

# **APLICAÇÃO DA SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL COMO UMA FERRAMENTA PARA A TOMADA DE DECISÕES LOGÍSTICAS**

**Marcelo Kenji Shibuya**

FATEC Zona Sul – Rua Frederico Grotte, 322 – São Paulo/SP  
marcelo.shibuya@gmail.com

**João Roberto Maiellaro**

FATEC Guarulhos – Rua João Gonçalves, 511 – Guarulhos/SP  
joamaiellaro@yahoo.com.br

**Caio Flavio Stettiner**

FATEC Guarulhos – Rua João Gonçalves, 511 – Guarulhos/SP  
cstettiner@gmail.com

## **RESUMO**

Este artigo apresenta a aplicação da simulação computacional como ferramenta para a tomada de decisões logísticas em uma empresa. Para a execução dos estudos, utilizou-se a simulação computacional para a análise e definição dos equipamentos de movimentação de materiais aplicados em sistema produtivo. Tomando-se como base os dados temporais das operações produtivas de uma empresa fabricante de peças para estruturas metálicas, buscou-se na simulação, a análise das vantagens e desvantagens da utilização de três tipos de equipamentos de movimentação de materiais no processo de fabricação: a ponte rolante, o transportador contínuo de roletes e a empilhadeira.

**Palavras-chave:** Simulação. Equipamentos de movimentação de materiais. Logística

## **ABSTRACT**

This paper aims to study the application of computer simulation as a tool for taking decisions in logistics purpose in a organization. In this paper, the computer simulation has been used to the analysis and definition of material handling equipment used in the production system. Using the data of the production operations for a manufacturer of parts for steel structures, was obtained through the simulation, the analysis of the advantages and disadvantages of using three types of materials handling equipment in the manufacturing process: the crane, the continuous conveyor roller and forklift.

**Keywords:** Simulation. Material Handling Equipment, Logistics

## **1. INTRODUÇÃO**

Este artigo objetiva apresentar a aplicação da simulação computacional como ferramenta para a tomada de decisões logísticas em uma empresa. Para a execução dos estudos relatados, utilizou-se a simulação computacional para a análise e definição dos equipamentos de movimentação de materiais aplicados no sistema produtivo. Tomando-se como base os dados temporais das operações produtivas de uma empresa fabricante de peças para estruturas metálicas, buscou-se na simulação a análise das vantagens e desvantagens da utilização de três tipos de equipamentos de movimentação de materiais no processo de fabricação: a ponte rolante, a transportador contínuo de roletes e a empilhadeira.

É fundamental para qualquer empresa que atua no concorrido segmento de estruturas metálicas, ter um sistema produtivo projetado e operacionalizado de tal forma que propicie custos reduzidos das operações, e isso pode ser conseguido através da otimização das operações internas de transportes.

Para mostrar a aplicabilidade da simulação computacional, apresenta-se em tópico específico do artigo um estudo de caso, descrevendo a execução da simulação bem como os resultados obtidos para três diferentes configurações de equipamentos de movimentação de materiais.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 Logística e Movimentação de Materiais**

A crescente pressão no ambiente competitivo por um atendimento cada vez melhor aos clientes, a custos cada vez mais competitivos, colocou a logística no centro das atenções. Christopher (1997) define a logística como o processo de gerenciar estrategicamente a aquisição, movimentação e armazenagem de materiais, peças e produtos acabados (e os fluxos de informações correlatas) através da organização e seus canais de marketing, de modo a poder maximizar as lucratividades presente e futura através do atendimento dos pedidos a baixo custo.

Ballou (2001) especifica como atividades da logística, a gestão dos fluxos de transportes, dos estoques, do processamento de pedidos e do manuseio dos materiais.

De acordo com Moura (2008), a escolha correta do equipamento de movimentação e armazenagem de materiais será sempre uma solução para a redução das atividades que não agregam valor às operações produtivas. De acordo com o autor, os equipamentos de movimentação e armazenagem de materiais a serem utilizados na intralogística (logística interna da organização) podem ser:

- Empilhadeiras e veículos automaticamente guiados.
- Rodas e rodízios.
- Equipamentos de elevação e transferência (talhas, pontes rolantes, guindastes giratórios).
- Transportadores contínuos e sistemas classificadores.

