classificados conforme quadro abaixo:

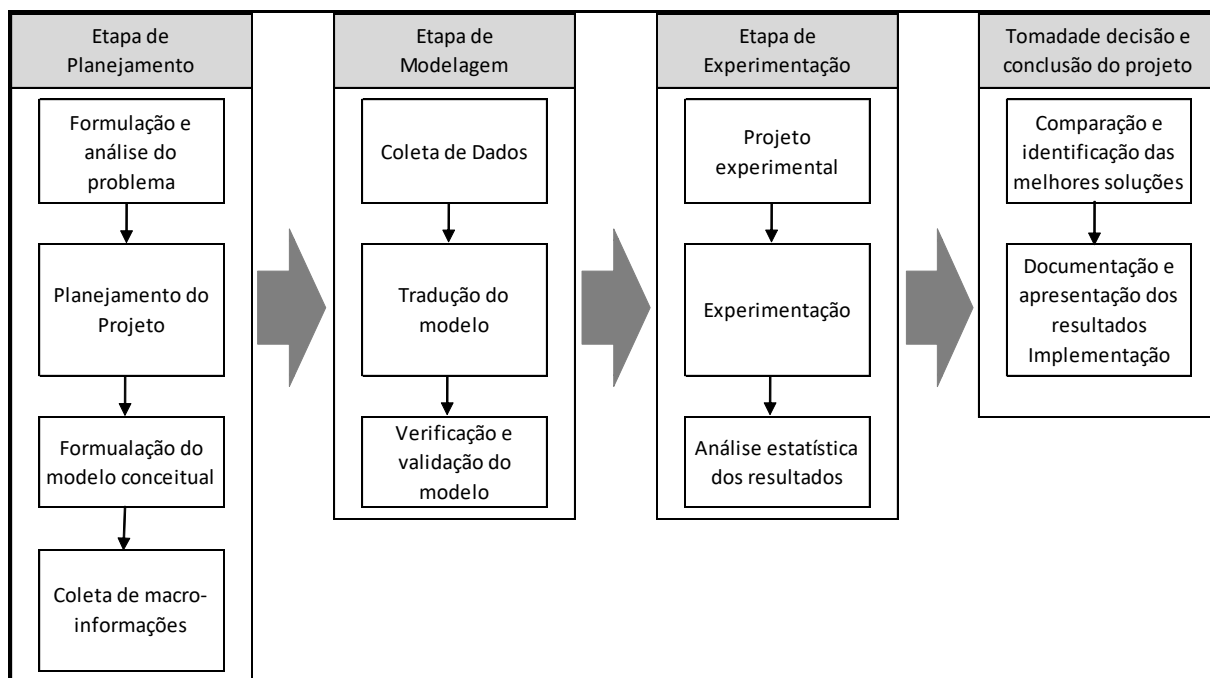
Quadro 1 - Ajuste entre classificações

Classificação de Filippini (1997), utilizada em Berto e Nakano (2000)	Classificação de Gupta et al. (2006)	Classificação Utilizada para Comparação	Observações
Modelagem	Modelagem e métodos analíticos	Modelagem e métodos analíticos	
Simulação			
<i>Survey</i>	Pesquisa empírica	Pesquisa empírica	
Estudo de caso			
Estudo de campo			
Experimento			
Teórico-conceitual	Revisões de literatura	Teórico-conceitual	
	Artigos conceituais		
	Ensino e gestão de operações		Excluído da análise

Fonte: Miguel (2012)

Dentre os métodos de pesquisa apresentados no quadro acima, serão utilizados neste artigo a modelagem e métodos analíticos (modelagem, simulação) com pesquisa empírica (estudo de caso e experimento). Logo, a modelagem com uso de técnicas matemáticas será utilizada para descrever parte do processo de armazenagem e a simulação que com uso de técnicas computacionais irá simular o modelo criado a partir da modelagem. Com o estudo de caso será realizada a contextualização real do fluxo de estocagem e coleta de dados. O experimento fará o estudo da relação do cenário real com cenário ideal com o objetivo de compreender o comportamento do processo de armazenagem e sugerir melhores soluções para o mesmo.

Figura 1 - Passos para o estudo da modelagem e simulação



Fonte: Freitas (2008)

De acordo com Freitas (2008) as etapas para modelagem e simulação são estas definidas na figura acima, as mais relevantes para este trabalho encontram-se detalhadas por tópicos conforme abaixo:

- **Formulação e Análise do problema:** Descrição do processo de armazenagem, análise do problema e identificação de gargalos com possíveis sugestões de melhorias.
- **Planejamento do Projeto:** Será utilizada como método de pesquisa a modelagem e métodos analíticos com pesquisa empírica, utilizando as técnicas de simulação discreta e teoria das filas com uso do software Arena.
- **Formulação do modelo Conceitual:** Será formulado com a construção do fluxograma representando cada etapa do processo a ser modelado:

Figura 2 – Macrofluxo conceitual do processo



Fonte: Elaborado pelos autores (2016)

