

## 1 INTRODUÇÃO

A intensa competitividade gerada pela busca de novos clientes e pela melhoria dos seus processos para satisfazer os atuais tem levado as empresas a avaliar as estratégias adotadas e a pesquisar sobre as técnicas mais adequadas para assegurar ganhos de performance.

Uma das conseqüências desse fenômeno de procura de ganho de performance refere-se à atenção que passaram a merecer os componentes do custo logístico, como o de armazenagem, os quais, até então pouco significativos, já tem uma participação importante nos custos operacionais. Tudo isto tem provocado um contínuo processo de modernização das empresas. Tanto tecnológico quanto gerencial. Como resultado dessas transformações, ocorre de imediato um aumento do número de pedidos processados, assim como mudança no seu perfil.

Em um centro de distribuição, uma das tarefas mais cruciais refere-se à coleta de produtos acabados (*picking*), sistema que consome cerca de 60% de mão-de-obra direta.

Neste contexto, o presente projeto de pesquisa teve a finalidade de propor uma técnica/método para otimizar o desempenho da empresa na coleta e separação de pedidos encaminhados ao Armazém de Produtos Acabados. Como apresentado na Figura 1.1 o Armazém recebe as solicitações dos clientes por intermédio da Logística, que, por sua vez, analisa-as com o Departamento Comercial. A atividade de coleta (*picking*) é destacada e são descritos modelos de decisão relacionados à atividade. Descreve-se, então, o problema gerado pela falta de uma estratégia de *picking* e, em seguida, apresenta-se um modelo de simulação segundo os recursos disponíveis no Armazém.

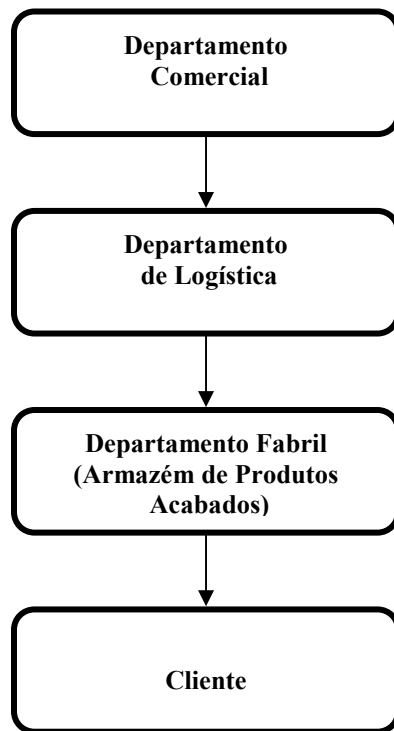


Figura 1.1 – Seqüência do pedido do cliente

Fonte: Elaboração do autor

### **1.1 Justificativa e contexto do problema**

O atraso nas entregas de produtos gera para a empresa não somente insatisfação do cliente como cancelamento de vendas, impactando na disputa de um mercado em que pequenos ganhos fazem muita diferença.

Nos últimos anos, o Setor de Logística tem acusado uma grande quantidade de reclamações em relação ao atraso nas entregas de produtos.

A constatação da falta de um método de separação de pedidos no Armazém, o desconhecimento de estratégias de picking por parte daqueles que deveriam realizar essa atividade e a possibilidade de aplicar métodos de simulação na coleta de materiais, de modo a analisar os impactos da implantação de uma estratégia de picking, é que motivaram a realização desta pesquisa.

## **1.2 Objetivo geral**

Identificar a estratégia mais adequada ao processo de coleta de materiais no Armazém de Produtos Acabados de uma empresa de manufatura de produtos elétricos, com o objetivo de melhorar a produtividade do sistema de armazenagem e o nível de serviço oferecido ao cliente.

## **1.3 Objetivos específicos**

- Analisar a rotina da separação de pedidos dos trabalhadores do Armazém;
- Elaborar uma metodologia para definir a estratégia de picking mais adequada ao Armazém;
- Simular o trabalho dos funcionários do Armazém na coleta de materiais para analisar seu desempenho, de acordo com as estratégias de picking; e
- Mensurar a performance do sistema utilizando indicadores de performance.

A proposta desta dissertação consiste em estudar as estratégias de picking que apresentam restrições pelo tipo e número de pedidos, layout do Armazém e outros parâmetros do sistema, propondo uma estratégia que melhor se adapte ao número de operadores, para, desta forma, gerar um ganho de produtividade da tarefa e evitar a insatisfação do cliente quanto ao atraso na entrega dos itens.

## **2 REVISÃO DA LITERATURA**

### **2.1 Introdução**

Este capítulo tem como objetivo básico delinear as teorias de picking em um armazém e definição das suas estratégias.

Serão tomadas como referência os principais autores da área, buscando delinear o mais precisamente possível a teoria enfocada. Serão analisados no decorrer dessa descrição alguns pontos chave: o conteúdo, a estruturação e as principais ferramentas relacionadas aos diversos temas. Inicialmente serão abordados os pontos de gerenciamento do armazém e o sistema de picking e num segundo momento as estratégias de picking com seus fatores e problemas. Por fim será feita uma abordagem sobre simulação e o estudo dos tempos e movimentos.

### **2.2 Gerenciamento do armazém**

Segundo Berg (1999), o gerenciamento da cadeia de suprimentos em modernas empresas esbarra no alto volume de produção e no reduzido inventário, refletindo a necessidade de um sistema logístico que responda rápido às solicitações dos clientes.

Ciclos de produção muito curtos impossibilitam o setor financeiro de manter altos inventários e, conseqüentemente, de aplicar investimentos altos no sistema do armazém. Promover o gerenciamento centralizado do inventário, de outro lado, exige aumento de produtividade e rápida resposta de entrega nos armazéns.

De acordo com Bartholdi (1996), nas lojas varejistas de cadeia de suprimentos o espaço de vendas para inventário está severamente limitado. Uma loja solicita muitos produtos, mas em pequenos lotes de cada vez, procedimento que gera quantidades enormes de trabalho nos armazéns que a abastece.

O armazém é um componente chave da cadeia de suprimentos. O armazenamento de produtos, a prestação de serviços que agregam valor como etiquetar e empacotar, e a

movimentação de produtos de um local para outro exigem um sistema ideal que considere um mínimo de estoque e uma rápida movimentação de produtos (ZERANGUE, 2001).

O sistema de distribuição em um armazém constitui um componente significativo para a cadeia de suprimentos. Deve ser global, adaptado, à preferência dos clientes e envolver alianças para integrar produção, estoque e distribuição. Armazéns, tipicamente, recebem embarques dos fornecedores e preparam embarques para os clientes (GONVINDARAJ, 2000).

O sistema de distribuição existe uma crescente ênfase na melhora do tempo de entrega e na acurácia de entrega. Na área de manufatura, cada dia se trabalha mais com pequenos lotes, entregas mais frequentes e ciclos de tempo mais reduzidos. O processo eficiente de coleta de materiais é extremamente crucial para enfrentar um mercado competitivo (SHIRK, 1989). Outro fator importante é a pressão do mercado por produtos diversificados e de ciclo curto de vida, tornando cada vez mais complexa a coleta de materiais (WEBER, 1989). Conseqüentemente, a eficiência e o custo da coleta de materiais são pontos cruciais para que uma corporação seja intensamente competitiva no seu mercado.

Segundo Petersen II (1999), nos dias de hoje é essencial que as empresas tenham tempos de processamento e tempos de entrega curtos na sua cadeia de suprimentos, fatores que podem servir como arma competitiva, desde que respondam imediatamente às mudanças na demanda do cliente. Armazéns formam uma importante ligação na cadeia de suprimentos, em que produtos podem ser armazenados temporariamente e os pedidos dos clientes podem ser atendidos com maior rapidez. Diminuir o tempo de movimentação com os pedidos em um armazém é extremamente crucial para reduzir o tempo de atendimento aos clientes.

Uma das dificuldades mais percebidas em relação à aceleração das atividades do armazém diz respeito à mudança dos produtos em razão do crescimento contínuo das operações. O aumento do número de produtos a ser estocado requer o correspondente aumento do espaço no armazém, cujo resultado impacta no aumento da movimentação

com os pedidos. Além disso, o aumento da quantidade de pedidos tende a diminuir simultaneamente o tamanho das ordens. Essas pequenas ordens, em conjunto com o aumento de frequência, impacta no aumento do trabalho dos operadores do armazém.

Um método dinâmico para obter um controle da coleta de itens ao longo do tempo consiste em promover um novo leiaute do armazém e investir no processo de automatização. Entretanto, também com um método que não demanda um investimento elevado é possível aumentar a eficiência do processo de picking, adequando-o a uma estratégia.

### **2.3 Picking no armazém**

Picking é o processo pelo qual os produtos são retirados de pontos específicos do armazém para atender os pedidos dos clientes, mediante operações automáticas ou manuais. O processo de coleta é geralmente o mais trabalhoso, gerando elevado impacto no custo do armazém. A organização mais eficiente do processo de coleta torna possível obter substancial redução no tempo de manuseio com as ordens e, simultaneamente, reduzir o custo.

O tempo total de picking pode ser dividido em: tempo de percurso e localização; tempo de coleta dos produtos; e tempo restante das atividades (obter e separar os pedidos). Em geral, o tempo de percurso e localização absorve cerca de 50% de todo o processo.

De acordo com Cormier (1992), uma ordem consiste em um aglomerado de itens que pertencem a uma entidade. A quantidade de ordens equivale à quantidade de ações que são realizadas instantaneamente pelo armazém.

Para Koster (1998), o processo de coleta pode consumir cerca de 60% da mão-de-obra no armazém. Os pedidos tendem, mais e mais, a chegar atrasados e a ter que embarcar no tempo predefinido pelos outros departamentos, o que conduz a grandes pressões no processo de coleta, exigindo cada dia mais eficiência.

Segundo Drury (1988), a coleta de uma ordem absorve o maior gasto em um armazém: mais de 60% de todo o custo em um típico armazém.

Gross (1981) afirma que o processo de coleta, dependendo do tipo de armazém, pode corresponder entre 30% e 40% do custo de mão-de-obra com toda a operação. Além de implicar custo de mão-de-obra reduzido, segundo Gross (1981) e Gupta (1982), o processo manual de coleta é mais eficiente em termos de processamento e custo que o processo de coleta altamente automatizado. Rhea (1985) relata um estudo de caso em que os ambientes de trabalho "amigáveis" para apanhadores durante o processo de definição de trabalho podem melhorar sensivelmente o desempenho do sistema.

Para Choe (1991), a atividade de coleta de ordens, em geral, tem recebido considerável atenção desde 1970. Kearney (1986) estimou que o custo global da logística nos Estados Unidos é cerca de 21% de todo o processo e que 28% dos custos logísticos são decorrentes do estoque e dos sistemas de movimentação.

De acordo com Choe (1991), o procedimento de formatação para a estratégia de picking revela aspectos cruciais para o sucesso da sua estrutura: determinação da estratégia requerida; especificação da estrutura de coleta; seleção dos equipamentos; operação da estratégia; e determinação das dimensões do leiaute.

A especificação da estratégia e dos tipos de equipamentos, usualmente, envolve os seguintes passos:

- classificação dos itens e ordens com base nos similares perfis;
- especificação das regras de armazenagem de cada classe de itens; e
- especificação das estratégias de cada tipo de pedido.

A análise do tipo de pedidos, concomitante a outros requerimentos do sistema, revela a estratégia de picking e, também, a quantidade de itens necessários a cada tipo de coleta. Com base nestes resultados é que se determinam cada tipo de coleta de materiais e a sua performance, separadamente, de acordo com o tipo de pedido.

O próximo passo depois de especificar a estrutura do sistema de coleta consiste em selecionar a melhor forma de trabalho e os equipamentos que se adequam ao sistema. Tal decisão é normalmente associada a múltiplos critérios, alguns dos quais poderiam estar se conflitando. A seleção de equipamento é definida de acordo com o espaço total e com o plano do layout do sistema de coleta.

Os equipamentos auxiliares constituem uma parte vital de qualquer sistema de manipulação de material.

Os equipamentos de armazenagem e coleta são classificados em três tipos:

- apanhador-por-item: - prateleira, prateleira de fluxo de gravidade, e gaveta de armazenamento;
- item-por-apanhador: - carrossel horizontal ou vertical, prateleira rotativa, e unidade-carga;
- equipamento completamente automatizado: - apanhador de item automático.

A diferença principal entre o sistema de apanhador-por-item e o sistema de item-por-apanhador é que o primeiro tem que viajar ao local de coleta, ou vice-versa.

É bastante complexo determinar o "melhor" equipamento ou, até mesmo, definir as exigências e especificações das atividades de manipulação de material. A complexidade refere-se a uma grande variedade de fatores, como o número de alternativas de equipamento, os critérios múltiplos para seleção e as relações com outros subsistemas. De um ponto de vista analítico, o problema de seleção de equipamento envolve três critérios: tamanho da carga de unidade; tipo de equipamento; e dimensões físicas. Determinar o recipiente ou o tamanho do lote é uma das decisões estratégicas em manipulação de material, como também a escolha da ordem. A carga é definida como o número de itens ou a quantidade de material contido na unidade de transporte.



