

**Rafael Pinto Gonzalez de Lema**

**Processos logísticos e perfis de atividades de  
armazenagem: estudo de um centro de distribuição de uma  
empresa de cosméticos**

**Dissertação de Mestrado Acadêmico**

Dissertação apresentada como requisito parcial para  
obtenção do título de Mestre pelo Programa de Pós-  
Graduação em Engenharia de Produção do  
Departamento de Engenharia Industrial da PUC-Rio.

Orientador: Prof. Luiz Felipe Roris Rodriguez Scavarda do Carmo

Rio de Janeiro  
Abril de 2013

**Rafael Pinto Gonzalez de Lema**

**Processos logísticos e perfis de atividades de  
armazenagem: estudo de um centro de distribuição de uma  
empresa de cosméticos**

Dissertação apresentada como requisito parcial para  
obtenção do título de Mestre pelo Programa de Pós-  
Graduação em Engenharia de Produção do Departamento  
de Engenharia Industrial da PUC-Rio. Aprovada pela  
Comissão Examinadora abaixo assinada.

**Prof. Luiz Felipe Roris Rodriguez Scavarda do Carmo**

Orientador

Departamento de Engenharia Industrial - PUC-Rio

**Prof. Kleber Fossati Figueredo**

Instituto COPPEAD de Administração da UFRJ

**Prof. Hannes Winkler**

Fraunhofer IML

**Prof. José Eugênio Leal**

Coordenador Setorial do Centro Técnico Científico - PUC-Rio

Rio de Janeiro, 08 de abril de 2013

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem autorização da universidade, da autora e do orientador.

### **Rafael Pinto Gonzalez de Lema**

Graduou-se em Engenharia de Produção na PUC-Rio (Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro) em 2010. Trabalhou na área de qualidade da FAPES/BNDES, no mapeamento de processos e elaboração de procedimentos operacionais objetivando a certificação ISO 9001:2000. Na empresa de consultoria CEL – Centro de Estudos em Logística, realizou análises em diversas áreas de planos diretores logísticos e, na empresa de consultoria Accenture, trabalhou no projeto One Vale (cliente Vale) no mapeamento, aprioramento e customização de processos no sistema SAP, na equipe de Sales – SD. Foi monitor da graduação na PUC-Rio na disciplina de Logística Geral apoiando no desenvolvimento de aulas e material didático.

#### Ficha Catalográfica

Lema, Rafael Pinto Gonzalez de

Processos logísticos e perfis de atividades de armazenagem: estudo de um centro de distribuição de uma empresa de cosméticos / Rafael Pinto Gonzalez de Lema ; orientador: Luiz Felipe Roris Rodriguez Scavarda do Carmo. – 2013.

92 f. : il. (color.) ; 30 cm

Dissertação (mestrado)—Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Engenharia Industrial, 2013.

Inclui bibliografia

1. Engenharia Industrial – Teses. 2. Centro de distribuição. 3. Logística. 4. Armazenagem. 5. Perfis de atividades de armazenagem. I. Carmo, Luiz Felipe Roris Rodriguez Scavarda do. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Engenharia Industrial. III. Título.

CDD: 658.5

Dedico este trabalho aos meus pais, principais responsáveis pela minha educação  
e sempre incentivadores nos momentos difíceis.

## Agradecimentos

Agradeço primeiramente a Deus por ter me proporcionado uma família maravilhosa e que me apoiasse em todas minhas decisões, em todas fases de minha vida, principalmente em minha fase acadêmica.

Aos meus pais, Lucio e Regina por toda atenção e dedicação, pois eles sempre me ensinaram não só o “caminho das pedras” como também me forneceram as ferramentas para que eu atingisse meus objetivos.

Ao professor Dr. Luiz Felipe Scavarda que me orientou e me ajudou muito no sucesso trabalho.

Ao Sr. André Lomenha, ao Sr. Inácio Luizon, ao Sr. Flavio Boa, ao Sr. Felipe Brandão, ao Sr. Denner Evangelio, ao Sr. Rogério Barbosa, ao Sr. Cassio Lobo, ao Sr. Leonardo Marques, ao Sr. Luiz Saldanha, a Sra Gislene Redivo e toda a equipe da empresa que me possibilitou o acesso e estudo da empresa estudada e analisada.

A CAPES, pela bolsa durante estes dois anos de curso.

Enfim, agradeço a todos os que de alguma forma me ajudaram a completar mais essa etapa de minha vida e já estão me apoiando em uma etapa futura.

## Resumo

Lema, Rafael Pinto Gonzalez de; Carmo, Luiz Felipe Roris Rodriguez Scavarda do. **Processos logísticos e perfis de atividades de armazenagem: estudo de um centro de distribuição de uma empresa de cosméticos**. Rio de Janeiro, 2013. 92 p. Dissertação de Mestrado - Departamento de Engenharia Industrial, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

O tema armazenagem tem se tornado cada vez mais relevante na logística, tanto na academia, quanto nas empresas que dependem de centros de distribuição (CD). Esta dissertação tem como objetivo analisar a operação de um CD de uma empresa de cosméticos com base em seus processos e em seus perfis de atividades e, ainda, propor melhorias na operação visando ganhos de produtividade e acuracidade. No caso estudado, o comitê gerencial da empresa identificou a necessidade de promover ganhos de produtividade e acuracidade da operação bem como levantar oportunidades de melhorias, o que motivaram esta pesquisa. Para atingir esses objetivos, o estudo do caso foi estruturado em 3 fases: contextualização; diagnóstico e; elaboração de propostas de melhorias, plano de ação e implementação. O método de pesquisa utilizado na fase 1 consistiu em contínuas visitas in loco, pesquisa bibliográfica de artigos e livros nacionais e internacionais, na coleta e análise de dados extraídos dos sistemas de informação da empresa, realização de entrevistas semiestruturadas bem como entrevistas de validação, para então elaboração de diagnósticos e análises na fase 2. Como resultado dos diagnósticos da estrutura e processos do CD da empresa Alfa, são apresentados na fase 3 propostas de melhorias, planos de ação e oportunidades de ganhos logísticos para implementação. Nesta fase 3, as maiores oportunidades de ganhos foram identificadas nos processos de estoque e *picking* (preparação) sendo este último fundamentado no estudo dos perfis de atividades de armazenagem. Dentre as propostas implementadas, destaca-se a reestruturação da atividade de *picking* que atingiu bons resultados com uma correta reorganização e redimensionamento das posições de bases dos *SKUs* sem necessidade de adoção de nenhuma nova tecnologia.

## Palavras-chave

Centro de Distribuição; Logística; Armazenagem; Perfis de Atividades de Armazenagem

## Abstract

Lema, Rafael Pinto Gonzalez de; Carmo, Luiz Felipe Roris Rodriguez Scavarda. **Logistics processes and profiles storage activities: study of a distribution center of a cosmetics company**. Rio de Janeiro, 2013. 92p. , MSc. Dissertation – Departamento de Engenharia Industrial, PUC-Rio.

The theme storage has become increasingly important in logistics, both in academia, as in companies that rely on distribution centers (DC). This thesis aims to analyze the operation of a CD of a cosmetics company based on its processes and activities in their profiles, and also propose improvements in the operation aimed at boosting productivity and accuracy. In the case studied, the management committee of the company identified the need to promote productivity gains and accuracy of the transaction and raise opportunities for improvement, which motivated this research. To achieve these objectives, the case study was structured in three phases: context, diagnosis and, development of proposals for improvements, plan of action and implementation. The research method used in Phase 1 consisted of continuous on-site visits, literature search of articles and books, national and international, in the collection and analysis of data extracted from the company's information systems, semi structured interviews and validation interviews to then development of diagnostics and analysis in phase 2. As a result of the diagnosis of the structure and processes of the company Alfa CD, are shown in phase 3 improvement proposals, action plans and opportunities for implementation of logistics gains. In phase 3, the biggest profit opportunities were identified in the process of stock picking and (preparation) the latter being based on the study of profiles storage activities. Among the proposals implemented, there is the restructuring of picking activities that achieved good results with a proper reorganization and downsizing of positions of bases of *SKUs* without the adoption of any new technology.

## Keywords

Distribution Center; Logistics; Warehousing; Profile Storage Activities.

# Sumário

<b>1 . INTRODUÇÃO .....</b>	<b>14</b>
1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO.....	14
1.2. OBJETIVOS E DELIMITAÇÃO DA PESQUISA .....	15
1.3. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO .....	16
<b>2 . FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>17</b>
2.1. A IMPORTÂNCIA DOS CENTROS DE DISTRIBUIÇÃO .....	17
2.2. SISTEMA DE GESTÃO DE ARMAZENAGEM - WMS.....	20
2.3. PROCESSOS E ESTRATÉGIAS DE UM CENTRO DE DISTRIBUIÇÃO .....	22
2.3.1. <i>Recebimento</i> .....	23
2.3.2. <i>Pré-embalagem</i> .....	23
2.3.3. <i>Put-away</i> .....	23
2.3.4. <i>Estocagem</i> .....	23
2.3.5. <i>Separação, preparação ou picking</i> .....	26
2.3.6. <i>Embalagem e/ou etiquetagem</i> .....	32
2.3.7. <i>Divisão e agregação</i> .....	32
2.3.8. <i>Unitização e expedição</i> .....	32
2.3.9. <i>Cross-docking</i> .....	32
2.4. PERFIS DE ATIVIDADES DE ARMAZENAGEM: CRITÉRIOS DE PLANEJAMENTO E ORGANIZAÇÃO .....	33
2.4.1. <i>Perfil de pedido dos clientes (Customer order profile)</i> .....	34
2.4.2. <i>Perfil da ordem de compra</i> .....	35
2.4.3. <i>Perfil de atividade dos itens</i> .....	35
2.4.4. <i>Perfil de inventário</i> .....	37
2.4.5. <i>Perfil de cronograma</i> .....	38
2.4.6. <i>Perfil de relação entre atividades</i> .....	38
2.4.7. <i>Perfil de investimento</i> .....	38
2.5. O PROJETO DE UM ARMAZÉM .....	39
2.5.1. <i>Metodologias de projeto de um centro de distribuição</i> .....	39
2.5.2. <i>Projeto: considerações, otimização e performance</i> .....	43
<b>3 . MÉTODO DE PESQUISA .....</b>	<b>49</b>
<b>4 . ESTUDO DE CASO .....</b>	<b>51</b>
4.1. FASES 01 E 02 - CONTEXTUALIZAÇÃO E DIAGNÓSTICOS DO CENTRO DE DISTRIBUIÇÃO DA EMPRESA ALFA .....	51



4.1.1. Layout do centro de distribuição e equipamentos .....	51
4.1.2. Equipamentos de manuseio e movimentação.....	55
4.1.3. Processos.....	56
4.1.4. Contextualização e diagnóstico dos perfis de atividades de armazenagem.....	65
4.2. FASE 03 – PROPOSTAS DE MELHORIAS, PLANOS DE AÇÃO E IMPLEMENTAÇÃO.....	73
4.2.1. Layout do centro de distribuição .....	73
4.2.2. Processos.....	75
4.2.3. Perfil de atividades de armazenagem .....	83
<b>5 . CONCLUSÕES .....</b>	<b>85</b>
<b>6 . REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>87</b>

## Lista de Figuras

FIGURA 1- PROCESSOS DE UM CENTRO DE DISTRIBUIÇÃO CONVENCIONAL .....	22
FIGURA 2- EFEITO <i>HONEYCOMBING</i> EM UM CENTRO DE DISTRIBUIÇÃO .....	24
FIGURA 3- TÍPICOS MODOS DE ORGANIZAÇÃO DA ÁREA DE ARMAZENAGEM POR CLASSES .....	26
FIGURA 4- MÉTODOS DA ATIVIDADE DE <i>PICKING</i> .....	29
FIGURA 5- CUSTOS OPERACIONAIS NA ATIVIDADE DE SEPARAÇÃO .....	31
FIGURA 6- DECISÕES DE PROJETO PARA INFRAESTRUTURA DE UM CENTRO DE DISTRIBUIÇÃO ...	43
FIGURA 7- CENTRO DE DISTRIBUIÇÃO EM FORMA DE U .....	46
FIGURA 8- CENTRO DE DISTRIBUIÇÃO EM FORMA DE I .....	46
FIGURA 9- CENTRO DE DISTRIBUIÇÃO EM FORMA DE I DA EMPRESA ALFA .....	52
FIGURA 10- ESQUEMA DA ESTRUTURA PORTA PALETES .....	53
FIGURA 11- ESQUEMA DA ESTRUTURA PORTA PALETES .....	54
FIGURA 12- PROBLEMAS ESTRUTURAIS NOS <i>FLOW-RACKS</i> .....	54
FIGURA 13- EQUIPAMENTOS DE MANUSEIO UTILIZADOS NA EMPRESA ALFA .....	56
FIGURA 14- RECEBIMENTO DE CARGAS COM GRIFES MISTURADAS E DISCRETIZADAS .....	57
FIGURA 15- DISTRIBUIÇÃO DAS CLASSES DE VISITAS DOS <i>SKUS</i> PELOS NÍVEIS DOS PORTA PALETES .....	58
FIGURA 16- FALHA DE INDEXAÇÃO: DIVERGÊNCIAS ENTRE O SISTÊMICO E FÍSICO E SEUS IMPACTOS .....	59
FIGURA 17- QUANTITATIVOS E PERCENTUAIS DE POSIÇÕES DESPERDIÇADAS EM DIFERENTES ESTRUTURAS ( <i>BINS</i> , <i>FLOW-RACKS</i> E PORTA PALETES) .....	60
FIGURA 18- IDENTIFICAÇÃO DEFICIENTE ( <i>BINS</i> , <i>FLOW-RACKS</i> E PORTA PALETES) .....	61
FIGURA 19- DISTRIBUIÇÃO DOS <i>SKUS</i> POR PADRÕES DE CAIXAS NO LAYOUT DE <i>PICKING</i> DE CAIXAS E O ROTEAMENTO SEGUNDO AS LISTAS DE <i>PICKING</i> .....	62
FIGURA 20- DISTRIBUIÇÃO DO <i>MIX</i> DE FAMÍLIAS .....	66
FIGURA 21- DISTRIBUIÇÃO DO <i>MIX</i> DE UNIDADES DE MANUSEIO .....	67
FIGURA 22- DISTRIBUIÇÃO DE INCREMENTO DA ORDEM POR PALETE .....	68
FIGURA 23- DISTRIBUIÇÃO DE INCREMENTO DA ORDEM POR CAIXA PARA UM TIPO DE <i>SKU</i> DE ALTO GIRO E VISITA .....	69
FIGURA 24- DISTRIBUIÇÃO DAS LINHAS POR PEDIDOS .....	70
FIGURA 25- DISTRIBUIÇÃO POR POPULARIDADE DO ÍTEM .....	71
FIGURA 26- DISTRIBUIÇÃO DE COMPLEMENTAÇÃO DOS ÍTEMS .....	72
FIGURA 27- DISTRIBUIÇÃO DE INVENTÁRIO ÍTEM-FAMÍLIA: ESTRATÉGIA DE INVENTÁRIO .....	73
FIGURA 28- PROPOSTA DE MELHORIA NO LAYOUT DO CD DA EMPRESA ALFA .....	74
FIGURA 29- REESTRUTURAÇÃO DE POSIÇÕES PALETES PARA POSIÇÕES FRACIONADAS COM REDUÇÃO DO EFEITO <i>HONEYCOMBING</i> . .....	75

FIGURA 30- CLASSIFICAÇÃO DOS <i>SKUS</i> EM ESTOQUE SEGUNDO SUAS POPULARIDADES .....	77
FIGURA 31- PERCENTUAL DE VOLUME EM ESTOQUE POR CLASSE DE POPULARIDADE .....	77
FIGURA 32- AUMENTO DE PRODUTIVIDADE NA ATIVIDADE DE <i>PICKING</i> DE CAIXAS COM PROJETO IMPLEMENTADO .....	80
FIGURA 33- COMPARATIVO ENTRE DOCUMENTOS DE VENDAS E PEDIDOS DOS CLIENTES (DISTRIBUIÇÃO DO <i>MIX</i> DE UNIDADES DE MANUSEIO) .....	81
FIGURA 34- COMPARATIVO ENTRE A DISTRIBUIÇÃO DAS LINHAS POR DOCUMENTOS DE VENDAS E DISTRIBUIÇÃO DAS LINHAS POR PEDIDOS.....	82
FIGURA 35- DETERMINAÇÃO DO VOLUME IDEAL DA CAIXA VISANDO MINIMIZAR O NÚMERO DE <i>PICKS</i> .....	84

## Lista de Tabelas

TABELA 1- METODOLOGIA DE PROJETO DE UM CD SEGUNDO OXLEY (1994) .....	42
TABELA 2- QUESTÕES RELEVANTES PARA DIAGNÓSTICO DO CENTRO DE DISTRIBUIÇÃO .....	50
TABELA 3- TEMPOS OBTIDOS PARA MOVIMENTAÇÕES VERTICAIS .....	76

## **Lista de Abreviaturas e Siglas**

*AS/RS- Automated Storage and Retrieval System*

*CD- Centro de Distribuição*

*CPFR- Collaborative Planning e Forecasting and Replenishment*

*CRP- Continuous Replenishment Program*

*ECR- Efficient Consumer Response*

*EDI- Electronic Data Interchange*

*JIT- Just in Time*

*KPI- Key Performance Indicator*

*PIB- Produto Interno Bruto*

*RF- Rádio Frequência*

*ROI- Return of Investment*

*SCOR- Supply Chain Operations Reference*

*SKU- Stocking Keeping Unit*

*SWOT- Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats*

*TI- Tecnologia da Informação*

*VLMs- Modular Vertical Lift Module*

*VMI- Vendor Management Inventory*

*WMS- Warehouse Management System*

*PC- Personal computer ou computador*

# 1. Introdução

## 1.1. Contextualização

O novo e atual cenário da logística empresarial, com aumento constante do número de itens comercializados, controle por lotes, “atomização dos pedidos”, logística reversa, diversidade de canais de distribuição e fornecedores, margens mais baixas, requerimentos de qualidade, ciclo de vida dos produtos mais curtos, dificuldade de contratar e reter mão de obra especializada, problemas com a mobilidade urbana, gargalos na infraestrutura de transportes e informação *on line*, *real time* para tomadas de decisão, exige estudos cada vez mais complexos e estratégicos quanto ao manuseio, movimentação, armazenagem e distribuição física de materiais (Neves, 2009).

Os processos e operações de armazenagem estão historicamente entre as funções empresariais mais frequentemente negligenciadas, carentes de recursos e inadequadamente planejadas sendo sempre referidas como centros de custos e raramente agregando valor. Atualmente, a necessidade de uma resposta rápida, integração da cadeia de suprimentos (*Supply Chain*), intercâmbio eletrônico de dados (*Electronic Data Interchange* ou *EDI*), e o crescimento da logística terceirizada, tornam a armazenagem uma fonte de geração de vantagem competitiva e centro das atenções para as empresas. Como consequência, a ênfase no planejamento e gestão destas operações são cada vez mais imprescindíveis (Richards, 2011).

A mercê das diversas iniciativas empresariais e governamentais, produção enxuta e dinâmica, respostas rápidas, busca permanente da qualidade, serviço aprimorado ao cliente, segurança dos operadores e proteção ao meio ambiente, as operações de armazenagem estão sendo aprimoradas de modo a atender as metas estabelecidas de nível de serviço atentando-se sempre aos custos (Tompkins *et al.*, 1998).

Os programas de resposta rápida (*quick response*), tais como *Vendor Management Inventory (VMI)*, *Collaborative Planning e Forecasting and*

*Replenishment (CPFR)*, *Efficient Consumer Response (ECR)* e *Continuous Replenishment Program (CRP)*, aumentaram significativamente o número de transações (giro dos produtos) reduzindo os tamanhos dos pedidos dos clientes tendo como consequência uma forte redução no tempo de processamento destes pedidos. Os cronogramas cada vez mais apertados limitam as estratégias disponíveis para a melhoria da produtividade aumentando a importância das funcionalidades, a capacidade dos sistemas de controle de armazéns, ou centros de distribuição, e o manuseio de materiais (Goulart *et al.*, 2004).

O serviço ao cliente aumentou o número e a variedade de serviços com valor agregado no armazém. Os serviços extras podem incluir separação em kits, etiquetagem, e embalagens especiais. Em se tratando também de serviço ao cliente, a evolução do padrão de exigência dos clientes aumentou significativamente o número de *SKUs* (*Stock-Keeping Unit* ou itens dos produtos em estoque) (Frazelle, 2002).

A busca de constante aumento nos padrões de desempenho da armazenagem e distribuição tem sido foco permanente da área da qualidade que, no cenário norte-americano, por exemplo, possui uma acuracidade média superior a 99% nas expedições dos armazéns (Tompkins *et al.*, 1998)

Na operação de armazenagem, a análise dos *trade-offs* são os pontos chaves na busca da eficácia e eficiência das funções, processos e operações logísticas. A maioria dos *trade-offs* incluem: custo vs. nível de serviço; velocidade vs. acuracidade; eficiência vs. capacidade de resposta e; volume de compra vs. lote econômico de compra e disponibilidade (Frazelle, 2002).

Finalmente, devido a uma atual e permanente preocupação com a questão ambiental em âmbito global, a conservação de recursos naturais e a segurança humana trouxeram regulamentações governamentais mais rigorosas ao projeto e gestão de operações de armazenagem (Tompkins *et al.*, 1998).

## **1.2. Objetivos e delimitação da pesquisa**

O objetivo desta dissertação é desenvolver uma fundamentação bibliográfica das principais estruturas, processos, perfis de atividades e metodologias de projeto de um centro de distribuição aplicando os conceitos mais essenciais do estudo, destacando-se Frazelle (2002), para contextualização, diagnósticos e elaboração

de propostas de melhorias para o estudo de um caso real na indústria de cosméticos.

Não faz parte do escopo desta dissertação a execução de todas as propostas de alterações sugeridas, visto que a aprovação de investimentos necessários pelo comitê gerencial da empresa, bem como o tempo para todas as suas implementações, superam o prazo disponível para apresentação deste trabalho.

### **1.3. Estrutura da dissertação**

A dissertação está estruturada em cinco capítulos, sendo este o introdutório.

No capítulo 2 é apresentada a fundamentação teórica que serviu de base para esta pesquisa.

No capítulo 3 é descrito o método de pesquisa utilizado.

No capítulo 4 inicia-se o estudo de caso com a fase 1 e fase 2, simultaneamente descritas, visando contextualizar e diagnosticar o *layout* do centro de distribuição da empresa Alfa, seus equipamentos de manuseio e movimentação, processos e perfis de atividades de armazenagem. Na fase 3, são apontadas propostas de melhorias, planos de ação e oportunidades de ganhos logísticos para implementação.

No capítulo 5 são apresentadas as conclusões deste estudo.

No capítulo 6 são apresentadas as referências bibliográficas.



## 2. Fundamentação Teórica

Este capítulo apresenta a fundamentação teórica onde serão apresentados os principais conceitos necessários para o alcance do objetivo deste trabalho. Os temas abordados neste capítulo são: a importância dos centros de distribuição, o sistema de gestão de armazenagem *WMS*, os processos e estratégias de um centro de distribuição, perfis de atividades de armazenagem e, finalmente, as metodologias adotadas no projeto de um centro de distribuição.

### 2.1. A importância dos centros de distribuição

Nos anos de 1970, a oferta de produto era pequena, pouco se atentando a questão de qualidade, preço e prazo dos produtos. Nos anos de 1980, a oferta superou a demanda passando, então, a qualidade e a produtividade a serem o enfoque das empresas. Destacaram-se neste contexto as empresas japonesas. Na década de 1990, destacaram-se os novos mercados: os blocos de livre comércio onde as pequenas empresas eram aderidas pelas grandes empresas. Já na década seguinte e atual, o diferencial está na rapidez. A empresa que percebe mais rápido a necessidade do cliente; que lança mais rápido um novo produto; que entrega o produto em um prazo menor e; que atende rapidamente o cliente (pré e pós venda) tem maior chance de sobreviver e prosperar (Moura, 2008).