- Coleta de Macro Informações: Será baseada através de arquivos históricos da empresa e experiência profissional de um dos membros do grupo.
- Coleta de Dados: Será realizada a partir da geração de relatórios da produção, expedição e tempos de produção do material extraídos do sistema SAP referente ao mês de Agosto de 2016 e trabalhadas no Excel para concatenamento das informações, análise e verificação para estudo estatístico.
- Tradução do Modelo: Codificar o fluxograma do processo de acordo com os diagramas disponíveis no software Arena para modelar cada parte do sistema a partir dos dados coletados e ter as expressões de distribuição de probabilidade.
- Verificação de validação do Modelo: Reavaliar se o modelo construído representa o processo real na empresa estudada e se existe erro de programação.
- Projeto Experimental: Fase da simulação que se realiza vários testes a fim de obter a informação desejada com pouca experimentação e muita informação
- Experimentação: Execução de diversas simulações para geração dos dados desejados alterando tempo, recurso, replicações, entre outros e compilar os resultados destas simulações em uma tabela para posterior análise dos resultados.
- Análise estatística dos resultados: Dedução sobre os resultados alcançados na experimentação, verificação da quantidade de replicações realizadas e avaliação de novas, caso o resultado obtido não seja satisfatório.
- Comparação e identificação das melhores soluções: Comparar o modelo simulado com o processo real, verificando a melhor solução nas replicações realizadas.
- Documentação, apresentação dos resultados e implementação: Resumo e check list de todos os passos realizados para modelagem e simulação. A apresentação dos resultados é um relatório de todo esforço e trabalho realizado ao longo deste estudo, inclui diagnóstico do problema, dados coletados, entre outros.

No desenvolvimento deste trabalho foi realizado um plano de simulação conforme (ALMEIDA,2009), para planejamento dos experimentos e assegurar que todas as etapas fossem realizadas detalhadamente para alcançar o cenário ideal do processo em estudo.

4 ESTUDO DE CASO

4.1 A Empresa

A empresa HIT atuante no ramo siderúrgico do mercado brasileiro há vários anos, dispondo de unidades em várias regiões do país. O seu portfólio contempla produtos em aço para construção civil, auto peças, petróleo, produtos industriais, produtos comerciais, produtos especiais e derivados, sempre buscando de forma inovadora atender as necessidades de seus clientes. O presente estudo foi realizado na unidade localizada na região sudeste do Brasil, voltado para o setor de baixo teor de carbono, responsável pela produção de materiais para autopeças e produtos industriais, como componentes, fixadores industriais, fixadores comerciais e fio máquina tratado termicamente / quimicamente, sendo o último o foco do presente artigo.

4.2 Descrição do Processo

Dentre os diversos produtos produzidos em sua linha, o material alvo analisado dentro de todo o processo, o fio máquina tratado quimicamente (Imagem 1).

Imagem 1 – Imagem site Třinecké železářny – Fio Máquina



Fonte: Třinecké železářny, 2016

1. **Chegada do material:** A partir de uma ordem de produção, é discriminado todo o processamento em que o material irá seguir; determinando o seu tempo para tratamento e as características que ele deverá consistir como produto final. Esse é transportado por ganchos, que içam dois rolos por vez, cada um pesando 2

toneladas sendo movimentados para área da decapagem. Nesta seção são dispostos 10 tanques para efetuar o tratamento do material, com uma capacidade total de 40 toneladas, ou seja, em cada tanque é processado por vez quatro toneladas.

2. **Processamento:** Os rolos são abaixados e mergulhados pelos ganchos em tanques que contém diversos tipos de ácidos com a finalidade de decapar o material. Nesta etapa, o processo de decapagem, consiste no tratamento químico para retirada da carepa do aço, obtendo um produto com um aspecto brilhante e dentro dos parâmetros e especificações do cliente. Depois da realização do tratamento, os rolos são içados novamente pelos ganchos (Foto 1) e transportados por ponte rolante para uma esteira, onde passam em um sistema de resfriamento por ventilação à medida que a esteira é movimentada em direção à armazenagem.

