

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
COORDENAÇÃO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

GUSTAVO GRANDER

**SIMULAÇÃO E ANÁLISE DO PROCESSO DE *PICKING* NO
ESTOQUE DE UMA INDÚSTRIA MOVELEIRA**

Trabalho de Conclusão de Curso

Medianeira

2011

GUSTAVO GRANDER

**SIMULAÇÃO E ANÁLISE DO PROCESSO DE *PICKING* NO
ESTOQUE DE UMA INDÚSTRIA MOVELEIRA**

Proposta de gerenciamento de estoque para redução do tempo de *picking*

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Graduação, em Engenharia de Produção, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Dr. José Airton Azevedo dos Santos

Co-Orientadora: Prof^a. Dr^a. Edna Possan

Medianeira

2011

Grander, Gustavo

121d Análise e simulação do processo de coleta de produtos do estoque de uma indústria moveleira: Proposta de gerenciamento do estoque para redução do *picking* / Gustavo Grander. - Medianeira, PR. UTFPR, 2011.

XI, 00f. : il. ; 30 cm

Orientador: Dr. José Airton Azevedo dos Santos

Co-Orientador: Dr. Edna Possan

Monografia - Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Bibliografia: f.

1. Estocagem. 2. Arena. 3. Indústria moveleira. I. Santos, José Airton Azevedo dos. II. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

CDU 576.72: 578

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
COORDENAÇÃO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

TERMO DE APROVAÇÃO

SIMULAÇÃO E ANÁLISE DO PROCESSO DE *PICKING* NO ESTOQUE DE UMA
INDÚSTRIA MOVELEIRA

Por

GUSTAVO GRANDER

Este trabalho de conclusão de curso foi apresentado às 20 horas e 30 minutos do dia 28 de novembro de 2011 como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro de Produção, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Medianeira. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados.

Prof. Dr. José Airton Azevedo dos Santos
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
(Orientador)

Prof. Msc. Cidmar Ortiz dos Santos
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
(Banca)

Prof. Msc. Neron Alipio Cortes Berghauser
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
(Banca)

Prof. Msc. Vânia Lionço
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
(Coordenadora do Curso)

Aos meus pais, Roberto e Rosane e à minha irmã Bruna que me deram total apoio nesta etapa da minha vida e participaram diretamente desta conquista.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador e amigo, professor José Airton Azevedo dos Santos pelo incentivo, apoio e competência para orientar este trabalho e também por toda a ajuda ao Curso de Engenharia de Produção.

À professora e co-orientadora Edna Possan pelo acompanhamento durante o desenvolvimento deste trabalho.

Aos membros da banca examinadora, Cidmar Ortiz dos Santos e Neron Alipio Cortes Berghauser, que sugeriram melhorias que agregaram muito ao trabalho.

À professora e Coordenadora do Curso de Engenharia de Produção, Vânia Lionço.

Aos demais professores do curso de Engenharia de Produção pelos conhecimentos transmitidos ao longo desses últimos cinco anos.

E por último, mas não menos importante à indústria moveleira que abriu as portas e apoiou a realização deste trabalho.

Imagine there's no countries
It isn't hard to do
Nothing to kill or die for
And no religion too

John Lennon

GRANDER, Gustavo. **Simulação e Análise do processo de *picking* no estoque de uma indústria moveleira**: Proposta de gerenciamento de estoque para redução do tempo de *picking*. 2011. Monografia (Bacharel em Engenharia de Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

RESUMO

Este trabalho propõe a análise do sistema de estocagem de produtos acabados de uma indústria moveleira, com o objetivo de melhorar a produtividade do sistema e o nível dos serviços oferecidos aos clientes. O sistema atual de estocagem dos produtos nas prateleiras é feita de forma aleatória. O trabalho propõe a utilização do Diagrama de Pareto e do critério de minimização das distâncias para identificar um novo modelo de organização dos produtos de maior rotatividade nas prateleiras. Utilizou-se o software Arena para comparar as performances dos sistemas atual e proposto. Os resultados de simulação mostraram que o sistema proposto apresenta um melhor desempenho que o sistema atual de estocagem.

Palavras-chave: Estocagem; Arena; Indústria moveleira.

GRANDER, Gustavo. **Simulation and Analysis of the process of picking a stock in the furniture industry**: Proposal for inventory management to reduce the time of picking. 2011. Monograph (Bacharel em Engenharia de Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

ABSTRACT

This work proposes the analysis system of storage of finished products, a furniture industry in order to improve the productivity of the system and level of services offered to customers. The current system of storage of products on the shelves is made randomly. The work proposes the use of the curve ABC and the criterion of minimizing the distances to identify a new model of organization, the largest turnover products on the shelves. We used the software Arena to compare the performances of current and proposed systems. The simulation results showed that the proposed system presents a better performance than the current system of storage.

Key-words: Storage; Arena; Furniture industry.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Passos – Modelagem e simulação.....	25
Figura 2 – Leiaute do estoque.....	31
Figura 3 – Diagrama de Pareto referente à distribuição dos produtos	38
Figura 4 – Localização atual dos produtos no estoque	39
Figura 5 – Histograma da retirada dos paletes para o produto com a maior prioridade	41
Figura 6 – Histograma de retirada dos paletes para o produto com a segunda maior prioridade	42
Figura 7 – Histograma de retirada dos paletes para o produto com a terceira maior prioridade	42
Figura 8 – Histograma de descarga dos paletes para o produto com a maior prioridade	43
Figura 9 – Histograma de descarga dos paletes para o produto com a segunda maior prioridade	44
Figura 10 – Histograma de descarga dos paletes para o produto com a terceira maior prioridade	44
Figura 11 – Modelo do sistema de <i>picking do estoque</i>	46
Figura 12 – Proposta para a classificação dos produtos estocados segundo suas prioridades.....	47
Figura 13 – Proposta do novo posicionamento dos produtos com maior prioridade no estoque.....	47
Figura 14 – Comparação dos tempos de <i>picking</i> entre os dois cenários	48

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Distribuições de Probabilidades	41
Tabela 2 – Diferenças de tempo entre os cenários	48

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 OBJETIVOS	15
1.1.1 Objetivo Geral	15
1.1.2 Objetivos Específicos	15
1.2 JUSTIFICATIVA	16
2 REVISÃO DE LITERATURA	17
2.1 GERENCIAMENTO DE ESTOQUES	17
2.2 CLASSIFICAÇÃO DOS ESTOQUES	18
2.3 RAZÃO PARA CONTROLAR OS ESTOQUES	19
2.4 A INDÚSTRIA MOVELEIRA NO BRASIL	20
2.5 DIAGRAMA DE PARETO	21
2.6 SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL	22
2.6.1 Definição	22
2.6.2 Quando utilizar simulação	23
2.6.3 Vantagens e desvantagens do uso da simulação	24
2.6.4 Passos na formulação de um estudo envolvendo modelagem e simulação	24
2.6.5 O <i>software</i> de Simulação Arena®	26
3 MATERIAIS E MÉTODOS	28
3.1 INDÚSTRIA MOVELEIRA EM ESTUDO	28
3.2 PLANEJAMENTO	29
3.3 DESCRIÇÃO DO SISTEMA	30
3.3.1 Diagrama de Pareto	31
3.3.2 Coleta dos tempos	32
3.3.3 Análise dos tempos	33
3.3.4 Número de replicações	34
3.4 MODELO COMPUTACIONAL	36
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
4.1 CLASSIFICAÇÃO DOS PRODUTOS SEGUNDO O DIAGRAMA DE PARETO	38
4.2 COLETA E TRATAMENTO DOS DADOS	40
4.3 PROPOSTA DO NOVO POSICIONAMENTO DOS PRODUTOS	45
5 CONCLUSÃO	50

REFERÊNCIAS.....	53
------------------	----

1 INTRODUÇÃO

O hábito de estocar é uma herança cultural de uma sociedade agrícola e por muito tempo esse comportamento foi considerado natural e até justificável. Nossos ancestrais estocavam diversos produtos por eles mesmos produzidos como arroz, feijão e trigo, e devido às situações adversas impostas pela natureza e ao elevado custo destes produtos, face às condições de armazenamento não serem tão desenvolvidas e à produtividade das terras serem menor que as atuais, oneravam os custos dos produtos, sobretudo dos alimentos. Esses produtos eram estocados mesmo em períodos de riqueza, com o intuito de garantir suprimentos para os anos subseqüentes, que poderiam ser de escassez.

Nos dias de hoje esse costume ainda persiste em muitas situações, inclusive na indústria moderna, contrariando o paradigma atual de produção: a produção enxuta ou o Sistema Toyota de Produção (STP), que tem como escopo a eliminação do desperdício. Para Ohno (1996, p. 35), um dos precursores desse sistema de produção, “não há desperdício mais terrível em uma empresa do que a superprodução”, ou seja, produzir para estoque. Para o autor, muitas indústrias precisam passar por uma revolução na consciência e ter bom senso para buscar e produzir apenas o necessário quando for necessário e na quantidade necessária.

É fundamental que as indústrias adotem sistemas de gestão que desenvolvam habilidades humanas para utilizar da melhor maneira as instalações e máquinas, eliminando ao máximo os desperdícios (OHNO,1996). E cada vez mais a competitividade entre as indústrias, como também o desenvolvimento das mesmas, faz com que exista uma preocupação e conseqüente investimento no melhoramento contínuo de produtos e processos. Assim, as indústrias estão passando por uma revisão crítica de seus próprios padrões de operação, no que diz respeito aos seus processos de planejamento de produção e controle de estoque, de modo a existir um gerenciamento da produção cada vez mais detalhado (DIAS, 2008).

O processo eficiente de coleta de materiais do estoque é extremamente crucial para enfrentar um mercado competitivo, devido à dedicação cada vez maior por lotes pequenos, entregas mais frequentes e ciclos de tempos mais reduzidos

(SHIRK, 1989). A importância cada vez maior por tempos de processamento e de entrega de produtos aos clientes cada vez mais curtos, servem como diferencial competitivo entre empresas de manufatura e através desta perspectiva promover a redução do tempo de movimentação, com pedidos na área de estoque de uma indústria, é muito importante para reduzir o tempo de atendimento aos clientes (PETERSEN, 1999).

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Este trabalho propõe a análise do sistema de estocagem de produtos acabados de uma indústria moveleira, com o objetivo de melhorar sua produtividade.

1.1.2 Objetivos Específicos

- a) Construir o Diagrama de Pareto dos produtos acabados da Indústria moveleira;
- b) Levantar dados de tempos de movimentação, coleta e disposição dos produtos no estoque;
- c) Desenvolver um modelo computacional do processo de retiradas dos produtos acabados do estoque da empresa;
- d) Realizar análise de cenários da disposição de produtos no estoque da empresa.

1.2 JUSTIFICATIVA

Em virtude da competitividade que o mercado global está submetido atualmente, é fundamental reduzir ou se possível eliminar todo e qualquer tipo de custo envolvido nos processos de manufatura e com isso agregar mais valor aos produtos, sendo possível então, tornar mais lucrativa as atividades envolvidas.

Neste contexto, a utilização de técnicas que dêem auxílio à tomada de decisão e controle de processos industriais torna-se extremamente importante. Assim foram utilizadas algumas dessas técnicas em uma indústria moveleira do oeste do Paraná, que possui um *mix* grande de produtos e uma demanda que oscila durante o ano, somado com restrições na linha de produção que fazem com que sejam programados lotes econômicos, ocorre formação de estoque na indústria e em vista disto é fundamental que haja o bom planejamento das atividades que estejam relacionadas ao mesmo.

Considerando estes fatores que foram expostos, este estudo mostra-se de grande importância em virtude da proposta de melhoria que foi determinada através da simulação do fluxo da empilhadeira no estoque. A vantagem deste tipo de simulação é o de permitir um estudo prévio para determinar uma situação ótima e então realizar a efetiva mudança.

Para a realização da simulação computacional, foi utilizado o *software Arena*[®] que permitirá avaliar os fluxos através de análises de leiaute e dos tempos que serão coletados. A proposta de otimização do sistema de *picking* – separação e preparação de pedidos - da indústria em estudo também teve o auxílio da ferramenta conhecida como Diagrama de Pareto, esta que permite atribuir pesos para os itens analisados e com isso estabelecer prioridades.

2 REVISÃO DE LITERATURA

O bom planejamento do estoque é de grande importância para as indústrias, independente do ramo em que atuem devido ao fato de estarem presentes nos mais variados pontos da cadeia de suprimentos.

Estoque é qualquer quantidade de bens físicos que sejam conservados, de forma improdutiva, por algum intervalo de tempo. Estoque também é a quantidade necessária de produtos para atender à demanda dos clientes. Ele existe somente porque o fornecimento e a demanda não estão em harmonia um com o outro (PAOLESCI, 2009).

Ballou (2006, p. 271), define estoque como “acumulações de matérias-primas, suprimentos, componentes, materiais em processo e produtos acabados que surgem em numerosos pontos do canal de produção e logística das empresas”. O mesmo autor ainda complementa que os custos envolvidos na manutenção de estoques nas indústrias podem representar de 20 a 40% do seu valor por ano, em vista disso é correto ter-se cuidado com o nível de estoque que se produz.

2.1 GERENCIAMENTO DE ESTOQUES

Os estoques constituem um elemento gerencial essencial na administração da produção. Os estoques podem ser descritos como acúmulos de recursos materiais entre fases específicas de processos de transformação e distribuição. Esses acúmulos proporcionam independência entre as fases dos processos do sistema (CORRÊA *et al.*, 2001). Isso significa que uma interrupção de uma das etapas pode não acarretar na interrupção da outra etapa. Recursos materiais, como matéria-prima, material semi-acabado, componentes, pré-montagens e produtos acabados podem ser estocados para serem requisitados nos processos de transformação e distribuição (FOGARTY *et al.*, 1991).

Hoje, sabe-se que os estoques são necessários devido às diferenças de

fluxo entre as diversas etapas dos sistemas produtivos e de distribuição. Busca-se, então, o controle sobre os sistemas produtivos e de armazenagem, para que não se tenha nada estocado além do estritamente necessário estrategicamente (CORRÊA *et al.*, 2001).

2.2 CLASSIFICAÇÃO DOS ESTOQUES

De acordo com Fogarty *et al.* (1991), a função primária de um estoque é amortecer as variações entre a quantidade de demanda e a quantidade de oferta nas diversas etapas da cadeia produtiva. Por exemplo, as variações de demanda do consumidor em relação a uma oferta constante do produtor, ou a formação de lotes econômicos de matéria-prima em relação a uma demanda constante etc. Sugerem-se, então, algumas classificações funcionais para os tipos de estoques utilizados (FOGARTY *et al.*, 1991):

Estoques de previsão: férias produtivas, picos nas vendas, vendas promocionais, escassez de produtos etc. fazem com que as organizações produzam ou comprem recursos materiais adicionais para suprir essas variações de demanda ou de oferta. Esses recursos ficam armazenados e têm previsão de utilização nessas situações. Apesar de também serem baseados em previsões, os estoques especulativos, muito comuns em países com significativa inflação, são diferentes. No caso dos estoques especulativos, cada estoque é montado de acordo com decisões financeiras de algum risco e se tornam investimentos. Os estoques especulativos baseiam-se na previsão de que algum recurso material terá algum aumento de preço no futuro; assim, é feito um estoque desse recurso para que esse aumento de preço possa ser incorporado ao lucro sem afetar os custos dos produtos.