A expressão “armazéns são um mal necessário, que agregam custos em vez de valor” é um dito histórico sempre escutado por profissionais que atuam no ramo da logística. Esse conceito simplista teve origem no fato dos armazéns terem sido inicialmente concebidos como instalações de estocagem necessárias apenas para a execução das operações básicas de comercialização. Eles eram localizados ao longo do fluxo de materiais e produtos não sendo considerada a importância da disponibilidade oportuna de sortimentos de produtos desejados pelos consumidores - nível de serviço (Bowersox *et al.*, 2001).

Segundo Lacerda (2000), bem como Calazans (2001), a estrutura de sistemas de distribuição capazes de atender de forma econômica aos mercados

geograficamente distantes das fontes de produção, oferecendo níveis de serviços cada vez mais altos em termos de disponibilidade de estoque e tempo de atendimento, é uma questão básica do gerenciamento logístico nos dias de hoje. Neste contexto, a atenção volta-se para as instalações de armazenagem e como estas podem contribuir para atender as metas estabelecidas de nível de serviço com eficiência e eficácia. Calazans (2001) ainda ressalta que a utilização do CD tem a função de um ponto de abastecimento intermediário entre as unidades produtoras e os consumidores finais ao longo da cadeia logística o que proporciona um tempo de resposta mais rápido numa eventual necessidade de reposição de produto.

O centro de distribuição (CD) é o meio utilizado pelas empresas para a gestão de estoques dos produtos a serem distribuídos. De forma resumida, as atividades de um CD iniciam com o recebimento dos produtos a serem estocados, seguido da separação dos pedidos dos clientes e finalmente a expedição (Tompkins *et al.*, 1998).

O *supply chain*, ou cadeia de suprimentos, é o conjunto de organizações desde fornecedores de matérias primas até o consumidor final que se inter-relacionam. A gestão desta cadeia evoluiu da necessidade de integração logística das organizações e baseia-se na efetividade dos fluxos de materiais, informações e dinheiro de modo a agregar valor para o consumidor final no atendimento de suas expectativas e necessidades (Banzato *et al.*, 2008). Frazelle (2000) complementa que apesar da integração da cadeia de suprimentos, o *quick response*, o *just in time*, *lean system*, etc, a conexão entre os fornecedores e consumidores finais nunca será tão bem coordenada a nível de eliminar os centros de distribuição ou armazéns.

No Brasil, os custos relativos de manutenção de estoque e armazenagem na cadeia de suprimentos representam respectivamente 3,2 % e 0,7% do PIB, segundo Panorama ILOS - Custos Logísticos no Brasil (2012).

Originária no Sistema Toyota de Produção, a filosofia de estoque tendendo a zero é um conceito com resultados expressivos, porém não típicos da indústria em geral. A meta da Toyota era a eliminação de cada motivo, efeito ou problema no sistema de produção que justificasse a manutenção de inventário. O estudo deste caso despertou a atenção de muitas empresas para as possibilidades de melhoria na administração de materiais (Moura, 2010).

Para a perfeita coordenação entre o fornecimento e a demanda, a resposta da produção à demanda deveria ser instantânea e o transporte ser perfeitamente confiável, com tempo de entrega zero o que implicaria custos exorbitantes e inviáveis para qualquer empresa. Consequentemente, com objetivo de viabilizar os custos totais, as empresas utilizam os estoques para melhorar a coordenação da oferta-procura (Ballou, 2006).

A gestão de estoques em ambientes complexos, como as cadeias de suprimento compostas por diversos estágios não é um processo simples e pode acarretar significativos impactos nos níveis de serviços ao cliente e nos custos totais. Basicamente, dois elementos são os mais relevantes nesta gestão: a dinâmica do consumo de produtos ao longo do tempo, que pode ser representada pelo gráfico do tipo dente de serra, o qual representa um modelo de ressuprimento, e a análise de *trade-off* de custos entre o fluxo de produtos (níveis de estoque) e o consumo de recursos de distribuição (custo de transporte). Para a gestão de estoques, devem ser consideradas, também, diversas variáveis, ou atributos dos produtos, processos e demanda tais como: tipo de operação (lotes mínimos de produção, distribuição ou suprimento); volume e peso; coeficiente de variação da demanda; giro; custo adicionado e; nível de serviço exigido pelo cliente (Wanke, 2011).

Ballou (2006), Banzato *et al.* (2008) e Moura (2010) valorizam a conveniência econômica da armazenagem em centros de distribuição na cadeia de abastecimento fundamentados nas seguintes razões básicas:

- Redução de custos com utilização eficiente dos recursos de movimentação e transporte;
- Coordenação da oferta e demanda devido ao consumo sazonal ou incerto (previsão de demanda sem acuracidade);
- Auxílio no processo/programação de produção bem como substituição de materiais defeituosos e reparo de equipamentos de fabricação;
- Confiança nos fornecedores quanto às programações de entrega e integridade dos materiais e;
- Ajuda no processo de marketing quando, por exemplo, a demanda é maior que a capacidade de produção.

Lambert *et al.* (1998) acrescentam as seguintes razões para a existência dos centros de distribuição:

- Maior poder de barganha junto aos fornecedores, isto é, descontos na compra em quantidade;
- Resposta rápida às necessidades dos clientes;
- Apoio aos programas *just-in-time* de fornecedores e clientes;
- Consolidação de um *mix* de produtos a ser entregue ao cliente, em vez de um único produto por vez e;
- Armazenamento temporário de materiais a serem descartados ou reciclados (logística reversa).

## 2.2. Sistema de gestão de armazenagem - WMS

Existem muitas questões envolvidas na concepção e operação de um centro de distribuição. Recursos como espaço, equipamentos e trabalho devem ser distribuídos entre as diferentes funções do CD. Cada função precisa ser cuidadosamente executada, operada, e coordenada a fim de alcançar requisitos do sistema tais como: taxa de transferência, capacidade e serviços a um custo mínimo de recursos (Gu *et al.*, 2007).

Atualmente, sistemas de *software* são utilizados no apoio de processos de armazenamento destacando-se o sistema de gerenciamento de armazenagem, ou WMS (*Warehouse Management System*) (Tompkins *et al.*, 2002). Dada a relevância econômica do processo de separação de pedidos em um centro de distribuição, o apoio à decisão para o planejamento e controle deste processo é uma tarefa central do WMS. Os fornecedores de WMS visam integrar as funcionalidades para aumentar a produtividade e melhorar a operação de separação de pedidos. Este tipo de apoio à decisão é chamado de estratégia de separação de pedidos (Koster *et al.*, 2007).

O WMS é um conjunto de *softwares* e *hardwares* que integram o código de barras, comunicação via rádio frequência, e outras operações relacionadas ao CD visando acelerar o fluxo de material e utilização do espaço (Min e Zhou, 2002). O sistema de gerenciamento de armazenagem é altamente modularizado, com diferentes conjuntos de módulos para gestão de fornecimento, demanda e operações internas (Taylor, 2004).

A operação do sistema *WMS* ocorre de forma integrada e otimizada para coordenação de todas as atividades e fluxos de informações em um processo de armazenagem através de uma gestão eficiente e com um alto nível de precisão de controle de estoque (Banzato, 2004; Guarnieri *et al.*, 2006). A Principal função deste sistema é a gestão de inventário, visando: acompanhamento e controle da movimentação de materiais através do CD (desde o recebimento até a expedição); a partilha de informações precisas de estoque com os clientes e; orientação no manuseio de mercadorias com base no espaço físico, equipamentos, estoque e pessoal (Kahl, 1999, Kim *et al.*, 2008).

Como resultados do sistema *WMS* citam-se: a redução de estoque desnecessário na cadeia de abastecimento, a redução de tempo no atendimento do pedido (*lead times*), a satisfação do cliente e, também, dar aos usuários uma imagem atual e precisa da quantidade, localização e validade do inventário (Min e Zhou, 2002).

O *WMS* tem como uma de suas características a otimização do negócio através da redução de custos e melhor atendimento ao cliente (Banzato, 1998). A redução de custos está associada a uma maior eficiência na alocação de todos os recursos operacionais tais como equipamentos, mão de obra e espaço. A melhoria do serviço ao cliente pode ser atribuída ao fato da minimização de erros na separação e na entrega, enquanto que o serviço torna-se mais ágil, bem como, a montagem dos pedidos, fluxo de informações, e quase todas atividades operacionais e administrativas do processo de armazenagem (Ribeiro *et al.*, 2006).

Faber *et al.* (2002) distinguiram o *WMS* em três tipos de sistemas de gestão:

- *WMS Básico*: É um sistema de suporte cuja finalidade é somente de controle de estoque e localização e é utilizado principalmente para registro de informações. Este tipo de sistema de gestão é simples e focado apenas para o fluxo de movimentação de materiais.
- *WMS Avançado*: Além da funcionalidade oferecida pelo *WMS* básico, ele é capaz de planejar recursos e atividades de modo a sincronizar o fluxo de materiais no CD. Este tipo de sistema foca no fluxo de movimentação e análise de capacidade de recursos e estoque.
- *WMS Complexo*: O tipo complexo possibilita a gestão de um grupo de CDs. O sistema disponibiliza as informações sobre a localização de cada produto (detecção e acompanhamento), o destino e motivo (planejamento, execução e

controle). Além disso, um sistema complexo oferece funcionalidades adicionais que ajudam a melhorar as operações do armazém como um todo.

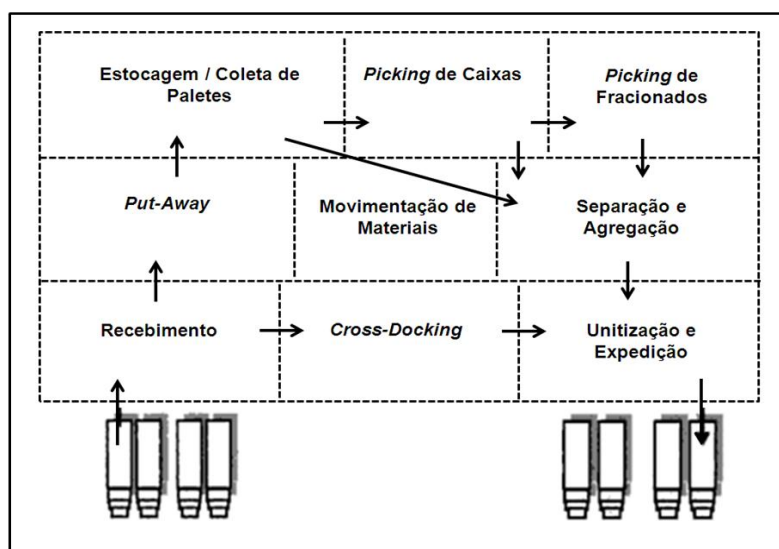
Os investimentos em sistemas de armazenamento são justificáveis por sua capacidade de: reduzir custos operacionais, aumentar a precisão e controle em tempo real das operações e facilitar a comunicação em toda a cadeia de suprimentos. No entanto, o fator determinante na decisão de implementação desses sistemas está associada à melhoria de serviço ao cliente (Gu *et al.*, 2007).

### 2.3. Processos e estratégias de um centro de distribuição

As estratégias ou políticas de operação adotadas pelas empresas têm importantes efeitos sobre seus processos. Após escolhidas as estratégias, não existe uma fácil flexibilidade para alteração das mesmas tais como: a decisão estratégica de armazenamento (randomizado, dedicado, classe ou mesmo um conjunto) e, o processo de *picking* (discreto, por zona, ou lote) (Gu *et al.*, 2007) que serão apresentadas a seguir.

Os requisitos básicos das operações de um armazém ou centro de distribuição convencional são: recebimento de produtos de fornecedores, estocagem, preparação de pedidos dos clientes e, agrupamento e expedição das ordens concluídas (Gu *et al.*, 2005). Tompkins *et al.* (1998) e Frazelle (2002) detalham um pouco mais os processos básicos de um centro de distribuição convencional. Tais processos são ilustrados na figura 1 e definidos a seguir.

Figura 1- Processos de um centro de distribuição convencional



Fonte: Adaptado de Frazelle 2002

### **2.3.1. Recebimento**

O processo de recebimento consiste no seguinte conjunto de atividades: recebimento físico de materiais, conferência quantitativa e qualitativa dos materiais com a nota fiscal e direcionamento dos mesmos para estocagem ou outra atividade requerida (Tompkins *et al.*, 1998; Frazelle, 2002). Moura (2007) ainda ressalta que qualquer diferença entre o entregue e o solicitado deve ser sinalizada neste momento, antes mesmo da entrada física dos produtos no CD. Embalagens avariadas também devem ser detectadas e relatadas durante a atividade de recebimento.

### **2.3.2. Pré-embalagem**

Esta atividade é opcional e geralmente é utilizada para recebimento de cargas a granel. Esta operação permite que o material seja fracionado em quantidades menores para futuras separações e estocado com outros materiais (Tompkins *et al.*, 1998; Frazelle, 2002).

### **2.3.3. Put-away**

A atividade de *put-away* consiste na determinação de endereço de estocagem bem como no manuseio do material, já recebido, até sua posição no estoque (Tompkins *et al.*, 1998; Frazelle, 2002).

### **2.3.4. Estocagem**

A estocagem é a atividade de acondicionar o material até o momento de preparação ou *picking* do mesmo (Tompkins *et al.*, 1998; Frazelle, 2002).

Os requisitos de espaço de estocagem estão diretamente relacionados com o volume e características espaciais / geométricas dos materiais a serem estocados. As duas mais importantes características a serem consideradas na utilização do espaço físico de um CD são: a área dedicada aos corredores e o efeito *honeycombing* que é o espaço de armazenamento perdido por uso ineficiente da área disponível. Esta subutilização de espaço ocorre quando o local de armazenamento está apenas parcialmente preenchido com o material, tanto na

horizontal (lado-a-lado) quanto na vertical (cima-para-baixo), gerando perdas em área quadrada e espaço cúbico. Os principais motivos são: o formato dos materiais, má unitização da carga, deficiência nas regras do sistema de endereçamento e problemas na organização do CD ou *poor housekeeping*. O efeito *honeycombing* pode gerar até 25% de perda de capacidade cúbica de estocagem nas estruturas (Tompkins, 2006). A figura 2 ilustra o efeito *honeycombing*.

Figura 2- Efeito *honeycombing* em um centro de distribuição



Fonte: Centro de distribuição do estudo de caso, 2012

A escolha da política de estocagem de um produto é um fator de grande relevância e está relacionado diretamente com a produtividade da atividade de preparação. A localização dos produtos no CD decorre de muitos fatores como, por exemplo, o método a ser adotado na separação do pedido, o tamanho do próprio pedido, o *layout* do sistema de armazenamento, o sistema de manuseio de material, as características dos produtos, tendências de demanda, taxas de volumes de negócios e, por fim, requisitos de espaço (Felix T.S., H.K. Chan, 2011).

Segundo Hausman, Schwarz, e Graves (1976) e Schwarz *et al.* (1978), Charles e Aese (2004), Gu *et al.* (2007), as políticas de estocagem são divididas em três grandes categorias: (1) estocagem aleatória; (2) estocagem dedicada e; (3) estocagem baseada em classes ABC. Já, segundo Brynzér & Johansson (1996) e Liu (1999), as políticas de estocagem aleatória e dedicada são casos extremos da política de armazenamento baseada em classes ABC. A política de estocagem aleatória considera todos os produtos em uma única classe, enquanto a política de estocagem dedicada tem cada um dos produtos atribuídos a uma única classe



separada. A idéia de atribuições das políticas de estocagem baseia-se na divisão dos produtos e atribuição de uma área específica do armazém a cada uma deles.

Nas referências acadêmicas que tratam de política de estocagem, poucos autores levam em consideração o multi-nível das estruturas porta paletes. A grande maioria dos estudos tem como foco a política de estocagem baseada em classes ABC e a aleatória dada a simplicidade de utilização desta última. Cada paleta, no processo de *put-away*, é atribuído aleatoriamente à uma posição vazia dentre todas as vazias, com igual probabilidade (Petersen, 1997).

Mansuri (1997) realizou um comparativo de eficácia entre as diversas políticas de estocagem: de atribuição aleatória, dedicada e a baseada em classes ABC. Os resultados das simulações mostraram que a estocagem dedicada ajuda a maximizar o rendimento do sistema, enquanto a estocagem aleatória ajuda a maximizar a utilização do espaço de armazenamento. Já a política de estocagem baseada em classes ABC maximiza a ocupação das posições, tendo como objetivo principal a redução de tempo no processo de preparação dos pedidos.

Liu (1999) destaca as vantagens da estocagem aleatória também observada pelos autores anteriores: rapidez e flexibilidade na atividade de *put-away* permitindo uma maior densidade de estocagem. No entanto, Choe e Sharp (1991), acrescentam que tal política tem como desvantagem um aumento no tempo dos deslocamentos e, conseqüentemente, maior custo operacional na preparação.

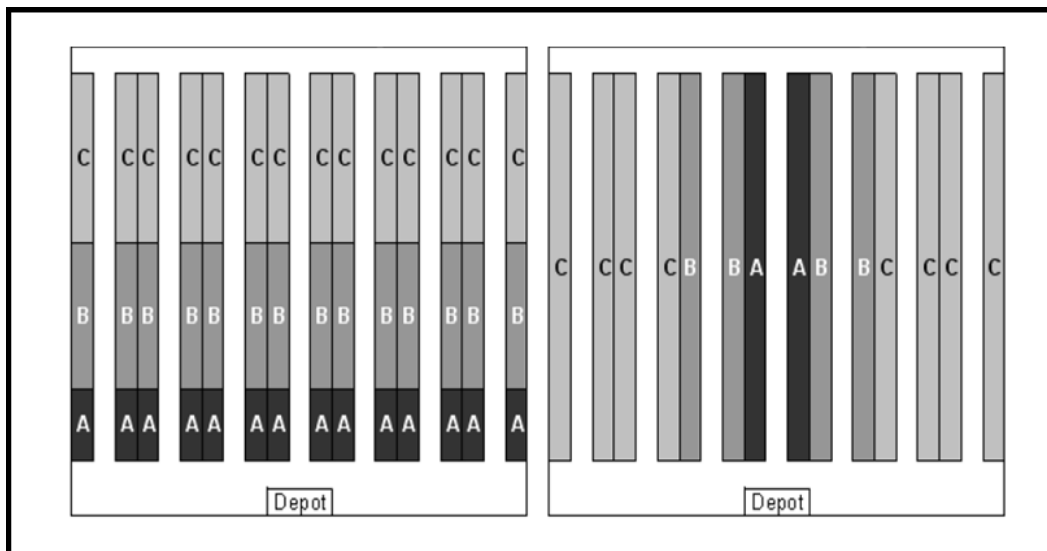
Vickson e Lu (1998) consolidam em seus estudos que a estocagem baseada em classes ABC, de acordo com o volume de negócios (giro dos produtos), pode melhorar a acessibilidade aos itens de maior demanda e, conseqüentemente, reduzir o tempo de deslocamento dos preparadores.

Goetschalckx e Ratliff (1990) e Thonemann e Brandeau (1998) mostram que, teoricamente, as políticas baseadas em classes ABC são as mais promissoras em termos de minimização de custos de deslocamentos. Políticas historicamente baseadas em classes ABC eram de difíceis implementações, pois exigiam o acompanhamento da demanda e gestão de *SKU*. Atualmente, com a utilização do sistema de *WMS*, esta dificuldade foi praticamente eliminada.

O desempenho de algumas atividades de armazenagem pode ser otimizado através da divisão da área física de armazenagem em áreas distintas reservadas às classes dos *SKUs*. Esta divisão em áreas separando os *SKUs* de baixa dos de alta popularidade pode trazer ganhos operacionais com a redução de deslocamentos

(De Koster *et al.*, 2006). Típicas subdivisões da área de armazenagem por classes dos *SKUs* são apresentadas na figura 3.

Figura 3- Típicos modos de organização da área de armazenagem por classes



Fonte: Petersen *et al.*, 2005

### 2.3.5. Separação, preparação ou picking

#### 2.3.5.1. Introdução a atividade de picking

*Picking*, ou separação, ou mesmo preparação, é o processo de remover um item do estoque para atender a um pedido. É a atividade básica prestada pelo centro de distribuição aos clientes e também o processo de maior relevância na concepção dos projetos dos armazéns (Frazelle, 2002). De Koster *et al.* (2006) ressaltam que tal processo é visto como o mais trabalhoso e dispendioso para quase todos os centros de distribuição. Também, segundo Coyle *et al.* (1996), a separação de pedidos, cujo objetivo é atender as ordens de *picking*, é a atividade mais vital da cadeia de suprimentos e constitui de 50% a 75% dos custos operacionais totais de um CD convencional. Moura (2003) destaca, também, a atividade de separação como a mais importante dentre todas as operações de um CD, uma vez que esta:

- Consome uma grande parcela de recursos (tempo de ciclo do pedido, distância percorrida, mão de obra empregada, etc.);

- É a penúltima atividade no fluxo de um centro de distribuição; logo todos e quaisquer atrasos nas operações anteriores serão cobrados nesta atividade tornando-se a mesma facilmente o “gargalo” e;
- Envolve erros na retirada de itens em quantidades não conformes com os pedidos, coleta de produtos invertidos, etc.

O processo de *picking* tem sido tema de diversas pesquisas nas últimas décadas. As políticas de *picking* determinam quais *SKUs* são colocados em uma lista de separação e, posteriormente, recuperados de seus locais de armazenamento por um preparador (Charles, 2004).

Um pedido de cliente, ou ordem de venda, consiste basicamente em um documento contendo linhas, onde em cada linha têm-se as seguintes informações: o *SKU* a ser separado, sua respectiva quantidade e seu respectivo endereço dentro do CD (De Koster, 2004). Tompkins *et al.* (2002) ainda ressaltam que as unidades geralmente utilizadas na atividade de *picking* pelos centros de distribuição são: caixa fracionada (ou unidades), caixa fechada e palete.