Foto 1 – Processo de decapagem de fio máquina



Fonte: Fotografia dos autores

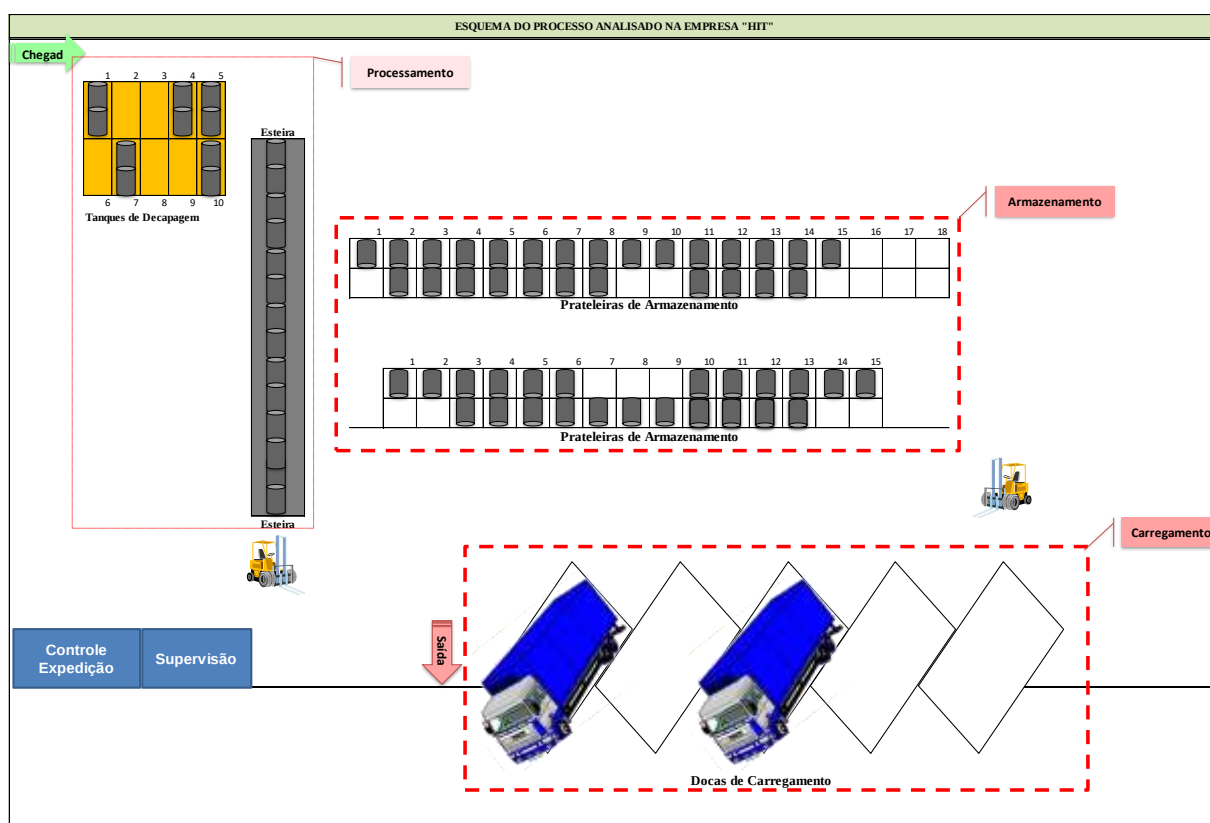
3. **Armazenamento:** O produto acabado ao final da esteira é captado por sensores fim de curso com infravermelho que reconhecem o produto paralisando a esteira. Neste momento o operador com auxílio de empilhadeiras, recolhe o produto direcionando para armazenagem, os rolos são alocados nas prateleiras com posição individual de acordo a disponibilidade de espaço efetuada pelo sistema de ERP (Enterprise Resource Planning).

4. **Carregamento:** O depósito de expedição do setor analisado é composto por cinco docas de carregamento para caminhões que comportam 12 ou 24 toneladas

de fio máquina. Com a chegada do caminhão em uma das docas, o motorista apresenta uma Ordem de transporte ao inspetor do depósito, que seleciona os fornecimentos vinculados àquele transporte, posteriormente repassa ao operador de empilhadeira que identifica a posição de armazenamento diante das especificações do produto recolhendo e transportando o material á ser carregado para o caminhão.

Na figura 3 abaixo, será apresentado um esquema do processo estudado:

Figura 3 - Esquema do Processo Analisado



Fonte: Elaborado pelos Autores (2016).

4.3 Plano de Simulação

4.3.1 Problemática de Estudo

É notório que o processo de armazenamento e carregamento da empresa estudada não é balanceado, portanto optou-se por realizar o estudo em busca de identificar qual parte do processo há existência de gargalos e propor melhorias em seu desempenho.

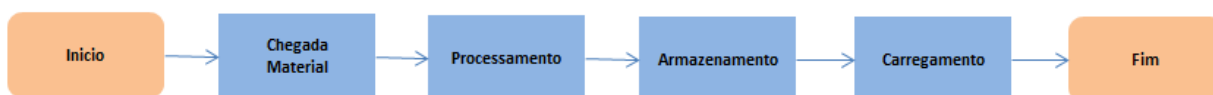
Tendo em vista a necessidade de um melhor aproveitamento de suas

atividades produtivas, desenvolveu-se o projeto do sistema através de um embasamento teórico sobre o assunto referente à gestão de estoques juntamente com simulação de sistemas, utilizando o software Arena como ferramenta para modelagem e análise do problema.

4.3.2 Modelo conceitual

Como forma de demonstrar detalhadamente o case em estudo, elaborou-se um fluxo onde estão todas as fases do processo de produção do setor: chegada dos materiais, decapagem (tratamento químico do material), processamento, armazenamento e carregamento.

Figura 4 – Fluxo do processo a ser simulado



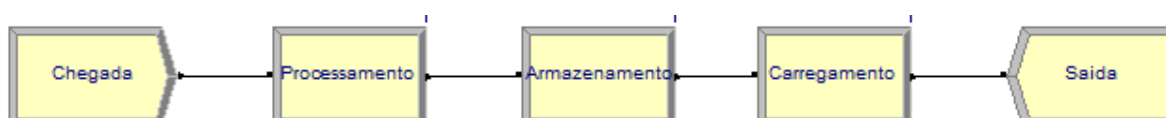
Fonte: Elaborado pelos autores, 2016

Determinado o fluxograma conforme Figura 4, demonstrando as etapas desde a entrada do material na produção até o carregamento final, obteve-se melhor entendimento sobre o processo estudado como um todo.