A necessidade de redução dos tempos ou atividades que não agregam valor se originou na Manufatura Enxuta, tendo sido conceituado como os sete desperdícios. Segundo Slack et al (1999), os sete desperdícios podem ser definidos como superprodução, tempo de espera, transporte de materiais, processo, estoque de produtos ou matérias primas, movimentação e produtos defeituosos. De acordo com as afirmações do autor, pode-se concluir que o eficaz gerenciamento intralogístico da empresa, pode beneficiar na redução dos desperdícios citados pelo autor.

## 2.2 Simulação Computacional

Nos últimos anos, a modelagem computacional de sistemas, principalmente pelos avanços na velocidade de processamento e do surgimento de novos programas mais amigáveis de simulação, permitiram a sua aplicação em novos e variados campos. Uma importante contribuição da simulação computacional é no auxílio ao estudo e análise de sistemas produtivos. O objetivo principal da simulação de um sistema produtivo através dos softwares disponíveis no mercado é a análise de filas e os tempos de espera que se formam devido às variações probabilísticas dos tempos de processos de cada estação de trabalho.

Os autores Freitas (2008), Kelton et al (2000) e Prado(2004) definem que a simulação é uma técnica que permite imitar o funcionamento de um sistema real, podendo assim, realizar as análises necessárias para as melhorias dos sistemas produtivos.

De acordo com Freitas (2008), a simulação permite ao analista realizar estudos sobre os correspondentes sistemas modelados para responder “o que aconteceria se?”. O principal apelo ao uso dessa ferramenta, é que tais questões podem ser respondidas sem que os sistemas sob investigação sofram qualquer perturbação, uma vez que os estudos são realizados no computador. O autor ainda acrescenta que a simulação computacional permite que os estudos sejam realizados sobre sistemas que ainda não existem, que é o caso de projetos de modificações para a melhoria de processos produtivos.

A possibilidade de criar cenários em simulação gera uma considerável vantagem à análise de problemas, uma vez que os mesmos podem ser configurados com certa facilidade, obtendo-se assim, os resultados necessários para a análise das alterações realizadas.

Kelton et al (2000) citam como vantagens da utilização da simulação computacional:

- Sistemas complexos que contenham elementos estocásticos que não conseguem ser descritos perfeitamente por modelos matemáticos resolvidos analiticamente, podem ser estudados pela simulação;
- Fornece um controle melhor sobre as condições experimentais do que seria possível no sistema real, pois pode-se fazer várias replicações no modelo, designando-se os valores que se deseja para todos os parâmetros;
- Permite a replicação precisa dos experimentos, podendo-se assim, testar alternativas diferentes para o sistema;
- Permite simular longos períodos em um tempo reduzido;
- É, em geral, mais econômico que testar o sistema real, e evita gastos inúteis na aquisição de equipamentos desnecessários.

## 2.3 O *software* Arena

De acordo com Prado (2004), o *software* de simulação Arena foi desenvolvido inicialmente pela *Systems Modeling Corporation* e baseia-se na linguagem de simulação SIMAN. A construção do modelo é feita através da elaboração de um fluxograma, selecionando-se os módulos que contém as características do processo a ser modelado. O usuário deste *software* não precisa necessariamente conhecer a linguagem SIMAN para construir um modelo a ser simulado. Utilizando os *templates* disponibilizados pelo Arena, o usuário pode extrair um módulo (construção por blocos, *drag-and-drop*), aloca-lo no sistema em análise e parametrizá-lo de acordo com as características do sistema.

Um painel de construção de modelos agrupa uma coleção de blocos, chamados de módulos, que são utilizados para construir e definir um processo. Esses módulos estão organizados sob três tipos de painéis conforme apresentado na Tabela 1.