#### **2.3.5.2. Métodos de organização da atividade de *picking***

Segundo Lima (2002), as empresas, visando ganhos de produtividade no *picking*, desenvolveram algumas políticas, ou métodos, de organização da atividade de *picking* que reduzem os tempos dos operadores gastos em deslocamentos e na busca por produtos. Nestes métodos, são considerados o número de operadores responsáveis pela preparação de cada pedido e o número de pedidos coletados por um mesmo operador simultaneamente. Apresentam-se a seguir os três métodos básicos:

- O *picking* discreto é uma política usual de preparação, na qual consiste na coleta individual de todos os *SKUs* de um único pedido por um único preparador. Nesta política, pode ser necessário que o preparador venha a realizar grandes deslocamentos para completar um único pedido. Entretanto, esta é a política preferida por muitas empresas, pois é de fácil implementação e o pedido mantém quase sempre sua integridade (Tompkins, 1998; Lima, 2002).
- O *picking* por lotes ou política de combinação de diversas ordens ou pedidos, é uma alternativa que tem sido apresentada para redução significativa do tempo

total de coleta. Ressalta-se, entretanto, que nesta estratégia alternativa, é necessário avaliar os custos de separação ao final do processo antes de adoção da mesma (Tompkins, 1998; Gibson *et al.*, 1992; Petersen, 2000; De Koster *et al.*, 1999). No entanto, segundo Tompkins (1998) a triagem dos pedidos pode se dar de duas maneiras:

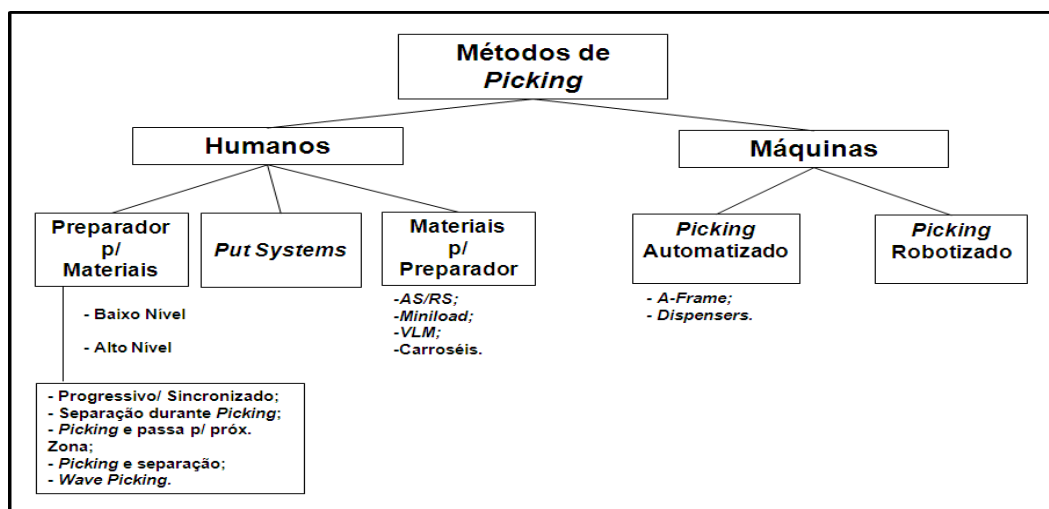
- ✓ O separador de pedidos pode usar recipientes separados para separar os *SKUs* de diferentes pedidos ao percorrer o CD. Carrinhos e recipientes de separação especiais estão disponíveis para facilitar esta abordagem;
  - ✓ Os *SKUs* e as quantidades de diferentes pedidos podem ser agrupados para serem separados posteriormente. É o custo deste processo de triagem inexistente na separação de um único pedido, que determina se este método é economicamente viável, além de potencializar possíveis erros de separação.
- O *picking* por zona é a política que divide o armazém em zonas permitindo que diferentes preparadores sejam dedicados cada qual a uma determinada zona para a coleta dos *SKUs* (Lima, 2002). Tompkins (1998) ainda destaca o fato de este método possibilitar, que na zona determinada para cada separador, este execute os pedidos por meio dos métodos de *picking* discreto ou por lote. Uma vantagem do *picking* por zona é a economia do tempo de deslocamento. Como a área de alcance de cada separador se reduziu do CD inteiro para um espaço menor, o tempo de deslocamento por *SKU* deve se reduzir em relação à separação completa. Novamente, estas reduções do tempo de deslocamento precisam ser comparadas com o custo da triagem e potencial de erros no atendimento dos pedidos. Os benefícios adicionais na separação por zonas, incluem a familiaridade do separador com os *SKUs* de sua zona, menos interferência com outros separadores de pedidos e mais responsabilidades pela produtividade e manutenção dentro da zona. Ainda segundo Tompkins (1998), dois métodos para garantir a integridade dos pedidos no método de *picking* por zona são:
    - ✓ Separação progressiva ou zoneamento progressivo (*pick-and-pass*): neste sistema, pedidos completos são consolidados a medida que seus componentes são passados de uma zona para outra em *tote pans* ou caixas ao longo de uma correia transportadora ou ainda carrinho e;

- ✓ Separação em ondas ou zoneamento sincronizado (*picking em waves*): este método é geralmente utilizado para atender pedidos que possuem um mesmo destino na expedição. Neste processo, os preparadores atuam simultaneamente com o objetivo único de atender tais ordens (Petersen, 2000).

Segundo Charles (2004), neste sistema, os separadores aplicam etiquetas de códigos de barra a cada unidade separadamente. Uma a uma ou em lotes, as unidades etiquetadas são colocadas em uma correia transportadora que as levam a um sistema triagem / acumulação. Algumas empresas têm combinado as políticas de preparação por lotes e zonas realizando a atividade de *picking in waves*. A vantagem desta combinação de políticas decorre de um menor deslocamento na atividade de preparação. Entretanto, esta política requer atividades secundárias de separação e consolidação das ordens das diferentes zonas.

De Koster (2004) aprofunda ainda mais os métodos de organização da atividade de *picking* conforme ilustrado na figura 4.

Figura 4- Métodos da Atividade de *Picking*



Fonte: Adaptado de De Koster, 2004

Segundo De Koster (2006), em muitos centros de distribuição, diferentes métodos de separação de pedido são utilizados conjuntamente. Numa primeira classificação, o autor divide a atividade de *picking* em métodos que se utilizam de mão de obra humana e os que se utilizam de maquinário automatizado. A maioria dos CDs emprega pessoas para a separação de pedidos sendo preponderante o método em que o preparador se desloca ao longo dos corredores para coleta de

*SKUs*. De Koster (2006), ainda, subdivide este procedimento em dois tipos: baixo nível (quando o preparador realiza a atividade sem equipamentos de elevação) e, alto nível (quando o mesmo necessita de equipamento de elevação para realizar atividade).

O método em que o produto se desloca até o preparador é também conhecido por *AS/RS (Automated Storage and Retrieval System* ou sistema automático de estocagem e separação). Segundo Tompkins (1998), este sistema de coleta e estocagem automatizado, consiste em um conjunto de equipamentos computadorizados que estocam e recuperam automaticamente *SKUs* com localizações definidas. Embora bastante práticos, estes sistemas ainda possuem um elevado custo de implementação. São exemplos deste tipo de sistema os carrosséis vertical e horizontal (também conhecidos como *VLMs - Modular Vertical Lift Module*), *miniload*, transelevadores, etc (De Koster, 2006).

O sistema de distribuição de ordem (*Order Distribution System* ou *Pick and Put System*) é um sistema automatizado que possibilita a distribuição de um grande número de *SKUs* para vários clientes. Neste, o ambiente de trabalho é otimizado e reúne o melhor de várias técnicas combinadas, como o *picking* discreto, o *picking* por lote, o *picking por zona*, a digitalização por rádio frequência (RF), o *picking by light*, entre outros. Este método é particularmente adequado para os centros de distribuição onde um grande número de *SKUs*, deve ser preparado para um grande número de clientes (pedidos). Este método geralmente consiste na utilização do método de *picking* por zona com montagem progressiva (De Koster, 2006).

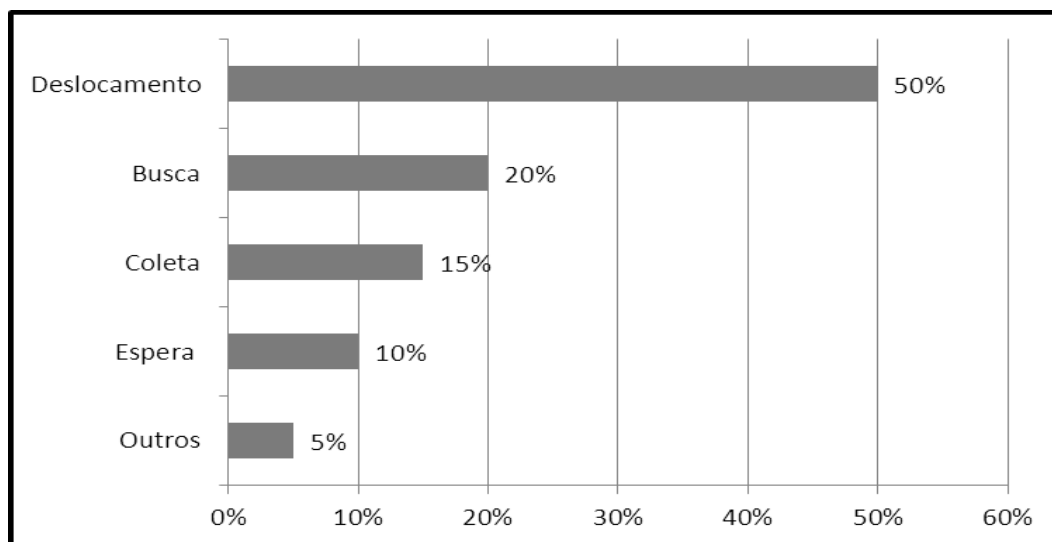
Os métodos automatizados e robotizados são geralmente utilizados em casos especiais envolvendo *SKUs* de alto valor agregado (De Koster, 2006). Neste contexto, segundo Lima (2002), estes métodos geram maior velocidade, produtividade e precisão na separação dos pedidos. Entretanto, a utilização de uma nova tecnologia não é garantia para ganhos operacionais, mas pode viabilizar a arquitetura de novos processos, capazes de proporcionar significativos ganhos de eficiência. Para obtenção de sucesso ao se implementar um novo processo, é fundamental o desenvolvimento em conjunto de sistemas de comunicação e capacitação das equipes de trabalho para a operação. Em relação a necessidade de separação, cada empresa tem particularidades em virtude do perfil dos pedidos de

seus clientes e da sua carteira de produtos. Alguns exemplos dessas novas tecnologias são *picking by light* e *A-frame*.

### 2.3.5.3. Roteamento

As políticas de roteamento determinam a sequência de preparação dos *SKUs*. O objetivo das políticas de roteamento é a minimização da distância percorrida pelo preparador. O roteamento senoidal, que é o mais amplamente utilizado em muitos armazéns, por causa de sua simplicidade, dá bons resultados quando o número de *SKUs* a serem coletados por corredor é elevado. (Petersen, 1997; Roodbergen e De Koster, 2001). Métodos de roteamento influenciam diretamente o tempo de separação de pedidos. Considerando-se o tempo total do preparador, cerca de metade do tempo é gasto com o seu deslocamento. Em muitos casos, esta relação custo operacional vs. deslocamento, que é considerada um dos maiores custos operacionais (Figura 5), pode ser representada por uma simples função linear (Tompkins *et al.*, 2002).

Figura 5- Custos operacionais na atividade de separação



Fonte: Adaptado de Frazelle 2002

Para De Koster *et al.* (2006), um percurso otimizado é fundamental para uma melhor eficiência na atividade de preparação. Ainda segundo o autor, na prática, o problema de roteamento de separação de pedidos em um armazém é principalmente resolvido usando heurística. O benefício obtido com a utilização da heurística é o fornecimento de soluções que são facilmente compreensíveis

pelos funcionários do CD possibilitando, com isso, ganhos na produtividade (Petersen e Aase, 2004). Outro benefício conseguido com a utilização de heurística é o de evitar o congestionamento em muitos armazéns com corredores estreitos ou alta densidade de *picking* (de Koster *et al.*, 2006).

#### **2.3.6. Embalagem e/ou etiquetagem**

Tais funções são opcionais após o processo de separação. A atividade de embalar consiste em agrupar os produtos em embalagens para propósitos comerciais. Já a atividade de etiquetagem visa, geralmente, a disponibilização do produto com seu preço correspondente já para os pontos de venda. Entretanto, este processo de etiquetar aumenta tempos e custos podendo, ainda, ser de utilidade duvidosa (Tompkins *et al.*, 1998; Frazelle, 2002).

#### **2.3.7. Divisão e agregação**

Após realizado o *picking*, por lotes ou zonas, os pedidos são divididos e agrupados de acordo com o pedido total do cliente. Este processo deve ser realizado quando os pedidos solicitam diferentes produtos preparados em momentos diferentes e/ou zonas diferentes e/ou preparadores diferentes (Tompkins *et al.*, 1998; Frazelle, 2002).

#### **2.3.8. Unitização e expedição**

A unitização e a expedição da carga devem seguir os seguintes passos: conferência para certificação se o pedido está completo e de acordo com o que foi solicitado; preparação dos documentos fiscais; pesagem dos pedidos; acúmulo / junção com outros pedidos de modo a otimizar o espaço físico do baú do caminhão e, finalmente, o carregamento propriamente dito do caminhão (Frazelle, 2002; Tompkins *et al.*, 1998).

#### **2.3.9. Cross-docking**

O *cross-docking* é definido como um sistema de distribuição, onde a mercadoria recebida no armazém ou centro de distribuição, não é estocada como ocorria na prática recente, mas sim preparada para o carregamento e distribuição



ou expedição visando ser entregue ao cliente ou consumidor o mais rápido possível. O *cross-docking* consiste na movimentação dos produtos da área recebimento (*stage-in*) diretamente para a área expedição (*stage-out*), com tempo em estoque limitado ou se possível nulo, permitindo que os responsáveis pelos centros de distribuição se concentrem no fluxo de produtos ou mercadorias e não na armazenagem das mesmas (Rodriguez *et al.*, 2003).

## 2.4. Perfis de atividades de armazenagem: critérios de planejamento e organização

Os perfis de atividades de armazenagem são um conjunto de análises sistemáticas dos itens e pedidos que visam o planejamento e organização de um centro de distribuição. O processo de análises visa identificar gargalos, explorar oportunidades de melhorias e auxiliar na tomada de decisões. Conhecer o perfil de atividades de um centro de distribuição pode ser de grande valia na compreensão de suas operações. Infelizmente, muitos dos diagnósticos dos problemas dos CDs são prescritos e implementados sem uma avaliação concisa e/ou conhecimento técnico e aprofundado das verdadeiras causas / raízes dos problemas. A análise detalhada dos perfis de atividades é uma excelente ferramenta na avaliação da real situação de um CD. Esta pode fornecer subsídios na determinação do modo de estocagem, na localização dos *SKUs*, no fluxo das atividades de armazenagem e na otimização do *layout*, dentre outros (Frazelle, 2002).

Cooper & Mulaik (2010) dividem os perfis de planejamento e organização em apenas duas categorias:

- Perfil de pedido dos clientes (*Customer order profile*) e;
- Perfil de atividade dos itens (*Item activity profile*).

Frazelle (2002) define com mais detalhes os perfis, agrupando-os em sete como se segue:

- Perfil de pedido dos clientes (*Customer order profile*);
- Perfil das ordens de compra (*Purchase order profile*);
- Perfil de atividade dos itens (*Item activity profile*);
- Perfil de cronograma (*Calendar-clock profile*);
- Perfil de relação entre as atividades (*Activity relationship profile*);

- Perfil de inventário (*Inventory profile*) e;
- Perfil de investimento (*Investment profile*).

#### **2.4.1. Perfil de pedido dos clientes (*Customer order profile*)**

O perfil de pedido dos clientes representa o modo como os produtos são solicitados pelos clientes. O princípio deste perfil é o zoneamento físico do CD em áreas, ou células operacionais independentes, de modo a permitir um processamento das encomendas de forma mais eficiente (Frazelle, 2002). Os principais pontos focados na análise do perfil de pedido do cliente são: a distribuição do *mix* dos pedidos, a distribuição das linhas dos pedidos e a distribuição de linhas e cubagem por pedido, conforme descritos a seguir.

##### **2.4.1.1. Distribuição do *mix* dos pedidos**

A distribuição do *mix* dos pedidos visa traçar estratégias operacionais de armazenagem uma vez que fornecem informações sobre as interdependências dos itens nos pedidos dos clientes. Esta estratégia se subdivide nas seguintes análises:

- ***Distribuição do *mix* de famílias***

Em uma distribuição do *mix* de famílias, a representatividade das ordens puras (uma única família) e mistas (multi-famílias) irá definir o modo de zoneamento do CD, isto é, se este será por famílias separadas ou misturadas (multi-famílias).

- ***Distribuição do *mix* de unidades de manuseio***

Em uma distribuição do *mix* de unidades de manuseio, a estratégia será determinar se as unidades de *picking* (paletes / caixas / fracionados) devem compartilhar uma mesma área ou não. Esta análise é realizada considerando-se duas situações:

- ✓ Distribuição do *mix* de unidade paletes / caixas;
- ✓ Distribuição do *mix* de unidade caixas / fracionados.

- ***Distribuição de incremento da ordem***

A distribuição de incremento da ordem tem como objetivo determinar o tamanho da unidade de manuseio (palete ou caixa) para um determinado *SKU* ou família. Este tamanho é determinado de acordo com a quantidade cuja frequência é a mais representativa solicitada pelos clientes permitindo às empresas a criação de pré-embalagens. Esta distribuição visa reduzir o número de *picks* (ou manuseios).

#### ***2.4.1.2. Distribuição das linhas por pedido***

Este tipo de distribuição analisa a quantidade de linhas por pedido de modo a estabelecer estratégias operacionais que melhorem as atividades relacionadas no atendimento dos mesmos.

Um exemplo de vantagem operacional com utilização da análise do perfil de linhas por pedido ocorre nos casos dos pedidos de uma única linha. Geralmente, estes atendem à *backorders* (pedidos emergenciais), que podem ser preparados em lotes e, até mesmo, em um depósito avançado.

#### ***2.4.1.3. Distribuição de linhas e cubagem por pedido***

A distribuição de linhas e cubagem por pedido tem como vantagem juntar as informações críticas de linhas e volume necessárias para definir a estratégia de *picking* e o modo de manuseio dos materiais solicitados.

#### ***2.4.2. Perfil da ordem de compra***

O perfil da ordem de compra tem as mesmas características do perfil de pedido dos clientes. A única diferença é que o mesmo se aplica para a atividade *inbound*, enquanto que no caso anteriormente descrito, este se caracterizava pela atividade *outbound*.

#### ***2.4.3. Perfil de atividade dos itens***

O perfil de atividade dos itens caracteriza-se, basicamente, por dois aspectos: classificação dos *SKUs* e localização destes no CD (Petersen *et al.*,

2005). Este tipo de perfil pode fornecer uma visão estratégica das opções viáveis de armazenamento e localização de cada *SKU* dentro do CD. Este perfil se subdivide nas seis distribuições apresentadas a seguir.

#### **2.4.3.1. Distribuição por popularidade do item**

A distribuição por popularidade do item analisa a frequência com que os itens são solicitados pelos clientes. A prática tem mostrado que uma minoria dos *SKUs* num CD são, geralmente, os que dispendem maiores custos operacionais de movimentação. A curva ABC ou distribuição de Pareto possibilita a classificação dos *SKUs* de acordo com a sua popularidade (Frazelle, 2002). O agrupamento por classe de popularidade pode, também, ser usado como base para localização dos itens no CD (de Koster *et al.*, 2006). O princípio, segundo Frazelle (2002), é “posicionar os itens mais populares nos locais mais acessíveis”.

#### **2.4.3.2. Distribuição de movimentação de cubagem ou volume**

A distribuição de movimentação de cubagem ou volume por unidade de tempo determina o modo de armazenagem e o espaço requerido. Como exemplo, *SKUs* de reduzidos volumes podem ser colocados em *bins*, gavetas ou prateleiras, enquanto itens de maiores volumes devem ser estocados em paletes (blocados e etc.).

#### **2.4.3.3. Distribuição de movimentação por cubagem (volume) e popularidade**

Esta distribuição é semelhante a anteriormente descrita. Entretanto, leva em consideração a popularidade do *SKU* (Frazelle, 2002). Neste método deve-se considerar um modo de armazenagem que possibilite um abastecimento mais frequente e melhor acesso para os *SKUs* classe A de popularidade.

#### **2.4.3.4. Distribuição de complementação dos itens**

Na distribuição de complementação dos itens, é considerada a percentagem de pedidos que podem ser completados por um subconjunto específico de itens. Por este método, um pequeno grupo de itens capazes de preencher a maior parte

das encomendas, pode ser posicionado em zonas estratégicas e de fácil acesso permitindo um ganho de produtividade através do aumento das taxas de processamento de pedidos. A distribuição baseia-se na popularidade dos itens e apresenta resultados significativos dada a redução do tempo operacional.

#### **2.4.3.5. Distribuição de correlação de demanda**

A distribuição de correlação de demanda indica a interdependência entre dois itens ou famílias de itens. Esta distribuição permite o posicionamento de itens de afinidade de solicitação em uma mesma zona, isto é, *SKUs* que são usualmente solicitados em conjunto pelos clientes estão próximos e, com isso, reduz-se o tempo do deslocamento na atividade de *picking* (de Koster *et al.*, 2006).

#### **2.4.3.6. Distribuição de variabilidade da demanda**

A distribuição de variabilidade da demanda indica o desvio da demanda em um determinado período, para cada item. A variabilidade da demanda pode ser utilizada como uma medida para assegurar que o tamanho de um local de armazenamento é suficiente (Frazelle, 2002).

#### **2.4.4. Perfil de inventário**

O perfil de inventário é uma técnica que visa analisar estoque de produtos e prever o nível de serviço a ser prestado aos clientes. Esta técnica apresenta oportunidades de melhoria nas práticas de gestão de inventário e manuseio de estoque.

##### **2.4.4.1. Distribuição de inventário ítem-família**

A distribuição de inventário ítem-família indica a quantidade de estoque *versus* a popularidade ou movimentações dos *SKUs*. As movimentações das classes ABC dos *SKUs*, devem ser proporcionais as suas respectivas quantidades em estoque. Por exemplo, *SKUs* classe A de giro, ou popularidade, em paletes, devem representar aproximadamente 80% das posições paletes em estoque.

#### **2.4.4.2. Distribuição de inventário de unidade de manuseio**

A distribuição de inventário de unidade de manuseio não é quase utilizada nos sistemas de armazenagem devido a dificuldade na obtenção das informações para aplicação desta metodologia. Portanto, este tipo de análise não será aqui abordado.

#### **2.4.5. Perfil de cronograma**

O perfil de cronograma tem como objetivo avaliar os picos e vales históricos das atividades de um CD podendo, portanto, ser utilizado para dimensionar e programar os recursos e atividades de modo otimizado ao longo de um período. Fazem parte deste perfil as análises que consideram a distribuição de sazonalidade bem como a distribuição de atividades diárias.

#### **2.4.6. Perfil de relação entre atividades**

O perfil de relação entre atividades identifica as relações entre funções e processos em um CD. Este perfil é utilizado visando localizar fisicamente processos afins em posições próximas. Como exemplo, reserva de posições de estoque devem ficar próximas ao recebimento para uma eficiente atividade de *put-away*.

#### **2.4.7. Perfil de investimento**

O perfil de investimento indica os parâmetros operacionais de custos necessários para a tomada de decisão de investimentos. Neste perfil incluem-se: o custo salarial, o custo de espaço físico, o custo de capital, *ROI* (retorno sobre investimento), o número de dias trabalhados por ano e o horizonte de planejamento.

## 2.5. O Projeto de um armazém

### 2.5.1. Metodologias de projeto de um centro de distribuição

Um estudo britânico mostrou que o número de novos e grandes centros de distribuição aumentou significativamente no período de 1995 a 2002 (Baker, 2004). Estes centros de distribuição com estruturas cada vez mais complexas têm representado elevados investimentos para empresas. Frost & Sullivan (2001) apontam que as despesas com automação dos CDs na Europa têm aumentado constantemente sendo esta uma tendência global (Modern Materials Handling, 2004, 2005, 2006).

Tem sido imprescindível para o sucesso dos novos CDs uma metodologia de projeto cada vez mais criteriosa visando o funcionamento dos mesmos da maneira mais rentável possível. Esta nova exigência decorre de diversos fatores tais como: elevados custos dos novos CDs dadas suas crescentes complexidades, maiores exigências nos níveis de serviços oferecidos aos clientes pelas próprias empresas como estratégia competitiva e, ainda, a crescente representatividade dos custos de logística nos faturamentos das empresas (Rouwenhorst *et al.*, 2000).

Segundo Rowley (2000), Rouwenhorst *et al.* (2000) e Goetschalckx *et al.* (2002), não existe uma metodologia de projeto abrangente e sistemática para a concepção de um centro de distribuição.

Na ausência de uma metodologia definida e aceita, a maioria dos projetistas de CDs desenvolveram as suas próprias abordagens. Decisões de projeto com base na experiência, intuição e julgamento pessoal têm sido as diretrizes dos projetistas de CDs. (Oxley, 1994).

Heskett *et al.* (1973) descreveram os principais aspectos do projeto de armazém sob a forma de três passos como sua metodologia:

- 1) Determinação dos requisitos de utilização do CD;
- 2) Projeto dos sistemas de manuseio de materiais e;
- 3) Desenvolvimento do *layout*.

Apple (1977) criou uma metodologia que consiste em 20 passos dada a complexidade das interações e relações entre cada atividade do projeto de um CD. Seguindo uma abordagem semelhante aos autores anteriores, Firth *et al.* (1988), Hatton (1990) e Mulcahy (1994) incorporam, entretanto, recursos como o

reconhecimento do CD na rede de distribuição global e a comparação de abordagens alternativas (conceitos de cobertura, tipos de equipamentos e *layouts*).

Oxley (1994) fornece uma lista bastante completa de passos que incorpora as principais características dos autores anteriores: o projeto do armazém deve ser centrado considerando os requisitos de armazenamento e manipulação.

Rowley (2000) e Rushton *et al.* (2000) admitem também uma estrutura básica de passos com simulação em computador de forma a verificar possíveis impactos na cadeia.

Rouwenhorst *et al.* (2000) admitem que um processo de design normalmente é executado através de uma metodologia que compreende uma série de fases consecutivas. As atividades dentro dessas fases organizam-se em uma estrutura hierárquica baseada em uma abordagem *top-down*, identificando-se, assim, estratégias, decisões táticas e operacionais.