4.3.3 Modelo Lógico (ARENA)

Tendo a visão geral do processo a partir do fluxograma apresentado acima, foi possível a construção do modelo lógico no software Arena (Figura 5). Utilizando os blocos do programa *create* e *dispose* (entrada e saída) e *process* (processos do sistema), representaram-se as entidades, a fim de recriar o cenário real.

Figura 5 - Modelo em execução no Arena 11.5



Fonte: Software Arena 11.5

Segundo as definições da Rockell (2010), as escolhas dos blocos se deram conforme determinado abaixo:

- Bloco Create: criação de entidades no modelo.
- Bloco Process: execução do processo pelo servidor à entidade (cliente).
- Bloco Dispose: saída das entidades do sistema.

Coleta de Dados

Os dados foram coletados por meio do sistema SAP (Second Audio Program), neste foram gerados 4 relatórios, sendo eles: apontamento da produção, armazenamento, fornecimento e expedição, indicando os tempos da movimentação de todo o processo analisado durante o período de 01/08/2016 à 31/08/2016 de todos os produtos acabados produzido pelo departamento.

Logo, os dados coletados foram trabalhados pelo programa Excel, uma vez, que este possibilitou usar de ferramentas para realizar um tratamento dos dados com mais facilidade e agilidade. Essa base de dados foi o início para se efetuar o modelamento do sistema real, pois se fez necessário primeiramente verificar a aderência dos dados e o comportamento que seguiram pela inserção dentro do Input Analyzer, gerando uma distribuição com a probabilidade estatística que melhor se adequou a cada etapa do processo.

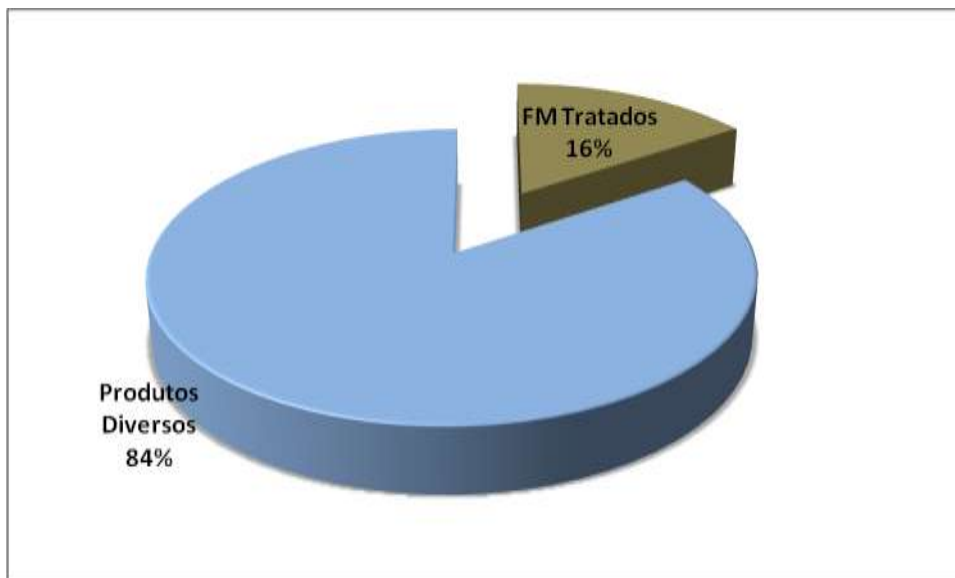
Tratamento de Dados

De acordo com Medina (2015), as técnicas de tratamento de dados, são utilizadas para descrever os dados levantados, identificando possíveis falhas nos valores amostrados aumentando nosso conhecimento a cerca do fenômeno em estudo.

Os dados coletados do SAP foram unificados em um só arquivo de Excel e na sequência cada planilha foi nomeada originalmente com as devidas identificações dos relatórios de apontamento da produção, armazenamento, fornecimento e expedição, para posteriormente serem duplicados filtrando somente informações

referentes ao fio máquina tratados que representa 16% do total de produtos da fábrica, conforme figura 6 que segue:

Figura 6: Estratificação dos Dados Coletados



Fonte: Elaborado pelos Autores (2016)

A base de dados geral de tempos do produto fio máquina foi unificada em uma planilha para proceder aos cálculos efetivos dos intervalos de chegada do material e tempo de processamento de cada etapa, pois o sistema não os apresentava de forma explícita, sendo necessário fazer uma ligação entre os tempos/etapas por meio de Ordem de Produção.

Para dados mais aderentes foram adotados alguns critérios de exclusão como: ordens de produção que não foram iniciadas e concluídas no mês de agosto de 2016 e tempos muito discrepantes que indicavam erro de apontamento do sistema por fatores como falta de energia, distração dos operadores, etc.