A estimativa do espaço total é um exemplo do grau de complexidade do sistema de coleta de itens. O leiaute é influenciado por todos os assuntos associados à escolha da ordem. Por exemplo, uma perspectiva em longo prazo de influências empresariais, o tamanho físico dos armazéns e outras estruturas para demandas futuras, como perfis de ordem, política de inventário e influência de padrão de reabastecimento, influenciam o sistema de coleta. A regra de armazenamento influencia o tamanho de equipamento. E, assim, a exigência do leiaute não pode ser calculada precisamente até que a maioria dos detalhes do sistema de coleta seja especificada. Porém, a exigência do espaço é crucial à especificação desses detalhes.

## **2.4 Estratégias de picking**

A coleta de produtos é uma das atividades que mais demandam tempo e intensiva mão-de-obra. Por conseguinte, estão sendo usadas várias estratégias para melhorar a produtividade do processo de coleta, como: picking por lote, picking por zonas, picking discreto e picking por onda.

Bozer (1985) identifica as seguintes estratégias de coleta de itens: a) coleta de acordo com uma única ordem, em que todos os itens são coletados na mesma viagem, uma ordem por viagem; b) coleta por lote, pela qual várias ordens são coletadas simultaneamente na mesma viagem, dependendo da capacidade do veículo, mas uma ordem deve ser completada em uma única viagem; e c) coleta por zona, em que cada apanhador opera dentro de limites geográficos específicos do armazém.

Segundo Rodrigues (1999), as estratégias de *picking* (separação e preparação) das requisições de materiais empregadas nas atividades de armazenagem estão relacionadas principalmente com o número de operadores designados para a execução da operação, o número de produtos coletados e a frequência de coletas (*scheduling*) por turno. Os procedimentos mais utilizados são:

- *Picking* discreto - Cada operador é responsável por uma requisição de material por vez e coleta apenas um produto de cada vez. Existe apenas uma janela de programação por turno.

- *Picking* por zona - As áreas de armazenagem são divididas em zonas de produtos. Cada operador da atividade de *picking* está relacionado com uma dessas zonas. É mais utilizado quando ocorrem diferenças de produtividade entre os trabalhadores ou diferenças de equipamentos/tecnologias utilizadas na área de *picking*. Com isso, as zonas de *picking* são determinadas de tal forma até obter-se um balanceamento da carga de trabalho entre as zonas. Existe apenas um período para o agendamento da atividade de *picking*.
- *Picking* por lote - O operador espera o acúmulo de um certo número de requisições de materiais. Em seguida, são observados os produtos comuns entre as listas. Por trabalhar com várias requisições por coleta, este tipo de procedimento possui um ganho de produtividade em relação aos demais. No entanto, é indicado apenas quando os produtos são coletados, na maioria, em quantidades fracionadas e quando as listas de materiais possuem poucos produtos diferentes (1 a 4) e pequenos volumes. Novamente, temos apenas um período para a programação da atividade de *picking*.
- *Picking* por onda – Método similar ao *picking* discreto. Cada operador é responsável por um tipo de produto por vez. A diferença está no agendamento de um certo número de requisições ao longo do turno. Geralmente, este tipo de procedimento é utilizado para coordenar as funções de separação e expedição.

O Quadro 2.1 apresenta as características que definem o emprego de cada estratégia.

<b>Procedimento de <i>Picking</i></b>	<b>Características</b>
1. Discreto	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 1 operador para cada requisição de material</li> <li>▪ 1 produto por vez</li> <li>▪ 1 coleta por turno</li> </ul>
2. Zona	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ mais de um operador por requisição</li> <li>▪ 1 produto por vez</li> <li>▪ 1 coleta por turno</li> </ul>
3. Lote	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 1 operador para cada requisição</li> <li>▪ Mais de um produto por vez</li> <li>▪ 1 coleta por turno</li> </ul>
4. Onda	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 1 operador para cada requisição</li> <li>▪ 1 produto por vez</li> <li>▪ Mais de uma coleta por turno</li> </ul>
5. Zona-Lote	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Mais de 1 operador por requisição</li> <li>▪ Mais de 1 produto por vez</li> <li>▪ 1 coleta por turno</li> </ul>
6. Zona-Onda	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Mais de 1 operador por requisição</li> <li>▪ 1 produto por vez</li> <li>▪ Mais de 1 coleta por turno</li> </ul>
7. Zona-Lote-Onda	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Mais de 1 operador por requisição</li> <li>▪ Mais de 1 produto por vez</li> <li>▪ Mais de 1 coleta por turno</li> </ul>

Quadro 2.1 – Características do procedimento de picking – Rodrigues (1999)

RODRIGUES (1999) exemplifica as estratégias de *picking* (separação e preparação) através de ilustrações:

- **Picking discreto**

Suponha que a atividade de separação de pedidos contemple apenas quatro produtos (P1,...,P4). A linha de *picking* possui três operadores alocados integralmente a essa

atividade. Têm-se, então, três pedidos, que chegam compostos por mix e quantidades de produtos diferentes.

Na estratégia de *picking* discreto, o primeiro operador pegaria o primeiro pedido (pedido 1). Ele seria então o responsável por iniciar e completar a separação de todos os produtos contidos neste pedido. Selecionaria 10 quantidades do primeiro produto, 20 do segundo e 5 do terceiro, colocando na caixa para a próxima operação. Paralelamente, o segundo operador estaria responsável pelo segundo pedido, coletando os produtos 1, 3 e 4 nas suas respectivas quantidades (um por vez). De forma análoga, o terceiro operador estaria responsável pelo terceiro pedido. O processo é representado pela Figura 2.1.

Deve-se notar que cada pedido é iniciado e completo por apenas um operador e que apenas um produto é pego por vez. O primeiro operador que acabar seu trabalho (no exemplo, o terceiro) pegaria o próximo pedido (pedido 4, não exemplificado).

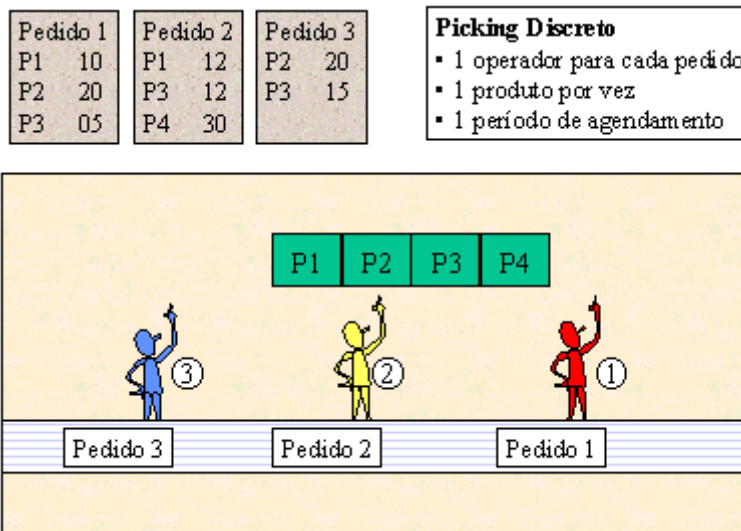


Figura 2.1 - *Picking* Discreto – RODRIGUES (1999)

- **Picking por lote**

Neste exemplo (FIG. 2.2), os pedidos 1 e 3 seriam agrupados em um lote. O primeiro operador cuidaria exclusivamente desses dois pedidos. Ele coletaria então 10 unidades do produto 1, 40 unidades do produto 2 e 20 unidades do produto 3, ou seja, as somas das unidades dos produtos nos pedidos 1 e 3. Os outros dois operadores estariam responsáveis por outros lotes de pedidos.

Pedido 1 P1 10 P2 20 P3 05	Pedido 2 P1 12 P3 12 P4 30	Pedido 3 P2 20 P3 15	<b>Picking por Lote</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 1 operador para cada pedido</li> <li>▪ mais de 1 produto por vez</li> <li>▪ 1 período de agendamento</li> </ul>
-------------------------------------	-------------------------------------	----------------------------	---

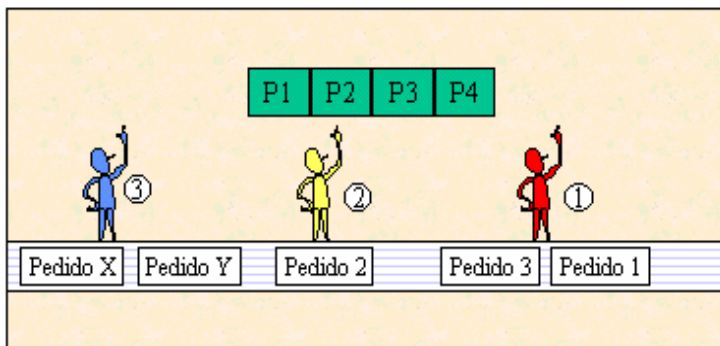


Figura 2.2 - *Picking por Lote* – RODRIGUES (1999)

- **Picking por zona**

Neste exemplo abaixo (FIG. 2.3), cada operador seria designado para determinada zona. O primeiro operador seria responsável pela coleta dos produtos 3 e 4; o segundo, do produto 2; e o terceiro do produto 1. Ao chegar o primeiro pedido na linha de *picking*, o operador 3 coletaria 10 unidades do produto 1. Em seguida, o operador 2 coletaria 20 unidades do produto 2. Finalmente, o primeiro operador coletaria 5 unidades do produto 3. O primeiro pedido estaria então completo e seria despachado para a próxima atividade. Nota-se que nesse caso os três operadores trabalharam para completar um pedido. Além disso, após ter coletado as 10 unidades do produto 1, o terceiro operador já começaria a trabalhar no segundo pedido, enquanto, em paralelo, os outros dois operadores estariam completando o pedido 1.

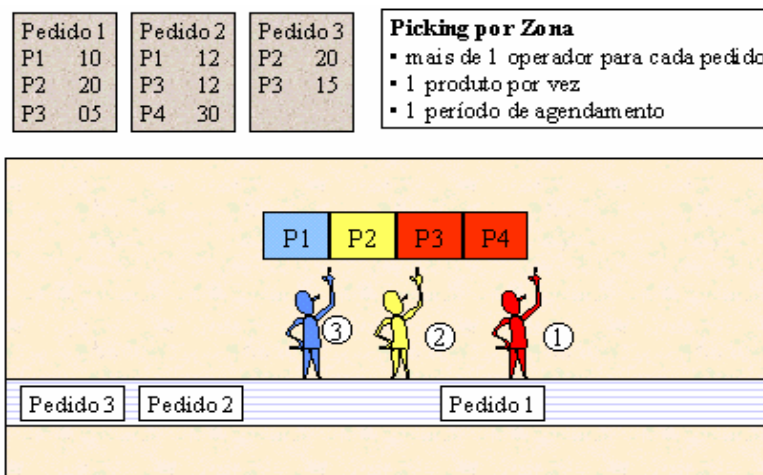


Figura 2.3 - *Picking por Zona* – RODRIGUES (1999)

Segundo Lin (1999), a coleta de itens é um processo pelo qual são recolhidos itens de prateleiras em um armazém. Tipicamente, esta tarefa começa com a conversão da ordem de um cliente em uma lista, escolhendo o local de cada tipo de item, o número de itens de cada tipo e a seqüência na qual serão coletados os itens. O apanhador viaja então pelo armazém, enquanto os itens são escolhidos e transportados para um local específico, onde será empacotada a remessa.

Pesquisas indicaram que selecionar estratégias de coleta para vários tipos de ordem é a chave para aumentar a eficiência do processo.

A escolha de uma ordem no sistema de coleta, para assegurar sua eficiência pressupõe uma variedade de considerações, que incluem a definição da estratégia, a política de armazenamento de produto e a rotina do apanhador. A opção pelo sistema de lote e ou de zona pode afetar diretamente a eficiência da ordem.

A coleta por zonas é uma estratégia que divide uma ordem em muitas subordens, ao passo que a coleta por lote é uma estratégia que agrupa os mesmos itens de ordens diferentes e os coleta simultaneamente, resultando em distâncias de viagem menores e tempo mais curto de coleta.

Em um armazém de coleta manual de itens, Mellena e Smith (1988) avaliam os efeitos de vários fatores em desempenho de sistema: regra de armazenamento, configuração de corredor, lote e regras de zona. As simulações destas estratégias que operam com lote e zona mostram um aumento significativo de produtividade do apanhador.

Lote e zona determinam qual ordem/item é recomendada para qual apanhador. A seqüência da coleta determina a sucessão de itens a serem coletados. Lote é uma das estratégias freqüentemente mais usadas para o processo de coleta. Tal estratégia foi projetada para reduzir o tempo de viagem comum por ordem compartilhando uma tarefa de coleta com outras ordens. A coleta por lote é, muitas vezes, chamada de *coleta de grupo* ou *coleta consolidada*.

Há, basicamente dois critérios para o sistema de lote: a proximidade de locais de coleta; e a janela de tempo. A estratégia de lote designa cada ordem a um grupo com base na proximidade de seus locais de armazenamento/coleta.

Segundo Brynzér (1995), a existência de uma estrutura de produto e a fixação de um horário definido de saída de materiais oferecem oportunidades para uma estratégia de lote efetiva: itens são agrupados e coletados juntos, resultando em distâncias de viagem mais curtas e tempos mais curtos de coleta.