Estoques cíclicos devido a lotes de produção (lotes de produção): em alguns casos, não compensa produzir ou comprar algum produto em pequenas quantidades, de acordo com a demanda ou necessidade. Nesses casos, é necessário produzir lotes econômicos dos produtos, que ficam em estoque até que se atinja uma quantidade mínima estocada, para que seja produzido ou adquirido

mais um lote.

Estoques flutuantes devido às incertezas: é comum a variação da demanda ou da oferta fora das previsões em razão de ocorrências alheias ao planejamento. Diante disso, é necessário estocar os recursos materiais para que esses não falem e para que as variações de oferta sejam absorvidas. O ideal é que os estoques se mantenham no mesmo nível, absorvendo a falta dos recursos e suprindo a demanda.

Estoques para transporte: é muito comum que os recursos materiais tenham que ser transportados entre as etapas produtivas e até o consumidor final. Para utilização dos veículos comuns de transporte, normalmente é necessário acumular produtos até completar o volume necessário para que o transporte seja economicamente viável. Muitas vezes não é utilizado só um meio de transporte, e isso torna necessários vários estoques entre os sistemas de transporte.

Estoques para reposição: são estoques compostos de partes utilizadas para reposição ou manutenção. Esses estoques, apesar de pequenos, são importantes, pois, apesar dos esforços em manutenção preventiva, a demanda por essas partes tem difícil previsão e a falta delas representa muitos prejuízos.

Estoques gerados pela desinformação entre as etapas: muitas das causas apresentadas até agora são agravadas pela falta de coerência das informações entre as etapas. Muitas vezes, a falta de previsão, tanto da oferta, como da demanda, ocorre porque as informações não foram passadas corretamente entre compradores e vendedores. Isso gera erros de planejamento que, por sua vez, geram a necessidade de estocar recursos materiais para suprir uma eventual falha.

2.3 RAZÃO PARA CONTROLAR OS ESTOQUES

Os estoques apresentam alguns pontos negativos, por exemplo, imobilizam capital, ocupam espaço, necessitam de movimentação, podem estragar-se, tornar-se obsoletos, podem ser taxados, necessitam de seguro, podem ser roubados e até perdidos, sem contar que frequentemente escondem problemas

gerenciais, como previsões ruins, erros na programação e erros no cálculo do tempo de preparação ou no tempo de processo.

Desta maneira, os estoques representam custos desnecessários que reduzem os lucros e que prejudicam o desempenho da empresa, por isso, as empresas devem avaliar se estão estocando corretamente e sem prejuízos.

Entretanto os benefícios de se manter os estoques necessários são maiores que os custos envolvidos na sua manutenção, pois a falta de alguns itens críticos pode parar todas as etapas da cadeia produtiva e gerar diversos prejuízos. Os objetivos das empresas de atender aos consumidores, de obter produtividade, lucro e retorno dos investimentos exigem que os produtos ou recursos materiais sejam entregues no momento certo e no lugar certo. Isso é válido, tanto para manufatura, quanto para vendas, transporte, saúde, ensino, alimentação etc.

Os estoques podem ser considerados como desperdício, mas são extremamente necessários em alguns momentos. O que não pode acontecer é que sejam utilizados desnecessariamente. Cada tipo de organização pode ter diferentes níveis de desempenho e produtividade, e necessita assim de um adequado controle dos seus estoques.

2.4 A INDÚSTRIA MOVELEIRA NO BRASIL

No Brasil, a indústria moveleira é fragmentada, intensiva em mão-de-obra, com pouca participação no valor agregado e verticalizada. Está localizada com mais intensidade nas regiões Sul e Sudeste do país e teve um avanço expressivo durante a década de 1990, após um grande investimento na aquisição de máquinas e equipamentos importados que proporcionaram um aumento expressivo na produção e uma padronização do produto em nível internacional (COELHO & BERGER, 2004).

Segundo Santos (2008), as regiões Sul e Sudeste representam 90% da produção nacional de móveis e no Brasil, este setor vem crescendo muito nos últimos anos, sendo assim passivo de investimentos dos diversos segmentos do setor governamental, devido ao aquecimento da economia, aumento de empregos

diretos e indiretos, como também a capacidade de gerar divisas.

2.5 DIAGRAMA DE PARETO

Uma técnica simples e bastante utilizada na administração de estoques, principalmente quando existe uma variedade grande de produtos, que auxilia a visualização e a análise do que é relevante ou não é o Diagrama de Pareto, também conhecido como Curva ABC. Esta técnica auxilia o controle de produtividade, pois uma vez que selecionados e classificados os elementos em análise, pode-se dedicar mais recursos ao que é mais relevante e de maior impacto sob quaisquer aspectos (BERNARDI, 2008).

O princípio do Diagrama de Pareto foi observado por Vilfredo Pareto, na Itália no final do século XIX, após um estudo da distribuição da riqueza em uma população, no qual observou-se que a maior parte da riqueza concentrava em uma parcela pequena de pessoas, em uma relação de 80 para 20. Atualmente, são muito comuns sistemas que tenham essa mesma característica, ou seja, um número pequeno de itens possui uma representatividade grande em relação a alguma característica (GOEBEL, 1996).

O diagrama de Pareto segundo Dias (2008), é um importante instrumento, devido ao fato de permitir identificar aqueles itens que justificam atenção e tratamento adequados quanto à sua administração. É obtido através da ordenação dos itens conforme a sua importância relativa, e a partir de então pode-se definir políticas e estabelecer prioridades para a programação da produção, entre outros problemas dentro das empresas. O mesmo autor explica que as classes do Diagrama de Pareto podem ser definidas como os itens mais importantes e que devem ser tratados com maior atenção no grupo A, os intermediários no grupo B e os menos importantes e que justificam pouca atenção no grupo C.

Assim a utilização do Diagrama de Pareto em ambientes fabris possibilita uma visualização mais crítica de quais produtos devem ter um cuidado especial e quais não precisam ser tratados de tal maneira, e neste ambiente atual de busca por

melhorias contínuas, essa ferramenta mostra-se importante.

2.6 SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL

Outra técnica de gestão da manufatura que está cada vez mais sendo utilizada devido à sua eficácia é a simulação computacional que segundo o autor Maligo (2005), é uma maneira de ter uma visão virtual de um sistema real e que tem como objetivo achar uma solução satisfatória ou ótima de um problema. Para Prado (2010, p. 24), “simulação é uma técnica de solução de um problema pela análise de um modelo que descreve o comportamento do sistema usando um computador digital”.

A simulação computacional, segundo os autores Cassel *et. al.*, (2002) pode ser utilizada na logística de armazéns, fábricas e sistemas de distribuição, em que é possível realizar a modelagem e simulação de leiautes, fluxos de pessoas e materiais, métodos de trabalhos, meios de transporte e alocação de recursos.

2.6.1 Definição

Várias são as definições para simulação, quase todas convergem entre si e apresentam poucas variações entre os diversos estudiosos do assunto. Silva *et al.* (2007), definem simulação como um processo de experimentação com um modelo detalhado de um sistema real para determinar como o sistema responderá a mudanças em sua estrutura, ambiente ou condições de contorno. Já Fernandes *et al.* (2006), definem esta técnica como uma combinação de elementos que interagem para cumprir um objetivo específico. Para Prado (2010), “simulação é a técnica de solução de um problema pela análise de um modelo que descreve o comportamento do sistema usando um computador digital”. Motomura (1980, p. 146) define simulação como “uma experiência, um ensaio no qual se procura representar com semelhança, uma determinada situação, o que acontece ou poderia acontecer na

vida real". Law *et al.* (2000), por sua vez, define como uma ferramenta para solução de problemas que consiste em um método de modelagem utilizado para analisar um procedimento real em computadores ou protótipos. Freitas Filho (2008) diz que uma das principais etapas num estudo de simulação é a criação de um modelo, ou seja, a modelagem, para observar o comportamento do sistema em estudo, sob determinadas condições, e observá-lo de forma científica.

Assim, pode-se entender que modelo é uma imitação do sistema real de forma que se possa estudar o comportamento das variáveis desse sistema.

2.6.2 Quando utilizar simulação

Freitas Filho (2008) afirma que o uso da simulação deve ser considerado quando uma ou mais das condições seguintes existirem:

- a) Não há formulação matemática completa para o problema;
- b) Não há solução analítica para o problema;
- c) A obtenção de resultados é mais fácil de alcançar com a simulação do que com o modelo analítico;
- d) Não existe habilidade pessoal para a resolução do modelo matemático por técnicas analíticas ou numéricas;
- e) É necessário observar o processo desde o início até os resultados finais, mas não necessariamente detalhes específicos;
- f) A experimentação no sistema real é difícil ou até mesmo impossível;
- g) É interessante observar longos períodos de tempo ou alternativas que os sistemas reais ainda não possuem.

2.6.3 Vantagens e desvantagens do uso da simulação

Segundo Freitas Filho (2008), as principais vantagens da simulação são:

- a) Sistemas do mundo real com elementos estocásticos podem não serem descritos de forma precisa através de modelos matemáticos que possam ser calculados analiticamente;
- b) Permite estimar o desempenho de sistemas existentes sob condições de operações projetadas, por exemplo, para verificar o seu comportamento quando aumenta a demanda de serviço;
- c) Permite manter maior controle sobre as condições dos experimentos o que muitas vezes não é possível com o sistema real;
- d) Permite estudar o sistema durante um longo período de tempo simulado.

Ainda segundo o mesmo autor, as principais desvantagens são:

- e) Cada execução da simulação estocástica produz apenas estimativas dos parâmetros analisados;
- f) O modelo de simulação, em geral, é caro e consome muito tempo para desenvolver;
- g) Os resultados da simulação, quando apresentados em grandes volumes de dados, com efeitos de animações e gráficos, podem levar a uma confiança nos resultados acima da justificada. Se o modelo não for uma representação válida do modelo em estudo, este não terá utilidade, mesmo que os resultados causem boa impressão.

2.6.4 Passos na formulação de um estudo envolvendo modelagem e simulação

Para Freitas Filho (2008), os aspectos mais importantes no processo de análise e simulação podem ser observados na Figura 1, onde segundo o autor os passos devem ser seguidos para que se tenha um maior controle sobre o sistema a ser simulado e os resultados sejam os mais próximos da realidade:

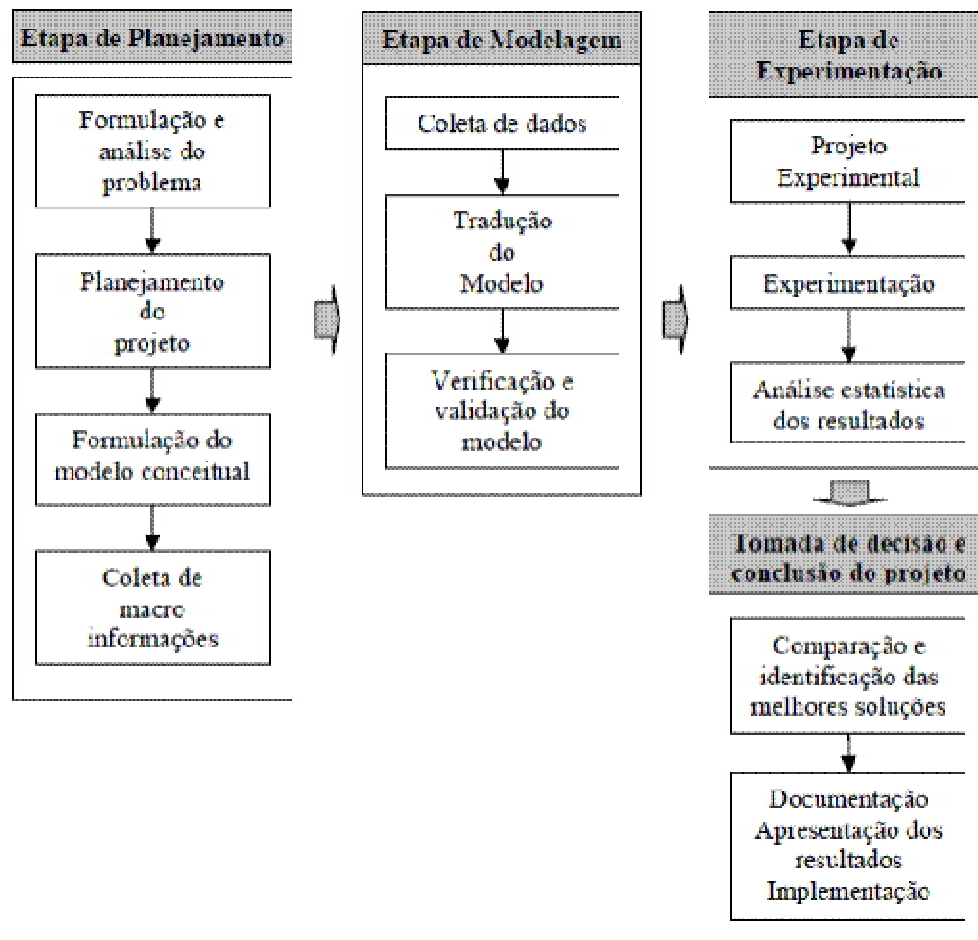


Figura 1 – Passos – Modelagem e simulação.

Fonte: Freitas Filho (2008).

Na etapa de planejamento, a formulação e análise do problema podem ser descritas como os propósitos e objetivos do estudo devem ser claramente definidos; no planejamento do projeto deve-se ter certeza de que existam recursos suficientes no que diz respeito a pessoal, suporte, gerência, *hardware* e *software*. Deve incluir também uma descrição dos vários cenários que serão investigados; a

formulação do modelo conceitual refere-se a traçar um esboço do sistema de forma gráfica ou algorítmica; por fim a coleta de macro-informações, são os fatos e informações estatísticas fundamentais, derivadas de observações, experiências pessoais ou de arquivos históricos.

Na etapa seguinte caracterizada como Modelagem, tem-se a coleta dos dados reais que representam o sistema analisado; em seguida é realizada a tradução do modelo onde é codificado o modelo em uma linguagem de simulação apropriada; por fim é realizada a verificação e validação do modelo, nesta parte o modelo é confirmado e opera de acordo com a intenção do analista.

A etapa que segue é denominada como experimentação, onde, de modo geral é projetado um número de experimentos que produza a informação desejada determinando como cada um destes testes devem ser realizados, então são realizados experimentos, ou seja, simulações para a geração dos dados desejados e para a realização das análises de sensibilidade, para então interpretar os resultados e realizar a análise estatística dos resultados.

Por fim é realizada a tomada de decisão e conclusão do projeto, onde é executada uma comparação entre os sistemas e identificadas as melhores soluções, ressalta-se que normalmente o objetivo é comparar um sistema existente ou considerado como padrão, com propostas alternativas; então as hipóteses são levantadas, os parâmetros são identificados e os resultados e a implementação são apresentados, sendo que deve-se confirmar os objetivos do projeto apresentando os problemas resolvidos e os benefícios alcançados com as soluções propostas.