	<b>Painel Básico de Processos</b>	<b>Painel Avançado de Processos</b>
<b>Função</b>	Compreende os módulos mais usados na modelagem	Usado para modelagem de lógicas mais complexas
<b>Módulos</b>	<i>Create, Dispose, Process, Decide, Batch, Separate, Assign, Record, Entity, Queue, Resource, Variable, Schedule e Set.</i>	<i>Delay, Dropoff, Expression, Failure, File, Hold, Match, Pickup, ReadWrite, Release, Remove, Search, Seize, Signal, Stateset, Statistic, Storage, Store, Unstore.</i>

Fonte: (Adaptado de Manual Arena 12.0, 2007)

Tabela 1 – Módulos do painel de construção de modelos

Prado (2004) define que tal como a maioria dos *softwares* de simulação computacional, o ARENA visualiza o sistema produtivo ou de atendimento a ser modelado como constituído de um conjunto interligado de estações de trabalho que prestam serviços a clientes (também chamados de entidades) que se movem dentro do sistema. O movimento pode ser feito pela própria entidade ou por transportadores, tais como empilhadeiras, elevadores ou correias. Essa característica básica pode ser utilizada de inúmeras maneiras, como descritos a seguir:

- Pessoas (entidades) percorrendo as diversas seções (*stations*) de um supermercado onde efetuam as compras.
- Um automóvel (entidade) sendo fabricado nas diversas seções (*stations*) de uma fábrica.
- Uma apólice de seguro (entidade) sendo processada nas diversas seções (*stations*) de uma seguradora.
- Clientes (entidades) que chegam ao banco e utilizam serviços dos diversos departamentos (*stations*) do banco.

### 3. METODOLOGIA UTILIZADA NA SIMULAÇÃO

A simulação foi realizada para o processo produtivo de uma empresa produtora de peças para estruturas metálicas, localizada na região de Campinas, estado de São Paulo. A empresa tem a capacidade produtiva aproximada de 1200 toneladas mensais de fabricação de estruturas metálicas, que envolvem operações de processamento de chapas e perfis de aço carbono. De uma maneira resumida, o fluxo de fabricação de uma peça para estrutura metálica envolve:

- a) Corte de chapas e perfis de aço carbono nas medidas necessárias para a construção das peças, de acordo com desenhos e especificações dos produtos.
- b) Furação das chapas e perfis após a operação do corte, que permitirão futuramente, a fixação de outras partes ou componentes por elementos de fixação.
- c) Montagem das diversas peças componentes de um elemento da estrutura metálica através da operação de solda.
- d) Jateamento do elemento da estrutura metálica, após a realização da operação de solda, para remoção de oxidações, graxas e carepas provenientes dos processos anteriores.
- e) Pintura, para proteção do elemento da estrutura metálica contra as intempéries climáticas.

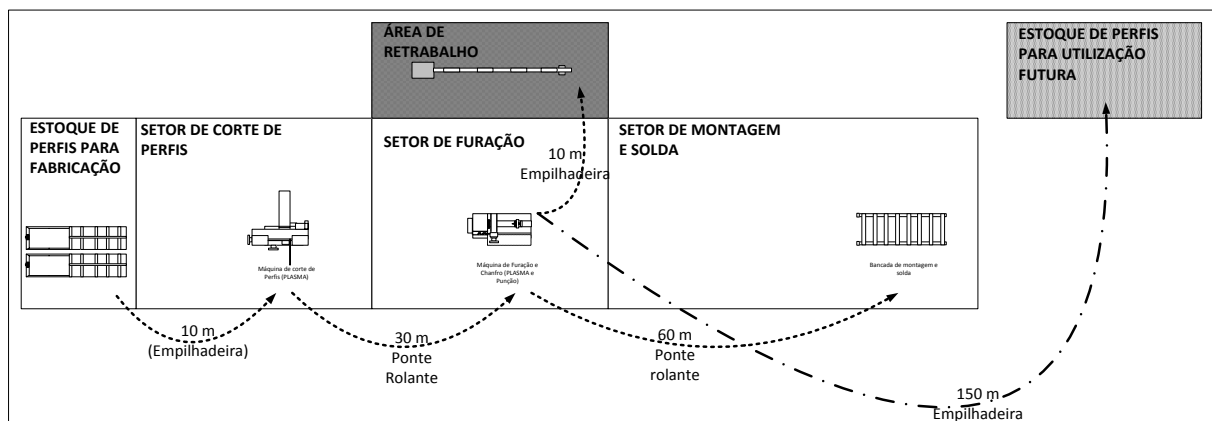
Embora o fluxo produtivo seja constituído das etapas anteriormente descritas, o presente trabalho procurou concentrar os estudos na utilização dos equipamentos de movimentação de materiais nas etapas de corte, furação dos perfis e montagem das peças das estruturas metálicas. A justificativa para a simulação ter sido realizada nesses setores, foi devido à necessidade da otimização dos equipamentos de movimentação de materiais envolvidos, criando-se então, análises através de cenários alternativos para a utilização de pontes rolantes e empilhadeiras.