Ocorreram grandes dificuldades na inserção dos dados no Arena uma vez que ele só reconhece a unidade de horas em decimais, o que não é obtido diretamente pelo Excel, sendo imprescindível um conhecimento avançado da ferramenta na confecção de fórmulas que ajustassem as horas em unidade de medida padrão em decimais.

Com a finalização do tratamento dos dados no Excel, eles foram inseridos no Input Analyzer para verificação de quais probabilidades estatísticas seriam mais aderentes para cada base de dados das etapas do processo a fim de poder utilizá-las na construção do modelo lógico do Arena.

Pelo Input Analyzer percebeu-se que os dados inseridos na etapa de chegada do material não estavam aderentes, pois nenhuma probabilidade mostrou confiabilidade, sendo que para resolver este problema foi necessária a utilização de uma distribuição uniforme, que é gerada a partir dos valores mínimo e máximo obtidos na coleta. As ordens de produção possuem pesos distintos, por este motivo os tempos coletados geraram resultados não satisfatórios ao serem inseridos no Input Analyzer. A solução encontrada foi descobrir o tempo que cada rolo gastou do início até o fim de cada etapa do sistema.

Com a etapa de tratamento de dados concluída e as expressões probabilísticas geradas pelo Input Analyzer foi possível partir para a fase inserção de dados no modelo lógico do Arena construído anteriormente.

Abaixo tabela com todos os dados e expressões usadas no modelo lógico:

Tabela 1 - Dados para Simulação no Software Arena

SERVIDORES	NOME DO BLOCO	TIPO DE BLOCO	NÚMERO DE SERVIDORES	DISTRIBUIÇÃO DE PROBABILIDADE	EXPRESSÃO / VALOR	UNID.
-	Chegada do material	Create	-	Uniforme	UNIF(0.50, 2.80)	Horas
Tanque	Processamento	Process	1	Log Normal	LOGN(2.97, 2.93)	Horas
Local	Armazenamento	Process	1	Weibull	WEIB(5.79, 0.481)	Horas
Carregadores	Carregamento	Process	1	Log Normal	LOGN(39.1, 132)	Horas
-	Saída do material	Dispose	1	-	-	-

Fonte – Elaborado pelos autores

4.4 Análise de Resultados

Para atender o objetivo geral deste trabalho, foi realizada uma análise com coletas de dados reais dos processos da empresa “HIT”, simulando vários cenários até encontrar aquele mais se assemelhava com a rotina de trabalho do setor e posteriormente foram feitas outras simulações para sugerir o cenário ideal daquele departamento.

Para a análise do cenário atual, foi necessário dimensionar os parâmetros do Software Arena do modelo conceitual criado, quanto ao tempo de chegada de material, número de entidades, quantidade de servidores, capacidade dos recursos e inserção das expressões de distribuição de probabilidade obtidas através do Input Analyzer que mais se aderiram aos dados coletados. Foram feitas 10 reaplicações,

considerando 30 dias trabalhados no mês, sendo 24 horas por dia, que é tempo de trabalho diário da empresa.

Após a parametrização do sistema, o modelo no Arena foi executado por 26 vezes gerando um relatório detalhado ao final desta última execução com 7 páginas, contendo dados referentes as entidades, processamento, filas e taxa de utilização, representados numericamente e graficamente. A tabela 2 apresenta de forma resumida o resultado do cenário real observado:

Tabela 2 – Resultados do Cenário Real

ENTIDADE				
VARIÁVEIS		ALIMENTADOR		
TA	dias	1,59		
TF	dias	8,41		
M	und	1		
TS	dias	10		
Entrada	pçs	440		
WIP	pçs	312		
Saída	pçs	128		
PROCESSO				
		PROCESSAMENTO	ARMAZENAMENTO	CARREGAMENTO
TA	dias	0,12	0,45	1,05
TF	dias	0	5,63	5,52
TS	dias	0,12	6,07	6,57
FILA				
TF	dias	0	5,72	5,72
NF	pçs	0	85,80	56,18
RECURSO				
CR	und	10	4	6
ρ	%	17,74%	98,29%	95,05%
Número Reaplicações: 10			Tempo Simulação: 30 dias	

Fonte: Elaborado pelos autores (2016)

l

l

TA = Tempo de Atendimento

TF = Tempo de Fila

TS = Tempo Total no Sistema

NF = Número Clientes na Fila

CR = Capacidade Recursos

M = Número Servidores

ρ = Taxa de Utilização

WIP = Entidades em Processamento

A tabela 2 demonstra que algumas variáveis tiveram valores bem discrepantes, a partir delas verifica-se que algumas partes do processo estão subutilizadas enquanto outras trabalham quase em seu limite total. Abaixo será realizado um detalhamento da análise destas variáveis com o intuito de verificar onde é necessário aplicar mudanças para balanceamento e aumento da capacidade de produção do sistema.

O TF está muito alto em relação ao TA, percebe-se que o tempo da entidade em fila é 81% maior do que seu tempo de atendimento.

A saída mostra que apenas 29% de tudo que entrou no processo conseguiu ser processado, o que comprova a instabilidade do sistema, devido à diferença de 312 peças quando comparada com o fluxo de materiais que entraram e saíram deste modelo.