Experiências mostraram que é possível obter uma redução de mais de 50% de tempo na coleta por lote usando-se um sistema de apanhador-por-item convencional.

Tradicionalmente, dedica-se muita atenção à tarefa de minimizar as distâncias dentro do armazém com a coleta de itens. Frazelle (1989) constatou que o tempo de viagem corresponde a 60% do tempo de coleta da ordem em um sistema de apanhador-por-item.

A coleta por zona divide a área inteira em várias zonas, onde cada apanhador selecionará os itens dentro da sua zona. As vantagens principais de dividir em zonas são: a familiaridade do apanhador com a zona dele; e um tamanho menor de área, proporcionando a diminuição do tempo de viagem.

Uma aplicação para reduzir significativamente o trabalho do operador do armazém consiste em dividir o armazém em áreas e reservar áreas distintas para os produtos separadamente. Para ganhar espaço, estas áreas distintas podem ser localizadas no mesmo pallet (BERG, 1999).

## **2.5 Fatores que contribuem para a eficiência do sistema de picking**

Além das estratégias de picking, há muitas alternativas para melhorar a eficiência do sistema de coleta. Por exemplo, um leiaute adequado que proporcione um ambiente satisfatório adicionado a fatores humanos poderia render um sistema de coleta mais eficiente (WEBER, 1989). Depois de considerar fatores humanos em sistemas de armazéns automatizados, Yates (1989) destacou que tecnologias modernas na automatização de armazéns eliminarão alguns fatores humanos, mas à custa de um alto investimento.

Segundo Yang (2003), a forma como foi planejado o leiaute tem um impacto significativo no desempenho dos processos realizados no armazém e tem sido uma área de pesquisa ativa durante muitas décadas.

Segundo Liu (1999), as atividades de logística incluem: transporte, manutenção de inventário, processo de ordem, controle de armazéns e manipulação de materiais. Essas atividades provêm uma ponte entre os produtores de bens e os consumidores de mercado; que estão separados por tempo e distância. Foi calculado que atividades de logística representam uma porção grande dos custos de uma empresa. A maioria compreende atividades de movimentação de materiais que absorvem uma intensiva mão-de-obra de trabalhos repetitivos. A localização do estoque e as operações de coleta no armazém afetam o custo de manipulação de materiais diretamente. O principal objetivo do problema de localização de material está em minimizar a distância de viagem total, ou tempo ao longo do armazém.

Em termos de leiaute para a localização do estoque, itens devem ser agrupados com itens que se completam, que se compatibilizam, segundo seus critérios de demanda. Itens nessa situação remontam a itens que freqüentemente são solicitados juntos e que



podem estar localizados perto um do outro. Um leiaute montado por critério de demanda considera a diferença entre itens que são coletados com grande frequência a outros que são pouco coletados.

Cada lista de ordens consiste de vários itens e volumes diferentes. Se itens são agrupados em uma seqüência que possibilite um trajeto mais eficiente, o tempo de coleta de itens pode ser reduzido evitando-se percursos repetidos nos corredores. Além disto, o agrupamento por clientes também é útil para as operações de coleta, desde que a lista de ordens seja agrupada por clientes em lotes, o que gera uma redução no tempo e custo.

As tentativas tradicionais de melhorar a localização de estoque em um armazém não utilizaram a relação das ordens por cliente. Ao considerar as características de ordens de cliente, a regra de ordem-item-quantidade pode ser usada para analisar as características de itens e clientes. Essas características provêm uma base para medir a semelhança entre itens e a semelhança entre clientes.

Grande parte dos erros que ocorrem na coleta de itens é caracterizada por faltas estruturais, concepção incorreta da estrutura de produto ou exposição imprópria das partes no processo de coleta. Nos estudos de caso, as causas freqüentes de erros nas coletas são:

- Variação de itens no lote, o que dificulta a identificação dos materiais, proporcionando a coleta irregular dos itens.
- São armazenados componentes com números de parte semelhantes ou similares próximo um do outro.
- O apanhador é interrompido e distraído. Pessoas perguntam algo quando ele começa a trabalhar, e isto dificulta saber onde ele parou o processo.
- Enganos na leitura, por exemplo, lendo o número de item correto mas a quantidade errada.
- Os apanhadores esquecem-se da própria informação e coletam itens similares mas diferentes.

De acordo com Yoon (1995), o sistema de coleta não é um estático, sofrendo, desta forma, constantes variações do mercado. Para sobreviver em um ambiente dinâmico, o formato do sistema de coleta deveria prever um processo contínuo, no qual as exigências antecipadas seriam refletidas no estado de sistema atual. Dependendo das características de produtos e ordens, podem ser incluídos tipos diferentes de áreas funcionais e podem ser utilizadas combinações diferentes de tipos de equipamento e de políticas operacionais. Também, a decisão de configuração é influenciada por considerações econômicas e ambientais.

## **2.6 O problema da seqüência de viagens do apanhador**

Tang (1997) considerou um sistema de coleta de ordens manuais em um armazém retangular com um número fixo de apanhadores de ordem. O sistema de coleta de ordens trabalha com um alto volume de ordens e informações. O tempo para o surgimento de novas ordens envolve em dois componentes; o componente de tempo de espera, que inclui o tempo preciso para montar um lote de ordens; e o componente que inclui o tempo de viagem, o tempo de escolha e o tempo de coleta.

O tempo de serviço para completar um grupo de ordens é o tempo total que um apanhador de ordem gasta viajando na área de armazenamento enquanto escolhe os itens e os ordena de acordo com as ordens respectivas. É assumido que a taxa de escolha e a taxa de coleta são dependentes do tamanho e do tipo de itens. O tempo de viagem, além dos tempos de escolha e de coleta, também é afetado pelo tamanho dos itens a serem coletados.

Segundo Daniels (1996), o processo de coleta em um armazém convencional envolve ambientes no armazém que determinam a seqüência de viagens a um único local onde cada parte da ordem está localizada.

O problema de coleta de itens considera então uma determinada seqüência, na qual locais onde os itens são alojados são visitados com o mínimo custo (ou tempo) possível.

Mudança na demanda e a conseqüente alteração no espaço do armazém freqüentemente requerem movimentos que podem causar rompimentos severos nas operações do armazém, especialmente quando o armazém é altamente utilizado.

Ratliff (1997) destaca que o tempo de viagem é um dado importante para o planejamento das coletas, pelo fato de muitas coletas assumirem os tempos de viagem já estabelecidos para estimar o custo gasto com determinados tipos de ordens e o tempo necessário para coletar cada ordem.

## **2.7 Conhecimentos básicos sobre simulação**

Segundo Shannon (1975), a simulação não é uma teoria, mas uma técnica de resolução de problemas. É um método de modelagem utilizado para implementar e analisar um procedimento real (físico) ou proposto em um computador (de forma virtual) ou em protótipos (ensaios). Ou seja, simulação é o ato de imitar um procedimento real em menor tempo e com menor custo, permitindo um melhor estudo do que vai acontecer e de como consertar erros que gerariam grandes gastos.

Banks & Carson (1984) definem que “a simulação é a imitação da operação de um processo real ou sistema ao longo do tempo”. É correto afirmar que a simulação é uma técnica de modelagem de sistemas, sem intervenção direta no sistema real.

Mihram & Mihram (1974), citados por Banks & Carson (1984), afirmam que todo modelo de representação é uma simplificação do sistema real. Isso quer dizer que o modelo de simulação é uma réplica reduzida de um conjunto de variáveis do sistema real. Cabe ao *designer* do sistema a árdua tarefa de identificar as variáveis, extraí-las do sistema e correlacioná-las para que, enfim, possa representá-las em um modelo teórico experimental. Então, pode-se dizer que a simulação é, antes de tudo, uma técnica experimental que permite avaliar o efeito da mudança de uma variável de entrada ou parâmetro, no comportamento da variável controlada, também chamada de *variável de saída do sistema*.

### 2.7.1 O uso da simulação

Conforme Strack (1984), o uso da simulação deve ser considerado quando ocorrer uma (ou mais) das seguintes condições:

- Não há uma formulação matemática completa para o problema.
- Não há método analítico para a resolução do modelo matemático.
- A obtenção de resultados com o modelo é mais fácil de ser realizada por simulação que por método analítico.
- Não existe habilidade pessoal para a resolução do modelo matemático por técnica analítica ou numérica.
- É necessário observar o desenvolvimento do processo desde o início até os resultados finais, e são necessários detalhes específicos.
- Não é possível ou é muito difícil a experimentação no sistema real.
- É desejado estudar longos períodos de tempo ou são necessárias algumas alternativas que os modelos físicos dificilmente fornecem.

### 2.7.2 Vantagens e problemas de uma simulação

Segundo Strack (1984), os objetivos fundamentais da simulação podem ser categorizados em três grupos: projeção absoluta; análise de sensibilidade; e investigação de diagnóstico.

A simulação permite estudar e experimentar complexas interações internas de um dado sistema, seja ele uma empresa ou parte da mesma:

- Por meio de simulação, podem ser estudadas algumas variações no meio ambiente e verificados seus efeitos no sistema total.
- A experiência adquirida em construir os modelos e em realizar a simulação pode conduzir a uma melhor compreensão do sistema, com possibilidades de melhorá-lo.
- A simulação pode ser usada para experiências com novas situações, sobre as quais se tem pouca ou, mesmo, nenhuma informação.

- A simulação pode servir com um primeiro teste para delinear novas políticas e regras de decisão para a operação de um sistema antes de experimentar no sistema real.

Strack (1984) enumera nove tipos de problemas que fazem parte de um processo de simulação:

- recursos humanos, materiais e de equipamentos;
- mudanças, sob o aspecto da apreciação adequada das necessidades de modificações do modelo, tendo em vista alterações de objetivos antes ou durante a implementação;
- definição dos limites do ambiente ou sistema a ser simulado;
- custos;
- projeto e determinação das experiências a serem realizadas;
- nível de detalhe, desde alta agregação e simplificação até grande detalhamento total ou parcial;
- grau de precisão requerido para a obtenção dos resultados até grande detalhamento, total ou parcial;
- grau de precisão requerido para a obtenção dos resultados que satisfaçam os objetivos; e
- validação dos modelos de resultados.

### 2.7.3 Razões para usar simulação

Muitas razões podem ser enumeradas para justificar o uso da simulação em engenharia. Entre elas, podem-se destacar:

- Por ser impossível ou muito oneroso observar diretamente certos processos no mundo real.
- O sistema observado pode ser tão complexo que se torne impossível descrevê-lo em termos de um conjunto de equações matemáticas de solução analítica viável. Um exemplo são os sistemas de estoques em série e em paralelo, que devem ser estudados de forma a se ter uma política de operação com mínimo custo.

- Mesmo sendo possível desenvolver um modelo matemático do sistema em foco, a sua solução pode ser muito trabalhosa e pouco flexível.

#### 2.7.4 Diferentes tipos de simulações

Law & Kelton (1991) comentam que os modelos de simulação podem ser determinísticos, probabilísticos ou estocásticos, podendo ocorrer uma combinação entre um e outro. Situações em que a taxa de chegada, o tempo entre as chegadas e o tempo de processamento acontecem de forma aleatória são regidas por uma distribuição de probabilidade, e são considerados de natureza probabilística. Caso contrário, são considerados eventos determinísticos. Há modelos que contemplam tanto parâmetros determinísticos quanto estocásticos, e por isso as variáveis de saída do modelo também são de natureza estocástica.

Em se tratando da modelagem de sistemas que utilizam a técnica de simulação, cabe a seguinte definição: “Um sistema é um grupo de objetos que mantém uma interação entre si, a fim de alcançar algum propósito e ainda é delimitado por uma fronteira no ambiente ao qual está inserido” (Banks & Carson, 1984).

O sistema é estático quando as variáveis são estacionárias, ou seja, não variam com o tempo. Caso contrário, o sistema tem caráter dinâmico, e apresenta variáveis transientes. A modelagem dinâmica da simulação consiste em definir o estado do sistema, ou seja, o conjunto de variáveis que o descrevem, estabelecidos os parâmetros iniciais do modelo no instante de tempo  $t = 0$  e a sua evolução em um instante de tempo  $t > 0$ , não importando as condições anteriores.

O sistema é composto por servidores que prestam serviço para as entidades (clientes ou objetos que se movem no sistema). As entidades possuem propriedades que lhes conferem um caráter peculiar, chamadas de *atributos*. Por exemplo, em uma linha de montagem de veículos as autopeças e submontagens representam as entidades cujo atributo é seguir uma rota particular na linha de montagem, passando por estações de serviço específicas, que atuam como servidores.

O *software* de simulação *ARENA*, utilizado neste trabalho, consiste em uma interface gráfica em que os modelos são representados por meio de diagrama de blocos. A lógica do programa é construída sobre a linguagem computacional *SIMAN* (Simulation Analysis) e o *software* ainda possui recursos de animação que fazem parte do módulo *CINEMA* do pacote computacional de simulação.