Para cumprir os objetivos propostos no presente estudo, três cenários foram formulados para a análise:

### 1) Cenário inicial

Constituído pela configuração real dos equipamentos de movimentação de materiais que eram utilizadas nos setores de Corte de Perfis, Chanfro e Montagem no início dos estudos. Uma única ponte rolante era responsável pela movimentação de perfis entre os setores de Corte – Furação e Furação – Montagem e a movimentação de perfis entre os setores de Furação – Área de Retrabalho e Furação – Estoque de Perfis era realizada através de uma empilhadeira convencional.

A figura 1 ilustra esquematicamente o cenário inicial. As setas mostram a movimentação realizada e as distâncias a consideradas para a movimentação dos materiais e os respectivos equipamentos utilizados.



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 1: Fluxo de movimentação de materiais para o Cenário 1

### 2) Cenário 2

No cenário 2, analisou-se a substituição da ponte rolante utilizada no cenário 1 por transportadores contínuos de roletes, que permitem maior velocidade de movimentação dos materiais. O transportador contínuo de roletes foi considerado na análise desse cenário, como uma futura opção para melhoria do sistema de transportes interno de materiais.

### 3) Cenário 3

Substituição dos equipamentos utilizados no Cenário Inicial (ponte rolante e empilhadeira convencional), por uma única empilhadeira multidirecional para a movimentação dos itens produzidos. Esta empilhadeira permite a sua movimentação em duas direções, através da simples movimentação das rodas, fato este que representa uma considerável redução do

tempo de movimentação, tendo em vista a não necessidade de manobra da mesma. A figura 2 mostra a fotografia da empilhadeira citada.



Fonte: catálogo do fabricante, disponível em [www.combilift.com](http://www.combilift.com)

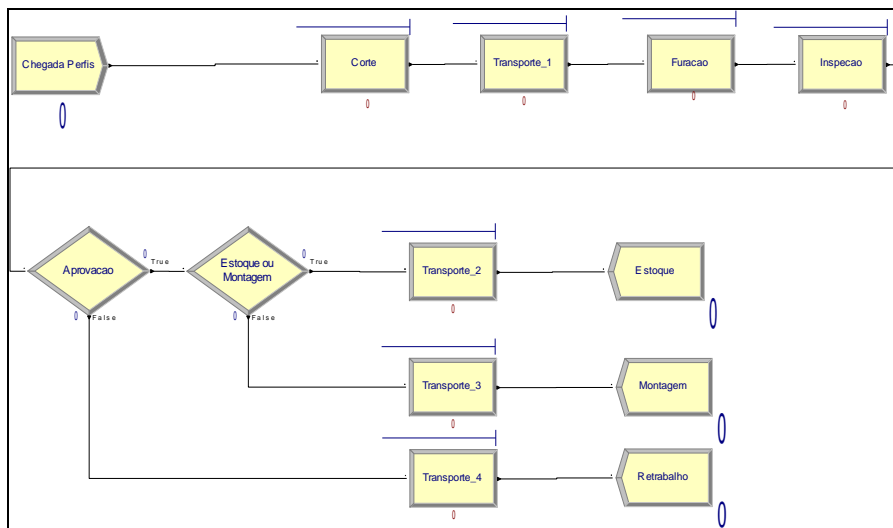
Figura 2: Figura da empilhadeira multidirecional