2.6.5 O *software* de Simulação Arena[®]

O Arena[®], lançado em 1993 pela *Systems Modeling* é o sucessor de dois produtos, o SIMAN (primeiro *software* de simulação para PC) e o CINEMA (primeiro *software* de animação para PC) que foram desenvolvidos em 1982 e 1984 respectivamente. Possui um conjunto de blocos que são utilizados para se descrever uma aplicação real, estes blocos funcionam como comando de uma linguagem de programação e devido ao fato de terem sido projetados sob a ótica da simulação,

possui facilidade para a programação (PRADO, 2010).

Na maioria dos casos de simulação, e neste trabalho em particular, os processos que compõem o sistema simulado são estocásticos. Esses tipos de sistemas apresentam variações aleatórias no seu estado ao longo do tempo, ou seja, são sistemas dinâmicos e com mudanças aleatórias em suas variáveis de estado (FREITAS FILHO, 2008).

O Arena[®] possui uma interface gráfica, para o usuário, que serve para simplificar o processo de construção dos modelos, onde essa interface possui duas ferramentas muito úteis, que são o *Input Analyzer* que permite analisar dados reais do funcionamento do processo e escolher a melhor distribuição estatística que se aplica a eles e essa distribuição pode ser incorporada diretamente ao modelo e o *Output Analyzer* que é uma ferramenta com diversos recursos que permite analisar dados coletados durante a simulação, sendo que esta análise pode ser gráfica, e tem ainda recursos para efetuar importantes comparações estatísticas (PRADO, 2010).

Nesta parte se encerra a revisão de literatura, na qual foram abordados os conceitos teóricos que serão tratados neste trabalho. Foram abordados temas como estoque, suas definições, tipos e classificações, técnicas de gestão de estoque como Diagrama de Pareto e simulação computacional.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Após a realização de um estudo bibliográfico sobre os assuntos que serão tratados para a realização deste trabalho, fez-se a definição da metodologia da pesquisa ao longo do estudo, na qual são descritos sua natureza, classificação e também o planejamento desenvolvido para definir a proposta do trabalho.

Segundo sua natureza, esta pesquisa se classifica como quantitativa devido à análise estatística dos tempos de coleta dos paletes pela empilhadeira no setor de estoque, visto sua definição segundo Bisquerra *et al.* (2004), de que o método quantitativo caracteriza-se pelo emprego da quantificação tanto nas modalidades de coleta de informações, quanto no tratamento destas através de técnicas estatísticas.

De acordo com os objetivos da pesquisa, ela se caracteriza segundo Severino (2007) como um estudo de caso, visto que o estudo se concentra em um caso particular e a coleta de dados foi feita nas condições naturais em que o fenômeno ocorre, sem qualquer tipo de intervenção. Sua classificação fez-se necessária para que pudesse ser feito um adequado planejamento, de acordo com os procedimentos técnicos de coleta e análise de dados.

O autor Gil (2009) complementa a definição deste tipo de pesquisa considerando uma característica fundamental desta como sendo o fato de que o pesquisador não dispõe de controle sobre a variável independente, que constitui o fator presumível do fenômeno, devido ao fato dela já ter ocorrido.

3.1 INDÚSTRIA MOVELEIRA EM ESTUDO

A indústria em estudo está localizada na Região Oeste do Paraná, possui uma área total de aproximadamente 16 mil metros quadrados e conta com cerca de 200 funcionários. A produção dos móveis, de madeira, está distribuída em duas plantas fabris, que totaliza mais de 160 produtos, entre cadeiras, mesas e bases para mesa de jantar, balcões, aparadores, poltronas, racks e mesas de centro, em

diversas opções de cores.

Uma característica importante da indústria é a sazonalidade da demanda que ocorre entre fevereiro e julho, devido ao fato do período que antecede essa época ser destinado ao lançamento da linha do ano vigente. A partir do mês de agosto a demanda estabiliza-se e conseqüentemente, também, a produção de móveis e o estoque de produtos acabados.

O sistema de estoque da empresa conta com nove prateleiras, com quatro colunas, que possuem cinco andares cada, neste espaço são armazenados somente produtos laminados, que são os móveis fabricados com madeira MDF (*Medium Density Fiberboard*).

3.2 PLANEJAMENTO

A etapa do planejamento, neste tipo de trabalho é fundamental e deve-se tomar muito cuidado com o que realmente se deseja produzir, para que o objetivo final seja alcançado, pois é comum que nas primeiras abordagens, quando o problema não está muito bem definido, exista uma tendência de se imaginar um cenário muito mais amplo do que onde o real problema se encontra (PRADO, 2010).

Desta maneira, antes de ser efetuada qualquer análise, definiu-se a proposta do trabalho que é a alteração do sistema atual de gestão do estoque, de modo que o funcionamento tenha alguma melhoria e as possíveis implicações sejam identificadas e tratadas para que não ocorra nenhum problema futuro. Para propor qualquer melhoria é essencial que se tenha conhecimento do sistema atual e para isso é importante que também ocorra a simulação da situação atual, para assim se ter certeza que o modelo da situação futura esteja assentado em uma base sólida.

Em geral enfrentam-se duas situações básicas: a existência ou a possibilidade de obtenção de dados e a não-existência ou impossibilidade de obtenção dos dados. Neste caso, a situação enquadrrou-se no primeiro caso, ou seja, modelos baseados em sistemas reais existentes e acessíveis provenientes de observações do sistema sob estudo (FREITAS FILHO, 2008).

Em um projeto de simulação computacional, a coleta dos dados é de fundamental importância para a obtenção dos resultados, pois a coleta inadequada dos dados faz com que todo o trabalho fique comprometido. Em virtude disto, foi dada uma atenção muito grande para a obtenção dos dados, esta que foi realizada de forma direta através de observações que compõem o processo de *picking* do estoque.

Devido à importância de obterem-se dados que realmente condizem com a realidade, fez-se necessário o seguimento de algumas etapas que tiveram como objetivo, auxiliar e facilitar o exercício de coleta de dados. Inicialmente existiu uma pré-observação do ambiente, na qual foram imaginadas algumas formas de realizar a coleta dos dados.

Também foi observada a existência da homogeneidade dos dados através de análises em diferentes momentos do dia e em diferentes dias da semana, de modo que os dados possuíssem o mesmo comportamento, visto que um dos dados levantados foi referente aos tempos que a empilhadeira demora a executar a ação e por isso, a homogeneidade dos dados mostrou-se fundamental para descrever a real situação do *picking* atual.

3.3 DESCRIÇÃO DO SISTEMA

Os produtos, fabricados em madeira MDF, após passarem pelo setor de embalagem são transportados, pelo operador da empilhadeira, para o setor de estoque (Figura 2).

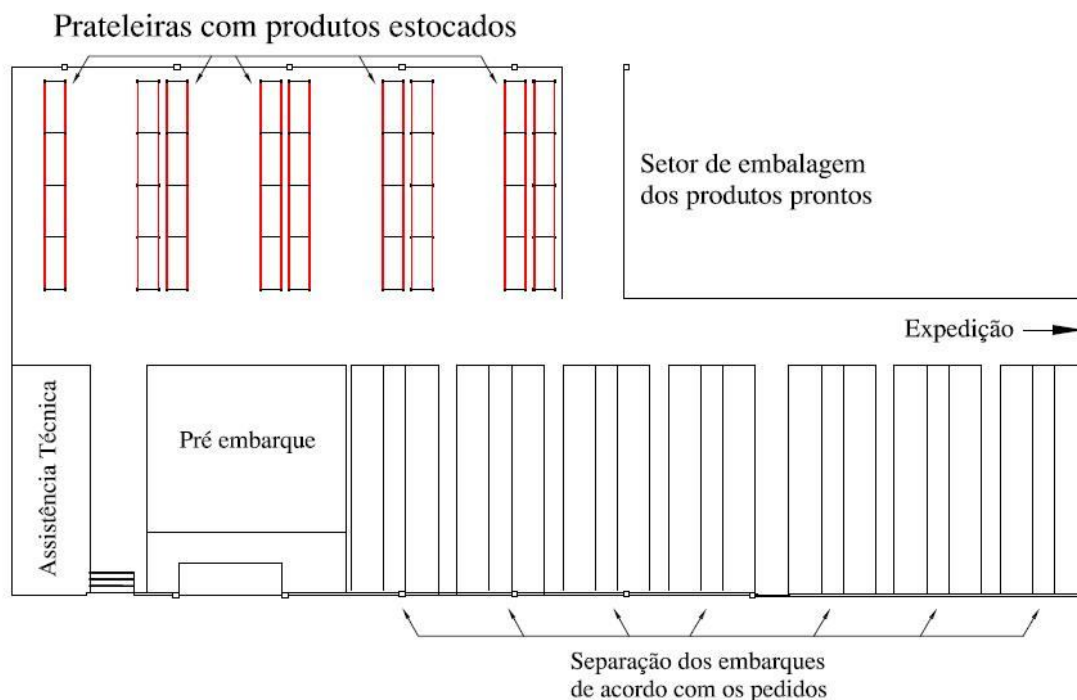


Figura 2 – Leiaute do estoque dos produtos acabados da indústria moveleira.

Na expedição, o operador da empilhadeira recebe o pedido de produtos com vários itens. Vai até as prateleiras e retira os páletes dos produtos e os descarrega no setor de pré-embarque. Depois que os produtos são descarregados retorna os paletes ao seu lugar de origem nas prateleiras.

3.3.1 Diagrama de Pareto

Conceitualmente, o Diagrama de Pareto, ou Curva ABC nada mais é do que um método de orientação de itens de estoque de uma empresa e a classificação em grupos de itens, sob o ponto de vista do produto expedido, de acordo com suas importâncias relativas. De forma bem objetiva, ela permite identificar aqueles itens que justificam a atenção e os tratamentos adequados quanto à sua administração. Os itens da classe A são os mais importantes e devem, por isso, ser tratados com uma atenção especial pela administração (políticas diferenciadas para a definição do estoque mínimo, giro, controle, etc). Os itens da

classe C são menos importantes e assim, justificam pouca atenção por parte da administração (por exemplo, aquisição de lotes maiores) e, B é uma classe intermediária entre A e C.

A construção da curva ABC é um processo simples e que exige poucas informações: o código do material ou item, a demanda em unidade de cada item durante o período de estudo – com estas informações faz-se o cálculo da demanda em relação aos produtos expedidos e finalmente a ordenação decrescente dos itens e a construção da curva.

No caso dos estoques, a curva ABC visa identificar e definir locais de estocagem para os produtos com maior rotatividade (razão entre o volume de vendas e o estoque médio) de modo que o número de movimentações dos produtos seja o menor possível, com base em sua permanência no armazém (STELA *et al.*, 2005).

É importante deixar claro que o uso da Curva ABC pode acontecer sempre que o gestor tiver a necessidade de classificar, objetivando facilitar seu processo de tomada de decisão.

3.3.2 Coleta dos tempos

O primeiro passo para a coleta dos tempos foi determinar o tamanho das amostras, quando buscou-se determinar os tamanhos que tivessem maior representatividade possível. Uma maneira para fazer esta estimativa, segundo Freitas Filho (2008), é determinar o tamanho n da amostra considerando *a priori* um nível de confiança e um erro amostral tolerável.

O número de elementos da amostra, para um nível de confiança de 95% e um erro relativo de 5%, é dado pela expressão:

$$N' = \left(\frac{40 \cdot \sqrt{N \sum X^2 - (\sum X)^2}}{\sum X} \right)^2 \quad (1)$$

Onde:

N'= Número de elementos necessários;

N= Número de elementos cronometrados;

X= Tempos cronometrados.

Condição:

Se $N' < N$ – A amostra cronometrada é suficiente;

Se $N' > N$ – É necessários mais dados para a amostra.

É importante observar que além da coleta de tempo, informações adicionais do sistema são também muito importantes. Como, por exemplo, as distâncias entre as prateleiras e o setor de pré-embarque (Apêndice I) e a velocidade da empilhadeira.

3.3.3 Análise dos tempos

Utilizou-se para análise dos dados uma ferramenta do software Arena®, o *Input Analyzer*, com o objetivo de verificar se os fluxos alvos do estudo seguiam alguma distribuição teórica de probabilidade. Essa ferramenta testa a aderência dos dados de entrada de cada uma das distribuições apresentadas a seguir, ordenando-as pelo índice de ajuste:

- Normal (μ ; σ): Considerada como a mais importante das distribuições, foi inicialmente estudada no início do século XVIII, quando alguns pesquisadores verificaram o incrível grau de regularidade associados com erros de medição. Possui dois

parâmetros, sendo a média μ e o desvio padrão σ .

- Uniforme (a; b): Esta distribuição possui, provavelmente, o maior número de adjetivos e seu emprego costuma estar associado a expressões como a mais simples ou a que ilustra o maior desconhecimento do fenômeno aleatório sob análise. Possui dois parâmetros, sendo o valor mínimo a e o valor máximo b.
- Triangular (a; m; b): Possui certa semelhança com a distribuição Uniforme e o emprego da distribuição ocorre quando se desconhece a curva associada a uma variável aleatória, mas têm-se boas estimativas dos seus limites: inferior (a) e superior (b), bem como de seu valor mais provável (m).
- Exponencial (β): Sua principal característica e razão da sua grande aplicabilidade em sistemas de filas é a sua falta de memória, onde todo fenômeno aleatório descrito por essa distribuição se caracteriza pela total imprevisibilidade, mesmo que se conheça seu passado. Possui como parâmetro a média β .
- Lognormal (μ ; σ): Caso a variável sob análise é resultante do produto de um grande número de variáveis aleatórias positivas, é comum que essa variável tenha uma tendência a uma distribuição Lognormal.
- Beta (a; b): Esta distribuição é usada para caracterizar variáveis aleatórias cujos valores encontrem-se dentro do intervalo [0;1], assim uma de suas principais aplicações está na representação de proporções ou frações.

3.3.4 Número de replicações

Segundo Freitas Filho (2008), de uma maneira geral, a coleta de dados para a

composição de uma amostra a partir da simulação de um modelo pode ser realizada de duas formas:

1- Fazer uso das observações individuais dentro de cada replicação. Por exemplo, pode-se simular o modelo de um caixa de supermercado e utilizar o tempo que cada cliente esperou na fila do caixa para realizar uma estimativa do tempo médio de espera na fila. Neste caso, o tamanho da amostra será igual à quantidade de clientes que passaram pela fila ao longo do período simulado.

2- A segunda maneira de gerar a amostra é realizar n simulações (replicações). Assim, cada replicação gera um elemento para a amostra. Uma vez que estamos lidando com um sistema terminal no qual as condições iniciais e o período de simulação são fixos, a melhor maneira de garantir que os valores da amostra sejam estatisticamente independentes é obtê-los a partir de replicações independentes.

Neste trabalho, o número de replicações foi obtido através da seguinte expressão:

$$n^* = \left(n \left(\frac{h}{h^*} \right)^2 \right) \quad (2)$$

Onde:

n^* = Número de replicações desejado;

n = Número de replicações obtido;

h^* = Semi intervalo de confiança desejado;

h = Semi intervalo de confiança obtido.