A concepção desses modelos de simulação está sempre associada a um grau de risco relacionado ao conhecimento e ao nível de certeza da informação disponível a respeito dos processos. O resultado da simulação é apenas um reflexo do risco que se dispõe a enfrentar ao alimentar os dados de entrada em qualquer modelo que se pretende simular.

### 2.7.5 Como estruturar um trabalho de simulação

Modelagem e simulação envolvem três tipos de entidades: sistema real, modelo e simulador, que não devem ser analisadas isoladamente, mas observadas na inter-relação entre elas.

Pode-se definir sistema real como uma origem de dados; modelo, como um grupo de instruções para a geração de dados; e simulador, como um dispositivo capaz de levar adiante instruções do modelo. A relação da modelagem consiste em validar o modelo como uma representação do sistema real. Alternadamente, tem-se que avaliar o grau de aceitação dos dados do modelo com os dados do sistema real. O processo de apuração desse grau de ajuste é chamado de *validação*. Após a comparação dos dados, feita pelo simulador, com o mundo real, é estabelecida a exatidão do simulador e definido se o teste do modelo faz sentido.

A modelagem de um sistema deve ser feita de forma estática e dinâmica, verificando a variabilidade do sistema, identificando as variáveis relevantes e definindo as relações que descrevem cada estado e como ele muda de um dado instante para outro.

No diagrama de ciclo, cada entidade do sistema (máquinas, peças, veículos, operadores, etc.) é representado como um ciclo fechado, envolvendo atividades (transporte, processamento e limpeza) e filas (esperas).

As entidades do sistema são vistas como consumidores (usuários dos serviços) e produtores (fornecedores de serviços). Os produtores são identificados pelos nós da rede; os consumidores, como fluxos passando pelos nós e causando realizações; e atividades, pelos ramos da rede.

Alguns softwares aceitam a entrada de apenas um diagrama ou realizam a parte de modelagem juntamente com o usuário de forma interativa.

Deve-se observar a dinâmica do sistema, verificando a continuidade dos processos e quais são as atividades e os processos bases.

Com relação à variabilidade do sistema, devem-se verificar as distribuições de probabilidade adequadas dos processos e se o software fornece ou não as distribuições necessárias.

#### **2.7.6 Etapas de um estudo utilizando simulação**

Segundo Strack (1984), a realização de estudos utilizando simulação segue um conjunto de etapas bem definidas.

Primeiro, como a simulação representa o sistema em estudo por procedimentos, o processo por si só não otimiza os resultados. Cabe à pessoa envolvida estudar o desempenho e identificar alternativas para permitir soluções otimizadas; ou seja, analisar as saídas e identificar alternativas de projeto e configurações possíveis.

A primeira etapa, que consiste na formulação dos objetivos, deve ser conduzida de maneira clara e bem definida pelo usuário. O tipo de resposta que é extraído dos resultados, o formato da simulação e os cuidados inerentes ao método são decorrentes dos objetivos; são frutos do trabalho desenvolvido, e não da simulação em si mesma. Nesta etapa, deve ser feita a definição do sistema a ser modelado, identificando seus limites, restrições, relacionamentos internos e externos necessários ao andamento do processo.



A modelagem do sistema ocorre a seguir, caso não exista um modelo de simulação já definido e apropriado à solução do problema.

O analista tem a função de traduzir uma situação em um modelo mediante a observação dos mecanismos operacionais do sistema ou a compreensão das teorias que regem o seu comportamento. Para isto, ele deve estar inteirado com o sistema no que se refere aos aspectos práticos de funcionamento e bases teóricas.

O método mais comum de modelagem de sistemas é o **fluxograma**, que consiste em entender uma situação, idéia, fenômeno ou sistema analisando o fluxo de seus itens principais, em uma seqüência de etapas de processamento, envolvendo mudanças de características, de movimento e de local onde os dados são processados. A interferência do analista acontece quando, durante uma operação, os produtos ou itens de fluxo sofrem mudanças e usualmente envolvem recursos materiais e procedimentos operacionais.

O segundo método de modelagem é a **abordagem funcional**, usado quando uma seqüência razoavelmente clara de funções é executada pelo sistema. A solução para estes casos está em identificar as funções do sistema e estabelecer a seqüência em que as mesmas ocorreram.

Após a identificação e definição das funções básicas, o analista deve detalhar cada função, determinando:

- onde ela ocorre;
- que informações utiliza;
- que recursos utiliza;
- quais procedimentos são seguidos; e
- que os resultados foram obtidos.

A decomposição dos sistemas é feita em funções, as quais são divididas em procedimentos especificados por inter-relacionamentos; e procedimentos variáveis.

O terceiro método de modelagem é a **análise por mudança de estado**, utilizado em sistemas possuidores de um grande número de relações interdependentes para as quais a vinculação com o tempo pode ser observada.

O tempo é dividido em uma série de instantes, em uma seqüência tal que a sua série reproduza o funcionamento do sistema.

Para Strack (1984), constituem tarefas da modelagem: identificar as variáveis relevantes; e definir as relações que descrevam cada estado e como ele muda de um dado instante para outro.

Após a modelagem, o passo seguinte consiste em realizar a programação do modelo em linguagem computacional; ou seja, realizar a programação em linguagem de uso geral ou empregar as linguagens de simulação específica.

Na seqüência, devem-se definir as entradas, que são a representação dos insumos que o meio ambiente fornece ao sistema, para que o sistema possa operar e produzir as saídas.

Os mecanismos internos necessários para simulação são classificados em:

- **Variáveis:** - características ou atributos do sistema, que assumem uma gama de valores distintos, conforme o desempenho do sistema, quando simulado.
- **Parâmetros:** - características ou atributos do sistema que têm só um valor em toda a simulação, mas podem mudar se alternativas diferentes são estudadas.
- **Fatores exógenos:** - parâmetros ou variáveis cujo valor afeta o sistema, mas não é afetado por ele, sendo representados pelas séries ou distribuições de probabilidade que fornecem valores ao sistema.
- **Fatores endógenos:** - parâmetros ou variáveis que têm o valor determinado pelo sistema, como é o caso dos resultados do modelo.

Os dados são necessários para:

- estimar valores de constantes e parâmetros;
- fornecer valores iniciais as variáveis; e
- comparar os resultados da simulação e validá-los.

De forma mais simplificada, Andrade (1989) propõe que um trabalho de simulação pode ser desenvolvido segundo as etapas descritas na Figura 2.4.

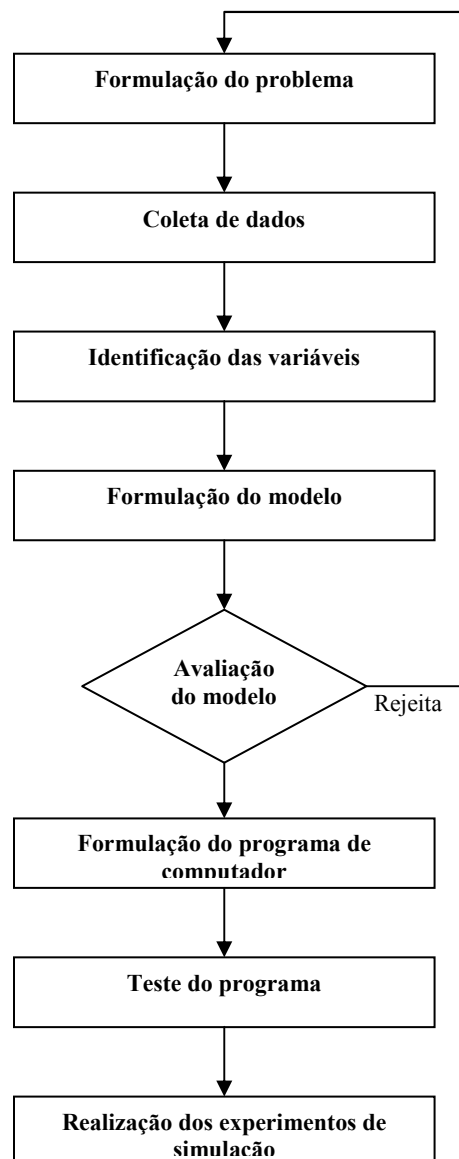


Figura 2.4 - Fases da realização de uma simulação  
Fonte: Andrade (1969)

### **2.7.6.1** Formulação do problema

Devem ser explicitamente definidos os objetivos da simulação, a amplitude e a profundidade que se quer da análise e os recursos disponíveis. A definição inicial do problema pode ser alterada durante a realização do processo de simulação.

### **2.7.6.2** Coleta de dados

A coleta de dados é um processo de recolhimento dos fatos e informações disponíveis que serão processados quando houver necessidade. De posse da formulação do problema, a coleta dos dados deve obedecer aos seguintes cuidados:

- deve haver uma quantidade suficiente de dados;
- os dados devem ser quantitativamente confiáveis; e
- os dados devem ser significativos para o processo de decisão.

### **2.7.6.3** Identificação das variáveis

Como primeiro passo da modelagem, devem ser identificadas as variáveis do problema.

### **2.7.6.4** Formulação do modelo

Pode ser a parte mais difícil do processo de simulação. A dificuldade decorre do fato de na construção de modelos ser exigida tanto arte quanto técnica, levando-se em conta todas relações importantes, tanto entre as variáveis internas do sistema quanto entre este e o meio ambiente que o cerca.

### **2.7.6.5** Avaliação do modelo

Uma vez construído o modelo, é necessário saber se ele atende aos objetivos da simulação, representando corretamente o sistema em estudo. Os testes com o modelo devem abranger também os dados, de forma a verificar sua consistência.

### 2.7.6.6 Realização da simulação

Este passo caracteriza a formação do fluxograma do modelo, que pode ser implementado em um computador, para análise do sistema.

## 2.8 Estudo de tempos e movimentos

Segundo Barnes (1963), o estudo de tempos e movimentos envolve os sistemas de trabalho, com os seguintes objetivos: a) desenvolver o sistema e o método preferido, usualmente aquele de menor custo; b) padronizar este método e sistema; c) determinar o tempo necessário gasto por uma pessoa qualificada e devidamente treinada trabalhando num ritmo normal para executar uma tarefa específica ou uma operação; d) orientar o treinamento do trabalhador no método preferido. O estudo de tempos e movimentos é ainda o estudo dos métodos, dos materiais, das ferramentas e dos equipamentos utilizados, tendo como objetivos:

- definir a melhor e mais econômica maneira de efetuá-los;
- realizar a padronização dos métodos;
- promover a determinação e medição do tempo de execução; e
- fazer a assistência e o treinamento de novo método.

De acordo com Peroni (1990), a cronometragem é o método mais empregado na indústria para a medida do trabalho. Por meio dela, determina-se a quantidade de tempo necessária para se executar um trabalho, medindo o tempo gasto em suas operações elementares.

A cronometragem de uma operação completa raramente é realizada com apenas um elemento. O trabalho deve ser dividido em elementos, e cada um deles deve ser cronometrado individualmente.

Nessa divisão em elementos, três regras básicas devem ser observadas:

1. Para se obter a leitura exata do cronômetro, deve haver uma separação clara entre os elementos.
2. O tempo de manuseio deve ser separado do tempo máquina.
3. Os elementos constantes devem ser separados dos elementos variáveis.

A partir daí e da constatação de que o trabalho está sendo desenvolvido por operários devidamente habilitados e treinados é que se apresenta o momento propício ao estudo dos tempos por meio da folha de cronometragem.

A Figura 2.5 apresenta um modelo de folha de cronometragem.

Folha de Cronometragem:		Oficina:				Posto:					
Operação:		Cronometrista:				Data:					
Elementos	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T	Média

Figura 2.5: Modelo de folha de cronometragem  
 Fonte: PERONI (1990)

### 2.8.1 Procedimentos básicos

Segundo Peroni (1990), para que uma cronometragem transcorra sem problemas torna-se importante que, preliminarmente, sejam adotados certos procedimentos básicos, entre eles:

- O operador a ser selecionado deve estar o mais próximo possível do ritmo normal de trabalho e possuir habilidade média e temperamento tranquilo, não permitindo que a presença do cronometrista perturbe o seu ritmo ou desvie sua atenção.
- A duração de cada etapa a ser cronometrada deve ser compatível com a possibilidade do seu registro. Elementos de duração muito curta (abaixo de 8 centésimos de minuto - cmm) dificultam a cronometragem, assim como os elementos de longa duração (mais de 30 centésimos de minuto - cmm) podem, normalmente, ser decompostos em outros.
- Iniciada a cronometragem, marcam-se na coluna L (leitura) da folha de cronometragem fig 2.5 as leituras do cronômetro em cada “top” (que marca o fim de um e o início de outro elemento). Posteriormente, fazendo-se a diferença entre duas leituras sucessivas, obtém-se o tempo de cada elemento na coluna T (tempo). O cronômetro, adverte-se é de leitura contínua: posto a trabalhar no início do primeiro elemento, só será travado no fim da cronometragem.
- Durante a cronometragem, o analista, em pé, deve segurar a prancheta contra o corpo e o braço esquerdo de tal modo que o cronômetro possa ser operado com o polegar e o indicador da mão esquerda. A prancheta deve ser segura com a mão e o braço esquerdos, permanecendo a mão direita livre para anotar os tempos medidos.
- Durante o estudo, o analista deve posicionar-se lateralmente em relação ao operador, mantendo uma distância de 1 a 2 metros, permanecendo de pé e sem apoiar-se em nenhuma parte do equipamento ou edificações.