Hassan (2002) e Waters (2003) fornecem uma série de passos que são semelhantes em muitos aspectos com os dos autores anteriores. Hassan preocupa-se mais com *layout* enquanto que Waters afirma que o sequenciamento dos passos não é restrito.

Rushton *et al.* (2006) refinam as etapas de forma a reconhecer a importância da flexibilidade no projeto do armazém. O projeto deve incluir o conceito de planejamento de cenários em sua metodologia, e isso leva numa etapa posterior específica a avaliar a flexibilidade do projeto.

Os autores enfrentam a complexidade das diversas metodologias descrevendo passo-a-passo as abordagens embora, de alguma forma, todos os passos estejam sempre inter-relacionados. Tal fato dificulta a identificação de uma metodologia ideal. Devido ao elevado número de possibilidades que existem em cada etapa, existem diferenças nos passos necessários dentre as várias abordagens analisadas pelo autor pelas seguintes razões: pela forma com que as atividades são agrupadas em etapas e, dado que algumas abordagens apresentam-se com algumas etapas mais exaustivas do que outras.

Segundo Baker (2009), o modelo de Oxley (1994) é ainda hoje uma das metodologias mais utilizadas como fundamentos pelos projetistas de armazéns. Em seu trabalho comparativo entre a literatura acadêmica e a utilizada pelos projetistas, o autor concluiu que as atividades no processo de design podem ser agrupadas sob várias combinações, embora exista pouco consenso quanto a exata



natureza dos instrumentos a serem utilizados para cada etapa. Baker (2009) destaca ainda o fato de que uma metodologia abrangente e de base científica para a concepção global do projeto de um armazém é uma meta ainda não alcançada.

O modelo de Oxley (1994) adota em sua metodologia os passos com seus respectivos objetivos e ferramentas conforme a tabela 1.

Tabela 1- Metodologia de projeto de um CD segundo Oxley (1994)

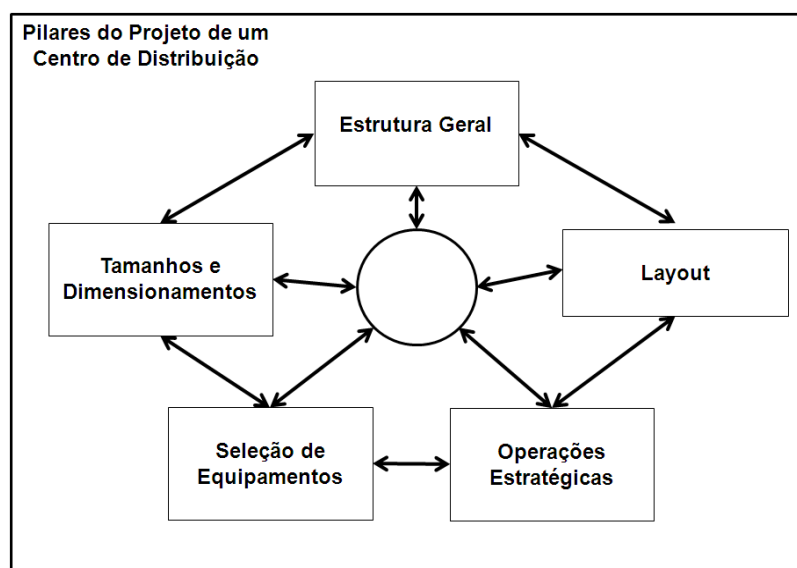
<b>Etapas</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Ferramentas</b>
1) Definição de requisitos de sistema	Agregar valor, planejar cenários ( <i>cross-docking</i> ) e atentar para questões ambientais.	Requisitos de negócios e estratégias e; Software de rede de distribuição.
2) Definição e obtenção de dados	Realizar as análises: detalhes dos produtos, chegada de bens, padrões de envio e obtenção de dados de custos.	Modelos de banco de dados e; Fluxogramas.
3) Análise dos dados	Conhecer demanda dos seguintes requisitos: perfis genéricos (paletes, caixas, itens, linhas de distribuição, variabilidade da demanda); perfil do inventário (distribuição de inventário por Pareto); perfil calendário-relógio (sazonalidade e distribuições de atividades diárias, relação de atividades, importância de certas funções e exigência de proximidades) e; perfil de investimento (salários e retornos exigidos).	Modelos padronizados de planilha e; Fluxogramas.
4) Estabelecimento de unidade de carga a ser utilizada	Desenvolver relação entre o tamanho da unidade de estocagem e o custo de armazenamento, devendo-se considerar a cadeia de suprimentos.	Pesquisa das operações existentes; Modelo de planilha padronizada e; Modelo de banco de dados.
5) Determinação dos procedimentos operacionais e seus métodos	Determinar os métodos de funcionamento para as atividades específicas dentro do CD.	Listas de verificação; Zoneamento do CD; Gráficos de avaliação de nível; Conceito literário e; Procedimentos padronizados de trabalho.
6) Consideração dos tipos de equipamentos e suas características	Avaliação de tecnologias com base em fatores gerais tais como a escala da operação e a flexibilidade necessária visando a identificação dos equipamentos adequados para determinadas aplicações.	-
7) Cálculo da capacidade dos equipamentos e quantidades	Dimensionar os equipamentos visando atender a demanda minimizando custo.	Planilhas padronizadas; Modelo de banco de dados; KPIs ( <i>Key Performance Indicators</i> ) históricos e padrões de desempenho.
8) Definição dos serviços e das operações acessórias	Específico para cada empresa.	Planilhas padronizadas; Modelo de banco de dados e; Tipos de ferramentas e equipamentos com suas devidas especificações.
9) Preparação dos <i>layouts</i> possíveis	Minimização do espaço, rapidez no acesso aos produtos, fluxos eficientes, ambiente de trabalho seguro e potencial de expansão.	Softwares
10) Avaliação e validação do modelo	Analisar comportamento do CD sob diversos cenários.	Planilhas padronizadas; Modelo de banco de dados; Modelos financeiros; Listas de verificações e; SCOR ( <i>Supply Chain Operations Reference</i> ).
11) Identificação do <i>layout</i> ideal	Analisar possíveis cenários com todos os elementos das etapas anteriores em um projeto coerente identificando, por exemplo, as unidades a serem utilizadas, as operações e os fluxos, os sistemas de informação, os tipos e as quantidades de equipamentos, os layouts internos e externos, as necessidades de pessoal e os custos.	Análise SWOT ( <i>Strengths, Weaknesses, Opportunities, and Threats</i> ); <i>Business cases</i> ; Planilhas padronizadas e Processamento de modelos.

### 2.5.2. Projeto: considerações, otimização e performance

A competição de mercado exige não só a melhoria contínua nas operações das redes logísticas, como também nas metodologias adotadas no projeto de um centro de distribuição. A adoção de novas filosofias de gestão de armazenagem, tais como *Just-In-Time (JIT)* ou produção enxuta, também traz novos desafios para os sistemas de armazenamento, incluindo o controle mais enxuto de estoques, menor tempo de resposta e uma variedade maior de produtos. Por outro lado, a implementação generalizada de novas tecnologias de informação (TI) como código de barras, comunicação por rádio frequência (RF), tecnologias por voz, sistemas automatizados de separação e mesmo o *WMS* (sistema de gerenciamento de armazém), oferece novas oportunidades para melhorar as operações dos armazéns. Estas possibilidades incluem: o controle em tempo real de funcionamento do armazém, facilidade de comunicação com as outras partes da cadeia de fornecimento e elevados níveis de automação (Gu *et al.*, 2006).

Para Gu *et al.*(2009), o projeto otimizado de um centro de distribuição consolida-se em cinco decisões importantes, apresentadas na figura 6, as quais englobam os passos fundamentais das metodologias abordadas nas subseções seguintes.

Figura 6- Decisões de projeto para infraestrutura de um centro de distribuição



Fonte: Adaptado de Gu *et al.* (2009)

### **2.5.2.1. Estrutura geral**

Na estrutura geral (ou projeto conceitual) de um armazém, já são previamente determinados os departamentos funcionais, os tipos e quantidades de depósitos ou áreas de armazenagem, as tecnologias a serem empregadas e os modos de montagem e atendimento dos pedidos. Nesta etapa do projeto são equacionados possíveis problemas de fluxo e movimentação de materiais (Gu *et al.*, 2009).

### **2.5.2.2. Determinação das dimensões de um centro de distribuição**

Existem dois cenários a serem considerados na modelagem de dimensionamento de um centro de distribuição:

- 1) Quando os níveis de estoque são determinados externamente, isto é, o armazém não tem controle direto sobre quando será realizado o recebimento de mercadorias nem seus quantitativos e;
- 2) Quando o armazém controla diretamente a sua política de estoque.

A principal diferença entre os cenários é que no segundo caso, o inventário e seus custos devem ser considerados na resolução do problema de dimensionamento. Quando o armazém não tem controle sobre inventário, no dimensionamento deve ser determinada uma capacidade de armazenamento adequada para satisfazer a demanda estocástica de espaço. Nos custos a serem considerados devem ser incluídos a construção do armazém e a estocagem de produtos e suas demandas. (White e Francis, 1971).

Para Gu *et al.*(2009), de um modo geral, o dimensionamento da capacidade de um CD resume-se a:

- Considerar a sazonalidade, a política de armazenamento, e as características dos pedidos, uma vez que esses três fatores interagem afetando a eficiência de armazenamento e;
- Empregar modelos de custos e estudos que validem tais modelos.

Em um dimensionamento otimizado de um centro de distribuição, o objetivo é alcançar o melhor desempenho dos processos, de forma a adequar a alocação de espaço considerando a capacidade de armazenamento e a eficiência operacional (Azadivar, 1989).

Uma questão-chave na modelagem do dimensionamento dos CDs, abordada na maioria das pesquisas, é que os modelos utilizados para desempenho no manuseio de materiais não contemplam o tamanho ou *layout* do armazém (Gu *et al.*, 2009).

### **2.5.2.3. Layout de um centro de distribuição**

Segundo Tompkins *et al.* (2002), no *layout* de um centro de distribuição, dois aspectos fundamentais devem ser atendidos:

- 1) A localização dos vários departamentos ou áreas tais como a de recebimento, estoque, separação, embalagem e expedição. Geralmente, esta disposição é efetuada levando-se em conta as interações entre as diversas atividades visando minimizar o custo operacional de movimentação e;
- 2) A determinação da extensão, número e largura dos corredores (quantidade de módulos de paletes por corredor) em um determinado departamento. O objetivo comum é encontrar um *layout* otimizado que atenda as exigências e restrições dos processos e, ao mesmo tempo otimize a distância e, conseqüentemente, o tempo dispendido nas movimentações de carga.

Segundo Gu *et al.* (2009), os problemas de *layout* dos centros de distribuição podem ser resumidos conforme a seguir:

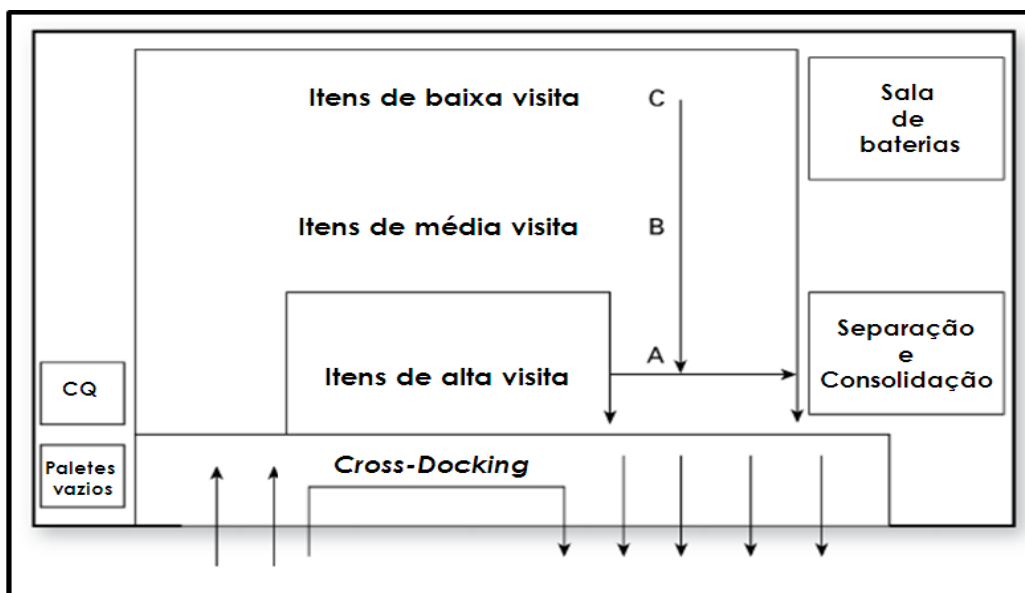
- Custo de construção e manutenção;
- Custo de manuseio de materiais;
- Capacidade de estocagem, capacidade de recebimento e expedição;
- Subutilização do espaço e;
- Subutilização dos equipamentos.

Roodbergen e Vis (2006) afirmam que ainda são necessárias pesquisas adicionais que ajudem a identificar a magnitude do impacto do *layout* nos custos totais ao longo da vida dos centros de distribuição considerando todos os processos envolvidos e a movimentação de materiais.

Segundo Richards (2011), o *layout* de um CD depende do tamanho e da forma do prédio, do acesso ao mesmo, do tipo de equipamento a ser utilizado e das operações previstas. O *layout* mais popular adotado pelas empresas tende a ser em formato U conforme ilustrado na figura 7. Neste tipo de *layout*, as docas de recebimento e expedição situam-se no mesmo lado do depósito de modo a garantir

a utilização máxima das docas, facilitar a operação de *cross-docking* e otimizar a utilização de empilhadeiras na atividade de *put-away* e *picking*. Os itens de maior visita são os mais próximos às docas, visando minimizar os deslocamentos.

Figura 7- Centro de distribuição em forma de U



Fonte: Adaptado de Richards (2011)

Outro tipo de *layout* também muito utilizado é o do formato em I. Neste tipo de *layout* as docas de recebimento e expedição situam-se em lados opostos do prédio como ilustrado na figura 8.

Figura 8- Centro de distribuição em forma de I



Fonte: Adaptado de Richards (2011)

Cada tipo de *layout* tem suas vantagens e desvantagens. Embora o tipo em U permita uma melhor utilização das áreas de *stages*, em sua operação podem ocorrer congestionamentos se tanto a área de *stage-in* quanto a área de *stage-out* estiverem muito ocupadas simultaneamente. Neste tipo de *layout* é também mais fácil as operações de segurança, uma vez que esta garante somente um dos lados do CD.

Já no layout do tipo em I, não existem problemas de congestionamento, entretanto, os deslocamentos são maiores e a segurança deve operar em um perímetro maior.

Ainda segundo Neves (2009), a quantidade de docas e a existência das áreas de *stage-in* e *stage-out* são tão importantes quanto o espaço físico destinado à estocagem de materiais no CD. Enquanto a maioria dos CDs dispõe de uma doca para cada 1.000 m<sup>2</sup> ou mais de área construída, os novos e melhores projetos de CDs (*world class*) dispõem de pelo menos uma doca para cada 500 m<sup>2</sup> de área construída sendo que, em algumas situações, essa relação pode ser ainda inferior como nos casos dos centros de distribuição avançados, posicionados em locais estratégicos para o atendimento de Clientes ou regiões específicas com um nível de serviço diferenciado. No caso de terminais de carga de Transportadoras e operações do tipo *cross-docking*, a relação chega, ainda, a uma doca para cada 150 a 250 m<sup>2</sup> de área construída.

Nos novos projetos de CDs as áreas de *stages* que antigamente estavam compreendidas entre 6 e 8 metros, são projetadas com 12 a 15 metros. Nos Estados Unidos, já se utilizam *stages* com até 30 metros (Neves, 2009).

#### **2.5.2.4. Seleção de equipamentos**

A seleção de equipamentos para um centro de distribuição está diretamente correlacionada aos níveis de automação, de manuseio, de armazenagem e o tipo de *SKU* a ser trabalhado. As decisões a serem tomadas são de natureza estratégica, e afetam quase todas demais decisões de processos e operacionais, bem como o investimento no CD e o desempenho geral do mesmo. Determinar o melhor nível de automação está longe de ser óbvio, na maioria dos casos, e, na prática, geralmente é determinado com base na experiência pessoal de designers e gestores (Gu *et al.*, 2009).

Cox (1986) apresenta uma metodologia para avaliar diferentes níveis de automação com base em uma técnica de análise de custo-produtividade chamado de hierarquia de índices de produtividade. White *et al.* (1981) desenvolveram modelos analíticos para comparação de armazenagem de paletes em estruturas de porta paletes de simples e de dupla profundidade, bem como modelos analíticos utilizando o sistema *AS/RS (Automated Storage and Retrieval System)* a fim de determinar o espaço físico mínimo necessário em cada caso. Matson e White (1981) estenderam, ainda, o estudo de White *et al.* (1981) no sentido de desenvolver um modelo de custos de espaço e de manuseio de materiais visando demonstrar a influência do manuseio e movimentação destes materiais em um sistema de armazenamento ideal.

Existem duas questões fundamentais a serem consideradas na seleção dos equipamentos:

- 1) Como identificar as alternativas de equipamentos que sejam eficientes para um determinado tipo de estocagem / separação e;
- 2) Como selecionar entre as diversas alternativas qual a mais eficiente.

Uma contribuição significativa para solucionar as questões anteriormente apresentadas, seria o desenvolvimento de um método de comparação que avaliasse conjuntamente os requisitos de armazenamento e as características dos equipamentos de forma que estas duas questões pudessem ser abordadas de uma forma unificada (Gu *et al.*, 2009).



### 3. MÉTODO DE PESQUISA

A proposta desta pesquisa baseia-se, tanto nos fundamentos adotados para o projeto de um centro de distribuição, quanto nos estudos de perfis de Frazelle (2002).

A abordagem deste estudo visa focar no CD analisado da empresa Alfa, o entendimento das causas raiz de problemas contextualizados e diagnosticados; a exploração de oportunidades de ganhos e melhorias com embasamento técnico de acordo com a bibliografia estudada bem como a recomendação de implementação de algumas propostas.

A literatura pesquisada apresenta diversos pontos e métodos fundamentais para melhorias, tanto a nível estrutural, quanto de processos e procedimentos das atividades de um centro de distribuição. Destacam-se neste contexto, como objetivos do estudo, a reestruturação dos processos e procedimentos das atividades de armazenagem e do *layout*, considerando o efeito *honeycombing* e estudo de perfis de atividades de armazenagem. É abordado, também, a otimização das unidades de volume visando ganhos de produtividade.

Além da fundamentação bibliográfica correlata ao tema, o método de pesquisa consistiu, também, de visitas e observação *in loco* por diversas semanas consecutivas, na obtenção de dados extraídos dos sistemas de informação da empresa, na realização de entrevistas exploratórias bem como entrevistas de validação para, finalmente, estabelecer propostas de melhorias avaliando-se a extensão e o impacto das mudanças sugeridas.

As entrevistas foram conduzidas com funcionários de diferentes níveis hierárquicos dentro das diversas áreas do centro de distribuição. Foram entrevistados o gerente de recebimento/estoque, o gerente de preparação, o coordenador de expedição e o próprio diretor do CD sem a utilização de questionários estruturados.

Diversas questões levantadas na literatura consultada para identificar, descrever e analisar os gargalos das operações e pontos relevantes dos processos e

procedimentos do CD foram incorporadas nas análises, conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 2- Questões relevantes para diagnóstico do centro de distribuição

Pontos de Análise	Questões relevantes para avaliação:
Infraestrutura	a) <i>Layout</i> do CD e; b) Equipamentos de manuseio e movimentação de armazenagem.
Processos	a) Recebimento e <i>put-away</i> ; b) Estoque e endereçamento; c) Preparação ou <i>picking</i> ; d) Abastecimento e; e) Expedição.
Estudo de Perfis Frazelle (2002)	a) Distribuição do <i>mix</i> dos pedidos; b) Distribuição do <i>mix</i> de unidades de manuseio; c) Distribuição de incremento da ordem de palete; d) Distribuição de incremento da ordem de caixa; e) Distribuição das linhas por pedido; f) Distribuição por popularidade do item; g) Distribuição de complementação dos itens e; h) Distribuição de inventário item família.

As análises com os dados extraídos dos sistemas de informação da empresa (relatórios e documentos internos), entrevistas, bem como a fundamentação da bibliografia acadêmica, foram realizadas pelo autor desta dissertação durante as fases de contextualização e de diagnósticos ao longo dos meses de janeiro a julho de 2012. Tais fases permitiram identificar gargalos e oportunidades de melhorias. Concluídas as fases de contextualização e diagnósticos, foram apresentadas propostas ao comitê gerencial da empresa no intuito deste definir quais seriam as frentes prioritárias para elaboração e execução de um plano de ação para a terceira e última fase. O comitê gerencial, visando priorizar ganho de produtividade e qualidade nos processos e procedimentos operacionais do CD, decidiu como escopo principal a reestruturação no processo de *picking*, o qual foi implementada já no decorrer do semestre seguinte juntamente com outras propostas consideradas menos relevantes.

## 4. ESTUDO DE CASO

O centro de distribuição da empresa de cosméticos ALFA é localizado no estado do Rio de Janeiro – Brasil e possui uma área de 26.800 m<sup>2</sup>. Em se tratando de rede logística, o CD é único e responsável pela distribuição de cosméticos em todo território nacional.

A instalação dispõe de cerca de 150 funcionários efetivos e 220 funcionários terceirizados. Vale destacar a utilização de uma mão de obra, também terceirizada, contratada somente na última semana de cada mês visando a realização dos pedidos de clientes e atingimento da meta da área comercial que tem como característica uma concentração de vendas de aproximadamente 45% na semana de fechamento mensal.

As operações do centro de distribuição da empresa de cosméticos Alfa são divididas basicamente em duas divisões: A primeira atende principalmente a área técnica e farmacêutica e sua demanda tem um perfil predominantemente de fracionados. Ao longo deste trabalho, esta divisão será denominada como divisão de materiais nobres. Já a segunda divisão tem um perfil composto predominantemente de caixas o qual representa cerca de 80% do faturamento da empresa uma vez que tem como público alvo as classes B e C do Brasil. Esta segunda divisão será denominada como divisão de produtos populares.

As unidades de manuseio no CD são unidades, caixas e paletes sendo este último a unidade padrão de recebimento e expedição.

### 4.1. Fases 01 e 02 - Contextualização e diagnósticos do centro de distribuição da empresa Alfa

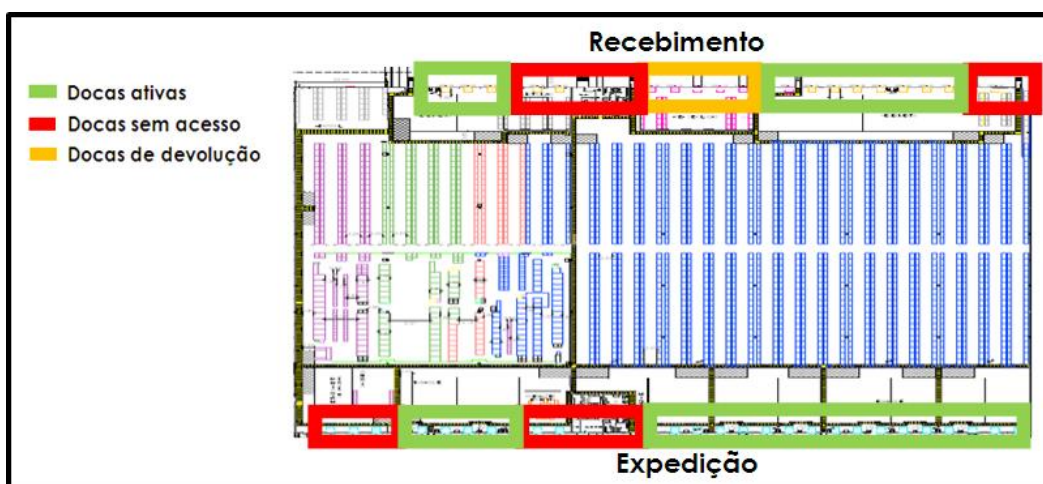
#### 4.1.1. Layout do centro de distribuição e equipamentos

O *layout* do centro de distribuição da empresa Alfa, como ilustrado na figura 9, é do tipo em I. No projeto do prédio, são disponibilizados um total de 53 docas (24 docas de recebimento e 29 docas para expedição).