Em TS, verifica-se que o processo de carregamento gasta cerca de 10 dias para ser concluído. Logo, por ser o maior tempo do sistema necessita de uma atenção especial.

Para NF, apura-se que o maior número de entidades na fila, concentra-se no armazenamento e carregamento, mostrando uma dispersão muito alta quando comparado ao processamento.

O número de ρ , apresenta que a taxa de ocupação do carregamento e armazenamento está muita elevada, utilizando quase 100% da capacidade do recurso, o que pode indicar presença de gargalos nestes dois processos. Pode-se concluir também que a taxa de ocupação do processamento é baixa, com aproveitamento de apenas 18%, demonstrando uma ociosidade neste recurso.

A partir das observações enunciadas acima, foi constatado que criando um novo cenário fazendo algumas alterações de alguns parâmetros do programa, seria possível melhorar os valores de cada variável e deixar o sistema menos instável.

Na tentativa de gerar um cenário ideal de utilização do processo foram

realizados 12 cenários alternando simultaneamente por diversas vezes a capacidade de carregamento e armazenamento das entidades a fim de diminuir o tamanho das filas, o tempo total das entidades no sistema, aumentar o número de peças acabadas na saída, diminuir a taxa de ocupação do carregamento e armazenamento.

A Tabela 3 apresenta de forma resumida o resultado do cenário ideal observado:

Tabela 3 – Resultados do Cenário Ideal

ENTIDADE				
VARIÁVEIS		ALIMENTADOR		
TA	Dias	1,69		
TF	Dias	3,13		
M	Und	1		
TS	Dias	4,82		
Entrada	Pçs	444		
WIP	Pçs	124		
Saída	Pçs	320		
PROCESSO				
VARIÁVEIS		PROCESSAMENTO	ARMAZENAMENTO	CARREGAMENTO
TA	Dias	0,12	0,47	1,11
TF	Dias	0	2,69	0,64
TS	Dias	0,12	3,16	1,75
FILA				
TF	Dias	0	2,73	0,68
NF	Pçs	0	40,11	8,28
RECURSO				
CR	Und	10	6,40	18
ρ	%	17,85%	89,03%	78,69%
Número Reaplicações: 10		Tempo Simulação: 30 dias		

Fonte: Elaborado pelos autores (2016)

A tabela 3 explana aquelas variáveis que tinham sido destacadas com valores destoantes, averigua-se que após mudanças de parâmetros nesse novo cenário os valores foram alterados e que algumas partes do processo que estavam utilizando o máximo de sua capacidade reduziram sua ocupação, o que ocorreu também nos tempos em espera do material. A seguir será feito um detalhamento da análise deste novo cenário, demonstrando as mudanças para minimização da instabilidade do sistema.

Em TF, a entidade ficou em fila cerca 46% do que foi gasto para o tempo de atendimento.

Na saída é possível constatar que 100% daquilo que entra no sistema, 72% consegue sair no final do processo.

No TS do processo, examina-se que para o armazenamento gastou em média 3,16 dias para ser concluído, 1,75 dias para o carregamento e menos de um dia para processamento.

Para NF, as entidades na fila concentraram no armazenamento, apresentando um total de 40 entidades.

O valor de ρ , apresentou uma taxa de ocupação mais aceitável (Prado, 2008), sendo que amplitude para o recurso mais ocupado em relação ao seu limite máximo ficou em 10,97%.

A tabela 4 abaixo apresenta o resultado de comparação das principais variáveis destacadas entre os dois cenários observados:

Tabela 4 – Comparação dos Resultados do Cenário Real com Cenário Ideal

ENTIDADE		CENÁRIO REAL			CENÁRIO IDEAL		
Variáveis		ALIMENTADOR			ALIMENTADOR		
TF	dias	8,41			3,13		
Saída	pçs	128			320		
PROCESSO							
Variáveis		PROCESSAMENTO	ARMAZENAMENTO	CARREGAMENTO	PROCESSAMENTO	ARMAZENAMENTO	CARREGAMENTO
TS	dias	0,12	6,08	6,57	0,12	3,16	1,75
FILA							
NF	pçs	0	85,8	56,18	0	40,11	8,28
RECURSO							
CR	und	10	4	6	10	6,4	18
ρ	%	17,74%	98,29%	95,05%	17,85%	89,03%	78,69%

Número Reaplicações:

10

Tempo Simulação:

30 Dias

Fonte: Elaborado pelos autores (2016)