3.4 MODELO COMPUTACIONAL

O modelo computacional do sistema de coleta, implementado no software Arena®, representou seis pedidos com os três produtos de maior giro da indústria moveleira, e para a realização da simulação foram utilizadas as seguintes ferramentas do *software*:








Módulo	Descrição
	Módulo responsável pela entrada dos três itens do pedido no modelo da simulação.
	Representa uma ramificação no fluxo do processo. Neste modelo ele serve para separar os itens do pedido.
	Serve para identificar a sequência de estações que a empilhadeira deve percorrer para retirar os paletes das prateleiras, descarregá-los no setor de pré-embarque e retorná-los para o setor de origem. Também são colocados como atributos nestes módulos as distribuições de probabilidades dos tempos de coleta e descarga dos paletes no setor de pré-embarque e prateleiras.
	Possui a função de representar qualquer ação dentro sistema que leve um tempo para ser cumprida. Neste caso representa os processos de coleta e descarga dos paletes.
	Neste modelo o módulo Record foi utilizado para coletar os tempos de coleta de cada item do pedido.
	O módulo Transport foi utilizado para realizar o transporte dos paletes entre as estações.
	Este módulo foi utilizado para solicitar o serviço da empilhadeira.

Figura 3 – Ferramentas utilizadas para a montagem do modelo computacional.

A verificação e a validação do modelo inicial foram realizadas em diversas etapas, envolvendo pessoas familiarizadas com o processo e ao final, obteve-se um modelo que representa o sistema de coleta da indústria moveleira.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Serão apresentados os resultados alcançados ao longo do trabalho realizado, assim como uma proposta de melhoria do *picking* no estoque da indústria. Em princípio, foi analisado o leiaute do estoque bem como a localização dos produtos estocados, no segundo instante foi estabelecida a classificação dos produtos estocados através do Diagrama de Pareto, então foi apresentada a determinação do número de amostras, para a coleta dos tempos.

4.1 CLASSIFICAÇÃO DOS PRODUTOS SEGUNDO O DIAGRAMA DE PARETO

Objetivando a reorganização dos produtos de maior giro e que são estocados, levantou-se os valores referentes às quantidades de vezes que o produto foi transportado pela empilhadeira até o pré-embarque para cada família de produtos

Apenas foram considerados produtos que são transportados com o auxílio da empilhadeira (Figura 4), sendo que os produtos transportados manualmente, não foram incluídos neste levantamento e assim, serão considerados como produtos de menor prioridade na proposta de posicionamento do estoque.

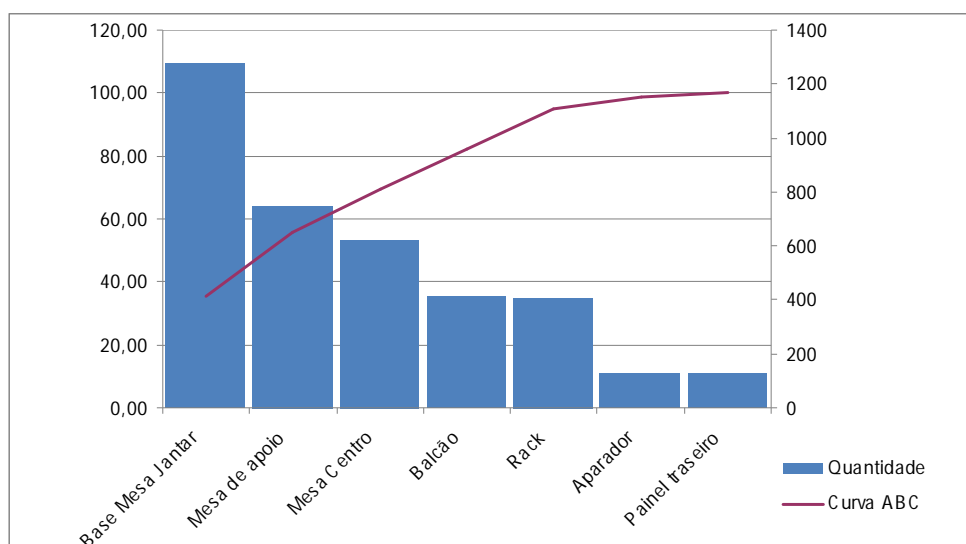


Figura 4 – Diagrama de Pareto referente à distribuição dos produtos analisados.

Como pode ser observado, a família de produtos de Base de Mesa de Jantar teve a maior utilização da empilhadeira no período referente à coleta dos dados, em vista disso esta família terá a maior prioridade para o novo posicionamento que será proposto neste trabalho.

A família de Mesa de Apoio teve a segunda maior utilização da empilhadeira para o deslocamento das prateleiras do estoque até a região do pré-embarque e por isso será a família de produtos com a segunda maior prioridade para o novo posicionamento dos produtos no estoque.

A família de Mesa de Centro teve a terceira maior utilização da empilhadeira e conseqüentemente terá a terceira maior prioridade para o novo posicionamento dos produtos no estoque. Estas três famílias de produtos tiveram um percentual acumulado de 57,19% da utilização da empilhadeira, e neste trabalho foi considerado que estes produtos deveriam estar posicionados nas prateleiras do estoque nas posições mais próximas da região do pré-embarque.

Após determinar as três famílias de produtos que neste trabalho foram tratadas como produtos com maior prioridade, buscou-se a localização destes produtos no estoque (Figura 5), onde esta distribuição dos produtos foi o primeiro cenário a ser simulado.

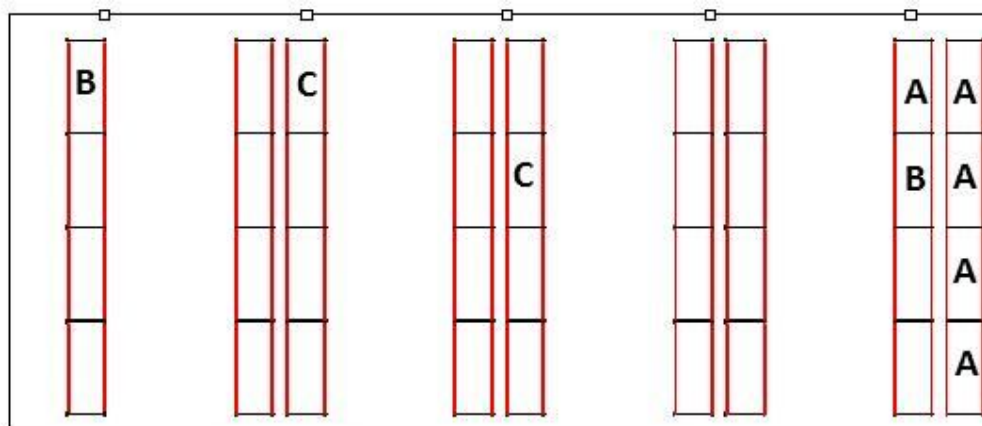


Figura 5 – Localização atual dos produtos no estoque.

Para a realização da simulação computacional, além da coleta dos tempos de retirada do palete na prateleira do estoque e descarga do palete no pré-embarque, foi necessário determinar as possíveis distâncias que a empilhadeira

poderia percorrer (Apêndice I). As distâncias foram importantes, pois além de terem sido utilizadas para determinar os tempos de transporte dos produtos, serviram para identificar as colunas mais próximas do pré-embarque para propor a nova distribuição dos produtos. A partir do levantamento das distâncias que cada coluna do estoque estava da região do pré-embarque, passou-se para a próxima etapa que foi a coleta dos tempos.

4.2 COLETA E TRATAMENTO DOS DADOS

Segundo a equação apresentada no Capítulo 3, referente à obtenção do número n de amostras, considerando um erro amostral tolerável de 10% e um nível de confiança de 95%, obteve-se um número amostral igual a 54, assim, para cada análise feita foram coletados 54 tempos referentes à retirada dos paletes do estoque e descarga dos paletes no pré-embarque.

Os tempos coletados foram referentes a seis embarques, estes montados simultaneamente através do deslocamento dos produtos estocados nas prateleiras com o auxílio da empilhadeira.

A coleta de dados, como comentado anteriormente, é uma parte fundamental do processo de simulação, pois um insucesso nesta etapa compromete todo o trabalho. Por isso, neste trabalho, foi dada atenção especial a esta etapa.

A coleta de dados foi realizada de forma direta, por observação das atividades que compõem o processo de coleta da indústria. As variáveis obtidas, na coleta de dados, foram as seguintes:

- a) Tempos da coleta dos paletes nas prateleiras;
- b) Tempos da descarga dos paletes no pré-embarque;
- c) Velocidade da empilhadeira.

Os arquivos criados com os tempos obtidos, na coleta de dados, foram submetidos a ferramenta *Input Analyser* do Arena[®]. Esta ferramenta proporciona a visualização dos dados de forma gráfica e fornece uma expressão que representa a

distribuição de probabilidades destes dados (Tabela 1).

Tabela 1 – Distribuições de Probabilidades.

Produto	Coleta dos paletes	Descarga dos paletes
A	$29.5 + 27 * \text{BETA} (1.12, 0.711)$	TRIA (1.5, 8.75, 12.5)
B	$29.5 + 29 * \text{BETA} (0.811, 0.956)$	$3.5 + 9 * \text{BETA} (1.31, 1.14)$
C	$31.5 + \text{LOGN} (14.5, 16.1)$	$2.5 + 9 * \text{BETA} (1.46, 1.85)$

Para o produto considerado como o de maior prioridade e identificado no estoque com a letra 'A', a representação gráfica que indica os tempos de coleta dos paletes nas prateleiras do estoque pela empilhadeira é apresentada na figura 6, e a equação que caracterizou esta distribuição foi igual a $29.5 + 27 * \text{BETA}(1.12, 0.711)$.

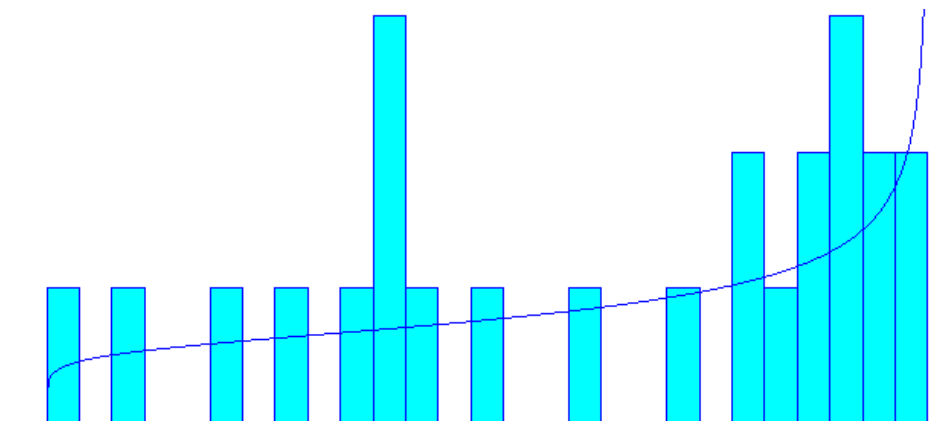


Figura 6 – Histograma da retirada dos paletes para o produto com a maior prioridade.

O produto identificado no estoque como 'B' e sendo considerado o produto com a segunda maior prioridade teve a distribuição dos tempos de coleta do palete no estoque pela empilhadeira representada pela equação $29.5 + 29 * \text{BETA}(0.811, 0.956)$ e a sua visualização gráfica é tida pela figura 7.

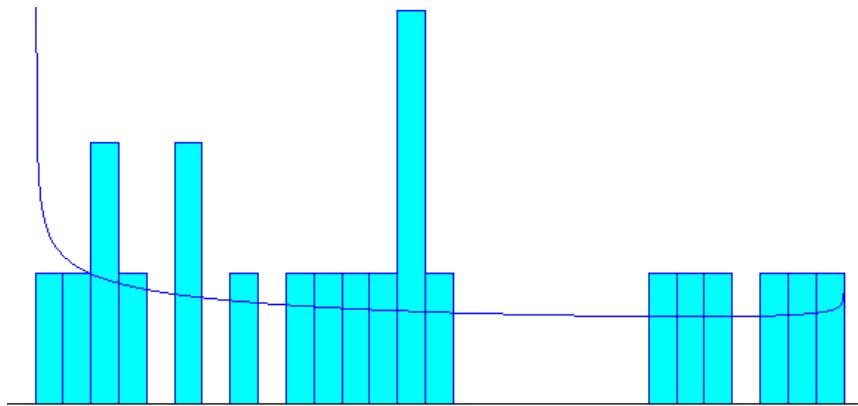


Figura 7 – Histograma de retirada dos paletes para o produto com a segunda maior prioridade.

Por fim, o produto com a terceira maior prioridade para a proposta de organização do estoque é o produto identificado no estoque pela letra 'C' cuja equação $31.5 + \text{LOGN}(14.5, 16.1)$ representa a distribuição dos tempos para a coleta dos paletes no estoque, e a figura 8 apresenta a distribuição gráfica dos tempos.

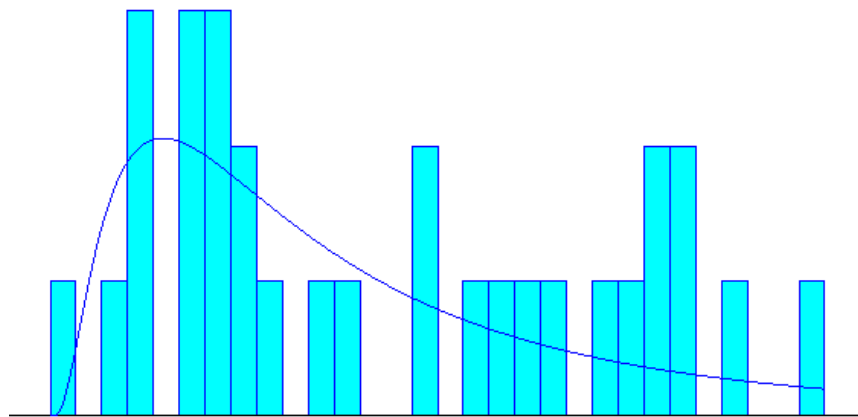


Figura 8 – Histograma de retirada dos paletes para o produto com a terceira maior prioridade.

Como pode ser observado, os dois primeiros produtos foram caracterizados como uma distribuição Beta, esta que foi definida anteriormente como uma distribuição aleatória. Isto se explica pelo fato de que os produtos analisados estavam distribuídos nas prateleiras do estoque em diferentes andares e teoricamente produtos em andares mais baixos levam menos tempo do que produtos alocados em andares mais altos. Mas outro fator que influencia diretamente

a retirada do palete no estoque é a quantidade de volumes que o respectivo palete a ser retirado possui. Paletes com menos volumes são mais leves e assim o operador da empilhadeira consegue realizar a retirada com mais facilidade do que com paletes com um número maior de volumes e conseqüentemente mais pesados.

Também foram constatadas situações em que o operador, por descuido, encaixou os garfos da empilhadeira de forma incorreta e isto necessitou de um retrabalho para encaixar novamente os garfos da empilhadeira no palete de modo que a retirada fosse segura não havendo risco de um acidente. Todas estas situações influenciaram para que as distribuições dos tempos tivessem uma distribuição aleatória.