A relação entre a área construída e o número total de docas é de 505 m<sup>2</sup>/doca o que representa um projeto padrão *world-class* segundo Neves (2009), e o caracterizaria como um CD com um elevado potencial de capacidade de recebimento e expedição, ou elevado índice de *throughput*.

Entretanto, devido à construção de salas administrativas, estacionamento de empilhadeiras, realização de atividades como a de embalagem em áreas antes projetadas para *stage-in* e *stage-out* e docas dedicadas apenas à devolução, inviabilizou-se a utilização de 16 docas as quais perderam seus acessos ou função principal, e com isto, restringiu-se o CD à 14 docas ativas para recebimento e 23 para expedição. Com a nova relação efetiva entre a área construída e o novo número total de docas ativas de 725m<sup>2</sup>/doca e, ainda, o subdimensionamento resultante da perda de áreas de *stages*, a expedição tornou-se um “gargalo” do CD na semana de fechamento mensal com potencial risco de inversão de cargas a serem expedidas.

Figura 9- Centro de Distribuição em forma de I da empresa Alfa



Fonte: Estudo de caso

#### Estruturas de armazenagem

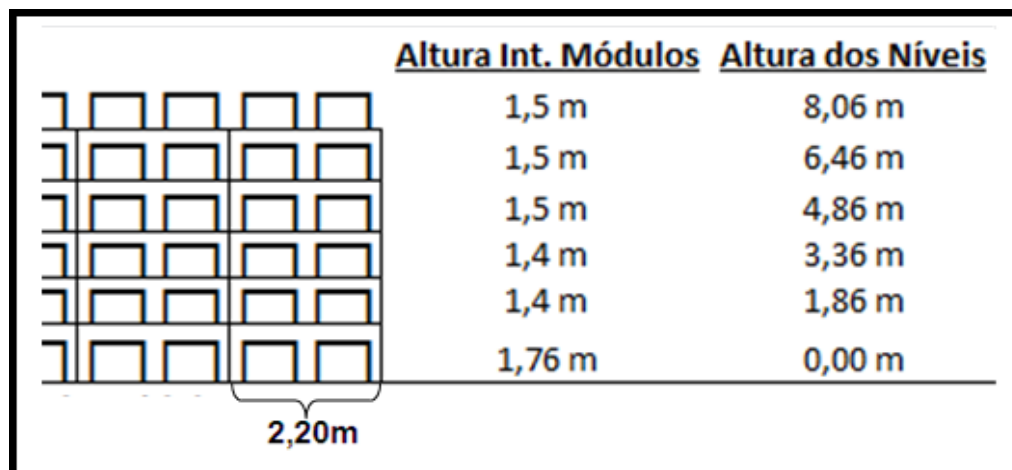
A empresa utiliza basicamente três tipos de estruturas para as duas divisões mencionadas no item 4.1.1:

- Porta paletes de simples profundidade: Também conhecidos como *Pallet racks*, são estruturas metálicas para armazenagem de paletes. Ela permite verticalizar o estoque, aumentando a capacidade de armazenagem em uma mesma área. As posições de 1º nível dos *racks*, também conhecidas como

posições de base, são utilizadas para *picking* de caixas. As posições do 2º nível ao 6º nível são utilizadas para estoque e *picking* de paletes, ou seja, na mesma área, ou depósito, de estruturas porta paletes, são realizadas tanto as atividades de estocagem quanto *picking* de paletes e caixas. Cada posição possui um endereço, como 92.59.123456, onde 92 significa o número da rua, 59 o número da coluna, e os números 123456 indicam o nível entre 1 e 6.

A figura 10 apresenta o esquema típico da estrutura dos porta paletes da empresa Alfa com as respectivas alturas de níveis e dimensionamento do módulo. Cada módulo comporta duas posições paletes.

Figura 10- Esquema da estrutura porta paletes

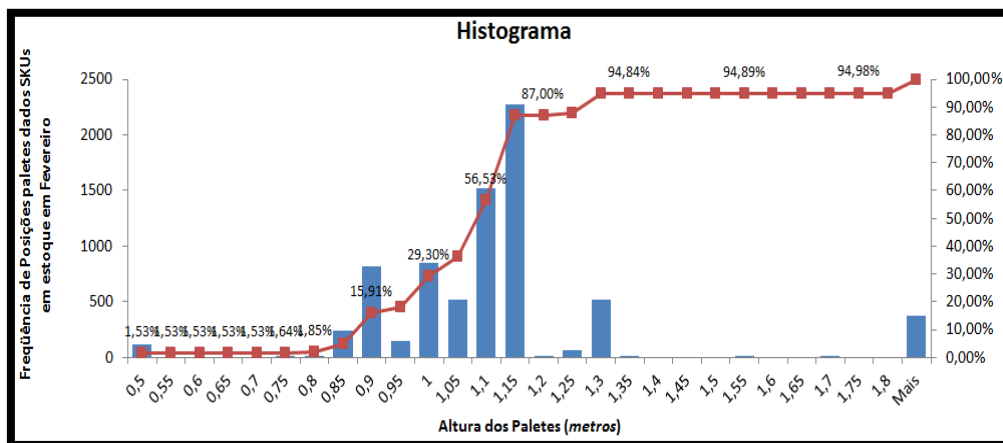


Fonte: Estudo de caso

O estudo do efeito *honeycombing*, foi realizado visando determinar a utilização efetiva do espaço interno dos módulos das estruturas porta paletes. No gráfico apresentado na figura 11, verifica-se a frequência dos tamanhos dos paletes no estoque para todos *SKUs* visando, desta forma, analisar se o dimensionamento dos módulos (altura interna) está de acordo com o perfil dos paletes estocados. Foi considerado para este estudo o paleta padrão PBR de 0,15m de altura mais 0,10m de tolerância na altura para manuseio da empilhadeira (a tolerância passa para 0,20m acima do terceiro nível). Observou-se que 87% do total dos paletes podem ser colocados em módulos de 1,40m ( $0,15m + 0,10m + 1,15m$ ) de altura como determinado pela empresa como padrão. Entretanto, este estudo também mostra que módulos menores poderiam ser criados e, desta forma, gerar mais posições paletes reduzindo-se o efeito de estoque de ar (*honeycombing*). Cabe lembrar que para o incremento

de novas posições, deve-se levar em consideração as espessuras das longarinas bem como a altura útil interna disponível da estrutura porta paletes.

Figura 11- Esquema da estrutura porta paletes



Fonte: Estudo de caso

- *Flow-racks*: Também conhecidos como esteiras, é um sistema dinâmico constituído por uma estrutura em módulos composta de trilhos com roletes deslizantes sobre os quais se deslocam as caixas nas quais são realizadas a atividade de *picking* de unidades ou fracionados. Este sistema permite que seu abastecimento seja pelo lado oposto não interferindo na atividade de separação.

Nas estruturas de *flow-racks* foi observada a existência de alguns problemas estruturais que podem influenciar diretamente na produtividade no processo de preparação (figura 12).

Figura 12- Problemas estruturais nos *flow-racks*



Fonte: Estudo de caso

Como problemas mais comuns, citam-se:

- ✓ Existem *flow-racks* com roldanas desgastadas e quebradas;

- ✓ As divisórias entre canais não são as ideais considerando os formatos das caixas sendo pouca atenção dada ao ajuste dos canais bem como suas inclinações e, como consequência, o preparador perde tempo na atividade de preparação ao ter que puxar caixas.
- *Bins*: são gavetas abertas, empilhadas, que têm como função acondicionar *SKUs* de baixo giro para a realização de *picking* de fracionados. Este sistema ocupa uma área muito reduzida se comparada as esteiras.

#### **4.1.2. Equipamentos de manuseio e movimentação**

Os equipamentos utilizados para a movimentação de materiais são próprios e dividem-se nos seguintes tipos: manuais (carrinho de mão, transpaleteiras, etc.) e mecanizados (empilhadeiras), não dispondo, ainda, de nenhum sistema automatizado ou robotizado.

Os modelos de empilhadeiras são: N20, L12, E15 e R14. A N20 é uma transpaleteira utilizada somente na realização de *picking* de caixas embora algumas permitam a elevação da carga até uma altura de 1,70m do piso. A L12 é uma empilhadeira não tripulada utilizada para o abastecimento de posições de base a serem utilizadas na preparação de pedidos. Estas permitem uma elevação de até 4,20m do piso (terceiro nível na estrutura porta paletes). A E15 é uma empilhadeira utilizada no descarregamento de caminhões na atividade de recebimento e no carregamento dos mesmos na atividade de expedição. Finalmente, a R14 é uma empilhadeira utilizada nos processos de estocagem com maior capacidade de elevação atingindo até 8,20m do piso (6º nível dos *racks*). Na figura 13 são apresentados os equipamentos descritos anteriormente. A idade média da frota de empilhadeiras é de 8 anos sendo sua vida contábil de 10 anos.

Figura 13- Equipamentos de manuseio utilizados na empresa Alfa



Fonte: Estudo de caso

### 4.1.3. Processos

#### 4.1.3.1. Recebimento / Put-away

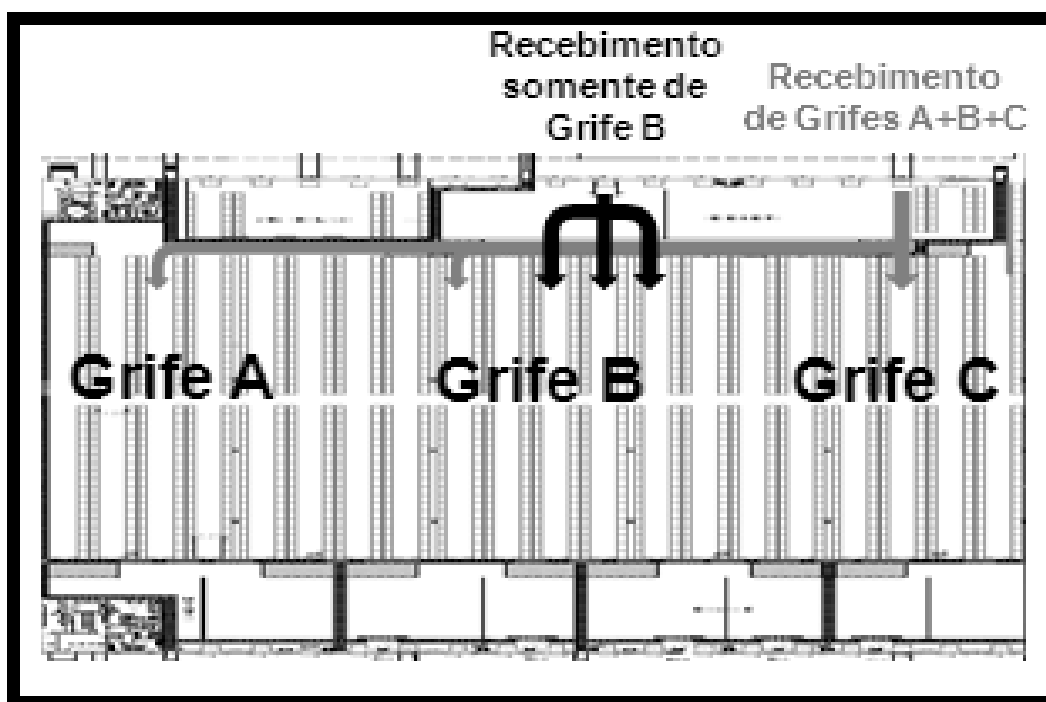
No processo de recebimento são realizados o controle e programação das entregas, o recebimento físico e fiscal do material, a checagem da nota fiscal com o pedido de compra e também a checagem da nota fiscal com o material recebido além da checagem visual da integridade dos materiais e das embalagens.

No centro de distribuição da empresa Alfa, como será descrito no item de *picking*, os produtos estão armazenados por marca ou grife e esta estratégia de organização implica diretamente no modo como o processo de recebimento deve ser conduzido. As cargas recebidas, unitizadas em paletes, chegam aleatoriamente posicionadas nos containeres dos caminhões, isto é os paletes de diferentes grifes são posicionados uns sobre outros e, como consequência, é necessário um número maior de manuseios de materiais. Além deste incremento no custo operacional, as empilhadeiras responsáveis pela atividade de *put-away*, dispendem mais tempo com deslocamentos para as respectivas zonas de estocagem de cada grife (figura



14). Em uma atividade de pré- recebimento, isto é, se já na expedição da fábrica a carga é discretizada por grife e/ou uniformemente distribuída no container do caminhão, este pode, ao chegar no CD, ser direcionado diretamente para uma doca frontal à zona da grife em maior volume transportada.

Figura 14- Recebimento de cargas com grifes misturadas e discretizadas



Fonte: Estudo de caso

A empresa Alfa utiliza para identificação dos produtos no recebimento o sistema de código de barras. Após a identificação e realizados todos os trâmites das atividades, o sistema WMS identifica uma posição no estoque dentro da área de armazenagem daquele *SKU*. Os produtos são, então, conduzidos pelas empilhadeiras R14 até o seu local de destino no depósito de estoque e, após seu posicionamento físico na posição indicada, o operador “bipa” o código de barra da posição, indicando ao sistema o término da atividade de *put-away* daquele *SKU*.

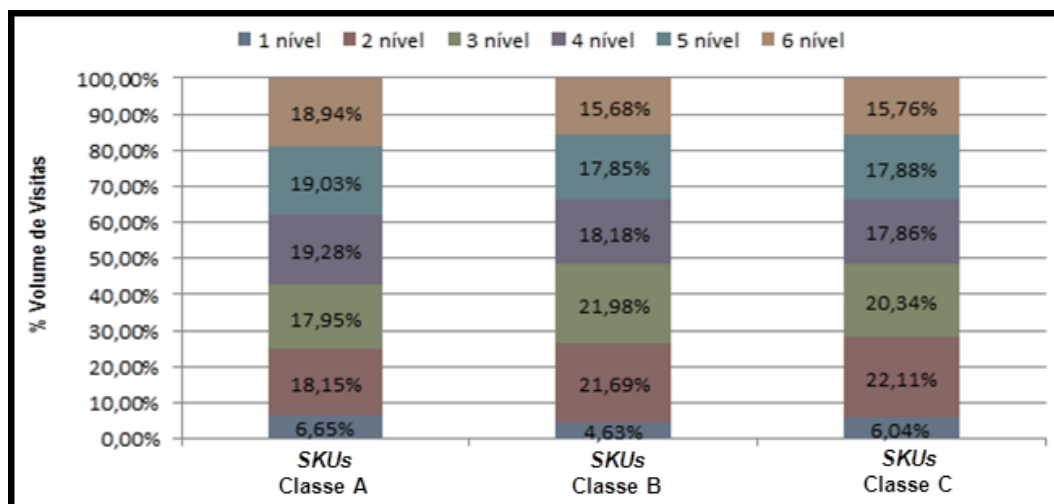
#### 4.1.3.2. Estoque e endereçamento

As políticas de estoque adotadas no centro de distribuição da empresa Alfa são de estocagem dedicada para as posições onde ocorrem o *picking* (primeiro nível das estruturas porta paletes, *flow-racks* e *bins*) e estocagem aleatória para o estoque propriamente dito (demais níveis das estruturas porta paletes). No caso da

política de estocagem aleatória, utiliza-se a estratégia de zonas de armazenagem, isto é, os *SKUs* não possuem endereço fixo, mas sim zonas de preferência visando maximizar a ocupação das posições no estoque e minimizar deslocamentos no abastecimento das posições dedicadas de *picking* de caixas (posições de base ou primeiro nível das estruturas porta paletes).

Procedendo-se uma análise mais precisa com relação a estratégia de armazenagem adotada, verifica-se que ela é aplicada considerando somente a movimentação horizontal, ou entre as ruas do CD. Através do gráfico apresentado na figura 15, constata-se que os *SKUs* são estocados verticalmente sem consideração de suas respectivas popularidades. Os *SKUs* de popularidade classe A, isto é, que representam 80% de todas movimentações, bem como os *SKUs* de classe B (15% das movimentações) e classe C (5% das movimentações) estão quase que uniformemente distribuídos pelos 6 níveis das estruturas porta paletes quando o cenário mais produtivo conduziria a uma maior concentração de *SKUs* de maior popularidade (mais visitados) nos níveis mais inferiores e vice versa para os de menor popularidade (menos visitados).

Figura 15- Distribuição das classes de visitas dos *SKUs* pelos níveis dos porta paletes



Fonte: Estudo de caso

A média da cobertura de estoque do CD é de 12 dias e a taxa de ocupação média do estoque é de cerca de 92% o que pode significar que a capacidade de estocagem está aquém da adequada. Neves (2009) afirma que esta inadequação decorre de uma elevada taxa de ocupação das posições de estoque, obrigando que

muitos *SKUs* sejam estocados longe de suas áreas estratégicas aumentando tempos de movimentação e manuseio e, consequentemente, elevando custos operacionais. O mesmo autor ressalta que a produtividade de um CD diminui em cerca de 25% quando sua taxa de ocupação está compreendida entre 85% e 90%.

Um aspecto de grande relevância em um CD é a indexação correta dos endereços nas posições físicas de armazenamento. Na empresa Alfa foi encontrado um grande número de posições erradamente indexadas nas estruturas porta paletes o que ocasionava divergências entre o físico e o sistêmico gerando, como consequências, impactos nos processos de recebimento, *put-away*, estoque, abastecimento e preparação (figura 16).

Figura 16- Falha de indexação: divergências entre o sistêmico e físico e seus impactos



Fonte: Estudo de caso

Na figura 16, posições de segundo e terceiro nível, indexadas erradamente (códigos de barra trocados), geram um conflito com as posições cadastradas no sistema, isto é, posições de estoque fisicamente vazias constam como ocupadas no sistema e vice-versa impactando em um “efeito cascata” nos principais processos: o sistema indica o estoque como lotado, não permitindo o recebimento de novos

materiais; o recebimento com *stage-in* lotado gera fila de caminhões no pátio (acarretando aumento nos custos de transportes) e; a preparação fica prejudicada uma vez que o abastecimento das bases de *picking* só pode ser realizado pelas empilhadeiras R-14 que atingem níveis mais elevados. Segundo consultores de mercado, muitos armazéns gastam de 10 % a 30 % a mais do que deveriam devido a falhas no endereçamento.

Em uma análise com relação aos status dos *SKUs* nos diversos tipos das estruturas, verifica-se a necessidade de uma reorganização e/ou descarte de materiais descontinuados, obsoletos e vencidos que ocupam posições “nobres”. A figura 17 apresenta os significativos percentuais de posições desperdiçadas em *bins*, *flow-racks* e porta paletes.

Figura 17- Quantitativos e percentuais de posições desperdiçadas em diferentes estruturas (*bins*, *flow-racks* e porta paletes)

Flow-racks e Bins			Posições Paletes de Base			Posições Paletes no estoque		
Status	Posições	%	Status	Posições	%	Status	Posições	%
Cancelado	1	0%	Cancelado	1	0%	Cancelado	3	0%
Bloqueado	4	0%	Bloqueado	4	0%	Bloqueado	55	0%
Componente	33	1%	Componente	56	2%	Componente	80	1%
Lançamento	172	4%	Descontinuado	192	6%	Descontinuado	180	1%
Descontinuado	291	7%	Lançamento	206	6%	Em Linha não TR	1676	11%
Em Linha não TR	438	10%	Em Linha não TR	414	12%	Lançamento	2367	16%
Em Linha	3395	78%	Em Linha	2571	75%	Em Linha	10776	71%
Total Geral	4334	100%	Total Geral	3444	100%	Total Geral	15137	100%

Fonte: Estudo de caso

Nas atividades de endereçamento e estoque vale, ainda, destacar outros diagnósticos de menor relevância, mas geradores de custos:

- Falta de divulgação de uma matriz de responsabilidades que tem como objetivo apresentar a distribuição do trabalho, responsabilidades, etc. Por exemplo: responsável pelos endereçamentos e atualizações dos perfis de *SKUs* e responsáveis pelas organizações do depósito e/ou ruas e/ou áreas;
- Cadastros físicos dos *SKUs* divergentes da realidade como, por exemplo: quantidades por caixa; quantidades por palete e; dimensões dos próprios *SKUs* bem como de suas caixas e paletes;
- Geração/cadastramento errado (nomenclatura) de posições no sistema como, por exemplo: BIM-001(errado) e BIN-001(correto);
- Posições com identificação e etiquetagem manual e sem padronização como

ilustrado na figura 18;

Figura 18- Identificação deficiente (*bins*, *flow-racks* e porta paletes)



Fonte: Estudo de caso

- Falta de planejamento/previsão de endereçamento para novos *SKUs* (lançamentos) e;
- Insuficiência de fiscalização por meio de câmeras e vigilantes visando minimizar furtos e vandalismos.

#### 4.1.3.3. *Preparação ou picking*

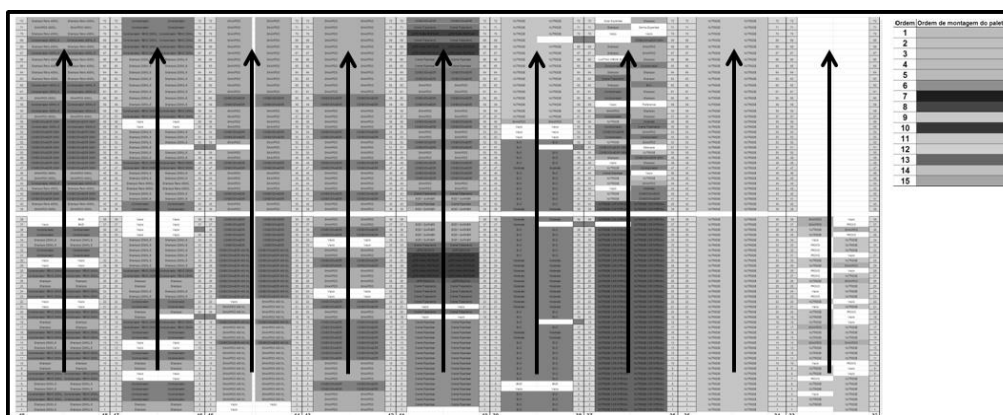
No CD da empresa Alfa, a atividade de preparação, ou *picking*, ocorre de três modos: *picking* de fracionados, *picking* de caixas e *picking* de paletes. Esta atividade é exercida adotando-se a política de *picking* discreto, que consiste na coleta individual de todos os *SKUs* de um único pedido por um único preparador (Tompkins, 1998; Lima, 2002). Para a realização desta atividade o preparador se desloca pelo CD com uma lista em papel, chamada de fornecimento ou documento de venda, contendo as unidades, caixas ou paletes dos *SKUs* a serem coletados de uma única grife de um determinado cliente. Caso um cliente solicite *SKUs* de diferentes grifes no seu pedido, diferentes fornecimentos (ou documentos de vendas) serão gerados e estes, por sua vez, serão preparados por diferentes preparadores acarretando muitas vezes em faturamentos e até mesmo expedições em momentos diferentes.

A empresa Alfa não adota o método de *picking* em *wave*, geralmente utilizado para atender pedidos que possuem um mesmo destino na expedição (Petersen, 2000). Já foram relatados casos de caminhões que precisaram aguardar

mais de 24 h no pátio para preparação e consolidação de pedidos de uma única região. Convém lembrar que as docas são dedicadas a transportadoras operantes por regiões pré-determinadas.

Métodos de roteamento influenciam diretamente o tempo de separação de pedidos (Petersen, 1997; Roodbergen e Koster, 2001). Procedendo-se uma análise do método de roteamento utilizado pela empresa Alfa, verificou-se que nenhum método estava sendo aplicado, nem mesmo o senoidal que é o mais amplamente utilizado em muitos CDs. Na atividade de *picking* de caixas, que representa cerca de 80% da demanda e faturamento da empresa, observou-se através de entrevistas e acompanhamento in loco dos preparadores mais experientes, que os circuitos são totalmente aleatórios e sem preocupação com os deslocamentos percorridos. Entretanto, estes circuitos sempre levam em consideração o volume e o peso das caixas dos *SKUs* a serem coletados visando a montagem de um palete mais uniforme e estável com produtos maiores e mais pesados na base. Apresenta-se na figura 19, em tons de cinza, a distribuição aleatória dos *SKUs* por padrões de caixas localizados pelas ruas do CD.