Para a execução da simulação nos três cenários apresentados, considerou-se a quantidade de fabricação de aproximadamente 150 peças diárias, representando assim a necessidade média diária de itens para o cumprimento da programação de produção a ser realizada em dois turnos de trabalho, cujo tempo de fabricação deveria ser realizada em 16 horas diárias de trabalho.

## 4. EXECUÇÃO DA SIMULAÇÃO

### 4.1 Simulação - Cenário Inicial

A simulação do cenário inicial foi realizada com o objetivo de obter as informações dos tempos de fila, número de peças em espera na fila e das taxas de ocupação dos recursos envolvidos no sistema produtivo em funcionamento. Para os três cenários citados, o fluxograma de simulação foi configurado no *software* ARENA, como mostrado na figura 3.



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 3: Representação dos blocos da simulação no ARENA para os três cenários simulados

Fazendo-se uma rápida análise da figura 3, pode-se notar que o fluxograma de simulação compreende as operações produtivas envolvidas nos setores de corte, furação e montagem. Interligando as operações anteriormente citadas, são representadas as operações de transporte, possibilitando dessa forma, a configuração dos tempos de processo e movimentação dos materiais ao longo do sistema simulado.

A simulação da fabricação das peças para a construção das estruturas metálicas através do ARENA é realizada mediante o seguinte fluxo:

- a) A chegada dos perfis ao Setor de Corte ocorre através de um transportador contínuo de roletes motorizado, cujos intervalos de chegadas são de 6 minutos.
- b) Após o corte e furação dos perfis, é realizada uma inspeção de qualidade, com taxa de aprovação de 90%, sendo que as peças aprovadas seguem ou para o Setor de Montagem ou para o estoque de perfis acabados, onde os perfis permanecem armazenados até que a mesma seja encaminhada para o setor de montagem. A taxa de peças que seguem do setor de Furação para a montagem é de 55% e a taxa de peças que seguem do setor de Furação para o estoque é de 45%.
- c) As peças reprovadas na Inspeção de Qualidade são encaminhadas para um setor específico de retrabalho.

De acordo com Freitas (2008), o processo de tratamento de dados para a simulação se dá em cinco etapas:

- a) Processo de amostragem e coleta de dados.
- b) Tratamento de dados
- c) Identificação da distribuição de probabilidade
- d) Estimação dos parâmetros da distribuição identificada.
- e) Testes de aderência.

A coleta dos tempos das operações simuladas foi realizada através de cronometragem, buscando-se assim uma quantidade de pelo menos 50 amostras. Tais amostras foram inseridas na ferramenta *Input Analyser*, que é uma ferramenta do ARENA para a obtenção das funções dos tempos para serem configuradas em cada bloco do sistema de simulação. A tabela 2

relaciona as atividades simuladas e as respectivas funções de tempo obtidas através da ferramenta *Input Analyser*.

Bloco	Atividades executadas	Distribuição de tempo obtido	Recurso utilizado
Corte	Realiza a operação de corte dos perfis.	Normal, média 6 min e desvio padrão de 1,2 min.	Máquina de corte de perfis
Transporte_1	Transporte dos perfis do Setor de Corte para o Setor de Furação	TRIANGULAR (150,197,330) segundos	Ponte Rolante
Furação	Realiza a operação de furação nos perfis após a operação de corte.	Normal, média 6,2 min e desvio padrão de 1,8 min.	Máquina de furação
Inspeção	Realiza a operação de inspeção.	Normal, média 4,6 min e desvio padrão de 1,9 min.	Inspetor
Transporte_2	Transporte de peças produzidas do Setor de Furação para o estoque externo.	TRIANGULAR (312,355,433) segundos	Empilhadeira convencional
Transporte_3	Transporte de peças do Setor de Furação para o Setor de Montagem	TRIANGULAR (234,270,320) segundos	Ponte Rolante
Transporte_4	Transporte de peças do Setor de Furação para o Setor de Retrabalho	TRIANGULAR (56,81,117) segundos	Empilhadeira convencional