O terceiro produto teve uma distribuição Lognormal, caracterizada anteriormente como um grande número de variáveis aleatórias positivas. Sua distribuição pode ser analisada como uma distribuição aleatória dos produtos no estoque, entretanto com relação à tomada de tempos, existiu uma tendência para a sequência da coleta dos tempos de modo que os produtos mais abaixo do estoque fossem os primeiros a serem determinados os tempos e os produtos estocados em posições mais altas fossem os últimos. Vale lembrar que a sequência da coleta dos tempos foi de acordo com os produtos que o operador da empilhadeira retirou do estoque, estes são classificados de acordo com as ordens de embarque, ou seja, a distribuição dos produtos é totalmente aleatória.

A segunda análise dos tempos foi em relação à descarga dos paletes no setor denominado pré-embarque e a Figura 9 representa a distribuição dos tempos do produto 'A' e sua equação é igual a $TRIA(1.5, 8.75, 12.5)$.

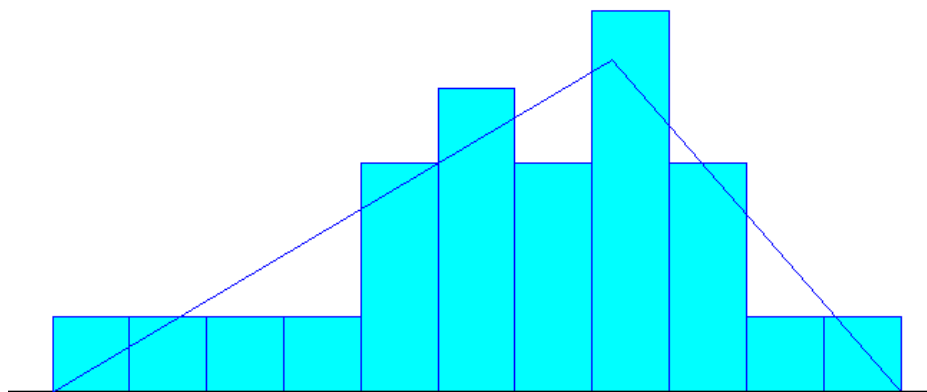


Figura 9 – Histograma de descarga dos paletes para o produto com a maior prioridade.

Este tipo de distribuição implica em perspectivas de resultados mais aderentes à realidade do que aqueles com base apenas nos valores mínimo e máximo, como em uma distribuição uniforme. Isto pelo fato de ser estimado o comportamento de variáveis com uma informação a mais que é o valor mais provável (m).

A descarga do palete no pré embarque do produto 'B', teve a distribuição dos tempos representada pela equação $3.5+9*BETA(1.31, 1.14)$ e a Figura 10 representa graficamente a distribuição dos tempos.

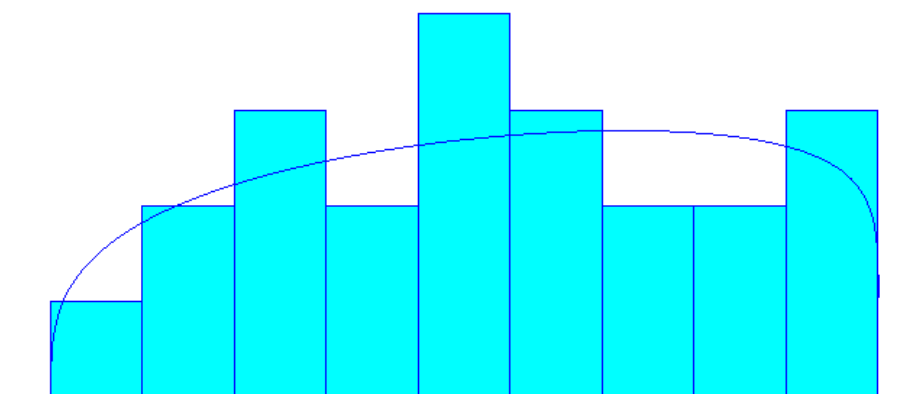


Figura 10 – Histograma de descarga dos paletes para o produto com a segunda maior prioridade.

Por fim, a equação $2.5+9*BETA(1.46, 1.85)$ representa os tempos para a descarga dos paletes para o produto 'C' no pré embarque e a Figura 11 mostra como é a distribuição gráfica dos tempos.

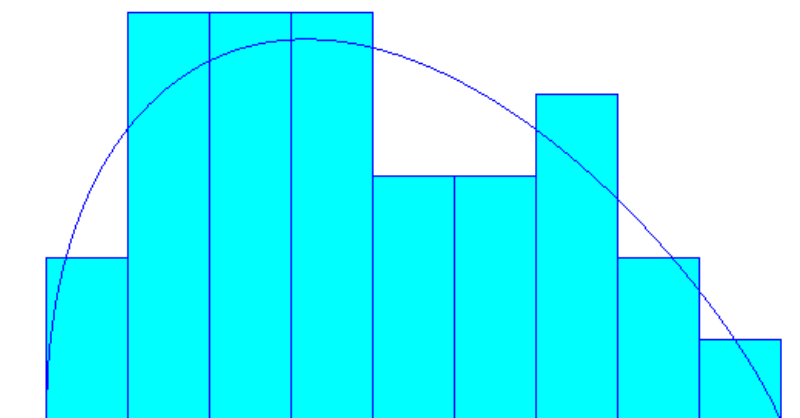


Figura 11 – Histograma de descarga dos paletes para o produto com a terceira maior prioridade.

Estes dois últimos produtos tiveram os seus tempos classificados como distribuições Beta, este tipo de distribuição já foi explicado anteriormente e ressalta-se o grande número de formas que este tipo de distribuição pode assumir, dependendo dos seus dois parâmetros de forma a e escala b .

4.3 PROPOSTA DO NOVO POSICIONAMENTO DOS PRODUTOS

Após o delineamento preliminar da distribuição de probabilidades, feito por meio da comparação entre o histograma dos dados coletados e as características das distribuições teóricas de probabilidades, foi realizada a simulação computacional. Durante este processo é preciso estar seguro de que o modelo esteja corretamente implementado, para isso, eliminou-se erros de sintaxe e/ou de lógica e também buscou-se um modelo que seja representativo ao sistema real e o projetado.

Estas etapas são conhecidas como verificação e validação do modelo e Freitas Filho (2008) considera que seja o primeiro passo de um processo mais amplo, que passa pela análise e tratamento dos dados que serão utilizados pelo modelo e culmina com a análise dos resultados da simulação.

A verificação e a validação do modelo inicial foram realizadas em diversas etapas, envolvendo pessoas familiarizadas com o processo e ao final do desenvolvimento do modelo, com todos os fatores considerados, obteve-se o sistema de *picking* da indústria moveleira representada pela Figura 12.

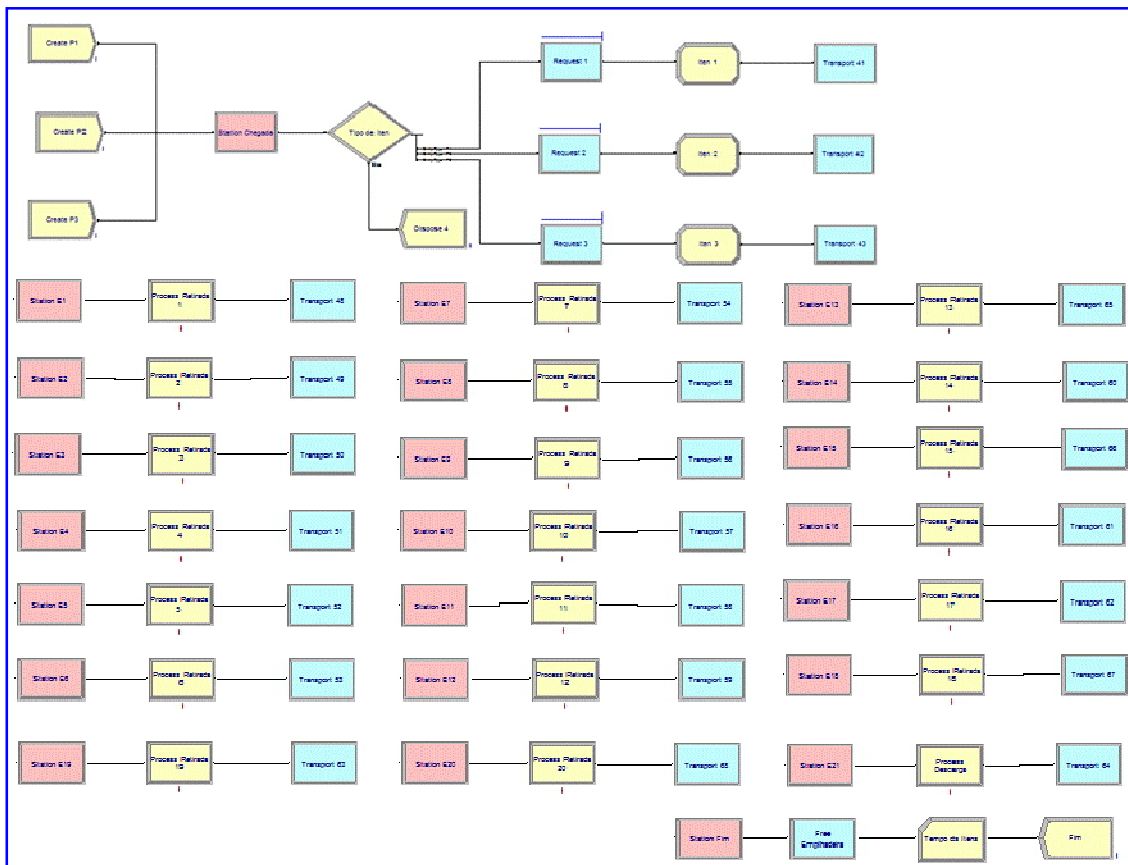


Figura 12 – Modelo do sistema de *picking* do estoque.

Determinada a situação real do estoque, partiu-se para uma análise objetivando propor um novo posicionamento dos produtos da melhor maneira possível para que a mesma montagem do pré-embarque fosse feita e houvesse a redução do tempo de utilização da empilhadeira.

O primeiro passo foi determinar o novo posicionamento dos produtos em análise, sendo que este novo posicionamento será em virtude das distâncias das colunas das prateleiras do estoque até a região do pré-embarque. A proposta, de um modo geral é estabelecer regiões que cada família de produtos devem estar alocados para a otimização do *picking*, então antes de estabelecer quais devem ser as posições dos produtos com maiores prioridades, foram estabelecidas as regiões do estoque que são destinadas a cada tipo de produto segundo sua prioridade (Figura 13).

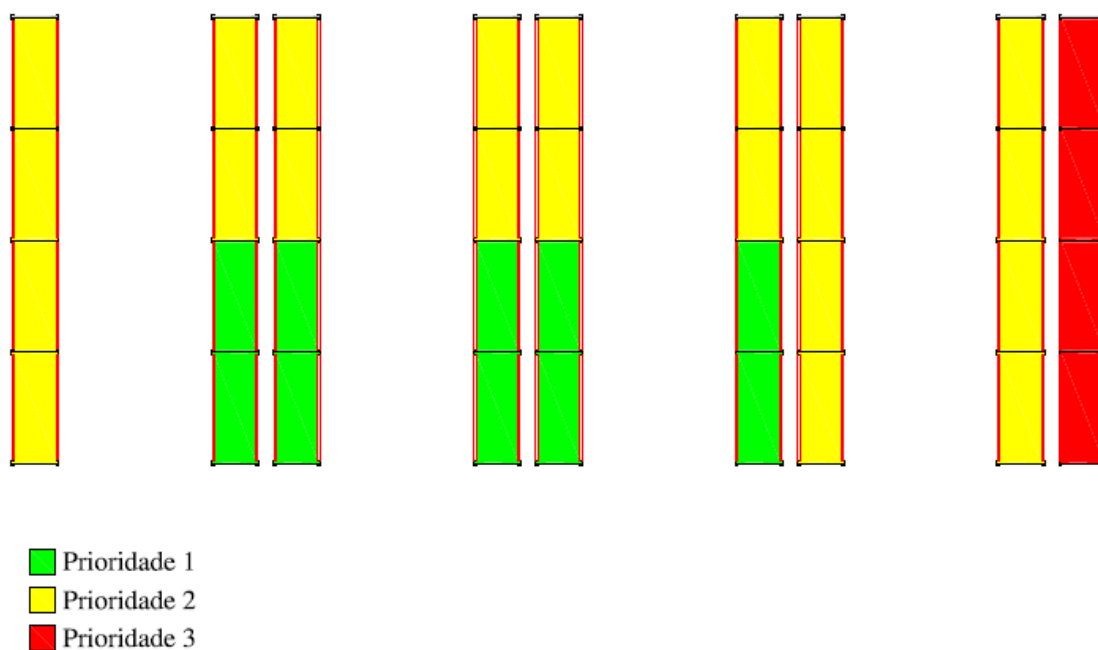


Figura 13 – Proposta para a classificação dos produtos estocados segundo suas prioridades.

A partir de então, com as regiões definidas buscou-se uma distribuição que tivesse o melhor resultado possível e a Figura 14 apresenta a distribuição dos produtos com maior prioridade de modo que o *picking* seja otimizado. Esta distribuição dos produtos foi definida como cenário 2, e foi determinada pelo critério de minimização das distâncias.

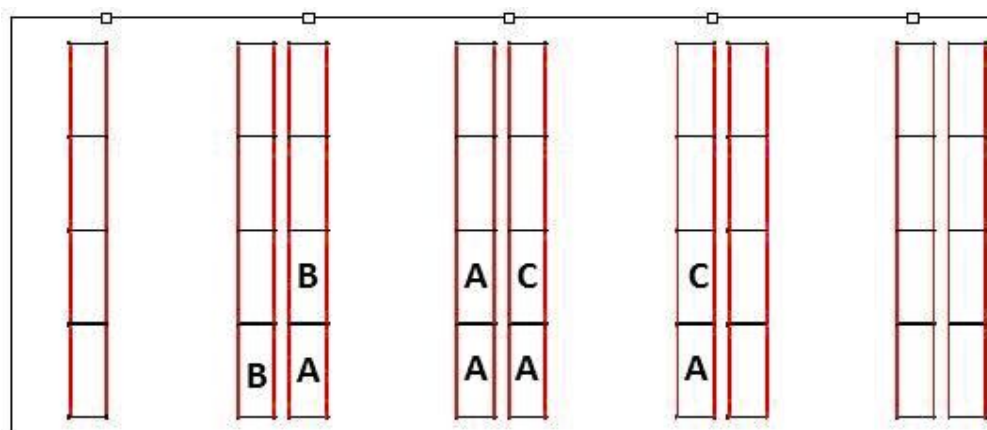


Figura 14 – Proposta do novo posicionamento dos produtos com maior prioridade no estoque.

Com as novas posições estabelecidas a simulação foi feita novamente, sendo que a velocidade da empilhadeira continuou a mesma estabelecida na simulação do cenário 1, que é de 1 m/s. Outra consideração que foi feita nesta etapa do trabalho, foi em relação aos tempos de retirada do palete do estoque e descarga do palete no pré-embarque que foram considerados os mesmos do cenário 1, isto para que as diferenças entre os resultados dos dois cenários representassem a diferença das distâncias de um cenário para o outro e com isso não existindo influência dos tempos coletados, visto que em grande parte são aleatórios e em virtude disso poderia interferir na interpretação dos resultados.

Após a simulação do cenário 2, foi realizada a comparação entre os tempos de *picking* dos dois cenários como pode ser observado na Figura 15. Foram realizadas ao todo 15 replicações para cada cenário.