Figura 19- Distribuição dos *SKUs* por padrões de caixas no layout de *picking* de caixas e o roteamento segundo as listas de *picking*



Fonte: Estudo de caso

Na legenda da figura 19 são apresentados os padrões de caixas de *SKUs* em ordem decrescente de peso e volume seguida pelos preparadores na montagem do palete. As setas que deveriam orientar o circuito de *picking* a ser seguido não tinham utilidade, pois pelas listas de *picking*, o preparador que estivesse no extremo final da rua, teria que retornar ao início de cada rua subsequente (origem de cada seta) para dar continuidade na busca dos *SKUs* do documento de venda. Isto é, as listas e setas (roteamento configurado no sistema) não compunham uma

lógica com a adotada pelos preparadores bem como com a lógica do menor deslocamento.

Dentro do cenário do layout de *picking* de caixas, dada sua importância como antes mencionado, um fato diagnosticado é a avaliação da capacidade de cobertura das bases de *picking* frente a demanda na semana de fechamento (5 últimos dias do mês) a qual representa 45% das vendas mensais. Após a realização de uma análise do quantitativo de bases de *picking* para cada *SKU* versus o volume de caixas demandadas na semana de fechamento, verificou-se uma insuficiência no dimensionamento das posições alocadas para alguns *SKUs* de alto giro e um excesso de posições desnecessariamente ocupadas por *SKUs* de baixo giro no mesmo período. Para esta análise, levou-se em consideração o número total de posições de base na estimativa da proporção adequada de posições para cada *SKU*. Como exemplos, citam-se:

- Material “X” possuía giro de 0,75 paletes/dia, na última semana do mês, e possuía 8 posições paletes de base (super dimensionado) e;
- Material “Y” possuía giro de 6,2 paletes/dia, na última semana do mês, e possuía apenas 4 posições paletes de base (sub dimensionado).

Tratando-se, ainda, do cenário de *picking* de caixas, cabe ressaltar o modo de consumo dos paletes nas posições de base pelos preparadores. Um *SKU* com diversas posições paletes de base, por exemplo, tem todos seus paletes sendo consumidos simultaneamente (preparador opta sempre pela caixa mais alta - zona de conforto) o que acarreta a necessidade de abastecimento ou suprimento de todos no mesmo momento (apenas um único ponto de ressuprimento sem estoque de segurança).

Como consequências de um mau dimensionamento/planejamento de posições de bases de *picking* bem como o consumo desordenado dos paletes, tem-se uma sobrecarga desnecessária na atividade de abastecimento impactando em um número maior de movimentações, faltas de material durante a atividade de *picking* (alta frequência) e, conseqüentemente, menor produtividade.

Finalmente, avaliando-se o modo de organização do layout de *picking*, com relação as classes ABC de popularidade dos *SKUs*, observa-se a inexistência de adoção de uma política conforme sugerida por Petersen *et al.* (2005). O endereçamento de novos *SKUs* ou lançamentos, que ocorre de modo frequente, é

realizado sem nenhuma previsão ou planejamento de organização que vise um melhor desempenho da atividade de *picking*.

Após a apresentação deste contexto com os diagnósticos ao comitê da empresa Alfa, um redesenho do processo de *picking* foi sugerido como a frente prioritária para a realização de um plano de ação, o qual será abordado no tópico 4.2.2.2.

Tratando-se ainda da atividade de *picking*, uma outra discussão abordada com o comitê gerencial da empresa foi com relação ao estudo da viabilidade e impactos no CD na hipótese da área comercial da empresa passar a realizar vendas não mais por grife (documento de vendas), mas sim por um *mix* de grifes (pedido do cliente), uma vez que a compra por segmentos ou famílias pelos clientes atacadistas era significativa. Esta estratégia visava minimizar custos de fretes e aumentar o *market share*, pois o limite mínimo para os pedidos de compra poderia ser reduzido permitindo atender varejistas pequenos e consolidar cargas e viagens à clientes que, em alguns casos, ocorrem mais de uma vez na mesma semana.

#### **4.1.3.4. Abastecimento**

O abastecimento é o processo de recolocar materiais do estoque nas posições onde é realizada a atividade de *picking*, ou seja, nos *bins*, *flow-racks* e posições bases de paletes. Para a realização desta tarefa na empresa Alfa, os abastecedores dispõem de paleteiras para movimentação horizontal e empilhadeiras L12 (que atingem até o terceiro nível). Quando o material requerido encontra-se acima do terceiro nível, são utilizadas as empilhadeiras R14.

Conforme dito anteriormente, a atividade de *picking* não dispõe de coletores RF, tecnologia *by voice* ou qualquer outra tecnologia para realização de sua atividade o que acarreta falta de sincronia entre os níveis de estoques reais e o sistêmico. Como resultado, a atividade de abastecimento é realizada pelos abastecedores de forma visual, isto é, estes identificam as posições vazias, anotam as quantidades necessárias em suas pranchetas (realizando cálculos de cabeça) e executam a busca do material requerido no estoque para o reabastecimento. A movimentação sistêmica de materiais ocorre somente sob duas situações:

1. Quando o abastecedor, após realizar a atividade de abastecimento, informa em algum *PC* a reposição de material na posição abastecida ou;



2. Quando o material é faturado, já no processo de expedição, e o quantitativo deste é automaticamente debitado da quantidade existente em sua posição de *picking*.

Ainda, como contextualização e diagnóstico da atividade de abastecimento da empresa Alfa, observa-se que não existem equipes dedicadas a cada setor de atividade, isto é, os abastecedores alternam-se entre os diversos setores e, frequentemente, não estão familiarizados com os *SKUs* de maior giro; as posições de *picking* não estão corretamente dimensionadas (nos *flow-racks*, por exemplo, todos *SKUs* têm apenas uma canaleta independente de sua classe de giro) e não existe uma identificação para os *SKUs* de maior giro para efeito de alerta dos abastecedores e, com isso, evitar a falta do mesmo durante a atividade de *picking* na semana de fechamento.

#### **4.1.3.5. Expedição**

A expedição na empresa Alfa é realizada por meio de 23 docas ativas, as quais estão divididas por transportadoras que atendem regiões específicas. Os fornecimentos são consolidados na área de *stage-out* e o fato de o processo de *picking* não ser por *wave*, não existe uma sincronia entre o processo de *picking*, a expedição e as transportadoras. Isto é, pedidos são muitas vezes preparados para transportadoras que estão sem caminhões disponíveis nas docas, enquanto que transportadoras com caminhões disponíveis no pátio aguardam o início da montagem de seus pedidos.

#### **4.1.4. Contextualização e diagnóstico dos perfis de atividades de armazenagem**

Nos tópicos subsequentes, são realizadas as análises pertinentes aos perfis de atividades de armazenagem da empresa Alfa. Para estas subsequentes análises, foi focado a divisão de produtos populares por ser a mais representativa no faturamento e demanda de mão de obra operacional pela empresa.

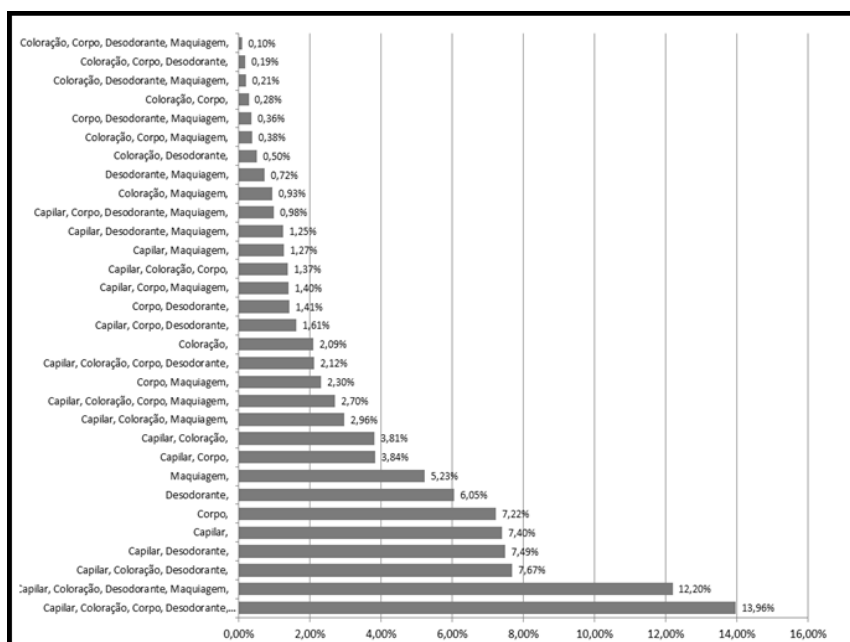
#### 4.1.4.1. Perfil de pedido dos clientes (*Customer order profile*)

Segundo Frazelle (2002), o primeiro e o mais importante passo para planejar e desenhar as operações de armazenagem é entender o perfil de pedido dos clientes. Para análise de perfil de pedido dos clientes (*Customer order profile*), foram utilizados os dados dos três meses típicos de pico da empresa Alfa (setembro, outubro e novembro).

- Distribuição do *mix* dos pedidos

Em uma primeira avaliação da distribuição do *mix* dos pedidos, analisa-se a distribuição do *mix* de famílias. O objetivo desta análise é evidenciar a real necessidade de zonear o CD em famílias considerando-se a representatividade das ordens puras e mistas. No gráfico da figura 20, observa-se que a soma de pedidos puros é de apenas 27,99% do total, demonstrando que o perfil não apresenta uma composição bem definida, o que possibilitaria concluir que um layout dividido por família ou segmento, não é o mais adequado para uma eficiente operação.

Figura 20- Distribuição do *mix* de famílias



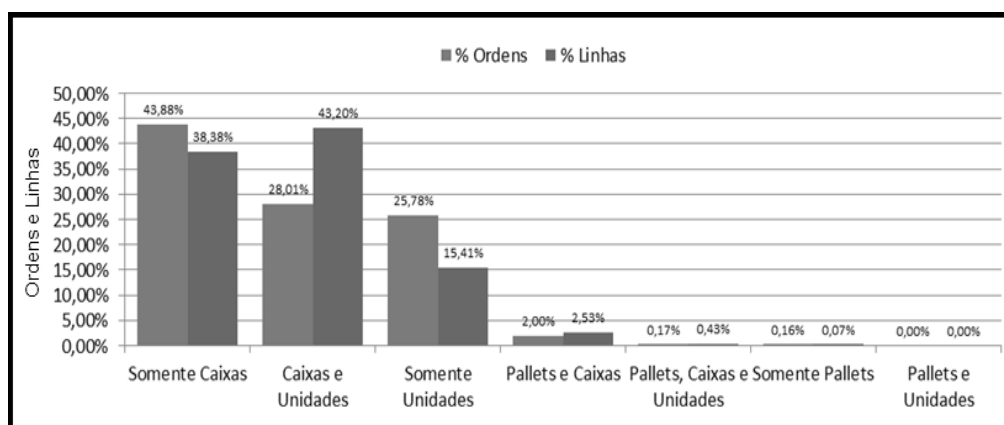
Fonte: Estudo de caso

Entretanto, conforme descrito na contextualização do processo de *picking*, como na montagem dos paletes é priorizado o posicionamento das caixas mais pesadas na base dos mesmos e, cada família tem um padrão de caixa com

volume e peso já pré-definido, a estratégia mais adequada acaba sendo de um *layout* dividido por famílias (dentro de cada grife). Isto é, para a realização de um *picking* eficiente, passa a ser fundamental que o roteamento se realize de início com *SKUs* de famílias cujas caixas são as mais pesadas e, gradativamente, *SKUs* de famílias com caixas mais leves.

Em uma segunda avaliação da distribuição do *mix* dos pedidos, analisa-se a distribuição do *mix* de unidades de manuseio. O objetivo desta análise, que consiste em determinar se as unidades de *picking* (paletes / caixas / fracionados) devem compartilhar uma mesma área ou não, pode ser verificado por meio do gráfico da figura 21.

Figura 21- Distribuição do *mix* de unidades de manuseio



Fonte: Estudo de caso

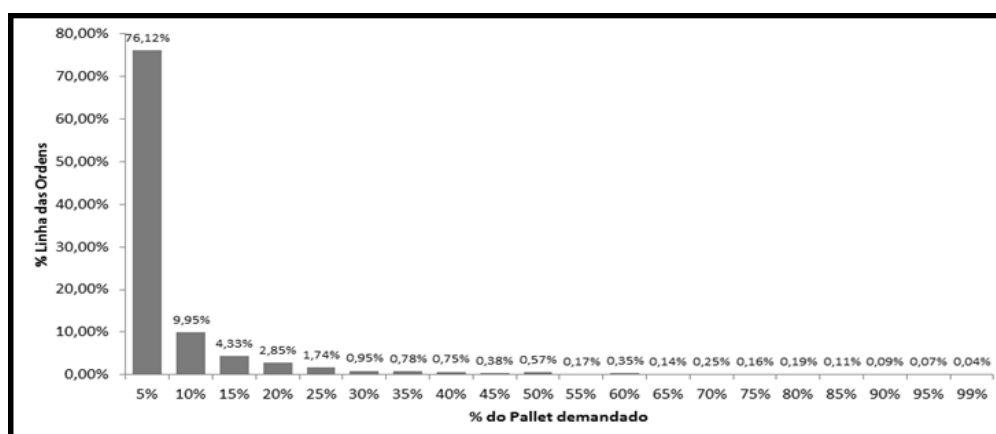
Ainda no gráfico da figura 21, os documentos puros, que possuem apenas uma única unidade de manuseio, representam 69,82% ( $43,88\% + 25,78\% + 0,16\%$ ) do total, enquanto que os documentos mistos, que possuem mais de uma unidade de manuseio, representam apenas 30,18% ( $100\% - 69,82\%$ ).

Com base em Frazelle (2002) e com base nos resultados obtidos, é possível concluir que a divisão do CD em uma área dedicada para realização do *picking* de caixas e outra dedicada à realização do *picking* de fracionados é vantajosa para a eficiência do processo de *picking* levando-se em consideração tempos e movimentos. Dada a grande representatividade dos documentos que tratam somente das unidades de manuseio de caixas e fracionados (unidades), a consideração da unidade de manuseio de paletes perde sua relevância nesta específica análise.

Em uma terceira e última avaliação da distribuição do *mix* dos pedidos, procede-se a análise de distribuição de incremento da ordem que determina o tamanho da unidade de manuseio de um certo *SKU* de acordo com as quantidades e frequências mais representativas solicitadas pelos clientes. Segundo Frazelle (2002), o princípio geral da distribuição de incrementos da ordem é a utilização de pré-embalagens, com base nos pedidos dos clientes, visando um manuseio mais inteligente.

As análises realizadas de incremento da ordem foram de dois tipos: por palete e por caixa. Na primeira análise, de incremento por palete, verifica-se a viabilidade de ter paletes pré-preparados de acordo com a frequência de quantidade requerida pelos clientes. Entretanto, constata-se que não existe um perfil característico de pedidos conforme apresentado no gráfico da figura 22.

Figura 22- Distribuição de incremento da ordem por palete

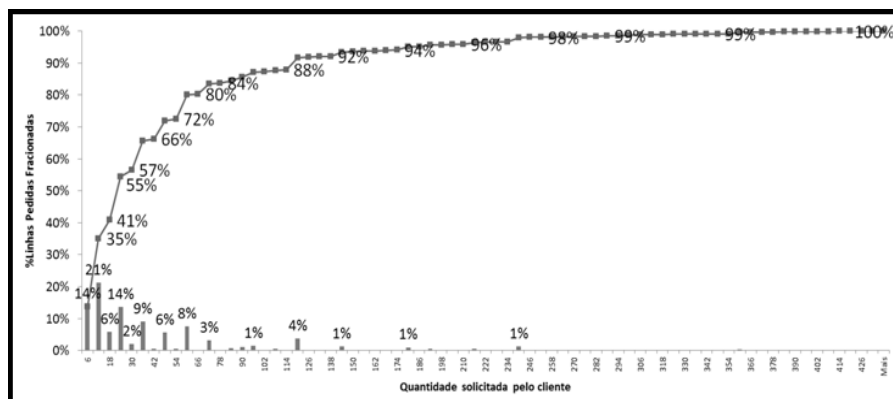


Fonte: Estudo de caso

Como exemplo, constata-se pelo gráfico que 76,12% das linhas dos pedidos (de caixas) solicitam menos de 5% de um único palete (que representa menos de um lastro) não sendo assim vantajoso “pré-embalagem” por palete.

Na segunda análise de incremento por caixa (figura 23), verifica-se a frequência dos pedidos fracionados para um determinado tipo de *SKU* cuja caixa pesa 23 kg e contém 432 unidades em *packs* de 6 unidades.

Figura 23- Distribuição de incremento da ordem por caixa para um tipo de *SKU* de alto giro e visita



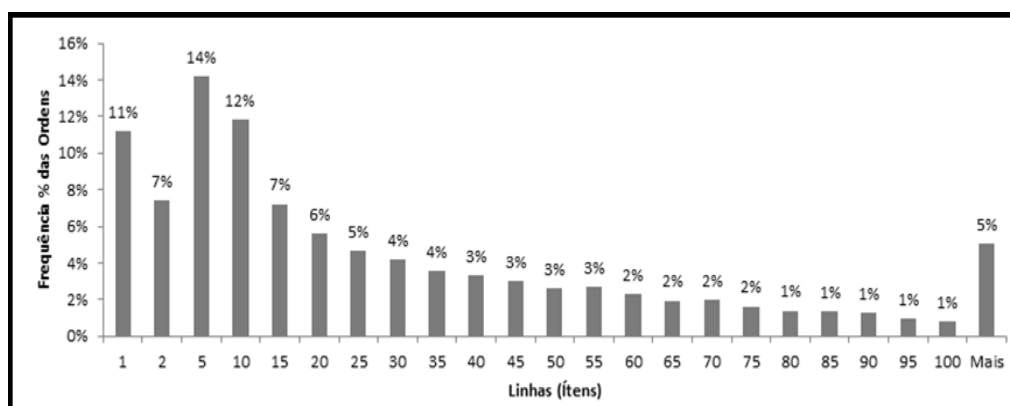
Fonte: Estudo de caso

Este tipo de *SKU* foi escolhido pela sua representatividade no faturamento e demanda de homens-hora para realização de seu *picking*. Através desta análise é possível verificar que 80% dos *picks* visam atender pedidos inferiores a 60 unidades, em múltiplos de 6 unidades, o que pressupõe que a caixa esteja superdimensionada. Uma análise mais criteriosa visando uma melhoria da atividade de *picking* deste tipo de *SKU* é desenvolvida no tópico seguinte, como proposta de plano de ação.

- Distribuição das linhas por pedido

Uma importante análise a ser considerada na contextualização/diagnóstico do CD, ainda no estudo do perfil de pedido dos clientes, é a distribuição das linhas por pedido, ilustrado na figura 24. Esta distribuição analisa a quantidade de linhas por pedido, de modo a estabelecer estratégias operacionais que otimizem as atividades relacionadas no atendimento dos mesmos. No gráfico em questão verifica-se que, do total de pedidos, 44% são pequenos (até 10 *SKUs*), 22% são médios (de 11 até 30 *SKUs*) e 34% são os grandes que exigem, dado o elevado número de linhas (*SKUs*), um deslocamento significativamente maior.

Figura 24- Distribuição das linhas por pedidos



Fonte: Estudo de caso

Os pedidos pequenos geralmente são *backorders* e costumam ser excelentes oportunidades para a realização de *cross-docking* bem como a realização de *picking* por lote. A partir desta análise viabiliza-se, também, uma primeira idéia da criação de um depósito avançado que vise um rápido atendimento dos pedidos pequenos na atividade de *picking*. A viabilidade deste depósito avançado dependerá de outras análises dentro do contexto de perfil de atividade dos ítems como da distribuição de popularidade dos ítems e da distribuição de complementação dos ítems e de uma análise financeira que justifique o investimento.

#### 4.1.4.2. Perfil de atividade dos ítems (Item activity profile)

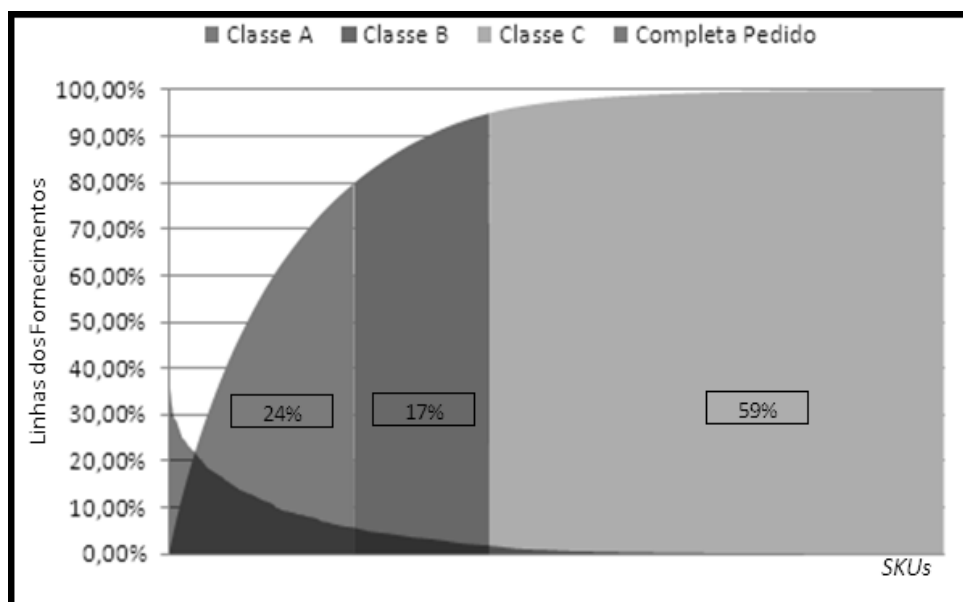
- Distribuição por popularidade do ítem

A prática tem mostrado que uma minoria dos *SKUs* num CD são, geralmente, os que dispendem maiores custos operacionais de movimentação. A distribuição por popularidade do ítem avalia a frequência com que os ítems são solicitados pelos clientes. Através do gráfico da figura 25, que tem como foco o depósito de caixas, é possível concluir-se que 24% do total de *SKUs* (classe A) representam 80% da atividade de *picking* de caixas enquanto que 59% do total de *SKUs* (classe C) correspondem a somente 5% da atividade de *picking*. Frazelle (2002) sugere, em função de tais resultados, que:

- ✓ *SKUs* classe A sejam alocados em zonas “ouro”, de alta acessibilidade, utilizando-se processo automatizado para o *picking* dos mesmos;

- ✓ *SKUs* classe B, sejam alocados em zonas “prata”, de média acessibilidade, utilizando-se processo semi-automatizado para o *picking* dos mesmos e;
- ✓ *SKUs* classe C, sejam alocados nas zonas disponíveis utilizando-se sistemas de estocagem de alta densidade e processo manual de *picking*.

Figura 25- Distribuição por popularidade do item



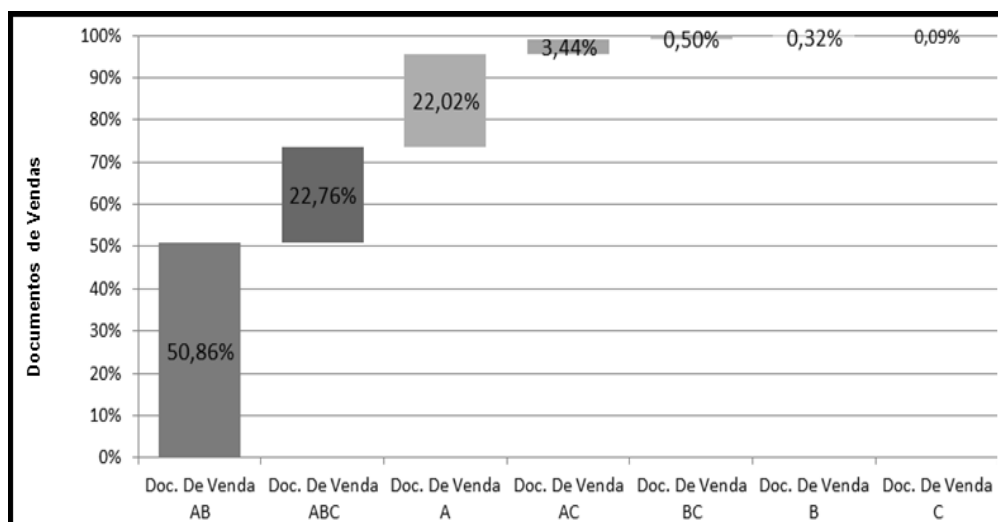
Fonte: Estudo de caso

- Distribuição de complementação dos itens

Em uma análise da distribuição de complementação dos itens, é considerada a porcentagem de pedidos que podem ser completados por um subconjunto específico de itens. Ainda no gráfico da figura 25, observa-se que os *SKUs* classe A completam em até 36% das linhas dos pedidos (fornecimentos), podendo estes, segundo Frazelle (2002), serem posicionados em áreas estratégicas e de fácil acesso permitindo um ganho de produtividade na atividade de *picking*.