- A hora mais adequada para a cronometragem, principalmente quando o ciclo é de curta duração, deve ser considerada, evitando-se os períodos de início de trabalho e de fins de expediente, em que a lassidão e a fadiga se fazem sentir. Normalmente, aconselha-se a segunda hora no período da manhã para a realização do estudo.

### 2.8.2 Número de ciclos a serem cronometrado

De acordo com Peroni (1990), o tempo gasto na execução de um mesmo trabalho em diferentes ciclos é ligeiramente variável. Mesmo com o operador trabalhando em ritmo constante, o tempo consumido nos diferentes ciclos apresentará variações.

Estudos estatísticos baseados na distribuição de amostragem da média e na utilização das propriedades da distribuição normal permitiram definir para um nível de confiança de 95% e um erro relativo de  $\pm 15\%$  a seguinte expressão:

$$N' = \left( 40 \frac{\sqrt{N \sum X^2}}{(\sum X)^2} \right)^2, \text{ em que}$$

$$\sum X$$

$N'$  = Número de observações para prever o tempo verdadeiro com o erro relativo de  $\pm 5\%$  e 95% de confiança.

$N$  = Número de observações feitas preliminarmente.

$X$  = Leitura do cronômetro.



### **3 METODOLOGIA DE PESQUISA**

#### **3.1 Estratégia de pesquisa adotada**

##### a) Pesquisa bibliográfica

A pesquisa bibliográfica procura explicar um problema a partir de referências teóricas publicadas em documentos. Pode ser realizada independentemente ou como parte da pesquisa descritiva ou experimental. Em ambos os casos, busca-se conhecer e avaliar as contribuições culturais ou científicas do passado sobre um determinado assunto, tema ou problema. É realizada independentemente por vezes, isto é, percorre todos os passos formais do trabalho científico, em particular em alguns setores das Ciências Humanas. Constitui parte da pesquisa descritiva ou experimental, enquanto é feita com o intuito de recolher informações e conhecimentos prévios acerca de um problema para o qual se procura resposta ou acerca de uma hipótese que se quer experimentar. A pesquisa bibliográfica é o meio de formação por excelência. Como resumo de assunto, constitui o primeiro passo de qualquer pesquisa científica (CERVO & BERVIAN, 1983).

##### b) Pesquisa descritiva

A metodologia da pesquisa adotada foi à pesquisa-ação, que, segundo Coughlan & Coughlan (2002), enfoca na pesquisa em ação, em lugar de na pesquisa sobre ação. A idéia central é que pesquisa-ação usa uma aproximação científica para estudar a resolução de questões de importância social ou organizacional junto com os que trabalham diretamente com o problema. É participativa, na qual os membros do sistema que está sendo estudado participam ativamente, ao contrário da pesquisa tradicional, em que os membros do sistema são objetos do estudo.

Na pesquisa-ação, a meta é produzir a ação mais efetiva, construída sobre uma base científica de conhecimento. É uma sucessão de eventos e uma aproximação da solução do problema. Como uma sucessão de eventos, inclui ciclos interativos de coleta de dados e realimentação dos mesmos, análise dos dados, planejamento da ação, execução e avaliação, coleta dos resultados, e assim por diante.

De acordo com Thiollent (1997), a pesquisa-ação consiste essencialmente em acoplar pesquisa e ação em um processo no qual os atores implicados participam, junto com os pesquisadores, para chegarem, interativamente, a elucidar a realidade em que estão inseridos, identificando problemas coletivos e buscando e experimentando soluções em situação real. Segundo Spink (1979), presente no trabalho de Thiollent (1997), a pesquisa-ação tem o duplo e explícito propósito de auxiliar a reflexão, formulação ou implementação da ação e de desenvolver, enriquecer ou testar quadros de referências teóricas ou modelos relevantes ao fenômeno em estudo.

Conforme será detalhado no Capítulo 4, as principais técnicas de pesquisa e fontes de informações utilizadas neste trabalho de investigação foram:

- dados obtidos na análise de documentos, por meio de participação em diversas reuniões, pela observação direta da rotina de trabalho no armazém de produtos acabados; e
- realização de seminários para discussão de possíveis planos e execução das tarefas com os participantes do problema.

### **3.2 Fases do processo de pesquisa-ação**

De acordo com Coughlan & Coughlan (2002), o ciclo de implementação de uma pesquisa-ação compreende três etapas:

- um pré-passo para compreender o contexto e o propósito;
- seis passos principais (agrupar os dados, pré-análise, análise, planejar, implementar e avaliar); e
- monitorar;

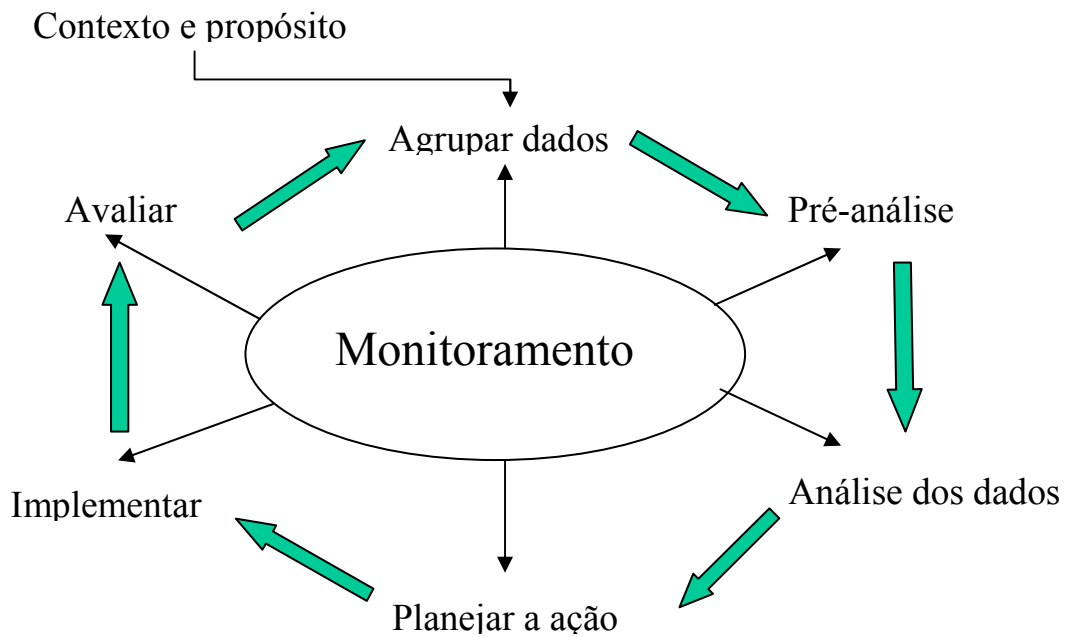


Figura 3.1 – Ciclo da pesquisa-ação, segundo Coughlan & Coghlan.

Fonte: Coughlan & Coghlan (2002), p.230.

Análise das seis etapas principais segundo Coughlan & Coghlan (2002):

- **Agrupamento dos dados.** Os dados são agrupados de acordo com o contexto, como, por exemplo, estatísticas operacionais, contas financeiras e relatórios comercializados, e depois são reunidos em observações, discussões e entrevistas.
- **Pré-análise dos dados.** O pesquisador levanta os dados agrupados e os alimenta no sistema do cliente para, posteriormente, estar disponível para análise. Às vezes, o pesquisador agrupa os dados; outras vezes, a própria organização reúne os dados, e o investigador participa na pré-análise.
- **Análise de dados.** O aspecto crítico da análise de dados em pesquisa-ação é que o pesquisador e os membros da organização (por exemplo, o time de administração, um grupo de clientes, etc.) atuem juntos. Essa aproximação colaboradora está baseada na suposição de que os clientes conhecem o melhor da organização, sabem como trabalhar e, em última instância, serão os responsáveis por implementar as ações.

• **Planejamento de ação.** Como Beckhard e Harris (1987) advertem, perguntas chave surgem:

- O que precisa mudar?
- Em quais áreas da organização?
- Quais os tipos de mudanças são requeridas?
- O apoio de quem é necessário?
- Como o compromisso deve ser construído?
- Como a resistência deve ser administrada?

• **Implementação.** O cliente implementa a ação planejada. Isso envolve mudanças e suscita a colaboração de membros chave da organização.

• **Avaliação.** Reflete nos resultados da ação, intencional e não intencional. Envolve uma revisão do processo para que o próximo ciclo de planejamento e ação possa beneficiar-se da experiência do ciclo completada.

Segundo Fisher e Torbert (1995), presentes no trabalho de Coughlan & Coughlan (2002), sugerem quatro tópicos úteis para validar a pesquisa-ação:

- **Moldando** - Tentando clarear a situação, resolvendo e compartilhando o caso.
- **Defendendo** - Estipulando uma meta para ser realizada, com a percepção da proposta para a ação.
- **Ilustrando** - Contando um pouco do caso, fazendo a defesa concreta e orientando claramente.
- **Investigando** – Questionando participantes para compreender suas perspectivas e pontos de vista.

## 4 A EMPRESA PESQUISADA

### 4.1 Introdução

Nas próximas seções, serão explicitados, de forma detalhada, todos os fatores que condicionaram as tomadas de decisões para a melhoria no desempenho de coleta de produtos no armazém.

O capítulo fica estruturado em duas grandes partes: a primeira apresenta a empresa pesquisada, abordando suas principais características; a segunda aborda as intervenções realizadas. Serão descritos os projetos desenvolvidos, as ferramentas utilizadas, os ganhos e dificuldades apurados em cada um deles e, finalmente, os resultados obtidos, a partir dos produtos finais gerados.

As descrições das atividades deste trabalho foram iniciadas no mês de outubro de 2003 e finalizadas no mês de maio de 2004 (FIG. 4.1).

Descrição das atividades								
	out-03	nov-03	dez-03	jan-04	fev-04	mar-04	abr-04	mai-04
Características da Organização Pesquisada								
Definição da Equipe de trabalho								
Primeira Intervenção								
Segunda Intervenção								
Definição das estratégias de picking								
Obtenção dos dados								
Simulação dos dados								
Avaliação								

Figura 4.1 – Cronograma das atividades da pesquisa de campo

Fonte: Elaboração do autor

### 4.2 Características da organização pesquisada

A empresa pesquisada é de capital americano e atua no mercado de sistemas industriais. É uma multinacional que produz equipamentos para circuitos elétricos de baixa tensão, com ampla aplicação na proteção de cabos de circuitos alimentadores, ramais de serviço e iluminação industrial, comercial ou residencial, motores, geradores, transformadores e

aparelhos elétricos, em geral. Possui 13 linhas de produtos, totalizando 300 modelos de equipamentos. Seus clientes são distribuidores de equipamentos elétricos, montadores de painéis e distribuidores de energia.

Sediada em Minas Gerais, na cidade de Contagem a empresa apresenta um faturamento anual de US\$50 milhões, produzindo em torno de 500 mil itens por mês, com um quadro de 500 funcionários. O Armazém de Produtos Acabados pesquisado nesta dissertação tem uma movimentação média de 3000 caixas por dia.

Inicialmente, como já abordado na Introdução, a empresa objetivava reduzir o número de reclamações de clientes decorrentes de atraso nas entregas.

Avaliadores, ou medidas de desempenho, serão utilizados para medir a eficácia de diferentes configurações do sistema, constituindo-se em estatísticas importantes e úteis na avaliação do sistema:

- Tempo de processamento da atividade de picking: tempo médio medido desde o recebimento do pedido até a sua coleta por completo;
- Tamanho da fila: quantidade de pedidos em espera no armazém para coleta; e
- Número de reclamações de clientes em relação aos pedidos em atraso: quantidade de pedidos em atraso devido ao armazém de produtos acabados.

O tempo de processamento da atividade de picking está demonstrado no Anexo 1, que representa os dados relativos a 100 coletas de cada apanhador no Armazém de Produtos Acabados, por zona de produtos. O tempo da atividade de picking inicia-se no momento em que o apanhador recebe o pedido e vai até o momento em que ele coleta todos os itens no Armazém e os deixa na área de embarque, de acordo com a Figura 4.2. Esses tempos foram coletados de acordo com o estudo dos tempos e movimentos descrito na revisão bibliográfica.