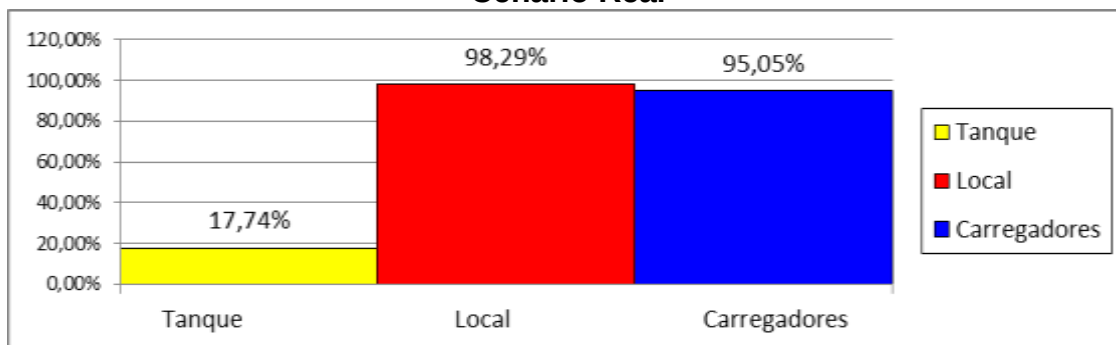
Confrontando os valores do cenário real com o cenário ideal, é possível perceber que aumentando a capacidade do recurso em mais 62,5% no armazenamento, o tempo que a entidade passa nesta etapa teve uma redução 48% e o número de peças em fila reduziu de 86 para 40 peças, ou seja, um ganho de 53% de materiais totalmente processados.

Quando foi alterada a capacidade do recurso de 06 para 18 servidores no carregamento, pode verificar que o tempo total que cada entidade passou nesta fase

reduziu 73%, o que significa cerca de 5 dias a menos, resultando em uma redução de 85% do número de peças em fila.

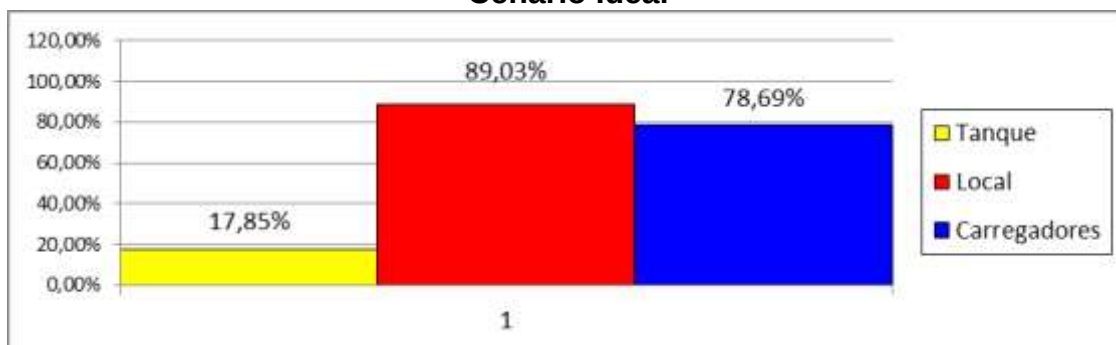
Os gráficos abaixo demonstram o ganho obtido quanto à taxa de ocupação dos servidores, quando foi alterada a capacidade de cada recurso simulado.

Figura 7 – Representação Gráfica da Taxa de Ocupação Servidores Cenário Real



Fonte: Dados da pesquisa (2016)

Figura 8 – Representação Gráfica da Taxa de Ocupação Servidores Cenário Ideal



Fonte: Dados da pesquisa (2016)

Nota-se que modificando de 6 para 18 a capacidade de carregamento das entidades, obteve-se uma redução de 46% na ocupação do recurso, saindo de 95% para 78,69%, gerando um ganho considerável para o processo, tanto para a redução das filas, como para saída de peças carregadas.

Inicialmente o recurso armazenamento tinha uma capacidade de 4 que o deixava sobrecarregado, e com o aumento de 62% em sua capacidade, percebeu que a taxa de ocupação foi reduzida em 9 %, deixando este recurso menos propício ao esgotamento e com menos probabilidade de não conseguir atender o sistema com eficiência.

O recurso de processamento (tanque) não necessitou de alterações em suas

capacidades uma vez que está com uma taxa de ocupação baixa, apontando uma subutilização do mesmo.

Por fim, alterando a capacidade dos recursos de Armazenamento e Carregamento, é possível conseguir ganhos de 150% na saída de peças, que de 128 peças foi para 320, além de reduzir em 61% o tempo total que uma entidade passa no sistema.

5 CONCLUSÃO

No mundo globalizado a concorrência vem desencadeando uma alta competitividade entre as corporações. Um processo produtivo que contém gargalos pode significar na perda de produção e consequentemente de receita, sem falar que a imagem da empresa poderá ficar comprometida perante o mercado por não conseguir cumprir prazos e acordos firmados com seus clientes.

Dentre as diversas ferramentas disponíveis atualmente para colaborar com as empresas na melhoria de desempenho, a simulação de sistema utilizando o software Arena foi escolhida pelos autores porque possibilitou criar um modelo lógico aproximado da realidade, identificando com clareza onde existiam gargalos no sistema elaborado.

Devido às limitações citadas no tratamento de dados quanto à coleta, o macro fluxo conceitual teve que ser simplificado unindo as etapas produtivas de decapagem e esteira o que prejudicou a modelagem real, pois os resultados das primeiras simulações mostraram dados divergentes do que se vê no local, necessitando rever os dados coletados com a operação assistida, para realizar as alterações dos parâmetros e efetuar diversas replicações para atingir um resultado mais satisfatório.