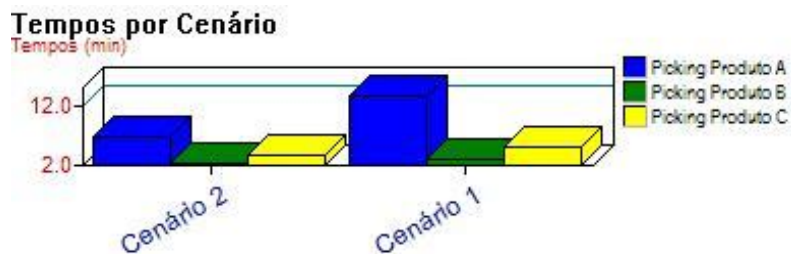


Figura 15 – Comparação dos tempos de *picking* entre os dois cenários.

Pode-se observar que o cenário 2 teve uma redução de tempo de *picking* em relação ao cenário 1 em todos os três produtos analisados e para determinar estas diferenças com maior afinco, segue a Tabela 2 que compara os tempos entre os dois cenários.

Tabela 2 – Diferenças de tempo entre os cenários 1 e 2.

Produto	Redução do tempo (min)	Redução do tempo (%)
A	6,82	49,78
B	0,67	22,48
C	1,43	28,65

Observou-se que a menor diferença de *picking* foi referente ao produto B com uma redução de 0,67 minutos, ou seja, 22,48% do tempo atual. O produto C

teve uma diferença de 1,43 minutos do *picking* atual em relação ao proposto, representando uma redução de 28,65% do tempo. O Produto A teve a maior diferença de tempo, com uma redução de 6,82 minutos, que representou 49,78% de diferença do tempo real em relação ao tempo do sistema proposto.

Fica claro uma melhora significativa na proposta apresentada em relação aos três produtos que representam a maior parcela de utilização da empilhadeira, em virtude disso esta maneira de determinar as posições dos produtos mostra-se viável do ponto de vista da otimização do sistema de coleta de produtos, entretanto não é interessante que seja feita uma alteração imediata de todos os produtos, pois isso demandaria muito tempo já que alteraria praticamente todos os produtos de posição e levaria um tempo relativamente grande fazendo com que a empilhadeira e seu respectivo operador fossem bastante exigidos e isto seria contraditório já que a intenção do trabalho é reduzir a utilização dos mesmos.

Então uma alternativa seria continuar fazendo o levantamento dos produtos conforme sua utilização da empilhadeira para a montagem dos pré-embarques e na medida em que os dados são atualizados, são determinadas suas respectivas prioridades e o operador da empilhadeira faz as mudanças pertinentes no estoque de acordo com a proposta de prioridades apresentada anteriormente.

O acompanhamento deve ser contínuo visto a variação de demanda ao longo do ano, por isso é extremamente importante que o operador tenha acesso às informações referentes aos produtos que serão destinados ao estoque antes de finalizada a ordem de produção, para que ele tenha a possibilidade programar as mudanças necessárias no estoque.

5 CONCLUSÃO

Este trabalho teve como objetivo otimizar o processo de administração do estoque de modo a reduzir o tempo de *picking*. As atividades aqui apresentadas começaram com a caracterização da importância do bom planejamento do estoque devido ao seu custo de estocagem elevado, também foram especificados os motivos que justificam a produção do estoque. Em seguida foram relatadas características da indústria moveleira no Brasil como também a indústria em estudo de modo a ressaltar sua importância e representatividade no cenário econômico nacional. A partir de então, este trabalho seguiu o procedimento tradicional da metodologia da simulação, levantando informações particulares do ambiente em estudo como leiaute e disposição dos produtos, construção do modelo, os cenários utilizados, simulações realizadas, resultados obtidos e por fim, as análises dos resultados.

Durante a realização deste trabalho, procurou-se seguir os procedimentos realizados na prática para assim ser possível transmitir a sequência e a dificuldade real de sua execução. Em virtude disso, é importante ressaltar que a utilização do *software* de simulação utilizado para a execução deste trabalho foi de fundamental importância para reduzir a dificuldade da tarefa, visto que toda a estrutura do problema foi submetida ao programa, permitindo então a possibilidade de criação do modelo e posterior realização de testes para ser possível determinar o melhor resultado através das análises dos resultados.

O processo de *picking* apresenta grande simplicidade, visto as operações de retirada do palete do estoque, descarga do palete no pré-embarque e recolocação do palete no estoque, entretanto podem ser destacados alguns fatores que possuem elevado grau de influência nos tempos de *picking*, como a quantidade de produtos em cada palete, a possibilidade do operador da empilhadeira, por algum descuido, ter dificuldade de manusear a empilhadeira, o possível fluxo de pessoas ao redor da empilhadeira para outras atividades como a montagem manual de pré-embarques ou a realização da assistência técnica de outros produtos, região esta que fica ao lado da área do pré-embarque e das prateleiras do estoque.

Estas condições apresentadas, pelo objetivo almejado, tiveram por conveniência da metodologia de simulação aplicada algumas considerações que

foram relevadas, devido à interferência direta nos resultados. As influências no sistema causadas pelos operadores responsáveis pela montagem manual dos embarques como a realização da assistência técnica foram desconsideradas, visto sua incidência estocástica e por isso podendo haver influência em certos resultados, o que dificultaria a análise do objetivo principal do trabalho que foi de estabelecer um modelo organizacional do estoque para otimização do *picking* através da minimização das distâncias dos produtos com maior fluxo na região do estoque.

Parece óbvio apresentar uma proposta que diminua o tempo de *picking* dos produtos através da minimização das distâncias percorridas, entretanto para apresentar qualquer projeto que tenha como objetivo uma mudança no ambiente fabril é necessário obter dados que mostrem se realmente ocorrerá um ganho no sistema e o principal, quanto será o ganho. As simulações realizadas entre os cenários principais mostraram que houve uma redução considerável do tempo entre os produtos simulados, assim comprovando uma influencia na montagem do pré-embarque.

É importante evidenciar que a proposta de otimização do estoque em estudo não seja referente apenas ao sistema estudado, visto a dinamicidade dos produtos estocados e isso promove a mudança de posições das famílias de produtos ao longo do ano. Assim, cabe lembrar que o estudo foi fundamentado na importância do gerenciamento do estoque através da utilização de ferramentas que auxiliem a tomada de decisão, por isso conforme a variação da demanda é provável que os produtos sejam enquadrados em prioridades diferentes ao longo do ano. Então é evidente que não exista uma proposta ideal única, e sim uma proposta ideal para cada caso, ou período específico do ano.

Em um mercado cada vez mais competitivo, o processo de coleta de materiais do estoque também se torna extremamente importante visto uma exigência cada vez maior por parte dos clientes por prazos cada vez menores para a entrega de produtos. Assim, este tipo de atividade torna-se um importante aliado na guerra contra a redução do tempo de ciclo dos produtos, proporcionando a existência de um diferencial competitivo para as empresas de manufatura.

Outro ponto interessante a ser levantado é referente à redução da utilização do funcionário durante o horário de trabalho, fazendo com que ele possa desempenhar a mesma atividade em um menor tempo e isso faz com que outras

atividades possam ser desempenhadas durante o horário de trabalho, ou também podendo haver redução ou eliminação de horas extras.

Este trabalho pretende contribuir para um maior conhecimento sobre o assunto como também incentivar a elaboração de novos estudos que venham a examinar outras situações e ampliar o nível de conhecimento. No aspecto de examinar outras situações, sugere-se uma análise envolvendo outras restrições, uma classificação com maior variação ou estabelecer uma relação custo/benefício entre a mudança no arranjo físico dos produtos.

Enfim, sugere-se a realização de estudos semelhantes não somente à indústrias do setor moveleiro, mas sim de toda a cadeia produtiva com o intuito de analisar as conclusões obtidas entre estudos com o mesmo enfoque.

REFERÊNCIAS

BALLOU, R. H. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos/logística empresarial**. 5 ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

BERNARDI, L. A. **Manual de empreendedorismo e gestão: fundamentos, estratégias e dinâmicas**. 1 ed. São Paulo: Atlas, 2008.

BISQUERRA, R.; SARRIERA, J. C.; MARTÍNEZ, F. **Introdução à estatística – enfoque informático com o pacote estatístico SPSS**. Porto Alegre: Artmed, 2004.

CASSEL, R. A.; CARMO, F. D. C. F.; CAMPANA, F. L. RITTER, F. J.; SILVA, M. H. C. M. Simulação da Logística interna da área de armazenagem de uma empresa do Setor Moveleiro. **XXII ENEGEP**. Curitiba – PR. 2002.

COELHO, M. R. F.; BERGER, R. Competitividade das exportações brasileiras de móveis no mercado internacional: uma análise segundo a visão desempenho. **Revista FAE**. Curitiba, v. 7, n. 1, jan/jun 2004. p. 51-65.

CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C. A. **Administração de produção e de operações: Manufatura e serviços: Uma abordagem estratégica**. 1 ed. São Paulo: Atlas, 2009.

CORRÊA, H. L.; GIANESI, I. G. N.; CAON, M. **Planejamento, Programação e Controle de Produção**. 4 ed. São Paulo. Gianesi Corrêa e Associados, Atlas 2001. p. 452.

DIAS, M. A. P. **Administração de materiais: uma abordagem logística**. 4 ed. São Paulo: Atlas, 2008.

FERNANDES, C. A. **Simulação da dinâmica operacional de uma linha industrial de abate de suínos**. Ciência e Tecnologia de Alimentos, 2006.

FOGARTY, D. W.; BLACKSTONE JUNIOR, J. H.; HOFFMANN, T. R. **Production & Inventory Management**. 2 ed. South-Western Publishing Co: Ohio, 1991. p. 870.

FREITAS FILHO, P. J. de. **Introdução à modelagem e simulação de sistemas: com aplicações em Arena**. 2 ed. Florianópolis: Visual Books, 2008.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4 ed. São Paulo: Atlas, 2009.

GOEBEL, D. **Logística – Otimização do transporte e estoques na empresa**. Curso de Pós-Graduação em Comércio Exterior. ECEX/IE/UFRJ v. 1, n. 1, jul/dez 1996.

HUGE, E. C.; ANDRESON, A. D. **Guia para excelência de produção: novas estratégias para empresas de classe mundial**. São Paulo: Atlas, 1993.

KRAJEWSKI, L. J.; RITZMAN, L. P. **Operations Management: Strategy and Analysis**. New York: Addison-Wesley, 1996.

LAW, A. M.; KELTON, W. D. **Simulation modeling and analysis**. McGraw-Hill: New York, 2000.

MALIGO, F. **Modelo para Simulação da Operação de Carregamento de Caminhões-Tanque em uma Base de distribuição de Combustíveis Automotivos**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Industrial) apresentado à Pontifícia Universidade Católica, Rio de Janeiro, 2005. p. 61.

MOTOMURA, O. **Jogos de Empresa**. In: BOOG, G. G. Manual de treinamento e desenvolvimento. McGraw-Hill: São Paulo, 1980.

OHNO, T. **O sistema Toyota de Produção em larga escala**. Porto Alegre: Bookman, 1996.

OLIVEIRA, C. S. de. Metodologia para a utilização de simulação em projetos de manufatura enxuta. Universidade Federal de Minas Gerais – Departamento de Engenharia de Produção. **Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção**. 2008.

PAOLESCHI, B. **Logística Industrial Integrada – Do Planejamento, Produção, Custo e Qualidade à Satisfação do Cliente**. 2 ed. São Paulo: Érica, 2009. p. 146.

PEIXOTO, E. C.; PINTO, L. R. Gerenciamento de estoques via previsão de vendas agregadas utilizando simulação. **Revista Produção**. v. 16, n. 3, set/dez 2006. p. 569-581.

PETERSEN II, C. G. How to improve order picking efficiency with routing and storage polices – College off Business, Northern Illinois University. Dekalb. 1999.

PRADO, D. S. **Usando o Arena em Simulação**. v. 3, Belo Horizonte: INDG Tecnologia e Serviços, 2010.

SANTOS, S. M. P. G. dos. **Modelagem do Problema Integrado de Dimensionamento de Lotes e Corte de Estoque numa Indústria Moveleira**. Dissertação (Mestrado em Matemática) apresentado à Universidade Estadual Paulista. São José do Rio Preto. 2008.

SEVERINO, A. J. **Metodologia do trabalho científico**. 23 ed. rev. e atualizada – São Paulo: Cortez, 2007.

SILVA, L. M. F.; PINTO, M. G.; SUBRAMANIAN, A. **Utilizando o software Arena como ferramenta de apoio ao ensino de Engenharia de Produção**. XVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Florianópolis, 2007.

SHINGO, S. **O sistema Toyota de Produção do ponto de vista da Engenharia de Produção**. 2 ed. Porto Alegre: Artmed, 1996.

SHIRK, W. T. Material flow controls in a JIT environment. **Material Handling Focus '89.**, Georgia Institute of Technology. Atlanta: Georgia, 1989.

SPIEGEL, M. R. **Estatística**.3 ed.São Paulo: Pearson Markon Books, 1993.

STELA, E.; LEITE, M. L. G.; KOVALESKI, J. L. **Análise da estrutura logística de estocagem e manuseio: Estudo de caso da indústria de fios da Cocamar**. XXV Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Porto Alegre, 2005.

TUBINO, D. F. **Planejamento e controle da produção: teoria e prática**. 2 ed. São Paulo: Altas, 2009.