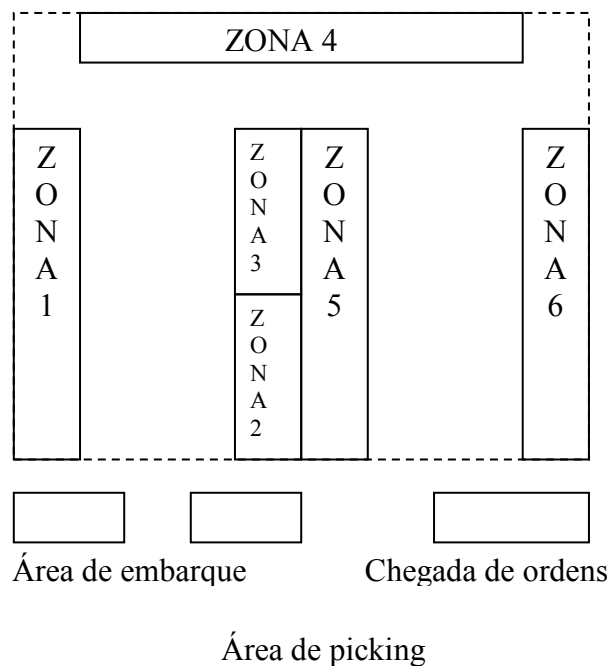


Fig. 4.2 Leiaute de picking

A quantidade de pedidos em espera no armazém para coleta será demonstrada no item **4.5.5**, em que serão mostrados os principais resultados conseguidos com a simulação. Os dados para esta simulação foram coletados pelo pesquisador no Departamento de Logística para onde serão enviados pedidos dos clientes são encaminhados em intervalos de tempo para o armazém. O Anexo 2 apresenta os dados relativos a 500 intervalos entre as chegadas de lotes no Armazém.

O pesquisador coletou os dados relativos às reclamações de clientes que tinham relação com o Armazém (reclamações de entregas fora do prazo), os quais foram obtidos do Sistema de Registro e Análise de Reclamações de Clientes da empresa, que abrange membros dos setores de Logística, Armazém e Controle de Qualidade. O Setor de Logística recebe as reclamações dos clientes, e estas são inseridas em um banco de dados em Access. O Anexo 3 apresenta os dados relativos ao atraso da saída do material da empresa no último ano.

Pela análise feita pelo pesquisador nos últimos três anos, a média de pedidos em atraso está em torno de 650 pedidos por ano, que representam em média 19800 itens. O número de itens foi obtido a partir da constatação de que a média dos pedidos é de 30 itens. Em virtude desses atrasos, muitos dos clientes chegaram a cancelar seus pedidos,

gerando queda na arrecadação anual da empresa: 0,33% dos itens, ou 19800 ao ano, de uma produção de 6 milhões, o que geraria uma redução no plano financeiro de US\$ 165.000,00.

O Gráfico 4.1 e o Gráfico 4.2 demonstram dois tipos de dados que foram analisados pelo pesquisador:

No Gráfico 4.1, foram analisadas as reclamações por zona de produtos, cujos números demonstraram que, apesar de a zona 1 e a zona 6 apresentarem os maiores números de produtos em atraso, o restante das zonas manteve-se próximo do percentual de atrasos.

No Gráfico 4.2, foram analisados os dias em que houve atrasos, para identificar os períodos do mês de maior concentração. Este permitiu ao pesquisador constatar que o período do mês não altera no processo de entrega de produtos aos clientes.

Gráfico 4.1 Entregas em atraso, por zona de produtos

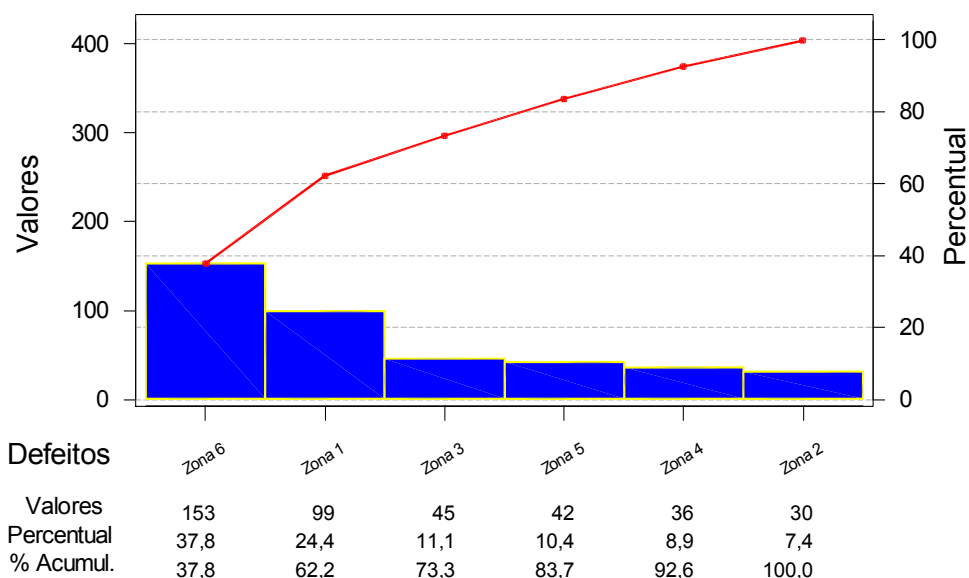
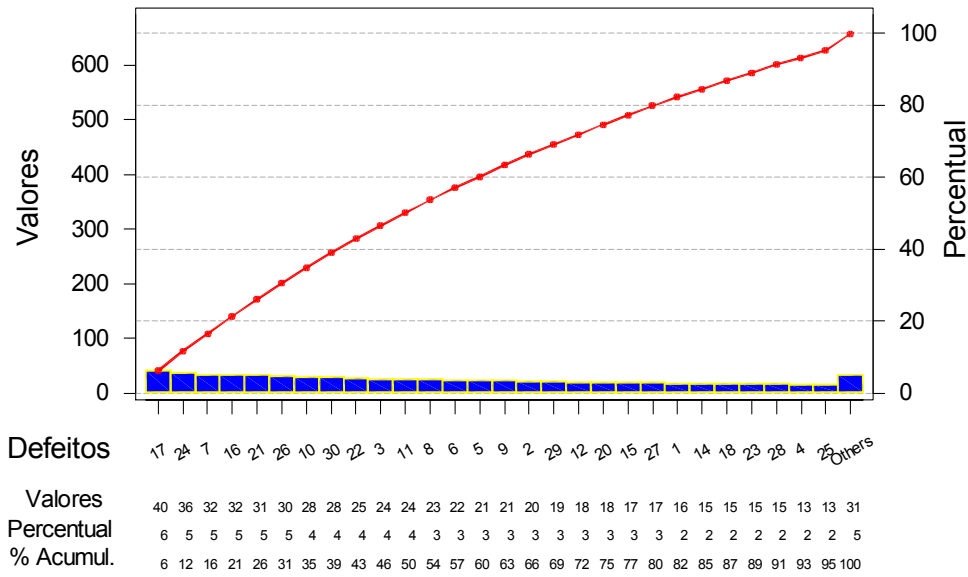




Gráfico 4.2 Entregas em atraso por período do mês



### 4.3 Definição da equipe de trabalho

Esta etapa do projeto de pesquisa caracterizou-se pela análise dos processos que interagem com o problema e do conhecimento das pessoas em seus diferentes níveis de envolvimento com o projeto e que iriam fazer parte da equipe de trabalho.

Foram analisadas as áreas que interagem com o problema: Departamento Comercial (Atendimento ao cliente); Departamento de Logística; e Armazém de Produtos Acabados (Fábrica).

As análises foram realizadas em reuniões com os departamentos, separadamente. A observação direta também foi um instrumento usado como método de diagnóstico.

Este primeiro envolvimento auxiliou o pesquisador a montar a equipe para participar dos seminários, como demonstrado no Quadro 4.1 e a ter uma visão panorâmica do problema em questão. A condução das reuniões e as observações foram realizadas pelo pesquisador.

Foram analisados os documentos - notas fiscais de entrega -, o número de operadores e a disposição dos materiais no armazém. Também, foi definida a equipe de acordo com as áreas que interagem com o problema.

Membros	Etapas do Projeto					
	Definir	Coletar dados	Analisar dados	Planejar Ação	Implementar	Avaliar
(Gerente da Planta - Cliente do Projeto)	X					X
(Gerente Comercial)	X					X
(Líder do Armazém)	X	X	X	X	X	X
(Operador do Armazém)		X	X	X	X	
(Operador do Armazém)		X	X	X	X	
(Operador do Armazém)		X	X	X	X	
(Operador da Logística)		X	X	X	X	X
(Gerente de Fabrica)	X		X	X	X	X
(Atendimento a cliente)		X	X	X		X
(Coordenador da Logística)	X	X	X	X		
(Pesquisador)	X	X	X	X	X	X

Quadro 4.1 – Estrutura da equipe e etapas do projeto

#### 4.4 As intervenções

Duas intervenções foram realizadas na empresa, de maneira quase simultânea pela equipe de trabalho e pelo pesquisador, pelo fato de haver certa ligação entre os objetivos de ambas. O trabalho de desenvolvimento, as análises da implementação de cada uma das intervenções e as suas conclusões são apresentados nos tópicos que seguem.

##### 4.4.1 Primeira intervenção (estabelecimento das principais causas do problema)

O objetivo aqui foi conhecer as causas do problema e confrontar as opiniões das diversas áreas envolvidas. Realizou-se um seminário com a participação do pesquisador e da equipe de trabalho para investigar como o problema impactava cada área envolvida e para sugerir as medidas necessárias para solucionar o problema a partir de suas causas.

Num processo de discussão e síntese, obtiveram-se a formalização do conhecimento das pessoas e, principalmente, a formação de um consenso entre elas.

Nesse seminário, elaborou-se um formulário em que os participantes pudessem apontar as causas que estariam impactando o atraso na coleta de produtos e estabelecer notas de prioridade de importância dessas causas de acordo com o esforço que a empresa teria que fazer para solucionar-las e o impacto que a solução de tais causas teria no problema de atraso nas entregas de pedidos. O Quadro 4.2 apresenta o modelo desenvolvido para apresentar as causas e os índices de prioridade. Na primeira coluna, deixa-se espaço para a citação das causas; na segunda, para a enumeração dos critérios de acordo com os quadrantes da matriz (Esforço x Impacto), como se vê no Quadro 4.3.

A matriz (Esforço x Impacto) é composta por quatro quadrantes:

- Primeiro quadrante - significa que a causa requer um baixo esforço por parte da empresa para a sua solução e que tem um alto impacto no problema.
- Segundo quadrante - significa que a causa requer um alto esforço por parte da empresa para a sua solução e que tem um alto impacto no problema.
- Terceiro quadrante - significa que a causa requer um baixo esforço por parte da empresa para a sua solução e que tem um baixo impacto no problema.
- Quarto quadrante - significa que a causa requer um alto esforço por parte da empresa para a sua solução e que tem um baixo impacto no problema.

Causas do Problema	Matriz (Esforço x Impacto)

Quadro 4.2 – Classificação das causas do problema

MATRIZ		IMPACTO	
		Alto	Baixo
ESFORÇO	Pouco	1	3
	Muito	2	4

Quadro 4.3 – Matriz Esforço versus Impacto

Após a primeira hora de observações e dos pontos apresentados, os membros da equipe apresentaram as causas pertinentes do problema e seus valores de acordo com a matriz (Esforço x Impacto). O Quadro 4.4 apresenta as causas do problema.

Causas do Problema	Matriz (Esforço x Impacto)
1- Códigos Semelhantes das peças	4
2- Falta de identificação nas estandes	1
3- Interrupção no momento da separação dos materiais	1
4- Elevado número de Notas Fiscais urgentes fora do horário pela logística	1
5- Transportadoras fora do horário especificado de coleta	1
6- Poucos Funcionários	4
7- Falta de um método de separação e coleta de Notas Fiscais.	2

Quadro 4.4 – Pontuação das causas do problema

Após o preenchimento do formulário, a equipe focou as causas do problema. O índice da matriz foi classificado no primeiro quadrante, onde a causa requer um baixo esforço por parte da empresa para a sua solução e tem um alto impacto no problema, e no segundo quadrante, onde a causa requer um alto esforço por parte da empresa para a sua solução e tem um alto impacto no problema.

As ações estabelecidas como Esforço x Impacto do quarto quadrante foram descartadas pela equipe e pelo pesquisador pelos seguintes motivos:

- Os códigos semelhantes das peças não seriam uma causa importante para o problema desde que o armazém estivesse organizado e os estandes estivessem bem identificados.
- O número de funcionários também não seria um ponto a atacar no primeiro momento, devido à falta de um método de trabalho e de uma medição do desempenho do funcionário que fossem capazes de impactar muito neste ponto.

Com relação às causas estabelecidas como Esforço x Impacto do primeiro quadrante (falta de identificação nos estandes, interrupções no momento da separação dos materiais, elevado número de notas fiscais urgentes fora do horário pela logística e transportadoras fora do horário especificado de coleta), não houve a necessidade de uma análise mais aprofundada, e sim de um plano de ação imediato.

A ação estabelecida como Esforço x Impacto do segundo quadrante levou à constatação da necessidade de uma pesquisa científica, pelo fato de o tema ser bem amplo, complexo e de alto impacto no problema e pelo motivo de o setor não ter um método de coleta de materiais e não conhecer o desempenho dos seus funcionários em relação a esta operação.

#### **4.4.2 A segunda intervenção (Plano de Ação)**

A segunda intervenção (teve por objetivo) estabelecer as ações que seriam tomadas para os itens do primeiro e do segundo quadrante da matriz de Esforço x Impacto e definir um plano de trabalho para cumprí-las.

O pesquisador contou com o apoio da equipe do projeto para apresentar as causas que seriam discutidas nesta intervenção.

Nesta intervenção foi elaborado um modelo em que os participantes apontariam as ações necessárias e indicariam os responsáveis para eliminar as causas apresentadas na primeira intervenção.