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 2 – As funções de tempos utilizados na simulação do Cenário Inicial

## 4.2 Simulação - Cenário 2

Na simulação realizada para o Cenário 2, buscou-se analisar a substituição da utilização da ponte rolante utilizada para a movimentação das peças do Setor de Corte para o Setor de Furação e do Setor de Furação para o Setor de Montagem por um transportador contínuo de roletes.

Os dados configurados na simulação para a utilização do transportador contínuo de roletes foi estimado de acordo com as velocidades nominais, obtidos através de catálogos do fabricante e os tempos necessários para o carregamento e descarregamento das peças do mesmo. A Tabela 3 mostra os dados configurados, cujas linhas realçadas na cor “cinza” representam os equipamentos de movimentação de materiais modificados para fins de simulação.

Bloco	Atividades executadas	Distribuição de tempo obtido	Recurso utilizado
Corte	Realiza a operação de corte dos perfis.	Normal, média 6 min e desvio padrão de 1,2 min.	Máquina de corte de perfis
Transporte_1	Transporte dos perfis do Setor de Corte para o Setor de Furação	TRIANGULAR (90,120,190) segundos	Transportador contínuo de roletes
Furação	Realiza a operação de furação nos perfis após a operação de corte.	Normal, média 6,2 min e desvio padrão de 1,8 min.	Máquina de furação
Inspeção	Realiza a operação de inspeção.	Normal, média 4,6 min e desvio padrão de 1,9 min.	Inspetor
Transporte_2	Transporte de peças do Setor de Furação para o estoque externo.	TRIANGULAR (312,355,433) segundos	Empilhadeira convencional
Transporte_3	Transporte de peças do Setor de Furação para o Setor de Montagem	TRIANGULAR (94,108,129) segundos	Transportador contínuo de roletes
Transporte_4	Transporte de peças do Setor de Furação para o Setor de Retrabalho	TRIANGULAR (56,81,117) segundos	Empilhadeira convencional

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 3 – as funções de tempos utilizados na simulação do Cenário 2



### 4.3 Simulação - Cenário 3

Na simulação realizada para o Cenário 3, buscou-se analisar a substituição dos equipamentos de movimentação de materiais utilizados no Cenário Inicial por uma única empilhadeira multidirecional.

Os dados configurados na simulação para a utilização das empilhadeiras multidirecionais foram estimados através de informações obtidas no catálogo do fabricante e os tempos necessários para o carregamento e descarregamento das peças do mesmo. A Tabela 4 mostra os dados configurados na simulação, sendo as linhas realçadas na cor “cinza” referentes à utilização das empilhadeiras multidirecionais.

Bloco	Atividades executadas	Distribuição de tempo configurado	Recurso utilizado
Corte	Realiza a operação de corte dos perfis.	Normal, média 6 min e desvio padrão de 1,2 min.	Máquina de corte de perfis
Transporte_1	Transporte dos perfis do Setor de Corte para o Setor de Furação	TRIANGULAR (60,80,132) segundos	Empilhadeira Multidirecional
Furação	Realiza a operação de furação nos perfis após a operação de corte.	Normal, média 6,2 min e desvio padrão de 1,8 min.	Máquina de furação
Inspeção	Realiza a operação de inspeção.	Normal, média 4,6 min e desvio padrão de 1,9 min.	Inspetor
Transporte_2	Transporte de peças do Setor de Furação para o estoque externo.	TRIANGULAR (156,177,216) segundos	Empilhadeira Multidirecional
Transporte_3	Transporte de peças do Setor de Furação para o Setor de Montagem	TRIANGULAR (94,108,129) segundos	Empilhadeira Multidirecional
Transporte_4	Transporte de peças do Setor de Furação para o Setor de Retrabalho	TRIANGULAR (56,81,117) segundos	Empilhadeira Multidirecional