APÊNDICE I

Distâncias entre cada prateleira e o setor de pré-embarque:

Estação 1		Estação 2		Estação 3		Estação 4		Estação 5	
1--2	2.32	2--1	2.32	3--1	4.64	4--1	6.96	5--1	10.9
1--3	4.64	2--3	2.32	3--2	2.32	4--2	4.64	5--2	13.22
1--4	6.96	2--4	4.64	3--4	2.32	4--3	2.32	5--3	15.4
1--5	10.9	2--5	13.22	3--5	14.38	4--5	16.7	5--4	17.86
1--6	13.22	2--6	15.54	3--6	16.7	4--6	19.02	5--6	2.32
1--7	15.54	2--7	17.86	3--7	19.02	4--7	21.34	5--7	4.64
1--8	17.86	2--8	20.18	3--8	21.34	4--8	23.66	5--8	6.96
1--9	16.4	2--9	18.72	3--9	19.88	4--9	22.2	5--9	10.9
1--10	18.72	2--10	21.04	3--10	22.2	4--10	24.52	5--10	13.22
1--11	21.04	2--11	23.36	3--11	24.52	4--11	26.84	5--11	15.54
1--12	23.36	2--12	25.68	3--12	26.84	4--12	29.16	5--12	17.86
1--13	21.9	2--13	24.22	3--13	25.38	4--13	27.7	5--13	16.4
1--14	24.22	2--14	26.54	3--14	27.7	4--14	30.02	5--14	18.72
1--15	26.54	2--15	28.86	3--15	30.02	4--15	32.34	5--15	21.04
1--16	28.86	2--16	31.18	3--16	32.34	4--16	34.66	5--16	23.36
1--17	27.4	2--17	29.72	3--17	30.88	4--17	33.2	5--17	21.9
1--18	29.72	2--18	32.04	3--18	33.2	4--18	35.52	5--18	24.22
1--19	32.04	2--19	34.36	3--19	35.52	4--19	37.84	5--19	26.54
1--20	34.36	2--20	36.68	3--20	37.84	4--20	40.16	5--20	28.86
1--21	14	2--21		3--21		4--21		5--21	
Estação 6		Estação 7		Estação 8		Estação 9		Estação 10	
6--1	13.22	7--1	15.54	8--1	17.86	9--1	16.4	10--1	18.72
6--2	15.54	7--2	17.86	8--2	20.18	9--2	18.72	10--2	21.04
6--3	17.86	7--3	20.18	8--3	22.5	9--3	21.04	10--3	23.36
6--4	20.18	7--4	22.5	8--4	24.82	9--4	23.36	10--4	25.68
6--5	2.32	7--5	4.64	8--5	6.96	9--5	10.9	10--5	13.22
6--7	2.32	7--6	2.32	8--6	4.64	9--6	13.22	10--6	15.54
6--8	4.64	7--8	2.32	8--7	2.32	9--7	15.54	10--7	17.86
6--9	13.22	7--9	15.54	8--9	17.86	9--8	17.86	10--8	20.18
6--10	15.54	7--10	17.86	8--10	20.18	9--10	2.32	10--9	2.32
6--11	17.86	7--11	20.18	8--11	22.5	9--11	4.64	10--11	2.32
6--12	20.18	7--12	22.5	8--12	24.82	9--12	6.96	10--12	4.64
6--13	18.72	7--13	21.04	8--13	23.36	9--13	10.9	10--13	13.22
6--14	21.04	7--14	23.36	8--14	25.68	9--14	13.22	10--14	15.54
6--15	23.36	7--15	25.68	8--15	28	9--15	15.54	10--15	17.86
6--16	25.68	7--16	28	8--16	30.32	9--16	17.86	10--16	20.18
6--17	24.22	7--17	26.54	8--17	28.86	9--17	16.4	10--17	18.72
6--18	26.54	7--18	28.86	8--18	31.18	9--18	18.72	10--18	21.04
6--19	28.86	7--19	31.18	8--19	33.5	9--19	21.04	10--19	23.36
6--20	31.18	7--20	33.5	8--20	35.82	9--20	23.36	10--20	25.68

Estação 11		Estação 12		Estação 13		Estação 14		Estação 15	
11--1	21.04	12--1	23.36	13--1	21.9	14--1	24.22	15--1	26.54
11--2	23.36	12--2	25.68	13--2	24.22	14--2	26.54	15--2	28.86
11--3	25.68	12--3	28	13--3	26.54	14--3	28.86	15--3	31.18
11--4	28	12--4	30.32	13--4	28.86	14--4	31.18	15--4	33.5
11--5	15.54	12--5	17.86	13--5	16.4	14--5	18.72	15--5	21.04
11--6	17.86	12--6	20.18	13--6	18.72	14--6	21.04	15--6	23.36
11--7	20.18	12--7	22.5	13--7	21.04	14--7	23.36	15--7	25.68
11--8	22.5	12--8	24.82	13--8	23.36	14--8	25.68	15--8	28
11--9	4.64	12--9	6.96	13--9	10.9	14--9	13.22	15--9	15.54
11--10	2.32	12--10	4.64	13--10	13.22	14--10	15.54	15--10	17.86
11--12	2.32	12--11	2.32	13--11	15.54	14--11	17.86	15--11	20.18
11--13	15.54	12--13	17.86	13--12	17.86	14--12	20.18	15--12	22.5
11--14	17.86	12--14	20.18	13--14	2.32	14--13	2.32	15--13	4.64
11--15	20.18	12--15	22.5	13--15	4.64	14--15	2.32	15--14	2.32
11--16	22.5	12--16	24.82	13--16	6.96	14--16	4.64	15--16	2.32
11--17	21.04	12--17	23.36	13--17	10.9	14--13	13.22	15--17	15.54
11--18	23.36	12--18	25.68	13--18	13.22	14--15	15.54	15--18	17.86
11--19	25.68	12--19	28	13--19	15.54	14--16	17.86	15--19	20.18
11--20	28	12--20	30.32	13--20	17.86	14--20	20.18	15--20	22.5
11--21		12--21		13--21		14--21		15--21	
11--22		12--22		13--22		14--22		15--22	
Estação 16		Estação 17		Estação 18		Estação 19		Estação 20	
16--1	8.86	17--1	27.4	18--1	29,72	19--1	32.04	20--1	34.36
16--2	31.18	17--2	29.72	18--2	32,04	19--2	34.36	20--2	36.68
16--3	33.5	17--3	32.04	18--3	34,36	19--3	36.68	20--3	39
16--4	35.82	17--4	34.36	18--4	36,68	19--4	39	20--4	41.32
16--5	23.36	17--5	21.9	18--5	24,22	19--5	26.54	20--5	28.86
16--6	25.68	17--6	24.22	18--6	26,54	19--6	28.86	20--6	31.18
16--7	28	17--7	26.54	18--7	28,86	19--7	31.18	20--7	33.5
16--8	30.32	17--8	28.86	18--8	31,18	19--8	33.5	20--8	35.82
16--9	17.86	17--9	16.4	18--9	18,72	19--9	21.04	20--9	23.36
16--10	20.18	17--10	18.72	18--10	21,04	19--10	23.36	20--10	25.68
16--11	22.5	17--11	21.04	18--11	23,36	19--11	25.68	20--11	28
16--12	24.82	17--12	23.36	18--12	25,68	19--12	28	20--12	30.32
16--13	6.96	17--13	10.9	18--13	13,22	19--13	15.54	20--13	17.86
16--14	4.64	17--14	13.22	18--14	15,54	19--14	17.86	20--14	20.18
16--15	2.32	17--15	15.54	18--15	17,86	19--15	20.18	20--15	22.5
16--17	17.86	17--16	17.86	18--16	20,18	19--16	22.5	20--16	24.82
16--18	20.18	17--18	2.32	18--17	2,32	19--17	4.64	20--17	6.96
16--19	22.5	17--19	4.64	18--19	2,32	19--18	2.32	20--18	4.64
16--20	24.82	17--20	6.96	18--20	4.64	19--20	2.32	20--19	2.32

APÊNDICE II



Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Gerência de Pesquisa e Pós-Graduação
Campus Medianeira



SIMULAÇÃO E ANÁLISE DO PROCESSO DE *PICKING* NO ESTOQUE DE UMA INDÚSTRIA MOVELEIRA

GUSTAVO GRANDER¹; EDNA POSSAN²; JOSÉ AIRTON AZEVEDO DOS SANTOS³

RESUMO: Este trabalho propõe a análise do sistema de estocagem, de produtos acabados, de uma indústria moveleira, com o objetivo de melhorar a produtividade do sistema e o nível dos serviços oferecidos aos clientes. O sistema atual de estocagem dos produtos, nas prateleiras, é feita de forma aleatória. O trabalho propõe a utilização do Diagrama de Pareto e do critério de minimização das distâncias para identificar um novo modelo de organização, dos produtos de maior rotatividade, nas prateleiras. Utilizou-se o software Arena para comparar as performances dos sistemas atual e proposto. Os resultados de simulação mostraram que o sistema proposto apresenta um melhor desempenho que o sistema atual de estocagem.

PALAVRAS-CHAVE: Estocagem; Arena; Indústria moveleira.

¹ Acadêmico do Curso de Engenharia de Produção da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *campus* Medianeira, e-mail: gustavogrander@yahoo.com.br

² Professora do Curso de Engenharia de Produção da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *campus* Medianeira. e-mail: epossan@gmail.com

³ Professor do Curso de Engenharia de Produção da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *campus* Medianeira. e-mail: airton@utfpr.edu.br

1. INTRODUÇÃO

O hábito de estocar é uma herança cultural de uma sociedade agrícola e por muito tempo esse comportamento foi considerado natural e até justificável.

Nossos ancestrais estocavam diversos produtos por eles mesmos produzidos como arroz, feijão e trigo, e devido às situações adversas impostas pela natureza e ao elevado custo destes produtos, face às condições de armazenamento não serem tão desenvolvidas e à produtividade das terras serem menor que as atuais, oneravam os custos dos produtos, sobretudo dos alimentos. Esses produtos eram estocados mesmo em períodos de riqueza, com o intuito de garantir suprimentos para os anos subseqüentes, que poderiam ser de escassez.

Nos dias de hoje esse costume ainda persiste em muitas situações, inclusive na indústria moderna, contrariando o paradigma atual de produção: a produção enxuta ou o Sistema Toyota de Produção (STP), que tem como escopo a eliminação do desperdício. Para Ohno (1996, p. 35), um dos precursores desse sistema de produção, “não há desperdício mais terrível em uma empresa do que a superprodução”, ou seja, produzir para estoque. Para o autor, muitas indústrias precisam passar por uma revolução na consciência e ter bom senso para buscar e produzir apenas o necessário quando for necessário e na quantidade necessária.

É fundamental que as indústrias adotem sistemas de gestão que desenvolvam habilidades humanas para utilizar da melhor maneira as instalações e máquinas, eliminando ao máximo os desperdícios (OHNO,1996). E cada vez mais a competitividade entre as indústrias, como também o desenvolvimento das mesmas, faz com que exista uma preocupação e conseqüente investimento no melhoramento contínuo de produtos e processos. Assim, as indústrias estão passando por uma revisão crítica de seus próprios padrões de operação, no que diz respeito aos seus processos de planejamento de produção e controle de estoque, de modo a existir um gerenciamento da produção cada vez mais detalhado (DIAS, 2008).

O processo eficiente de coleta de materiais do estoque é extremamente crucial para enfrentar um mercado competitivo, devido à dedicação cada vez maior por lotes pequenos, entregas mais frequentes e ciclos de tempos mais reduzidos (SHIRK, 1989). A importância cada vez maior por tempos de processamento e de

entrega de produtos aos clientes cada vez mais curtos, servem como diferencial competitivo entre empresas de manufatura e através desta perspectiva promover a redução do tempo de movimentação, com pedidos na área de estoque de uma indústria, é muito importante para reduzir o tempo de atendimento aos clientes (PETERSEN, 1999).

Este trabalho propõe a análise do sistema de estocagem, de produtos acabados, de uma indústria moveleira, com o objetivo de melhorar a produtividade do sistema e o nível dos serviços oferecidos aos clientes.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O bom planejamento do estoque é de grande importância para as indústrias, independente do ramo que atuem, devido ao fato de estarem presentes nos mais variados pontos da cadeia de suprimentos.

Estoque é qualquer quantidade de bens físicos que sejam conservados, de forma improdutiva, por algum intervalo de tempo. Estoque também é a quantidade necessária de produtos para atender à demanda dos clientes. Ele existe somente porque o fornecimento e a demanda não estão em harmonia um com o outro (PAOLESCHI, 2009).

Ballou (2006, p. 271), define estoque como “acumulações de matérias-primas, suprimentos, componentes, materiais em processo e produtos acabados que surgem em numerosos pontos do canal de produção e logística das empresas”. O mesmo autor ainda complementa que os custos envolvidos na manutenção de estoques nas indústrias, podem representar de 20 a 40% do seu valor por ano, em vista disso é correto ter-se cuidado com o nível de estoque que se produz.

Os estoques constituem um elemento gerencial essencial na administração da produção. Os estoques podem ser descritos como acúmulos de recursos materiais entre fases específicas de processos de transformação e distribuição. Esses acúmulos proporcionam independência entre as fases dos processos do sistema (CORRÊA et al., 2001). Isso significa que uma interrupção de uma das etapas pode não acarretar na interrupção da outra etapa. Recursos materiais, como matéria-prima, material semi-acabado, componentes, pré-

montagens e produtos acabados podem ser estocados para serem requisitados nos processos de transformação e distribuição (FOGARTY et al., 1991).

Hoje, sabe-se que os estoques são necessários devido às diferenças de fluxo entre as diversas etapas dos sistemas produtivos e de distribuição. Busca-se, então, o controle sobre os sistemas produtivos e de armazenagem, para que não se tenha nada estocado além do estritamente necessário estrategicamente (CORRÊA et al., 2001).

Os estoques podem ser considerados como desperdício, mas são extremamente necessários em alguns momentos. O que não pode acontecer é que sejam utilizados desnecessariamente. Cada tipo de organização pode ter diferentes níveis de performance e produtividade, e necessita, assim, de um adequado controle dos seus estoques. Para auxiliar este controle, existem algumas ferramentas que dão suporte para o controle do estoque.

Uma destas ferramentas é uma técnica simples e bastante utilizada na administração de estoques, principalmente quando existe uma variedade grande de produtos, que auxilia a visualização e a análise do que é relevante ou não é o Diagrama de Pareto, também conhecido como Curva ABC. Esta técnica é uma ferramenta auxiliar de produtividade, pois uma vez que selecionados e classificados os elementos em análise, pode-se dedicar mais recursos ao que é mais relevante e de maior impacto sob quaisquer aspectos (BERNARDI, 2008).

O diagrama de Pareto segundo Dias (2008), é um importante instrumento, devido ao fato de permitir identificar aqueles itens que justificam atenção e tratamento adequados quanto à sua administração. É obtido através da ordenação dos itens conforme a sua importância relativa, e a partir de então pode-se definir políticas e estabelecer prioridades para a programação da produção, entre outros problemas dentro das empresas. O mesmo autor explica que as classes do Diagrama de Pareto podem ser definidas como os itens mais importantes e que devem ser tratados com maior atenção no grupo A, os intermediários no grupo B e os menos importantes e que justificam pouca atenção no grupo C.

Assim a utilização do Diagrama de Pareto em ambientes fabris possibilita uma visualização mais crítica de quais produtos devem ter um cuidado especial e quais não precisam ser tratados de tal maneira, e neste ambiente atual de busca por

melhorias contínuas, essa ferramenta mostra-se importante.

A simulação computacional é outra ferramenta que apresenta alta eficácia em relação a sistema de gerenciamento de processos e análise de leiaute. Várias são as definições para simulação, quase todas convergem entre si e apresentam poucas variações entre os diversos estudiosos do assunto. Silva *et al* (2007) define simulação como um processo de experimentação com um modelo detalhado de um sistema real para determinar como o sistema responderá a mudanças em sua estrutura, ambiente ou condições de contorno. Já Fernandes (2006) define esta técnica como uma combinação de elementos que interagem para cumprir um objetivo específico. Prado (2010) define: “Simulação é a técnica de solução de um problema pela análise de um modelo que descreve o comportamento do sistema usando um computador digital”. Motomura (1980, p. 146) define simulação como “uma experiência, um ensaio no qual se procura representar com semelhança, uma determinada situação, o que acontece ou poderia acontecer na vida real”. Law & Kelton (2000), por sua vez, define como uma ferramenta para solução de problemas que consiste em um método de modelagem utilizado para analisar um procedimento real em computadores ou protótipos. Freitas Filho (2008) diz que uma das principais etapas num estudo de simulação é a criação de um modelo, ou seja, a modelagem, para observar o comportamento do sistema em estudo, sob determinadas condições, e observá-lo de forma científica.

3. METODOLOGIA

Após a realização de um estudo bibliográfico sobre os assuntos que serão tratados para a realização deste trabalho, fez-se a definição da metodologia da pesquisa ao longo do estudo, na qual são descritos sua natureza, classificação e também o planejamento desenvolvido para definir a proposta do trabalho.