O processo de preenchimento do formulário teve a participação do pesquisador e da equipe do projeto. Cada um explicitou as suas opiniões e, após discussões, chegaram a um consenso, que está formalizado no Quadro 4.5. Dessa forma, procurou-se sugerir uma solução para as causas do primeiro e do segundo quadrante.

<b>Causas do Problema</b>	<b>Matriz (Esforço x Impacto)</b>	<b>Ações estabelecidas no segundo seminário</b>	<b>Responsáveis</b>
Falta de identificação nas estandes	1	Identificar os corredores e Pallets de forma contínua para facilitar a coleta e localização das peças.	Líder e operadores do armazém.
Interrupção no momento de separação dos materiais	1	Determinar que qualquer interrupção aos operadores logísticos devem ser comunicadas ao líder do armazém.	Gerente de Fabrica.
Elevado número de notas fiscais urgentes enviadas pela logística fora do horário.	1	Determinar que o envio de pedidos da logística deverá acontecer até as 17:00 horas e se eventualmente precisar enviar alguma nota após este horário, deverá ser anexado um documento com o motivo e a assinatura do coordenador da logística.	Coordenador logístico.
Transportadoras fora do horário especificado de coleta	1	A portaria não permitirá a entrada de caminhões das transportadoras após 16:00 horas.	Gerente Comercial
Falta de um método de separação e coleta de Notas Fiscais.	2	Estabelecer um plano para coleta dos dados e montar a simulação da coleta com a estratégia mais adequada.	Pesquisador e equipe do projeto

Quadro 4.5 – Plano de Ação para as causas apresentadas no Primeiro Seminário

#### 4.4.3 Definição das estratégias de picking

A revisão da literatura revelou as principais estratégias utilizadas na separação, coleta e movimentação de materiais (*picking*) do armazém de produtos acabados.

As estratégias simples de *picking* mais conhecidas classificam-se em: *picking* discreto, *picking* por lote, *picking* por zona e *picking* por onda. Entretanto, é comum a combinação de uma e outra, de modo a se obter uma estratégia específica para cada ambiente de manufatura.

Em geral, cada estratégia está relacionada à localização e disposição dos produtos no depósito de materiais, ao número de requisições por turno de trabalho, ao número de operadores engajados em cada requisição, à semelhança dos itens, etc.

O Quadro 4.6 caracteriza na empresa em estudo os tipos de parâmetros que ela utiliza na tarefa de separação e coleta de itens.

<b>Parâmetro</b>	<b>Armazém</b>
Número de operadores por picking	3
Mix de produtos na lista de materiais	Alto
Frequência de coletas	Alto
Tempo de coleta de materiais (média)	111,24 seg.
Tamanho da área do armazém	400 m <sup>2</sup>
Tipos de unidade de separação (pallet, caixa inteira, caixa fracionada, componente)	caixa, caixa fracionada
Endereçamento baseado na menor distância percorrida?	Não
Endereçamento baseado na similaridade dos itens?	Sim

Quadro 4.6 - Parâmetros da empresa

Foram utilizadas duas estratégias de picking nesta dissertação: a) picking discreto (PD); e b) picking por lote e zona (PBZ). O picking discreto estabelece que cada operador deve se responsabilizar por um pedido por vez e pela coleta de apenas um produto de cada vez. O picking por lote e zona estabelece que o operador deve primeiro combinar algumas ordens em um lote e então separar estes lotes em subordens por diferentes zonas. Os pontos determinantes para a escolha de uma ou outra estratégia são:

- A estratégia de picking discreto é o método de coleta existente no armazém e servirá como comparação com a estratégia de lote e zona na simulação dos dados.
- O principal critério para o sistema de lote é a proximidade de locais de coleta e a possibilidade de agrupar ordens de um mesmo cliente. O armazém em estudo tem apenas dois corredores e a área é de 400 m<sup>2</sup>, o que possibilita o desenvolvimento da estratégia de lote. O grande número de ordens fracionadas por cliente também gera uma grande oportunidade para trabalhar com lotes. A estratégia de lote atribui cada ordem a um grupo com base na proximidade de seus locais de armazenamento/coleta.

- As vantagens principais de dividir em zonas são: a familiaridade do apanhador com a zona de trabalho que será atribuída a ele e a redução da distância percorrida quando se limita a área de coleta em zonas.

## **4.5 Desenvolvimento da simulação**

### **4.5.1 Definição do problema**

Para tentar melhorar o processo de coleta de itens no armazém, fez-se a simulação de um ciclo inteiro, compreendendo a entrada de ordens, a coleta e a saída por parte do apanhador para a área específica, envolvendo todos os clientes da empresa.

### **4.5.2 Software de simulação utilizado**

O simulador ARENA combina a facilidade do uso encontrado em linguagens de alto nível com a flexibilidade de linguagens de simulação e, até mesmo, o modo geral de linguagens, como o sistema de programação Visual Basic® da Microsoft®, Fortran, ou C. O ARENA disponibiliza alternativas e módulos intercambiáveis de simulações gráficas, modelando e analisando módulos que podem se combinar para a construção de uma grande variedade de modelos, podendo manejar modelos contínuos, discretos e mistos.

Antes de começar a mudar, é preciso entender o ambiente empresarial. Com soluções de simulação de modelagem de sistemas, pode-se gerar um modelo de computador que imite perfeitamente a realidade ("como-é" o sistema, processo e/ou operação). Então, basta administrar "o que-se" e analisar o "Como-é" para testar enredos empresariais múltiplos em condições diferentes, sem romper seu clima empresarial atual, investindo muito tempo e dinheiro, além de assumir riscos em protótipos, teste de campo e/ou implementações atuais.



#### 4.5.3- Estabelecimento dos dados de entrada da simulação

Durante sete dias, foram realizadas observações no armazém, para apurar o tempo que os apanhadores envolvidos no processo de coleta despendiam em suas atividades. Foram realizadas 600 observações. No modelo desenvolvido, foram considerados somente os tempos produtivos, que refletia o trajeto da entrada do armazém à zona específica de cada produto e o retorno à área de embarque dos produtos. O Anexo 1 apresenta os dados relativos às coletas de cada apanhador.

Os produtos que fizeram parte da simulação foram pesquisados do banco de dados da empresa, cujos itens são divididos em linhas de produtos, os quais são estocados no armazém de produtos acabados em zonas.

Para que o armazém pudesse implementar as estratégias propostas e para que os seus funcionários pudessem ganhar produtividade e melhor atender os pedidos, os produtos foram agrupados em lotes por cliente. O Anexo 4 apresenta os dados relativos a 500 lotes e o número de produtos por zona.

Os lotes de pedidos são enviados pelo Departamento de Logística em intervalos de chegada no armazém. O Anexo 2 apresenta os dados relativos a 500 intervalos entre chegada de lotes no armazém. A Figura 4.3 apresenta o modelo das tabelas usadas para coletar os dados de entrada.

Intervalo de chegada das ordens		Tempo de coleta por operador / zona						
Lote	Tempo (H)	Operador	Zona1	Zona2	Zona3	Zona4	Zona5	Zona6
L1	0,007194	1	0,0111	0,0136	0,0486	0,0649	0,0144	0,0287
L2	0,007407	1	0,0161	0,0192	0,0343	0,0578	0,0143	0,0403
L3	0,007905	1	0,0158	0,0240	0,0308	0,0188	0,0233	0,0348
L4	0,008000	1	0,0147	0,0114	0,0404	0,0273	0,0482	0,0494
L5	0,008264	1	0,0142	0,0161	0,0398	0,0232	0,0472	0,0136
L6	0,009091							
L7	0,009756							
L8	0,010204							
L9	0,010417							
L10	0,011538							

Lote de produtos / zona							
Lotes	Zona1	Zona2	Zona3	Zona4	Zona5	Zona6	Total
L174	0	1	0	0	0	0	1
L175	0	0	0	16	9	3	28
L176	0	0	0	0	3	0	3
L177	102	0	3	0	0	0	105
L178	0	3	0	0	0	0	3
L179	0	0	2	0	0	0	2

Figura 4.3 – Dados de entrada

#### 4.5.4 Estrutura da simulação

O sistema estudado foi construído conforme os modelos de simulação típicos de picking, representando as condições de coleta, desde o recebimento da ordem até o término da coleta. A avaliação do comportamento do armazém é feita num horizonte de tempo de 1 (um) ano, representado no modelo de simulação ao longo de 50 semanas de 5 dias úteis. Este modelo permite avaliar algumas estatísticas importantes relacionadas ao tempo ocioso das ordens paradas nas filas, o tempo de coleta dos apanhadores e as ordens entregues.

O modelo pode ser validado a partir do estabelecimento de um intervalo de confiança para as médias de ordens não entregues. Baseia-se na teoria de filas, registrando o evento de chegada das ordens proveniente da logística até os apanhadores. Segue o processo de coleta dos itens pelo apanhador e sua distribuição do item no término do serviço para o posto de embarque. Se a ordem chega ao armazém e o recurso ou apanhador está ocupado, ela aguarda na fila até o momento do seu processamento.

Foram criadas duas situações de trabalho no sistema: uma para as atividades de coleta que os apanhadores realizavam antes da pesquisa, e outra para as atividades de coleta após o desenvolvimento da pesquisa no armazém.

O primeiro modelo foi criado seguindo o processo de picking discreto, que era o modelo mais similar ao modelo de coleta anterior aos trabalhos de pesquisa. As ordens são enviadas pelo Departamento de Logística a um dos três responsáveis pela coleta no almoxarifado.

O tempo entre as chegadas das ordens tem uma distribuição discreta de probabilidade (probabilidade1,valor1, probabilidade2,valor2, ....) Discreto(0.31,0.007, 0.60,0.011, 0.63,0.015, 0.69,0.019, 0.73,0.023, 0.85,0.027, 0.88,0.031, 0.89,0.035, 0.90,0.039, 1.0,0.087), sendo que as ordens seguem para os três apanhadores na mesma proporção.

Os tempos de coleta obtidos dos três operadores por meio de cronometragens seguem a distribuição discreta de probabilidade:

Operador 1 - DISC(0.29,0.015, 0.36,0.019, 0.47,0.023, 0.54,0.028, 0.63,0.032, 0.73,0.036, 0.79,0.041, 0.91,0.045, 0.98,0.058, 1.0,0.062).

Operador 2 - DISC(0.29,0.015, 0.38,0.019, 0.47,0.024, 0.54,0.028, 0.62,0.032, 0.71,0.036, 0.78,0.041, 0.90,0.045, 0.97,0.058, 1.0,0.063).

Operador 3 - DISC(0.28,0.015, 0.35,0.018, 0.43,0.022, 0.52,0.026, 0.66,0.033, 0.73,0.037, 0.80,0.041, 0.87,0.044, 0.97,0.059, 1.0,0.062 ).

O segundo modelo foi criado seguindo o processo de picking lote/zona, no qual o apanhador coleta os itens por lote de acordo com a zona destinada a ele para a coleta.

O tempo entre as chegadas das ordens tem uma distribuição discreta de probabilidade DISC(0.31,0.007, 0.60,0.011, 0.63,0.015, 0.69,0.019, 0.73,0.023, 0.85,0.027, 0.88,0.031, 0.89,0.035, 0.90,0.039, 1.0,0.087), sendo que as ordens seguem para os três apanhadores de acordo com o percentual de itens solicitados por zonas, como apresentado na Tabela 4.1. O pesquisador estabeleceu que os dois primeiros apanhadores coletariam os itens da zona 1, que representam 68,89% dos itens solicitados, e que os itens restantes seriam coletados pelo apanhador três.

Zonas de Coleta						
	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6
Percentual	68,89%	0,40%	1,13%	0,64%	21,64%	7,30%

Tabela 4.1 - Percentual de itens solicitados por zonas de coleta

Os tempos de coleta obtidos dos três operadores por meio de cronometragens seguem a distribuição discreta de probabilidade:

Operador 1 e 2 na zona 1 - DISC(0.29,0.017, 0.36,0.020, 0.43,0.024, 0.49,0.027, 0.54,0.030, 0.62,0.033, 0.78,0.042, 0.85,0.045, 0.98,0.060, 1.0,0.064 ).

Operador 3 - DISC(0.23,0.011, 0.35,0.014, 0.43,0.018, 0.47,0.022, 0.56,0.025, 0.70,0.033, 0.76,0.036, 0.82,0.040, 0.89,0.044, 1.0,0.047 ).

#### 4.5.5 Modelagem dos cenários usando ARENA

Comenta-se a seguir sobre a modelagem dos cenários, utilizando configuração de blocos ou módulos do *Arena* versão 5.0.

- O módulo Create é responsável pela entrada das ordens no modelo segundo intervalos de tempo definidos.
- O módulo Decide representa uma ramificação do fluxo do processo. Serve para alterar o rumo das entidades, com base em uma condição do sistema ou em um percentual probabilístico. Distribui as ordens entre os apanhadores estabelecidas pelo processo.
- O módulo Process tem a função de representar qualquer ação dentro do sistema que leve um tempo para ser cumprida. Também é capaz de representar a ocupação de uma máquina ou operador. Representa um recurso ou apanhador que é responsável pela coleta dos itens.
- O módulo Record serve para coletar estatísticas em pontos do modelo escolhidos pelo pesquisador. Entre as informações que podem ser colhidas estão: contagem de entidades, frequência e intervalo de tempos. Conta as ordens atendidas no processo de coleta.
- O módulo Dispose tem a função inversa à do módulo Create. Objetiva retirar as entidades do sistema. É responsável pela saída das ordens do sistema.