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 4 – as funções de tempos utilizados na simulação do Cenário 3

## 5. RESULTADOS

A tabela 5 compara os resultados obtidos nos três cenários simulados através de consulta aos seguintes relatórios obtidos no ARENA:

- *Resources* (Recursos): apresenta as taxas de ocupação dos recursos utilizados em cada bloco da simulação.
- *Queue* (Fila): apresenta os tempos médios de espera na fila e os números médios de fila em cada bloco da simulação.
- *Entities* (Entidades): apresenta os tempos médios de agregação de valor (*VA Time*), de não agregação de valor (*NVA Time*) e de transferência (*Transfer Time*) em que a entidade (peça).

De acordo com os resultados apresentados para o “tempo total de simulação” da tabela 5, percebe-se que o tempo necessário para totalizar 150 peças são equivalentes para os três cenários. Tal fato mostra que a utilização da ponte rolante e empilhadeira convencional utilizada no Cenário Inicial é equivalente à utilização de transportador contínuo de roletes e empilhadeira utilizada no Cenário 2 e a utilização da empilhadeira multidirecional do Cenário 3.

Fazendo-se uma outra análise dos resultados apresentados, foi possível perceber que o tempo de espera para o setor de furação é de 85,82 minutos quando utilizada a empilhadeira multidirecional, acarretando em uma quantidade de peças em espera nesse setor de 13,63 unidades. Tal quantidade de peças em espera faz com que haja a necessidade da existência de uma área suficiente para armazenar uma quantidade média de 13 peças. No entanto, através da análise do *Transfer Time* (tempo médio de transferência), é visível a redução considerável deste parâmetro, tendo em vista que para o cenário 1 o tempo médio de transferência foi de 9,14 minutos, 6,22 minutos para o cenário 2 e 3,59 minutos para o cenário 3.

<b>Resultados</b>	<b>Unidades</b>	<b>Cenário Inicial</b>	<b>Cenário 2</b>	<b>Cenário 3</b>
Total de entidades	Peças	150	150	150
Tempo total de simulação	Minutos	986,21	930,99	946,62
Taxa de ocupação – empilhadeira convencional	-x-	0,42	0,45	-x-
Taxa de ocupação – Ponte Rolante	-x-	0,87	-x-	-x-
Taxa de ocupação – Transportador de roletes	-x-	-x-	0,36	-x-
Taxa de ocupação – Empilhadeira multidirecional	-x-	-x-	-x-	0,61
Waiting Time (tempo de espera) – Setor de Corte	Minutos	2,49	3,12	145,04
Waiting Time (tempo de espera) – Setor de Furação	Minutos	49,69	5,36	15,26
Waiting Time (tempo de espera) – Setor de Inspeção	Minutos	0,62	1,33	0,99
Waiting Time (tempo de espera) – Transporte 1	Minutos	7,33	0,00	0,49
Waiting Time (tempo de espera) – Transporte 2	Minutos	0,72	0,47	0,29
Waiting Time (tempo de espera) – Transporte 3	Minutos	7,17	0,00	0,30
Waiting Time (tempo de espera) – Transporte 4	Minutos	0,56	1,06	0,63
Number Waiting (Quantidade na fila) – Setor de Corte	Unidades	0,37	0,50	22,98
Number Waiting (Quantidade na fila) – Setor de Furação	Unidades	7,30	0,91	2,42
Number Waiting (Quantidade na fila) – Setor de Inspeção	Unidades	0,09	0,21	0,16
Number Waiting (Quantidade na fila) – Transporte 1	Unidades	1,08	0,00	0,08
Number Waiting (Quantidade na fila) – Transporte 2	Unidades	0,05	0,03	0,02
Number Waiting (Quantidade na fila) – Transporte 3	Unidades	0,48	0,00	0,02
Number Waiting (Quantidade na fila) – Transporte 4	Unidades	0,01	0,02	0,01
VA Time	Minutos	12,34	11,78	12,06
NVA Time	Minutos	4,49	4,75	4,67
Transfer Time	Minutos	8,79	5,87	3,86

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 5 – Comparações dos resultados para as simulações dos 3 cenários planejados

## 6. CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos e analisados, observou-se que a simulação computacional pode se tornar de grande valia para a gestão da logística interna da organização, principalmente no que se refere à tomada de decisões para uma eficaz seleção dos equipamentos de movimentação de materiais.