Em complementação a análise apresentada na figura anterior, a figura 26 avalia a constituição em percentual dos documentos de vendas pela classe ABC de visita dos *SKUs*. Através do gráfico observa-se que 73,02% (50,86%+22,02%+0,32%) dos documentos de vendas compõe-se apenas de *SKUs* de classes A e B de visita, enquanto que apenas 26,79% (22,76%+3,44%+0,5%+0,09%) dos documentos de vendas solicitam produtos de classe C de visita.

Figura 26- Distribuição de complementação dos itens



Fonte: Estudo de caso

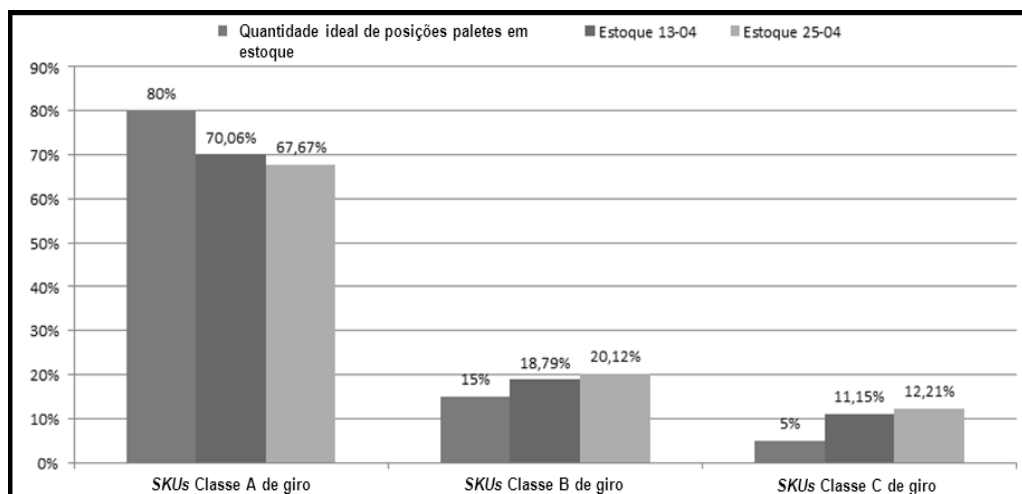
#### 4.1.4.3. Perfil de inventário (Inventory profile)

- Distribuição de inventário item-família

A distribuição de inventário item-família indica a quantidade de estoque versus o giro (ou popularidade se considerado a unidade de manuseio como sendo paletes) dos *SKUs*. O objetivo desta análise é identificar oportunidades de melhorias nas práticas de gestão de inventário e manuseio de estoque. No gráfico da figura 27, através da análise de estratégia de inventário (Frazelle, 2002), observa-se que os *SKUs* classe A de giro representam 70,06% no início do mês e 67,67% na semana de fechamento quando os mesmos deveriam representar 80% das posições paletes em estoque. Isto significa que existe um subdimensionamento para esta classe. Já para os *SKUs* classes B e C de giro, observa-se o inverso, isto é, um superdimensionamento na estocagem o que é compreensível, uma vez que estas classes envolvem uma quantidade muito superior de *SKUs*. Convém ressaltar que as distorções apresentadas entre o ideal e o real devem ser as mínimas possíveis, uma vez que a capacidade de estocagem do CD, como dito anteriormente, tem uma pequena cobertura de estoque.



Figura 27- Distribuição de inventário ítem-família: estratégia de inventário



Fonte: Estudo de caso

## 4.2. Fase 03 – Propostas de Melhorias, Planos de Ação e implementação

O presente tópico tem por objetivo elaborar propostas de melhorias para os atuais processos e procedimentos utilizados no centro de distribuição da empresa Alfa. As propostas apresentadas nos tópicos subsequentes estão baseadas na contextualização e diagnóstico da estrutura, operações e perfis de atividades de armazenagem apresentados no tópico anterior (Fases 01 e 02).

### 4.2.1. Layout do centro de distribuição

#### 4.2.1.1. Proposta para liberação de docas de recebimento e expedição

Conforme abordado no tópico 4.1.1, com a redução da relação efetiva entre a área construída e o número total de docas ativas (725m<sup>2</sup>/doca) e, ainda, a perda de áreas de *stage-in* e *stage-out*, são apresentadas a seguir as propostas mais relevantes visando minimizar este “gargalo” do CD. Algumas destas propostas foram implementadas quando julgadas como prioritárias pelo comitê gestor da empresa. A figura 28 ilustra as mesmas apresentadas por letras:

A: Remanejamento do setor de embalagem (60m<sup>2</sup>) localizado na área do *stage-out* das docas 8 e 9 para local menos nobre. Ganho de 8% em relação ao número das docas ativas de expedição (proposta implementada);

B: Remoção de dois porta-paletes localizados na área de *stage-in* destinados a materiais não nobres tais como embalagens e propagandas. Possibilidade de ganho de 14% em relação ao número das docas ativas de recebimento (proposta em fase de implementação);

C: Remanejamento das áreas administrativas de recebimento e expedição para áreas de mezanino liberando duas docas e respectivas áreas de *stage*. Possibilidade de ganho de 7% em relação ao número das docas ativas de recebimento e mais 4% em relação ao número das docas ativas de expedição (proposta em estudo pelo comitê gestor) e;

D: Remanejamento da área destinada ao tratamento de materiais avariados e de devolução bem como a liberação das docas obstruídas por tal área para local menos nobre ou depósito suplementar. Possibilidade de ganho de 5 docas para atividade de recebimento (proposta em estudo pelo comitê gestor).

Figura 28- Proposta de melhoria no layout do CD da empresa Alfa



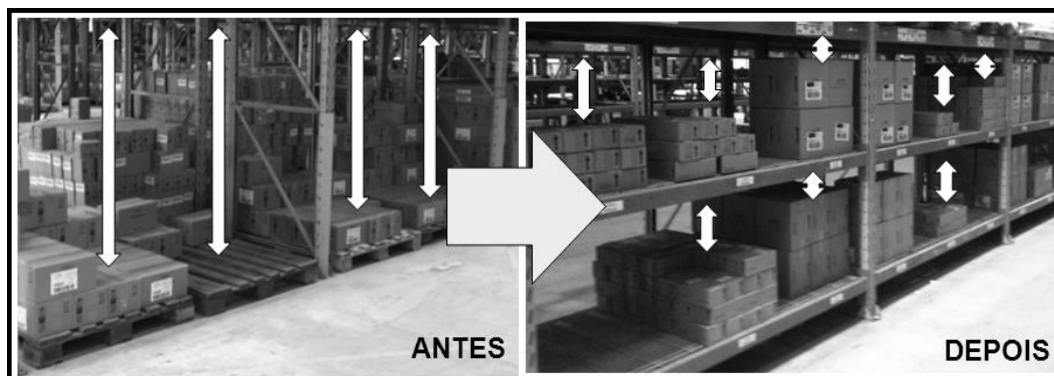
Fonte: Estudo de caso

#### 4.2.1.2. Proposta para redução de efeito *honeycombing*

Conforme abordado no tópico 4.1.1, o estudo do efeito *honeycombing*, realizado visando determinar a utilização efetiva do espaço físico interno dos

módulos das estruturas porta paletes, demonstrou um correto dimensionamento das posições utilizadas para estoque nas estruturas porta-paletes. Entretanto, para as posições de base, utilizadas para *picking* de caixas, um estudo mais detalhado apresentou como resultado ser conveniente uma redefinição das dimensões das posições antes destinadas a paletes, em novas posições do tipo fracionadas para algumas famílias de produtos. Esta redefinição visando otimização do espaço, e consequentemente redução do efeito *honeycombing*, possibilitou transformar módulos antes ocupados por 2 posições paletes em 4, 6, 8 e até 10 posições fracionadas, ilustrado na figura 29, sem comprometimento da cobertura definida como necessária no estudo de reestruturação da atividade de *picking* apresentado mais adiante. Neste estudo, a definição do tipo de posição para cada *SKU*, está baseada na cobertura do volume total de unidades de cada *SKU* em cada tipo de posição e tendo como premissa básica as dimensões das caixas e paletes dos *SKUs*. Esta proposta foi implementada gerando um *saving* de 144 posições paletes de base ou 5% do total das posições de bases da divisão estudada do CD da empresa Alfa.

Figura 29- Reestruturação de posições paletes para posições fracionadas com redução do efeito *honeycombing*.



Fonte: Estudo de caso

#### 4.2.2. Processos

Como propostas de melhorias em processos, serão enfatizados os processos de estoque e *picking* uma vez que nestes foram identificados, através das análises, as maiores oportunidades de ganhos em produtividades e redução de custos operacionais.

#### 4.2.2.1. Estoque e endereçamento

- Política de armazenagem

Tratando de estoque, a adoção de uma política de armazenagem é um ponto fundamental para uma operação otimizada. Como diagnosticado no tópico 4.1.3.2, a política de armazenagem da empresa Alfa é aleatória e considera para as zonas de armazenagem somente as movimentações horizontais sem atentar para as perdas de tempo e custos nos deslocamentos verticais.

Visando avaliar os impactos e possibilidades de ganhos adotando uma política baseada em classes ABC de popularidade, isto é, que considere os tempos e movimentos dos deslocamentos verticais utilizando as empilhadeiras R14, foi realizado um estudo de tempos e movimentos partindo das seguintes premissas:

- ✓ Tempos de operação necessários para: elevação e estocagem do palete bem como retirada do mesmo para cada um dos seis níveis da estrutura porta palete;
- ✓ Distribuição gaussiana com intervalo de confiança de 97,5%;
- ✓ Classificação ABC de visita para os *SKUs* e;
- ✓ Para o intervalo de confiança utilizado, foram necessários 36 medidas de tempo por nível.

Na tabela 3 são apresentados os resultados de tempos obtidos para as operações nos diversos níveis da estrutura porta-paleta.

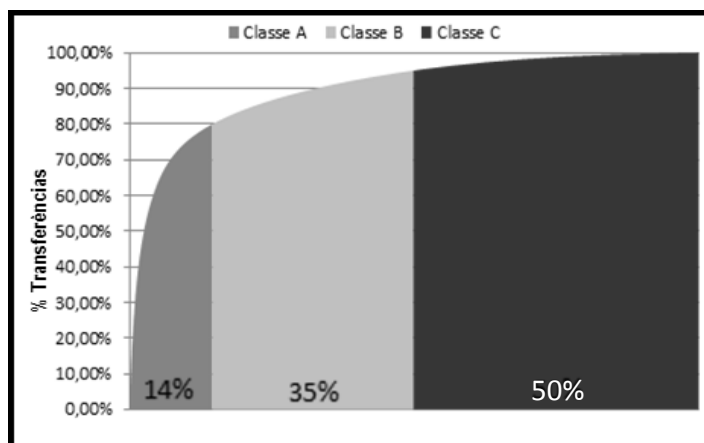
Tabela 3- Tempos obtidos para movimentações verticais

Tempos de operação da empilhadeira R14 na estocagem (Segundos) $\alpha=0,05$					
Níveis Porta Pallets	Média	Desv. Padrão	Intervalo de Confiança	Superior	Inferior
6	54,2	6,6	3,0	57,3	51,2
5	44,8	5,8	2,0	46,7	42,8
4	36,9	6,1	2,0	39,0	34,9
3	32,1	10,5	6,3	38,4	25,8
2	19,3	5,0	3,2	22,5	16,2
1	Empilhadeira R14 não abastece base				

Fonte: Estudo de caso

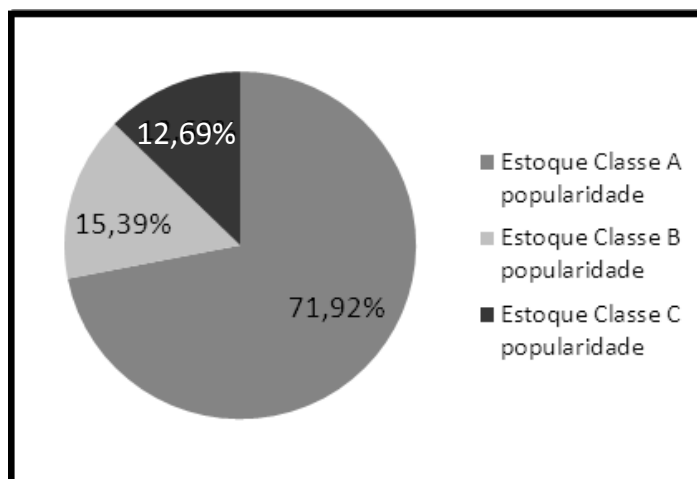
Adicionalmente aos resultados da tabela 3, procedeu-se a classificação dos *SKUs* dado suas popularidades (figura 30) e percentual de volume em estoque (figura 31).

Figura 30- Classificação dos *SKUs* em estoque segundo suas popularidades



Fonte: Estudo de caso

Figura 31- Percentual de volume em estoque por classe de popularidade



Fonte: Estudo de caso

Com base nos resultados das análises anteriormente apresentadas, isto é:

- ✓ na ordem de grandeza de movimentações das empiladeiras R14 ao longo de um ano;
- ✓ nos tempos médios das operações para os diversos níveis;
- ✓ na distribuição dos produtos pelos níveis segundo a política aleatória adotada pela empresa (aleatória verticalmente) e;
- ✓ na política baseada em classes ABC, isto é, considerando os *SKUs* de maior popularidade em níveis mais baixos;

foi realizado uma simulação comparativa para as duas políticas. No caso da política baseada em classes ABC, esta apresentou uma significativa redução de tempo dada a grande concentração de demanda por *SKUs* da classe A (em níveis

mais baixos e menores tempos de operação da R14). Como resultado, a adoção desta política, possibilitaria um *saving* do tempo efetivo das empilhadeiras que chega a 12,16%.

- Identificação, atualização, manutenção do estoque e Matriz de responsabilidades.

Em relação aos problemas diagnosticados no tópico 4.1.3.2, seguem algumas propostas e suas respectivas providências posteriormente implementadas:

- ✓ Determinação de um responsável pelos endereçamentos e cadastramentos corretos, tanto físico quanto sistêmico das posições, bem como pela sua identificação física visual in loco;
- ✓ Atribuição de responsabilidades à área de qualidade do CD para uma auditoria permanente visando o cumprimento das normas e procedimentos pertinentes à organização das bases e;
- ✓ Atribuição de um responsável a uma manutenção permanente do estoque visando melhor aproveitamento das estruturas de armazenagem com enfoque nos *SKUs* ativos.

Como resultado imediato das simples, mas relevantes propostas anteriores implementadas, na área de *customer-care* (que trata da relação direta com os clientes), a queda de reclamações chegou a reduzir-se, em alguns casos, em até 80% com relação a pedidos com inversões e faltas de produtos.

#### **4.2.2.2. Preparação ou *picking***

Com base nos diagnósticos apresentados no tópico 4.1.3.3 bem como para a empresa Alfa, a reestruturação da atividade de *picking* de caixas foi definida como uma das atividades prioritárias a serem desenvolvidas no CD. O plano de ação para reestruturação deste processo focou nos seguintes principais objetivos:

- ✓ Redução de faltas de materiais durante a atividade de *picking* nas bases;
- ✓ Redução de inversões de produtos durante a atividade de *picking* (bases mais organizadas e melhor identificadas);
- ✓ Maior uniformidade e estabilidade do palete e;
- ✓ Maior produtividade na atividade de *picking*.

Para a realização do projeto de reestruturação da atividade de *picking* de caixas foi utilizado, como base de dados, as movimentações e interações entre todas as áreas do CD considerando um período de 4 meses consecutivos, atentando-se para a questão da sazonalidade de alguns tipos de *SKUs*.

Visando a redução de faltas de materiais durante a atividade de *picking* de caixas, foi estudado o volume demandado ou a cobertura necessária para cada *SKU* na semana de fechamento. Visto que as posições de base de *picking* (primeiro nível) não eram suficientes para muitos *SKUs*, foi alocado o segundo nível para atendimento desta demanda alterando-se a política de armazenagem deste nível de aleatória para dedicada. Deste modo, os dois primeiros níveis passaram a ser dedicados permanecendo os demais aleatórios.

Visando a redução de inversões, o projeto de reestruturação buscou identificar todas as posições de base com os respectivos códigos dos seus *SKUs* além da utilização de etiquetas coloridas visando a fácil distinção entre os itens. Foi também implementado código de barra para as posições de base de modo que o processo de abastecimento pudesse ser realizado com a utilização de coletores sem necessidade de digitação manual passível de erros.

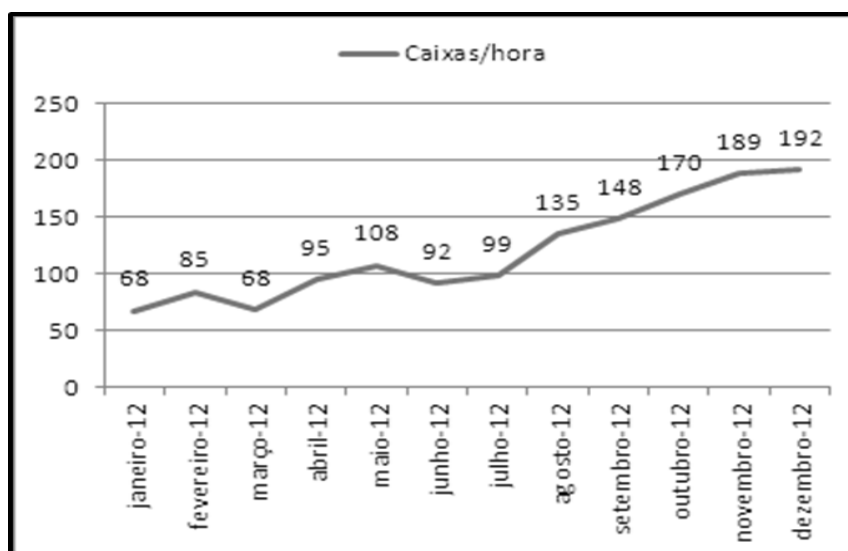
O roteamento da atividade de *picking*, conforme descrito no diagnóstico apresentado 4.1.3.3, não existia. Este era totalmente aleatório e sem preocupação com os deslocamentos percorridos. Entretanto, nos circuitos era sempre levado em consideração o volume e o peso das caixas dos *SKUs* a serem coletados visando a montagem de um palete mais uniforme e estável com produtos maiores e mais pesados na base. A otimização na montagem do palete, assim como a não existência de um perfil de pedido bem definido demonstrado através da distribuição do *mix* de famílias (figura 20), foram as premissas iniciais para elaboração e implementação de um novo processo de roteamento na atividade de *picking*. O novo processo de roteamento, configurado no sistema, agora consistia em um percurso senoidal com início e fim dentro de cada uma das grifes, as quais foram segmentadas em famílias estando as mais pesadas no início e as mais leves sucedendo-se gradativamente no decorrer do percurso.

Tratando-se do modo de organização do layout de *picking*, com relação as classes ABC de popularidade dos *SKUs*, a proposta do projeto de reestruturação visou minimizar o surgimento de filas nos corredores para os *SKUs* de grande demanda (classe A de popularidade) na semana de fechamento. Nesta nova

organização proposta, implementada pela empresa Alfa, os materiais são alocados alternadamente de acordo com suas classes de popularidade, isto é, *SKUs* de classe A são intercalados com *SKUs* de classes B e C ao longo do percurso (exemplo: A, B, A, B, A, B, C, B, C, C...).

Ao final de 5 meses da implementação da proposta de reestruturação, iniciada em agosto de 2012, foi possível mensurar os ganhos de produtividade e qualidade no atendimento dos pedidos. O aumento de produtividade de caixas/hora foi de cerca de 93% (figura 32) e, com relação a acuracidade no atendimento do pedido, o número de reclamações, reduziu-se em até 80%, devido as ações de melhorias realizadas com relação aos endereçamentos, conforme descrito anteriormente.

Figura 32- Aumento de produtividade na atividade de *picking* de caixas com projeto implementado



Fonte: Estudo de caso

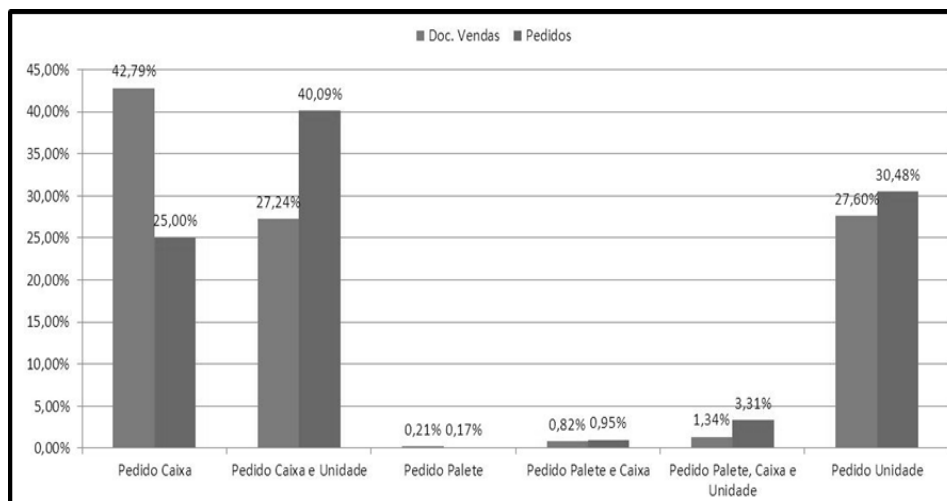
Em relação a discussão abordada no item 4.1.3.3 quanto ao estudo da viabilidade e impactos no CD na hipótese da área comercial da empresa passar a realizar vendas não mais por grife (documentos de vendas), mas sim por um *mix* de grifes e, deste modo atender ao pedido do cliente de uma só vez, foram realizadas diversas análises. Entretanto serão a seguir apresentadas apenas as mais relevantes:



- Distribuição do *mix* de unidades de manuseio

Nesta análise (figura 33) faz-se um comparativo entre o cenário atual, representado pelos fornecimentos ou documentos de vendas (pedidos divididos por grifes) e os pedidos dos clientes (composto de vários documentos de vendas cada qual relativo a uma determinada grife).