As figuras do Anexo 5 e 6 apresentam a modelagem do sistema no *Arena* versão 5.0, com os cenários do Modelo 1 e 2.

#### 4.5.6 Resultados obtidos com a simulação

Os resultados obtidos da simulação para análise foram baseados nos índices de desempenhos estabelecidos pela empresa, como abordado no item 4.2:

- tamanho da fila: quantidade de pedidos em espera no armazém para coleta;
- tempo de processamento da atividade de picking: tempo médio medido desde o recebimento do pedido até a sua coleta por completo; e
- número de reclamações de clientes em relação aos pedidos em atraso: quantidade de pedidos em atraso devido ao armazém de produtos acabados.

A Tabela 4.2 seguinte apresenta as estatísticas de tempo de ordens na fila comparando os dois modelos e os seus apanhadores.

Tempo em horas que uma ordem permanece no sistema	Média	Valor Mínimo	Valor Máximo
Modelo1	0,04748	0,015	0,371
Modelo 2	0,03952	0,011	0,284

Tempo em horas que uma ordem permanece na fila	Média	Valor Mínimo	Valor Máximo
Modelo1	0,01732	0	0,32
Modelo 2	0,00888	0	0,25

Tempo em horas que uma ordem permanece na fila por apanhador	Média	Valor Mínimo	Valor Máximo
Apanhador 1 - Modelo 1	0,01638	0	0,302
Apanhador 2 - Modelo 1	0,01694	0	0,32
Apanhador 3 - Modelo 1	0,0186	0	0,317
Apanhador 1 e 2 - Modelo 2	0,00795	0	0,194
Apanhador 3 - Modelo 2	0,01086	0	0,25

Tabela 4.2 – Tempo médio de fila

A Tabela 4.2 mostra que o tempo médio que uma ordem permanece no sistema no modelo 2 implantado pelo pesquisador obteve um ganho de 17% e que o tempo médio

em que uma ordem permanece na fila no modelo 2 também obteve uma redução de 48% em relação ao modelo de trabalho anterior à pesquisa.

Outra análise realizada foi sobre o tempo em que uma ordem permanece na fila por apanhador, como apresentado na Tabela 4.2. Esses dados demonstram um ganho de redução de 45% no tempo médio de permanência na fila por modelos.

A Tabela 4.3 apresenta as estatísticas do tempo de coleta dos apanhadores por modelo. Nota-se que o tempo médio de coleta de uma ordem dos apanhadores no modelo 2, implantado pelo pesquisador com a estratégia adotada de picking, obteve um ganho de 18% em relação ao modelo 1. Considerando que o salário médio de um operador é de R\$ 830,00 por mês, verifica-se no final de um ano, com o ganho de 18% na mão-de-obra de três operadores, uma economia direta de R\$ 5400,00, excluindo encargos sociais.

Tempo em horas de coleta de uma ordem por apanhador	Média	Valor Mínimo	Valor Máximo
Apanhador 1 - Modelo 1	0,04623	0,015	0,347
Apanhador 2 - Modelo 1	0,04712	0,015	0,356
Apanhador 3 - Modelo 1	0,04906	0,015	0,371
Apanhador 1 e 2 - Modelo 2	0,04068	0,017	0,236
Apanhador 3 - Modelo 2	0,03706	0,011	0,284

Tabela 4.3 – Tempo médio de coleta de ordens por apanhador

A Tabela 4.4 apresenta as estatísticas do número de ordens que entram e saem do sistema por modelo de sistema. Nota-se que a diferença entre a média das ordens que entram e saem do sistema no modelo 1 em um ano é de 624 ordens e representa uma diferença de 4% em relação ao valor de 650 ordens em atraso apresentado no Anexo 3 nesta pesquisa.

O modelo 2, adotado pelo pesquisador em conjunto com a equipe da empresa demonstra que houve uma redução de 45% no número de ordens entregues em atraso, gerando um

aumento no plano financeiro da empresa de U\$74.000,00, como demonstrado no item 4.2.

Número de ordens que entram no sistema	Média	Média do valor Mínimo	Média do valor Máximo
Modelo1	211793	210955	212845
Modelo 2	211935	211474	212394
Número de ordens que saem do sistema	Média	Média do valor Mínimo	Média do valor Máximo
Modelo1	211169	210331	212219
Modelo 2	211593	211133	212050

Tabela 4.4 – Número de ordens que entram e saem do sistema

## 5- CONCLUSÃO

Conclui-se deste trabalho que o armazém de produtos acabados da empresa, por não se preocupar com a implantação de um método de trabalho e não conhecer a performance dos seus funcionários, desperdiçou muitas oportunidades de melhoria. A atual estratégia de picking pesquisada e implantada em conjunto com algumas ações da equipe do projeto demonstrou-se capaz de obter ganhos de produtividade dos funcionários e, desta forma, reduzir o atraso nas entregas dos produtos. O resultado baseou-se em uma metodologia de construção e avaliação de matrizes de direcionadores da estratégia de picking. Ao longo desta dissertação, foram apontadas características relacionadas ao tipo de produto, demandas de cada produto e aspectos internos relacionados ao trabalho no armazém.

Entretanto, não se pode afirmar definitivamente que a estratégia de picking adotada é a melhor estratégia para a coleta de ordens em geral. É claro que uma estratégia de picking pode se mostrar compatível com o processo de trabalho estudado quando se analisam algumas características específicas, e disto pode se concluir apenas que tal estratégia pode se adequar bem ao cenário que foi objeto da pesquisa-ação. Isto quer dizer que as conclusões desta dissertação são específicas para os processos de coleta de itens de uma empresa particular do setor elétrico. Apesar de as estratégias e a simulação terem sido desenvolvidas com base no cenário específico da empresa pesquisada, este método pode ser facilmente ajustado e implementado em todas as empresas que trabalham com armazéns cujo serviço de coleta manual é predominante.

Por meio da simulação é possível analisar os gargalos do sistema, podendo-se implantar novas metodologias e tecnologias que venham a melhorar a qualidade da coleta de produto e garantir uma maior e melhor produtividade dos profissionais envolvidos.

Enfim, esta pesquisa de adequação das estratégias de picking e de simulação do processo demonstra que é possível melhorar a produtividade dos funcionários e obter outros ganhos relacionados a este sem investir alto em novas tecnologias.



## 6- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Andrade, Eduardo Leopoldino. *Introdução à pesquisa operacional*. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, p.156-171, 1989.

Banks, J.; Carson, J. S. *Discrete-event system simulation*. New Jersey: Prentice-Hall, 1984.

Barnes, Ralph M. *Estudo de movimentos e de tempos*. São Paulo: Editora Edgard Blucher Ltda., 1963.

Bartholdi, J. J. *A self-balancing order-picking system for a warehouse* - Georgia Institute of Technology, Atlanta, School of Industrial and Systems Engineering, 1996.

Beckhard, R. and Harris, R. (1987), *Organizational transitions: Managing complex change*, 2nd ed., Addison-Wesley, Reading, MA.

Berg, J.P. and Zijm W.H.M. (1999), *Models for warehouse management: Classification and examples*, Int. J. Production Economics, Vol. 59, pp. 519-528.

Bozer Y. A. (1985), *Optimizing throughput performance in designing order picking systems*, Unpublished Ph.D. Dissertation, Georgia Institute of Technology, Atlanta, GA.

Brynzer, H. – Design and performance of kitting and order picking systems – *Internation Journal of Production Economics*, 41, (1995), 115-125.

Cervo, A.L. e Bervian, P.A. - *Metodologia científica*. São Paulo, McGraw Hill do Brasil, 1983.

Choe K., G. Sharp. (1991) *Small parts order picking: Design and operation* - Industrial and Systems Engineering, Georgia Institute of Technology, Atlanta, GA, USA.

Coghlan, D. (2002), *Action research for operations management*, International Journal of Operations & Production Management, Vol. 22, pp. 220-240.

Cormier G. (1992), *A review of warehouse models*, European Journal of Operational Research, Vol. 58, 99. 3-13.

Daniels, R. L. – A model for warehouse order picking – *European Journal of Operational Research*, 105, (1996), 1-17.

Drury J., *Towards more efficient order picking*, IMM Monograph No. 1, The Institute of Materials Management, Cranfield, U.K., 1988.

Fisher, D. and Torbert, W. (1995), *Personal and organizational transformations: The true challenge of continual quality improvement*, McGraw-Hill, London.

Frazelle, E. A., Sharp, G.P. – *Correlated assignment strategy can improve any order-picking operation* – Ind. Engineers, 21, 1989.

Gonvindaraj T., Edgar E. Blanco, Douglas A Bodner, Leon F. McGinnis, Marc Goetschalckx, and Gunter P. Sharp (2000), *Design of warehousing and distribution systems: an object model of facilities, functions and information* - Industrial and Systems Engineering, Georgia Institute of Technology, Atlanta, GA, USA.

Gross, J. G. 1981. *Picking methods may provide key to lower cost warehouse plans*. Ind. Eng. 13, June, 50-54.

Gupta, N. K. 1982. *Kitting matrix adds accuracy to small part picking system*. Ind. Eng. 14, January, 35-38.

Kearney, A. T. 1986. *Measuring and improving productivity in physical distribution*. National Council of Physical Distribution Management, Oak Brooks, Illinois.

Koster, R., Poort E. V. D. *Routing order pickers in a warehouse: A comparison between optimal and heuristic solutions*, *IIE Transactions*, May 1998 v.30, pp 469-480.

Law, A. M.; Kelton, W. D. *Simulation modeling and analysis*. 2nd ed. USA: McGraw-Hill, 1991.

Lin, C. H. *The procedure of determining the order-picking strategies in distribution center* – *Int. J. Production Economics*, 60-61, (1999), 301-307.

Liu, C. M. *Clustering techniques for stock location and orderpicking in a distribution center* – *Computers & Operations Research*, 26, (1999), 989-1002.

Mellema, P. M., and C. A. Smith. 1988. *Simulation analysis of narrow-aisle order selection systems*. *Proc. of the 1988 Winter Simulation Conference*, 597-602.

Mihram, D.; Mihram, G. A. Human knowledge, the role of models, metaphors and analogy, *International Journal of General Systems*, 1974, vol.1, n.1, pp. 41-60 *apud* Banks, J.; Carson, J. S. *Discrete-event system simulation*. New Jersey: Prentice-Hall, 1984.

Petersen II, C. G., *How to improve order picking efficiency with routing and storage policies* – College of Business, Northern Illinois University, Dekalb, (1999), 1-17.

Peroni, W. J., *Estudo de tempos e movimentos*. Rio de Janeiro: Manuais CNI/DAMPI, p.63, 1990.

Ratliff, H. D. *Estimating delivery and picking activity times* - Georgia Institute of Technology, Atlanta, School of Industrial and Systems Engineering, 1997.

Rhea, N. W. 1985. *New clairol product: Instant productivity in the warehouse*. *Matl. Handl. Eng.* July, 89-92.

Rodrigues, A.M. *Estratégias de picking na armazenagem*, Coppead/UFRJ, 1999.  
<http://www.coppead.ufrj.br/pesquisa/cel/new/fs-public.htm>

Shannon, Robert E. *Systems simulation: the art and science*. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, [s. n.], 1975.

Shirk, W. T. 1989. *Material flow controls in a JIT environment*. Presented at the Material Handling Focus '89, Material Handling Research Center, Georgia Institute of Technology, Atlanta, Georgia.

Spink, P. *Pesquisa-ação e a análise de problemas sociais e organizacionais complexos*. Psicologia, São Paulo, PUC, v.5, n.1, 1979.

Strack, Jair. *GPSS: modelagem e simulação de sistemas*. Rio de Janeiro: LTC, cap. 2-4, 1984.

Tang, L. C. *Order picking systems: Batching and storage assignment strategies* – Computers Ind. Engineering, Vol.33, (1997), 817-820.

Thiollent, M. *Pesquisa-ação nas organizações*. São Paulo: Atlas, 1997.

Zerangue N. F., D. A. Bodner, M. Goetschalckx, and G. P. Sharp – *A process model of expertise in the design of warehouse and distribution systems* – School of Industrial and Systems Engineering – Georgia Institute of Technology, Atlanta, GA, USA – 2001.

Weber, H. 1989. *The humanistic approach to optimize logistic concepts*. Proc. of the 10th International Conference on Automation in Warehousing, 319-325.

Yang, T., Kuo C., A hierarchical AHP/DEA methodology for the facilities layout design problem – *European Journal of Operational Research*, 147 (2003) 128-136.

Yates, B. D. 1989. *No room for automations in the automated warehouse*. Proc. of the 10th International Conference on Automation in Warehousing, 149-154.

Yoon, C. S. – Example application of the cognitive design procedure for an order pick system: Case Study – *European Journal of Operations Research*, 87, (1995), 223-246.