Segundo sua natureza, esta pesquisa se classifica como quantitativa devido à análise estatística dos tempos de coleta dos paletes pela empilhadeira no setor de estoque, visto sua definição segundo Bisquerra *et al.* (2004), de que o método quantitativo caracteriza-se pelo emprego da quantificação tanto nas modalidades de coleta de informações, quanto no tratamento destas através de técnicas estatísticas.

De acordo com os objetivos da pesquisa, ela se caracteriza segundo Severino (2007) como um estudo de caso, visto que o estudo se concentra em um caso particular e a coleta de dados foi feita nas condições naturais em que o fenômeno ocorre, sem qualquer tipo de intervenção. Sua classificação fez-se necessária para que pudesse ser feito um adequado planejamento, de acordo com os procedimentos técnicos de coleta e análise de dados.

O autor Gil (2009) complementa a definição deste tipo de pesquisa considerando uma característica fundamental desta como sendo o fato de que o pesquisador não dispõe de controle sobre a variável independente, que constitui o fator presumível do fenômeno, devido ao fato dela já ter ocorrido.

A indústria em estudo está localizada na Região Oeste do Paraná, possui uma área total de aproximadamente 16 mil metros quadrados e conta com cerca de 200 funcionários. A produção dos móveis, de madeira, está distribuída em duas plantas fabris, que totaliza mais de 160 produtos, entre cadeiras, mesas e bases para mesa de jantar, balcões, aparadores, poltronas, racks e mesas de centro, em diversas opções de cores.

Os produtos, fabricados em madeira MDF (*Medium Density Fiberboard*), após passarem pelo setor de embalagem são transportados, pelo operador da empilhadeira, para o setor de estoque. O setor de estoque é constituído por 9 prateleiras de 5 andares. Na expedição, o operador da empilhadeira recebe o pedido de produtos com vários itens. Vai até as prateleiras e retira os paletes dos produtos e os descarrega no setor de pré-embarque. Depois que os produtos são descarregados retorna os paletes ao seu lugar de origem nas prateleiras.

Foram determinados os produtos que tiveram maior utilização da empilhadeira através do Diagrama de Pareto, e assim foi possível identificar no estoque a localização de cada um dos respectivos produtos. Então foram coletados tempos de retirada do palete e descarga do palete na região do pré-embarque com o auxílio da empilhadeira.

Após a coleta dos tempos, foram determinadas as distribuições estatísticas através a ferramenta *Input Analyser* do software *Arena*[®], para verificar se os fluxos alvos do estudo seguiam alguma distribuição teórica de probabilidade. Essa ferramenta testa a aderência dos dados de entrada de cada uma das

distribuições.

Em seguida foi definido o número de replicações necessárias para que o modelo computacional representasse o sistema real, então foi criado o modelo computacional do sistema, este implementado no *software Arena*[®], representando seis pedidos com os três produtos de maior giro da indústria moveleira.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Objetivando a reorganização dos produtos de maior giro e que são estocados, levantou-se os valores referentes às quantidades de vezes que o produto foi transportado pela empilhadeira até o pré-embarque para cada família de produtos. Estes produtos serão chamados aqui de Produtos A, B e C respectivamente e identificados no estoque (Figura 1).

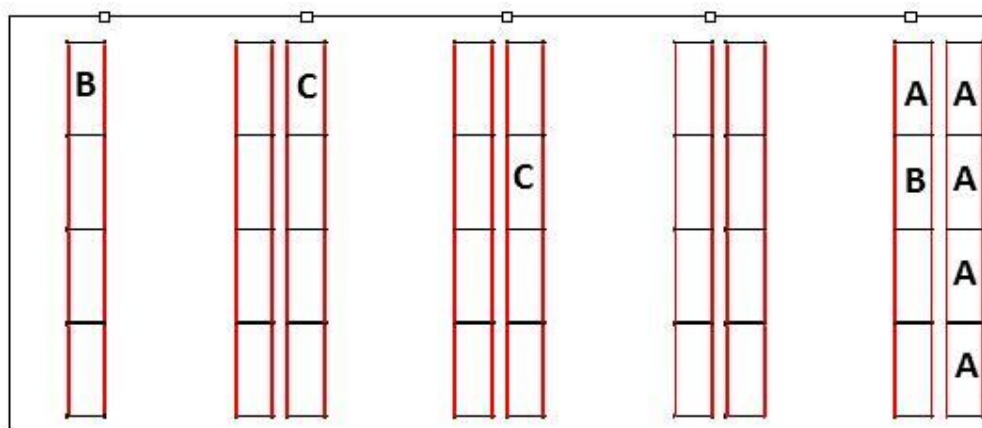


Figura 1. Localização atual dos produtos no estoque.

Após a coleta dos tempos dos produtos, foram determinadas as equações que representassem as distribuições de cada produto através da ferramenta *Input Analyser* do *software Arena*[®]. Esta ferramenta fornece uma expressão que representa a distribuição de probabilidades destes dados (Tabela 1).

Tabela 1. Distribuição de probabilidades.

Produto	Coleta dos paletes	Descarga dos paletes
A	$29.5 + 27 * \text{BETA} (1.12, 0.711)$	TRIA (1.5, 8.75, 12.5)
B	$29.5 + 29 * \text{BETA} (0.811, 0.956)$	$3.5 + 9 * \text{BETA} (1.31, 1.14)$
C	$31.5 + \text{LOGN} (14.5, 16.1)$	$2.5 + 9 * \text{BETA} (1.46, 1.85)$

Após o delineamento preliminar da distribuição de probabilidades, feito por meio da comparação entre o histograma dos dados coletados e as características das distribuições teóricas de probabilidades, foi realizada a simulação computacional. A verificação e a validação do modelo inicial foram realizadas em diversas etapas, envolvendo pessoas familiarizadas com o processo.

Determinada a situação real do estoque, partiu-se para uma análise objetivando propor um novo posicionamento dos produtos da melhor maneira possível para que a mesma montagem do pré-embarque fosse feita e houvesse a redução do tempo de utilização da empilhadeira.

O primeiro passo foi determinar o novo posicionamento dos produtos em análise, sendo que este novo posicionamento será em virtude das distâncias das colunas das prateleiras do estoque até a região do pré-embarque. A proposta, de um modo geral é estabelecer regiões que cada família de produtos devem estar alocados para a otimização do *picking*, então antes de estabelecer quais devem ser as posições dos produtos com maiores prioridades, foram estabelecidas as regiões do estoque que são destinadas a cada tipo de produto segundo sua prioridade (Figura 2).

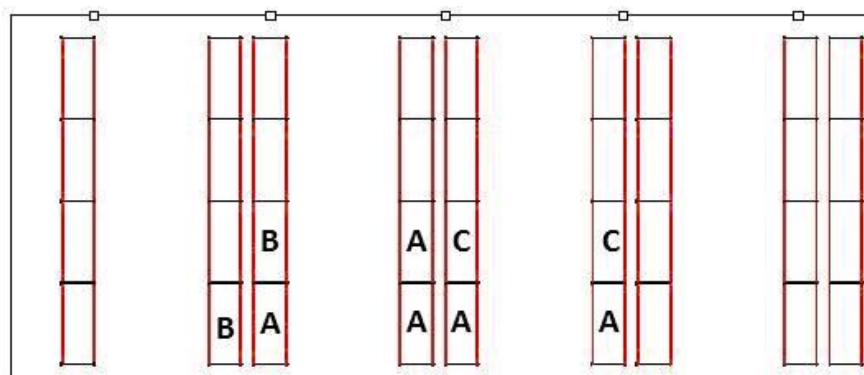


Figura 2. Proposta do novo posicionamento dos produtos com maior prioridade no estoque.

Com as novas posições estabelecidas a simulação foi feita novamente, sendo que a velocidade da empilhadeira continuou a mesma estabelecida na simulação do cenário 1, que é de 1 m/s. Outra consideração que foi feita nesta etapa do trabalho, foi em relação aos tempos de retirada do palete do estoque e descarga do palete no pré-embarque que foram considerados os mesmos do cenário 1, isto para que as diferenças entre os resultados dos dois cenários representassem a diferença das distâncias de um cenário para o outro e com isso não existindo influência dos tempos coletados, visto que em grande parte são aleatórios e em virtude disso poderia interferir na interpretação dos resultados.

Após a simulação do cenário 2, foi realizada a comparação entre os tempos de *picking* dos dois cenários como pode ser observado na Tabela 2. Foram realizadas ao todo 15 replicações para cada cenário.

Tabela 2 – Diferenças de tempo entre os cenários 1 e 2.

Produto	Redução do tempo (min)	Redução do tempo (%)
A	6,82	49,78
B	0,67	22,48
C	1,43	28,65

Observou-se que a menor diferença de *picking* foi referente ao produto B com uma redução de 0,67 minutos, ou seja, 22,48% do tempo atual. O produto C teve uma diferença de 1,43 minutos do *picking* atual em relação ao proposto, representando uma redução de 28,65% do tempo. O Produto A teve a maior diferença de tempo, com uma redução de 6,82 minutos, que representou 49,78% de diferença do tempo real em relação ao tempo do sistema proposto.

Fica claro uma melhora significativa na proposta apresentada em relação aos três produtos que representam a maior parcela de utilização da empilhadeira, em virtude disso esta maneira de determinar as posições dos produtos mostra-se viável do ponto de vista da otimização do sistema de coleta de produtos, entretanto não é interessante que seja feita uma alteração imediata de todos os produtos, pois isso demandaria muito tempo já que alteraria praticamente todos os produtos de posição e levaria um tempo relativamente grande fazendo com que a empilhadeira e seu respectivo operador fossem bastante exigidos e isto seria contraditório já que a

intenção do trabalho é reduzir a utilização dos mesmos.

5. CONCLUSÃO

Este trabalho teve como objetivo otimizar o processo de administração do estoque de modo a reduzir o tempo de *picking*. As atividades aqui apresentadas começaram com a caracterização da importância do bom planejamento do estoque devido ao seu custo de estocagem elevado, também foram especificados os motivos que justificam a produção do estoque. Em seguida foram relatadas características da indústria moveleira no Brasil como também a indústria em estudo de modo a ressaltar sua importância e representatividade no cenário econômico nacional. A partir de então, este trabalho seguiu o procedimento tradicional da metodologia da simulação, levantando informações particulares do ambiente em estudo como layout e disposição dos produtos, construção do modelo, os cenários utilizados, simulações realizadas, resultados obtidos e por fim, as análises dos resultados.

O processo de *picking* apresenta grande simplicidade, visto as operações de retirada do palete do estoque, descarga do palete no pré-embarque e recolocação do palete no estoque, entretanto podem ser destacados alguns fatores que possuem elevado grau de influência nos tempos de *picking*, como a quantidade de produtos em cada palete, a possibilidade do operador da empilhadeira, por algum descuido, ter dificuldade de manusear a empilhadeira, o possível fluxo de pessoas ao redor da empilhadeira para outras atividades como a montagem manual de pré-embarques ou a realização da assistência técnica de outros produtos, região esta que fica ao lado da área do pré-embarque e das prateleiras do estoque.

Em um mercado cada vez mais competitivo, o processo de coleta de materiais do estoque também se torna extremamente importante visto uma exigência cada vez maior por parte dos clientes por prazos cada vez menores para a entrega de produtos. Assim, este tipo de atividade torna-se um importante aliado na guerra contra a redução do tempo de ciclo dos produtos, proporcionando a existência de um diferencial competitivo para as empresas de manufatura.

Outro ponto interessante a ser levantado é referente à redução da utilização do funcionário durante o horário de trabalho, fazendo com que ele possa desempenhar a mesma atividade em um menor tempo e isso faz com que outras

atividades possam ser desempenhadas durante o horário de trabalho, ou também podendo haver redução ou eliminação de horas extras.

Este trabalho pretende contribuir para um maior conhecimento sobre o assunto como também incentivar a elaboração de novos estudos que venham a examinar outras situações e ampliar o nível de conhecimento. No aspecto de examinar outras situações, sugere-se uma análise envolvendo outras restrições, uma classificação com maior variação ou estabelecer uma relação custo/benefício entre a mudança no arranjo físico dos produtos.

Enfim, sugere-se a realização de estudos semelhantes não somente à indústrias do setor moveleiro, mas sim de toda a cadeia produtiva com o intuito de analisar as conclusões obtidas entre estudos com o mesmo enfoque.

5. REFERÊNCIAS

BALLOU, R. H. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos/logística empresarial**. 5 ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

BERNARDI, L. A. **Manual de empreendedorismo e gestão: fundamentos, estratégias e dinâmicas**. 1 ed. São Paulo: Atlas, 2008.

BISQUERRA, R.; SARRIERA, J. C.; MARTÍNEZ, F. **Introdução à estatística – enfoque informático com o pacote estatístico SPSS**. Porto Alegre: Artmed, 2004.

CORRÊA, H. L.; GIANESI, I. G. N.; CAON, M. **Planejamento, Programação e Controle de Produção**. 4 ed. São Paulo. Giancesi Corrêa e Associados, Atlas 2001. p. 452.

DIAS, M. A. P. **Administração de materiais: uma abordagem logística**. 4 ed. São Paulo: Atlas, 2008.

FERNANDES, C. A. **Simulação da dinâmica operacional de uma linha industrial de abate de suínos**. Ciência e Tecnologia de Alimentos, 2006.

FOGARTY, D. W.; BLACKSTONE JUNIOR, J. H.; HOFFMANN, T. R. **Production & Inventory Management**. 2 ed. South-Western Publishing Co: Ohio, 1991. p. 870.

FREITAS FILHO, P. J. de. **Introdução à modelagem e simulação de sistemas: com aplicações em Arena**. 2 ed. Florianópolis: Visual Books, 2008.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4 ed. São Paulo: Atlas, 2009.

LAW, A. M.; KELTON, W. D. **Simulation modeling and analysis**. McGraw-Hill: New York, 2000.

MOTOMURA, O. **Jogos de Empresa**. *In*: BOOG, G. G. Manual de treinamento e desenvolvimento. McGraw-Hill: São Paulo, 1980.

OHNO, T. **O sistema Toyota de Produção em larga escala**. Porto Alegre: Bookman, 1996.

PAOLESCHI, B. **Logística Industrial Integrada – Do Planejamento, Produção, Custo e Qualidade à Satisfação do Cliente**. 2 ed. São Paulo: Érica, 2009. p. 146.

PETERSEN II, C. G. How to improve order picking efficiency with routing and storage policies – College off Business, Northern Illinois University. Dekalb. 1999.

PRADO, D. S. **Usando o Arena em Simulação**. v. 3, Belo Horizonte: INDG Tecnologia e Serviços, 2010.

SEVERINO, A. J. **Metodologia do trabalho científico**. 23 ed. rev. e atualizada – São Paulo: Cortez, 2007.

SILVA, L. M. F.; PINTO, M. G.; SUBRAMANIAN, A. **Utilizando o software Arena como ferramenta de apoio ao ensino de Engenharia de Produção**. XVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Florianópolis, 2007.

SHIRK, W. T. Material flow controls in a JIT environment. **Material Handling Focus '89.**, Georgia Institute of Technology. Atlanta: Georgia, 1989.