Figura 33- Comparativo entre documentos de vendas e pedidos dos clientes  
(Distribuição do *mix* de unidades de manuseio)



Fonte: Estudo de caso

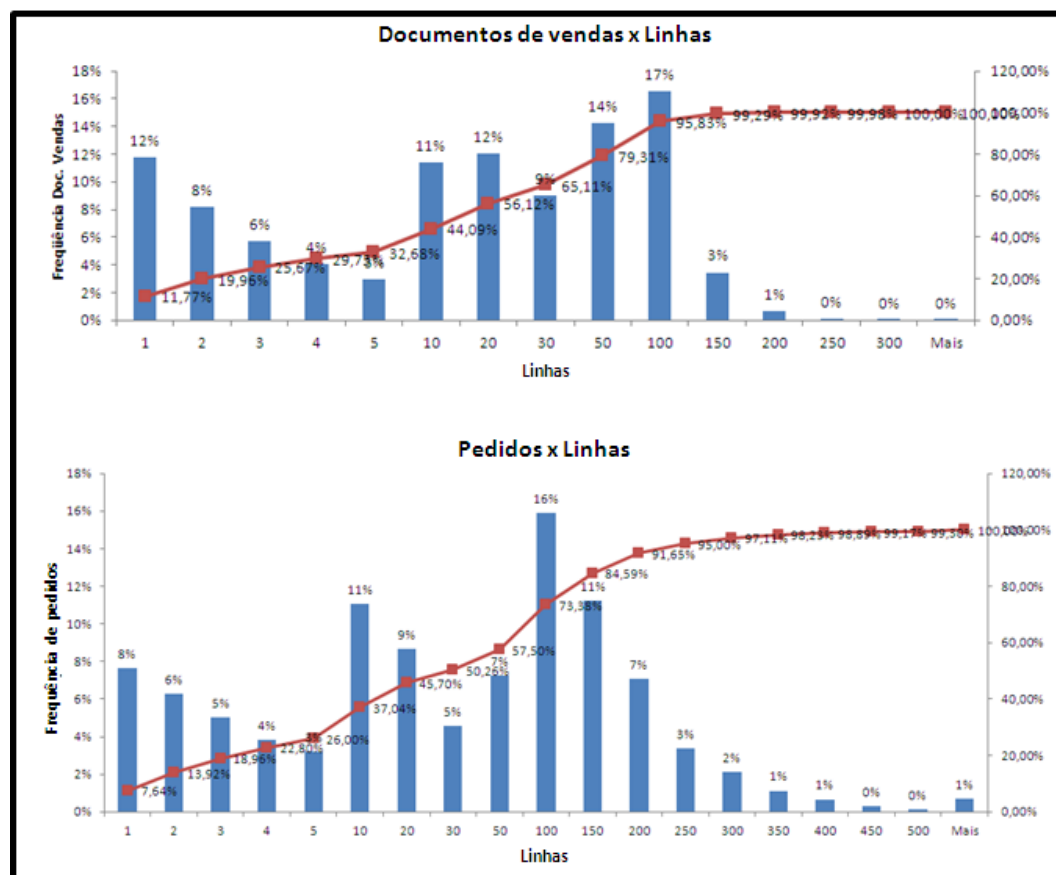
Considerando-se que a atividade de *picking* praticada pela empresa Alfa é discreta, e as áreas destinadas para preparação de caixas e unidades são distintas, a análise demonstra que o deslocamento entre áreas aumentaria em 14,82%  $((40,09\% - 27,24\%) + (3,31\% - 1,34\%))$  em consequência da queda de 17,79%  $(42,79\% - 25\%)$  de documentos de venda puros (somente caixas). Para a empresa Alfa, cabe considerar-se também, a vantagem da atividade de *picking* de caixas por esta demandar menos mão de obra operacional quando comparada com o *picking* de fracionados.

- Distribuição das linhas por pedidos

Nesta segunda análise (figura 34) é verificado o impacto na atividade de *picking* com relação ao tamanho do pedido em número de linhas, comparando-se o cenário atual praticado, constituído pelos documentos de vendas (pedidos divididos por grifes) com o cenário composto pelos pedidos dos clientes

(composto de vários documentos de vendas cada qual relativo a uma determinada grife).

Figura 34- Comparativo entre a distribuição das linhas por documentos de vendas e distribuição das linhas por pedidos



Fonte: Estudo de caso

Através desta análise conclui-se que os documentos de vendas pequenos (até 10 linhas) reduzirão de 44% para 37,04% nos pedidos dos clientes; os documentos de vendas médios (10 a 30 linhas) reduzirão de 21% para 14% e; os documentos de vendas grandes (mais de 30 linhas), considerados ruins para preparação, aumentarão de 34,89% para 49,74%. Considerando-se que a preparação de pedidos pequenos é mais vantajosa do ponto de vista operacional, pois demandam menores deslocamentos para atendimento (independente do quantitativo de cada linha), a análise demonstra claramente uma piora no perfil dos pedidos em relação ao cenário atual o que demandaria mais tempo de preparação dos mesmos. Como ponto positivo no atendimento de pedidos com *mix* de grifes, em relação ao cenário atual, é a redução do número de listas de *picking* a serem preparadas o

que, ainda operacionalmente, não compensa os pontos negativos anteriormente expostos.

Com base nos resultados das análises anteriormente apresentadas, conjuntamente com outras menos relevantes (aqui não mencionadas), pôde-se concluir os seguintes riscos para a operação no CD adotando-se a estratégia de atendimento do pedido do cliente por *mix* de grifes:

- Deslocamento entre áreas aumentará em 14,82%;
- 49,74% dos fornecimentos serão muito extensos, isto é, com longos tempos de preparação;
- Como apontado anteriormente, longos tempos para a finalização da montagem do pedido implicam no travamento das áreas de *stage-out* e docas por excessivo tempo, uma vez que os pedidos são consolidados nas mesmas e estas estão subdimensionadas;
- Volume, valor e peso devem ser considerados fielmente durante a geração dos documentos de vendas pelo *customer-care* de modo a evitar o retrabalho. Para isto, o cadastro necessita de um aprimoramento extensivo quanto às dimensões e pesos dos *SKUs*;
- Possibilidade de aumento do volume e valor de devolução uma vez que as notas aumentariam significativamente e;
- Por último, destaca-se o risco da meta de preparação e de faturamento no fechamento não serem atingidos devido ao longo tempo necessário para a finalização de cada pedido.

#### **4.2.3. Perfil de atividades de armazenagem**

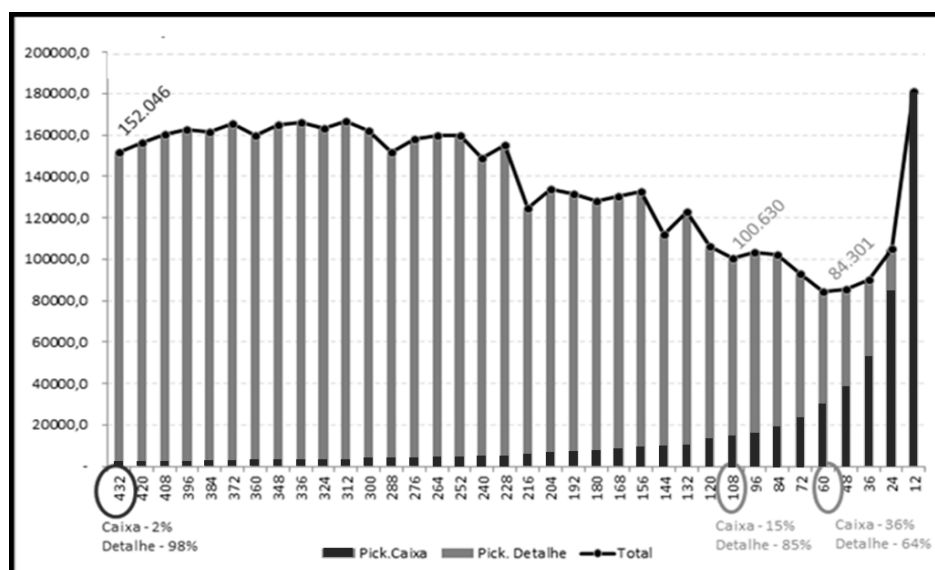
Dentre os diagnósticos apresentados à empresa, dentro do tópico de perfil de atividade de armazenagem, a proposta de redefinição do tamanho de caixa para um tipo de *SKU* Classe A de giro e popularidade foi definido como uma frente prioritária. Para este estudo, foi utilizado a distribuição de incremento da ordem de caixa apresentada no sub tópico 4.2.3.1. (perfil de pedido dos clientes).

Como já dito no tópico em questão, o tipo de *SKU* escolhido para a análise e redefinição de seu tamanho levou em consideração a sua representatividade no faturamento e demanda de homens-hora para realização de seu *picking*.

Com base nas linhas dos pedidos do tipo do *SKU* focado e nas quantidades demandadas deste no período de um ano, elaborou-se o gráfico da figura 35 que representa o resultado de uma simulação do número de *picks* em um ano *versus* o tamanho da caixa contendo um número múltiplo de *packs*, cada qual com 6 unidades. A caixa, atualmente, contém 432 unidades, o que representa 72 *packs*. Entretanto, a análise apresenta como “ponto ótimo” a nível de movimentações a caixa de 60 unidades (10 *packs*) o que reduziria o número de *picks* em cerca 45%.

Esta proposta para redefinição do volume do tipo do *SKU* em questão está em fase de avaliação pelo comitê gerencial da empresa Alfa que procederá um estudo de PRI (prazo de retorno do investimento) antes da implementação da mesma.

Figura 35- Determinação do volume ideal da caixa visando minimizar o número de *picks*



Fonte: Estudo de caso

## 5. CONCLUSÕES

O objetivo desta dissertação foi analisar a operação de um centro de distribuição de uma empresa de cosméticos com base em seus processos e em seus perfis de atividades e, ainda, propor melhorias na operação visando ganhos de produtividade e acuracidade. Está fundamentada na literatura acadêmica de livros e artigos nacionais e internacionais, destacando-se Frazelle (2002), para contextualização, diagnósticos e elaboração das propostas de melhorias.

Atualmente, a necessidade de uma resposta rápida, integração da cadeia de suprimentos (*Supply Chain*), intercâmbio eletrônico de dados (*Electronic Data Interchange* ou *EDI*), e o crescimento da logística terceirizada, tornam os centros de distribuição uma fonte de geração de vantagem competitiva e centro das atenções para as empresas. Como consequência, a ênfase no planejamento e gestão de todas as operações envolvidas são cada vez mais imprescindíveis. Embora tais temas já estejam amplamente explorados pela literatura acadêmica, através do estudo de um caso real, foi possível constatar as dificuldades de gestão na aplicação das boas práticas e, por consequência, identificar grandes oportunidades de ganhos logísticos.

Nas fases 1 e 2 do estudo de caso, foram diagnosticados problemas tanto com relação às estruturas quanto aos processos. Na fase 3 são apresentadas propostas de melhorias, planos de ação e oportunidades de ganhos logísticos para implementação, sem a necessidade de investimentos significativos. Com relação a infra estrutura e *layout*, foram apontadas propostas visando reduzir a subutilização dos recursos e espaço físico. Esta melhoria foi realizada através da remoção de obstáculos nas áreas de *stage-in* e *stage-out*, remanejamento de áreas de serviços especiais situadas em locais inapropriados e redução de efeito de *honeycombing* (estoque de ar) pela reestruturação do sistema de armazenagem porta paletes.

Com relação às propostas de melhorias de processos, as análises identificaram que as maiores oportunidades de ganhos estavam nos processos de estoque e *picking* (preparação) utilizando, para este, o estudo dos perfis de atividades de armazenagem como base.

No processo de estoque, foram apontadas diversas propostas como a criação de matriz de responsabilidades pelos endereçamentos, cadastramentos e posições corretas dos materiais, manutenção de estoque com relação aos perfis e *status* dos *SKUs* e a adoção de uma política de estoque baseada em classes. No processo de *picking*, o plano de ação foi focado basicamente nas reduções de faltas de materiais nas bases, redução de inversões, estabilidade na montagem do palete e principalmente ganho de produtividade. A reestruturação da atividade de *picking*, baseada nas análises de perfis de atividades de armazenagem, atingiu bons resultados com uma correta reorganização e redimensionamento das posições de bases dos *SKUs* sem necessidade de adoção de nenhuma nova tecnologia.

Reorganizados os processos do centro de distribuição da empresa Alfa, é possível verificar a real necessidade de implementação de novas tecnologias nos diversos processos visando atingir o cumprimento de novas e futuras metas da empresa. A adoção de novas tecnologias na atividade de *picking*, por exemplo, poderão ser compostas pelas mais diversas combinações de métodos tais como:

- utilização de *put systems* (ou esteiras) equipadas com sistema *by light* ou, ainda, utilização de máquinas como o *A-frame* na atividade de *picking* de fracionados e;
- utilização de coletores ou mesmo de sistemas de voz para o *picking* de caixas.

Para qualquer centro de distribuição alcançar seus objetivos de forma eficiente, os gestores deverão sempre considerar os recursos disponíveis como variáveis e constantemente adequá-los às suas reais necessidades. Um CD de sucesso deve maximizar o uso de seus recursos de modo a satisfazer as necessidades de seus clientes. O cenário no Brasil e no mundo é hoje extremamente dinâmico, tornando rapidamente os planejamentos existentes em obsoletos. Portanto, o replanejamento frequente dos processos do CD deve ser uma atividade contínua em que todos os cenários possíveis devem ser constantemente analisados e avaliados para atender aos requisitos previstos.

Embora a armazenagem seja atualmente considerada pelas empresas como uma vantagem competitiva e o tema amplamente abordado pela literatura acadêmica, a presente dissertação demonstrou que ainda existem muitas deficiências, oportunidades de melhorias e frentes para desenvolvimento de novos estudos e pesquisas neste fundamental elo do *supply chain management*.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alves, P. L., (2000). Implantação de tecnologias de automação de depósitos: um estudo de casos. Dissertação de Mestrado- Administração, Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Apple, J., (1977). Plant Layout and Material Handling (3rd ed.). John Wiley, New York.

Ashayeri, J. Heuts, R. M., Valkenburg, M. W. T., Veraart, H. C., & Wilhelm, M. R. (2002). A geometrical approach to computing expected cycle times for zonebased storage layouts in AS/RS. International Journal of Production Research, 40(17), 4467–4483.

Azadivar, F., (1989). Optimum allocation of resources between the random access and rack storage spaces in an automated warehousing system. International Journal of Production Research 27 (1), 119–131.

Baker P.; Canessa, M., (2009). Warehouse design: a structured approach. European Journal of Operational Research, 2009, 193, 425-436

Baker, P., (2004). Aligning distribution center operations to supply chain strategy. International Journal of Logistics Management 15 (1), 111-123.

Ballou, R. H., (2006). Gerenciamento da cadeia de suprimentos: planejamento, organização e logística empresarial. Bookman

Banzato, E. & Fonseca, L.R.P., (2008). Projeto de Armazéns. Imam

Banzato, J. M. (2004). As Funções e Valores de Embalagem na Logística. disponível em [www.guiadelogistica.com.br](http://www.guiadelogistica.com.br). Acessado em 11/11/2012

Bowersox, Donald J. & Closs, David J., (2001). Logística empresarial: o processo de integração da cadeia de suprimento. São Paulo: Atlas, 594p.

Calazans, F.,(2001). Centros de distribuição. Gazeta Mercantil: 11/11/2012

Charles G. P. & Aese, G., (2004). A comparison of picking, storage, and routing policies in manual order picking. International journal of product economics.

Cooper, C.L. & Mulaik, S., (2010). Warehouse Activity Profiling - Identifying Improvement Opportunities in Your Warehouse Operations . The Progress Group, LLC.

Cox, B., (1986). Determining economic levels of automation by using a hierarchy of productivity ratios techniques, in: Proceedings of 7th International Conference on Automation in Warehousing.

Coyle, J.J., Bardi, E.J., Langley, C.J., (1996). The Management of Business Logistics, 6th Edition. West Publishing, St. Paul, MN.

De Koster, M.B.M., Van der Poort, E.S., Wolters, M., (1999). Efficient orderbatching methods in warehouses. International Journal of Production Research 37 (7), 1479–1504.

De Koster, R., (2004). How to assess a warehouse operation in a single tour. Report, RSM Erasmus University, the Netherlands.

De Koster, R., Le-Duc, T., & Roodbergen, K. J., (2006). Design and control of warehouse order picking: A literature review. European Journal of Operational Research, 182(2), 481–501

Faber, N. & de Koster, R.B.M., van de Velde, S., (2002). Linking warehouse complexity to warehouse planning and control structure. International Journal of Physical Distribution & Logistics Management. 32, 5, 381-395.

Felix T.S. Chan & H.K. Chan (2011), Improving the productivity of order picking of a manual-pick and multi-level rack distribution warehouse through the implementation of class-based Storage. Expert Systems with Applications.

Firth, D., Apple, J., Denham, R., Hall, J., Inglis, P., Saipé, A., (1988). Profitable Logistics Management. McGraw-Hill Ryerson, Toronto.

Frazelle, E.H., (2002). World-class warehousing and material handling. New York: McGraw-Hill

Sullivan, D. L. & Frost, L. A., (2001). European Automated Materials Handling Equipment Markets 3947- 10, Frost & Sullivan Ltd, London.

Gibson, D.R.& Sharp, G.P., (1992). Order batching procedures. European Journal of Operational Research 58, 57–67.

Govindaraj, T., Blanco, E., Bodner, D., Goetschalckx, L., McGinnis, L., Sharp, P., (2000). Design of warehousing and distribution systems: an object model of facilities, functions and information. Proceedings of the 2000 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics, 8-11 October, Nashville, Tennessee, USA, 1099-1104.



Gu, J., Goetschalckx, M., & McGinnis, L.F., (2007). Research on warehouse operation: A comprehensive review. *European Journal of Operational Research*, 177 (1), 1-21.

Gu, J.X., Goetschalckx, M., McGinnis, L.F., (2005). Warehouse design and performance evaluation: A comprehensive review. Working Paper, Virtual Factory Laboratory, Georgia Institute of Technology.

Guarnieri, P., Chrusciack, D., Oliveira, I.L., Hatakeyama, K., Scavdelari, L., (2006). WMS -Warehouse Management System: adaptação proposta para o gerenciamento da logística reversa (WMS —Warehouse Management System: adaptation proposed for the management of the reverse logistics). *Produção*, 16 (1), 126-139.

Hall, R.W., (1993). Distance approximations for routing manual pickers in a warehouse. *IIE Transactions* 25 (4), 76–87.

Hassan, M., (2002). A framework for the design of warehouse layout. *Facilities* 20 (13/14), 432-440.

Hatton, G., (1990). Designing a warehouse or distribution center. In: Gattorna, J.L. (Ed.), *The Gower Handbook of Logistics and Distribution Management* (4th ed.). Gower Publishing, Aldershot, 175-193.

Hausman, W. H., Schwarz, L. B., Graves, S. C., (1976). Optimal storage assignment in automatic warehousing systems. *Management Science*, 22(6), 629–638.

Heskett, J. L., (1963). Cube-per-order index – A key to warehouse stock location. *Transportation and Distribution Management*, 3, 27–31.

Heskett, J. L., (1964). Putting the cube-per-order index to work in warehouse layout. *Transport and Distribution Management*, 4, 23–30.

Heskett, J., Glaskowsky, N., Ivie, R., (1973). *Business Logistics, Physical Distribution and Materials Handling* (2nd ed.). Ronald Press, New York.

ILOS – Instituto de Logística e Supply Chain, (2012). *Panorama ILOS - Custos Logísticos no Brasil*

Kahl, S., (1999). What's the Value of Supply Chain Software?. *Supply Chain Management Review*, Winter edition, 59-67.

Kim, C., Yang, K. H., & Kim, J., (2008). A strategy for third-party logistics systems: A case analysis using the blue ocean strategy. *Omega*, 36 (4), 522-534.

Lacerda, L., (2000). *Armazenagem Estratégica: Analisando Novos Conceitos*. Rio de Janeiro. Artigo do Centro de Estudos em Logística, COPPEAD – UFRJ.

Lambert, D.M., Stock, J.R., Ellram, L.M. (Eds.), (1998). Fundamentals of Logistics Management. McGraw-Hill, Singapore.

Lima, M., (2002). Armazenagem: Considerações sobre a Atividade de Picking.

Lima, M.P., (2006). Custos Logísticos na economia brasileira. Revista Tecnológica, 122.

Liu, C. M., (1999). Clustering techniques for stock location and order-picking in a distribution center. Computers and Operations Research, 26(10-11), 989-1002.

Modern Materials Handling, (2004). Top 20 system suppliers. Modern Materials Handling, April, 39-42.

Modern Materials Handling, (2005). Top 20 system suppliers. Modern Materials Handling, April, 29-32.

Modern Materials Handling, (2006). Top 20 system suppliers. Modern Materials Handling, April (www.mmh.com, accessed 1st August 2006).

Moura, R. A., (2003). Separação de pedidos. Imam.

Moura, R. A., (2008). Check sua logística interna. Imam.

Moura, R. A., (2010). Sistemas e técnicas de movimentação e armazenagem de materiais. Imam.

Min, H., & Zhou, G., (2002). Supply chain modeling: past, present and future. Computers & Industrial Engineering, 43 (1-2), 231-249.

Mulcahy, D., (1994). Warehouse Distribution and Operations Handbook. McGraw-Hill, New York.

Neves, M. A. O., (2009). Throughput - uma nova medida de produtividade em armazéns, <http://www.guialog.com.br>. Acessado em 11/11/2012.

Oxley, J., (1994). Avoiding inferior design. Storage Handling and Distribution 38 (2), 28-30.

Petersen, C.G., (1997). An evaluation of order picking routing policies. International Journal of Operations & Production Management 17 (1), 1096-1111.

Petersen, C.G., (2000). An evaluation of order picking policies for mail order companies. Production and Operations Management 9 (4), 319-335.

Petersen, C.G. & Aase, G.R., (2004). A comparison of picking, storage, and routing policies in manual order picking. *International Journal of Production Economics*. 92, 1, 11-19.

Petersen, C.G. & Schmenner, R.W., (1999). An evaluation of routing and volume-based storage policies in an order picking operation. *Decision Sciences* 30 (2), 481–501.

Petersen, C.G., Siu, C. & Heiser, D.R., (2005). Improving order picking performance utilizing slotting and golden zone storage. *International Journal of Operations & Production Management*. 25, 10, 997 - 1012.

Pizzolato, Nélío D. & Pinho, Alexandre R., (2003) - A regionalização dos centros de distribuição como solução logística. *Tecnológica*, Ano VIII, 87.

Ratliff, H.D., Rosenthal, A.S., (1983). Order-picking in a rectangular warehouse: A solvable case of the traveling salesman problem. *Operations Research* 31 (3), 507–521.

Ribeiro, P.C.C, Silva, L.A.F., & Benvenuto, S.R.S. (2006). O uso de tecnologia da informação em serviços de armazenagem (The use of technology of the information in services of warehousing). *Produção*, 16 (3), 526-537.

Richards, G., (2011). *Warehouse Management: A Complete Guide to Improving Efficiency and Minimizing Costs in the Modern Warehouse*. Kogan Page, London.

Rodrigues, G.G. & Pizzolato, N. R., (2003). Centros de Distribuição: armazenagem estratégica. XXIII Encontro Nac. de Eng. de Produção - Ouro Preto, MG, Brasil.

Roodbergen, K.J. & Koster, R., (2001). Routing methods for warehouses with multiple cross aisles. *International Journal of Production Research* 39 (9), 1865–1883.

Roodbergen, K.J. & Vis, I.F.A., (2006). A model for warehouse layout. *IIE Transactions* 38 (10), 799–811.

Rouwenhorst, B., Reuter, B., Stockrahm, V., van Houtum, G., Mantel, R., Zijm, W., (2000). Warehouse design and control: framework and literature review. *European Journal of Operational Research* 122 (3), 515-533.

Rowley, J., (2000). *The principles of warehouse design* (2nd ed.). The Institute of Logistics & Transport, Corby.

Rushton, A., Croucher, P., Baker, P., (2006). *The Handbook of Logistics and Distribution Management* (3rd ed.). Kogan Page, London.

Rushton, A., Oxley, J., Croucher, P., (2000). The Handbook of Logistics and Distribution Management (2nd ed.). Kogan Page, London.

Schwarz, L.B., Graves, S.C., Hausman, W.H., (1978). Scheduling policies for automatic warehousing systems: Simulation results. *AIIE Transactions* 10 (3), 260–270.

Taylor, D. A., (2004). Master Plan. *Supply Chain Management Review*, January/February, 20-27.

Tompkins, J. A., (1998). *Facilities Planning*. New York: John Wiley & Sons

Tompkins, J.A., White, J.A., Bozer, Y.A., Frazelle, E.H., Tanchoco, J.M.A., (2002). *Facilities Planning*. John Wiley & Sons, NJ.

Wanke, P., (2011). *Gestão de estoques na cadeia de suprimentos*. Atlas.

Waters, D., (2003). *Logistics: An Introduction to Supply Chain Management*. Palgrave Macmillan, New York.

White, J.A., DeMars, N.A., Matson, J.O., (1981). Optimizing storage system selection, in: *Proceedings of the 4th International Conference on Automation in Warehousing*, Tokyo, Japan.

White, J.A. & Francis, R.L., (1971). Normative models for some warehouse sizing problems. *AIIE Transactions* 9 (3), 185–190.