Os modelos desenvolvidos para os três cenários mostraram as possíveis alternativas para a utilização dos equipamentos de movimentação de materiais, sendo que no Cenário Inicial, representou-se a utilização dos equipamentos de movimentação de materiais existentes na empresa na época de execução dos estudos e nos Cenários 2 e 3, as possíveis alternativas de substituição de equipamentos. Os resultados analisados para os três cenários mostraram serem equivalentes no que se refere aos tempos de fila e número de peças em espera para processamento, mas algumas observações se fazem necessárias:

- a) Para o Cenário Inicial são utilizados para a movimentação de materiais uma ponte rolante e uma empilhadeira, havendo portanto a necessidade da manutenção de dois operadores específicos para os equipamentos de movimentação de materiais. Adicionalmente, pode-se citar uma outra desvantagem da utilização da ponte rolante, a necessidade de “amarração” e “desamarração” das peças a serem transportadas, o que torna a operação mais demorada em relação ao uso de empilhadeiras ou esteiras transportadoras por roletes.
- b) Analisando-se o Cenário 2, pode-se avaliar como desvantagem o alto custo de instalação de uma esteira transportadora no setor, devido ao custo do equipamento e a necessidade de adequação do layout da fábrica que inclui a movimentação das máquinas de corte e furação.
- c) Para o Cenário 3, foi possível avaliar que todas as necessidades de movimentação de materiais para os processos considerados podem ser executados apenas com a aquisição de uma única empilhadeira multidirecional. A vantagem da utilização desta empilhadeira é a sua flexibilidade de movimentação, tendo em vista a possibilidade de sua operação ser realizada em pequenos espaços, sendo este o fator principal para a redução do tempo de transferência obtido nos relatórios.

A análise foi realizada em outubro de 2011, tendo a empresa optada pela aquisição da empilhadeira multidirecional após análise dos resultados apresentados na simulação.

Como sugestão para futuras pesquisas, poderia se considerar a análise do transporte de peças serem realizadas em lotes de peças através da empilhadeira multidirecional, e não através do transporte unitário de peças como está sendo realizado atualmente na empresa citada. Dessa forma, poderia ser analisada a otimização do transporte de peças na empresa, reduzindo-se assim, as quantidades diárias de viagens e o desgaste do equipamento de movimentação de materiais em questão.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**BALLOU, R. H.** Gerenciamento da cadeia de suprimentos. 4a ed., Porto Alegre: Bookman, 2001.

**CHRISTOPHER, M.** Logística e gerenciamento da cadeia de suprimentos. São Paulo: Pioneira, 1997.

**COMBILIFT.** Multi-directional operation handling solution (Catálogo do fabricante). Disponível em: < <http://www.combilift.com> >. Acesso em 12/abril/2012.

**FREITAS, P. J.** Introdução à modelagem e simulação de sistemas com aplicação em ARENA. Visual Books. 2008.

**KELTON, D.; SADOWSK, D. SADOWSK, R.** Simulation With ARENA. McGraw Hill, 2000.

**MANUAL ARENA 12.0** (2007) - User's Guide. Rockwell Softwares. USA.

**MOURA, R.** Movimentação de Materiais na Intralogística. IMAM. 2008

**PRADO, D.** Usando o ARENA em simulação. INDG. 2004

**SLACK,N; CHAMBERS, S; HARLAND, C; HARRISON, A.; JOHNSTON, R.** Administração da Produção. Ed. Atlas. 1999