A simulação de sistema possibilitou de fato demonstrar numericamente os gargalos apresentados na empresa estudada que até então só eram visíveis pelos operadores de produção e expedição. No entanto, observou-se que o modelo de simulação não poderá ser considerado totalmente validado, pois o cenário real apresenta filas maiores no processo de carregamento do que no armazenamento, conflitando com o resultado apresentado na tabela 2. A validação parcial pode ser

explicada pela insuficiência da coleta de dados, em curto período de tempo. Nota-se a necessidade de um período maior para retirar esta limitação do trabalho.

A partir dos resultados gerados na simulação do cenário real, foram realizados diversos experimentos para encontrar um cenário ideal de forma que fosse possível aplicar os conhecimentos acadêmicos de pesquisa operacional, quanto à simulação de sistema e validar com as observações operacionais deste processo.

Pode-se concluir que apesar do sistema não estar completamente balanceado em função da taxa de ocupação do armazenamento que ainda apresenta gargalo, os objetivos do estudo foram alcançados, pois aplicando os conceitos de simulação foi possível mostrar que as alterações sugeridas no cenário ideal proporcionaram menores filas, menos tempo de espera e consequentemente maior quantidade de peças acabadas na saída, mostrando o quanto a empresa pode aumentar sua produtividade e se tornar mais competitiva no mercado.

Conclui-se também, na visão geral dos autores, que a sugestão do aumento de capacidade do carregamento é mais factível que o aumento do espaço de armazenamento, pois pesquisas realizadas no ambiente de trabalho durante o desenvolvimento desta pesquisa evidenciam uma subutilização da área reservada para carregamento, das cinco baias disponíveis neste local apenas uma está sendo utilizada para a expedição do fio máquina acabado; em contrapartida o armazenamento está com o seu espaço físico completamente comprometido, alterações neste espaço requerem maiores estudos de viabilidade em função da sua complexidade.

Este trabalho foi de extrema importância para a formação acadêmica, durante o seu desenvolvimento os integrantes passaram por grandes desafios, a escolha por um tema complexo propiciou diversas dificuldades que ao serem vencidas ajudou no aprofundamento do conhecimento e na aquisição de habilidades para a aplicação prática da teoria estudada ao longo do curso de Engenharia de Produção em uma situação real.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Maria A.F. **Simulação de Sistemas**, notas de Aula. Belo Horizonte, 2009.

ARAÚJO, Jorge Sequeira de. **Administração de compras e armazenamento**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 1976. 219p.

ARNOLD, J. R. Tony. **Administração de materiais**. 1. ed. São Paulo: Atlas, 2006. 521p.

BALLOU, R. H. **Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos: logística empresarial**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006. 616p.

CHWIF, Leonardo; MEDINA, Afonso C. **Modelagem e Simulação de Eventos Discretos: Teorias e Aplicações**. 4. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015. 303p.

CORRÊA, H. L. **Administração de Cadeias de Suprimento e logística: O essencial**. 1. ed. São Paulo: Atlas, 2014. 241p.

CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C. A. **Administração de Produção e Operações: Manufatura e serviços: Uma abordagem estratégica**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2006. 690p.

FREITAS FILHO, Paulo José de. **Introdução à modelagem e Simulação de Sistemas com Aplicações em Arena**. 2. ed. rev. e atual. Florianópolis: Visual Books, 2008. 372p.

MARTINS, Petrônio Garcia; ALT, Paulo Renato Campos. **Administração de Materiais e recursos patrimoniais**. 1. ed. São Paulo: Saraiva, 2002. 353p.

MIGUEL, Paulo Augusto Cauchick. **Metodologia de pesquisa em engenharia de Produção e gestão de operações**. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012. 280p.

PARAGON. **Software de Simulação Arena. 2008**. Disponível em <<http://www.paragon.com.br/software/arena/>>: Acesso em: 25 abr. 2016.

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE MINAS GERAIS. Pró-Reitoria de Graduação. Sistema de Bibliotecas. **Padrão PUC Minas de normalização**: normas da ABNT para apresentação de trabalhos científicos, teses, dissertações e monografias. Belo Horizonte, 2016. Disponível em: <<http://www.pucminas.br/biblioteca>>. Acesso em: 15 mar. 2016.

PRADO, Darci Santos do. **Usando o Arena em Simulação**. 3ª. ed. Belo Horizonte: INDG Tecnologia e Serviços Ltda, 2008. 305p.

ROCKWELL SOFTWARE, Rockwell Automation. **Arena Packaging USER'S GUIDE** PUBLICATION ARENPK-UM001F-EN-P- April 2010.

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. **Administração da produção**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2008. 747p.

TADEU, Hugo Ferreira Braga. **Gestão de Estoques**: Fundamentos, modelos matemáticos e melhores práticas aplicadas. 1. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2010. 402p.

TŘINECKÉ ŽELEZÁRNY, **Foto Gallery**: Consulta galeria de Fotos: Imagens do site – Fio Máquina - Disponível em: <http://www.trz.cz/web/trzsteel.nsf/link/photo_gallery_en#>. Acesso em: 12 Out. 2016.